МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова»
Факультет инженерии и природообустройства

Кафедра «Электрооборудование, энергоснабжение и роботизация»

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Материалы I Национальной научно-практической конференции с международным участием имени Г.П. Ерошенко

САРАТОВ 2023 г.

УДК 620.9
ББК 31.19
П 42

Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: Материалы I Национальной научно-практической конференции с международным участием имени Г.П. Ерошенко / Под общ. ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023. – 398 с.

ISBN 978-5-7011-0846-0

В сборнике представлены материалы I Национальной научно-практической конференции с международным участием имени Г.П. Ерошенко, организуемой кафедрой «Электрооборудование, энергообеспечение и роботизация» ФГБОУ ВО Вавиловский университет и проходившей на базе факультета инженерии и природообустройства 22 декабря 2023 года. В работах, в частности рассмотрены вопросы энерго-, ресурсосбережения в тепло- и электротехнологиях; автономного, в том числе, с использованием нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, электроснабжения сельскохозяйственных объектов; представлены новые подходы по совершенствованию методов и средств электротехнологий АПК. Тематика представленного в сборнике материала будет интересна специалистам в области электроэнергетики, преподавателям и студентам технических ВУЗов и всем интересующимся указанными направлениями.

Редакционная коллегия:

Бакиров С.М., д.т.н., заведующий кафедрой «Электрооборудование, энергоснабжение и роботизация», ФГБОУ ВО Вавиловский университет;
Оськин С.В., д.т.н., профессор кафедры «Электрических машин и электропривода», ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ;
Шерьязов С.К., д.т.н., профессор кафедры «Энергообеспечение и автоматизация технологических процессов», ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ;
Угаров Г.Г., д.т.н., профессор кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий» Камышинский технологический институт (филиал) ВолгГТУ;
Каргин В.А., д.т.н., профессор кафедры «Автоматизированные системы управления биотехнологическими процессами» Российского биотехнологического университета (РОСБИОТЕХ);
Садыкова Л.А., к.т.н., ассоциированный профессор кафедры «Техника и технологии» Западно-Казахстанского инновационно-технологического университета;
Четвериков Е.А., к.т.н., доцент кафедры «Электрооборудование, энергоснабжение и роботизация», ФГБОУ ВО Вавиловский университет;
Моисеев А.П.., к.т.н., доцент кафедры «Электрооборудование, энергоснабжение и роботизация», ФГБОУ ВО Вавиловский университет.

УДК 620.9
ББК 31.19

ISBN 978-5-7011-0846-0

© ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023
© Авторы статей, 2023

СОДЕРЖАНИЕ

Анашкин А.А., Анашкин А.А., Угаров Г.Г., Бакиров С.М., Верзилин А.А., Домнышев С.В.
АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ИМПУЛЬСНОГО СВЕТОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ 11

Антонович А.А., Токарева А.Н., Роговой С.А.
АНАЛИЗ ПЕРЕРАСХОДА ГАЗА НА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БАЗЕ 16

Акыев А.Б., Акыев Г.А.
ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ВЛИЯЮЩИЙ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ БУЛЬДОЗЕРА 22

Арсентьева А.И, Ищенко А.П.
АНАЛИЗ НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ 26

Бакиров С.М., Абзалов М.А, Ильин В.С.
ОЦЕНКА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ 32

Бебко Д.А.
ТЕПЛОВОЙ ВОДОРОДНЫЙ ГЕНЕРАТОР ПРИМЕНЯЕМЫЙ ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ ЗДАНИЙ С ВТОРИЧНЫМ ПРОДУКТОМ ПОЛУЧЕНИЕМ ВОДОРОДА 38

Бердылыч С.А., Гарлыбай П.
НАУЧНЫЕ ОТКРЫТИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ 42

Бирюков С.В., Дарманян А.П.
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ СВЕТОДИОДНО-ГО ОСВЕЩЕНИЯ В ПТИЧНИКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ DIALux.evo 47

Боннет Я.В., Логинов А.Ю., Прудников А.Ю.
АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ФАЗНОГО НАПРЯЖЕНИЯ НА РАБОТУ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ 53

Буранова Н.Г, Джапарова Д.А., Нұрболатұлы Ж.
АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРОБЛЕМЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЗАЩИТ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ 58

Буторин В.А., Гусейнов Р.Т., Дак В.А.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОГРУЖНЫХ ВИБРАЦИОННЫХ НАСОСОВ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ВОДОСНАБЖЕНИИ 67

Верзилин А.А., Попов И.Н., Мерзлов С.П., Домнышев С.В.
ПРИМЕНЕНИЕ СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ ДЛЯ ДОСВЕЧИВАНИЯ ПОЛЕ-ВЫХ КУЛЬТУР В ФИТОТРОНЕ 73

Вырыханов Д.А.
О ВЗАИМОСВЯЗИ КПД, ПРОТИВО-ЭДС И МЕХАНИЧЕСКОЙ РАБОТЫ В ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ 77

Горбунов А.А., Каримов Р.Д., Ахметшин А.Т., Галиев А.Р.
ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ВЫПРЯМИТЕЛЬНОГО ТРАНСФОРМАТОРА 90

Горбунов А.А., Каримов Р.Д., Ахметшин А.Т., Клименко А.Ю.
ФОРМИРОВАНИЕ ИМПУЛЬСНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ 94

Гришков А.Н., Иванкина Ю.В.
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОБООТБОРА ЗЕРНА НА ЭЛЕВАТОРЕ 99

Васильев С.И., Смолев К.С., Сыркин В.А.
БИОМОДУЛЬ ДЛЯ ВСЕСЕЗОННОГО ВЫРАЩИВАНИЯ ОВОЩНЫХ, ЗЕЛЕННЫХ И КЛУБНЕОБРАЗУЮЩИХ КУЛЬТУР 104

Гданский Н.И., Карпов А.В.
ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ВНЕШНЕЙ НАГРУЗКИ ПРИ АДАПТИВНОМ УПРАВЛЕНИИ МЕХАТРОННЫМИ СИСТЕМАМИ С ОДНОЙ СТЕПЕНЬЮ СВОБОДЫ 110

Герасимова О.А., Иванова Т.А., Иванов С.И.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ПРИ ПАСТБИЩНОМ ЖИВОТНОВОДСТВЕ 118

Гурбанов С.С., Аннаев А.
ИННОВАЦИИ В ЖИЗНИ 123

Гылыжов Г.Х., Матдурдыев Б.А.
УСПЕХИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ 128

Дарманян А.П., Богданов С.И., Сторожаков С.Ю.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ АНАЛИЗА АКТИВНОЙ И РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ НА ШИНАХ АВТОТРАНСФОРМАТОРА 132

Евдулов О.В., Хазамова М.А., Миспахов И.Ш.
ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВКИ БИОЛОГИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ И РАСТЕНИЙ 138

Искалиев К.И., Мокеев Е.П., Матвиенко О.А., Моисеев А.П.
КЛАССИФИКАЦИЯ ОБЛУЧАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ПЕРЕМЕННОГО ОБЛУЧЕНИЯ РАСТЕНИЙ 142

Карпов А.В.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВНЕШНЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИ АДАПТИВНОМ УПРАВЛЕНИИ МЕХАТРОННЫМИ СИСТЕМАМИ В НЕДЕТЕРМИНИРОВАННЫХ УСЛОВИЯХ 147

Кафиев И.Р., Нугуманов Р.Р., Ильнур Х.Х.
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ШНЕКОВОГО ТРАНСПОРТЕРА С ЛИНЕЙНЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ 155

Колчин Е.Д., Логачёва О.В., Сохинов Д.Ю.
АЛГОРИТМЫ РАБОТЫ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ОТКЛЮЧЕНИЙ И ОТКЛОНЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ НА ВВОДАХ СЕЛЬСКИХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ 158

Кондратьева Н.П., Большин Р.Г., Ахатов Р.З.
РАЗРАБОТКА СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЦИФРОВЫМ АВТОМАТИЗИРОВАННЫМ (РОБОТИЗИРОВАННЫМ) УСТРОЙСТВОМ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПИЩИ С FDM ТЕХНОЛОГИЕЙ 3D ПЕЧАТИ И ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ 165

Кондратьева Н.П., Ахатов Р.З., Большин Р.Г., Уманский П.М., Кпаснолуцкая М.Г.
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ СИСТЕМА ОБЛУЧЕНИЯ РАСТЕНИЙ НА ГИДРОПОНИКЕ С ЭЛЕМЕНТАМИ СПЕЦИАЛЬНОГО ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА 172

Кожевников А.А., Иванкина Ю.В.
ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ С ВИЭ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ 178

Коннов И.О., Аникеев С.В., Богданов С.И.
ПУТИ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ, СВЯЗАННЫХ С УТИЛИЗАЦИЕЙ ОТХОДОВ ПТИЦЕФАБРИК И ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ФЕРМ 183

Кочетов В.А., Четвериков Е.А., Пяткин А.А.
МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ЗЕРНОВОЙ ПРОДУКЦИИ 186

Кочетов В.А., Четвериков Е.А., Пяткин А.А.
ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МИКРОВОЛНОВОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ ВЛАЖНОСТИ ЗЕРНОВОЙ ПРОДУКЦИИ В ПОТОКЕ 191

Кравченко Р.А., Кротов И.В., Сохинов Д.Ю.
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ЗРЕЛОСТИ ПЛОДОВ ТОМАТА 205

Лоза А.А.
ОБРАБОТКА ОЗОНОМ ГРУППЫ ПЧЕЛИНЫХ УЛЬЕВ» 210

Лыжина Ю.В., Шерьязов С.К.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГАЗОПОРШНЕВЫХ УСТАНОВОК КАК ОСНОВНОГО ИСТОЧНИКА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ 214

Лягина Л.А., Ванина А.А..
ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ 219

Лягина Л.А., *Тяпаев И.С.*
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ТЕПЛОВЫХ СЕТЯХ 225

Лягина Л.А
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ КОМБИНИРОВАННОЙ СУШКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ИСПОЛЬ-ЗОВАНИЕМ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ КОНТРОЛЛЕРОВ 228

Матвиенко О.А., Волгин А.В., Мокеев У.П., Моисеев А.П.
СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОДОГРЕВА ВОЗДУХА ПТИЧНИКА 232

Меликов Д.И., Демченко М.С., Липкович И.Э.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСЧЕТНОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ В СЕЛЬСКОМ НАСЕЛЕННОМ ПУНКТЕ 236

Моисеев А.П., Искалиев К.И., Мокеев Е.П., Матвиенко О.А.
ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫМ РЕЖИМОМ ОБЛУЧАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ 241

Моисеев А.П., Волгин А.В.
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ МОЛОКА 246

Никитин Д.А., Чурляева О.Н.
МЕТОДИКА РАСЧЕТА И ВЫБОРА ТОКООГРАНИЧИВАЮЩЕГО РЕЗИСТОРА СИСТЕМЫ ПЛАВНОГО ПУСКА ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ, НАГРУЗКОЙ КОТОРОЙ ВЫСТУПАЮТ ИМПУЛЬСНЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ 251

Наумова О.В.
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ ОБРАБОТКИ НА ВЫХОД БИОГАЗА 255

Нургелдиев Н.А.
ДОСТИЖЕНИЕ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ 261

Әбілғазиев Е.Н., Есқабыл Ә.Б.
ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМИНАЛОВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ В КАЗАХСТАНЕ 266

Павликов А.А., Ищенко А.П., Кадухин А.И.
АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМ СБОРА НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ ГРУНТА ДЛЯ ПОДОГРЕВА ВОДЫ В КОРОВНИКАХ 271

Павликов А.А., Ищенко А.П., Кадухин А.И.
АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕПЛООБМЕНА В ПЛАСТИНЧАТЫХ И КОЖУХОТРУБНЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТАХ 278

Поспелова И.Г., Возмищев И.В., Трефилова Е.Г.
ПРОГРАММНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ПОЧВЫ И СУБСТРАТА В ТОНКОМ СЛОЕ ИК-ИЗЛУЧЕНИЕМ НА КОНВЕЙЕРЕ 282

Прищепов М.А., Рутковский И.Г.
МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ МНОГОЗОННЫХ ЭЛЕКТРОДНЫХ ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЕЙ-ДАТЧИКОВ ПРИ ИЗМЕНЕНИЯХ МАССОВОГО РАСХОДА ОБРАБАТЫВАЕМОЙ СРЕДЫ 286

Прокопенко С.С., Панченко С.В., Вакуленко Л.И.
ЭКОНОМИЯ ТОПЛИВА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЭКОНОМАЙЗЕРА ДЛЯ ГАЗОВОГО КОТЛА В УСЛОВИЯХ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ 294

Редкозубов В.И., Иванкина Ю.В.
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЛНЕЧНЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ПУТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ 299

Садыкова Л.А.
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОСЕТЕВОЙ КОМПАНИИ В ЗАПАДНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ 303

Саидов Д.М.
АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ЗАПАСА ХОДА ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА 308

Саргужиева Б. А.
ТЕРМОХИМИЧЕСКОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ СЫРЬЯ ИЗ БИОМАССЫ В ВОДОРОД ДЛЯ ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯМИ 312

Саяпин В.В.
СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЙ В АПК 317

Сергеев Н.Р., Левин М.А.
СУЩЕСТВУЮЩИЕ СПОСОБЫ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ЦИФРОВОЙ ПОДСТАНЦИИ 321

Сергеев Н.Р., Левин М.А.
ОРГАНИЗАЦИЯ ОПЕРАТИВНО-ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЦИФРОВОЙ ПОДСТАНЦИИ 10/0,4 кВ 323

Скорин И.А., Бахтеев С.В., Линиченко Д.С., Клепиков А.П.
КАТОДНАЯ ЗАЩИТА ТРУБОПРОВОДОВ 329

Сохинов Д.Ю., Кравченко Р.А., Кротов И.В.
РОБОТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ СОРТИРОВКИ ФРУКТОВ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 338

Стерхова Т.Н.
УПРАВЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТЬЮ УСЛОВИЙ ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИИ 343

Стрекалова Л.П., Стрекалов С.Д.
К ИССЛЕДОВАНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ ВЕТРОГЕНЕРАЦИИ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ 349

Филин Ю.И.
МИРОВАЯ ПРАКТИКА ПО ВНЕДРЕНИЮ «УМНЫХ» СЕТЕЙ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ 353

Царина С.Б., Бакиров С.М., Домнышев С.В.
АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПУСКОВЫХ ИСПЫТАНИЙ СИСТЕМЫ ОБЛУЧЕНИЯ РАСТЕНИЙ ТЕПЛИЧНЫХ ХОЗЯЙСТВ 361

Черных А.Г.
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ГИДРОПРИВОДА ОПОРНЫХ ТЕЛЕЖЕК ДОЖДЕ-ВАЛЬНОЙ МАШИНЫ 366

Шерьязов С.К., Веденяпин К.И., Копытов Д.Н.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ 372

Широбокова Т.А., Иксанов И.И., Иксанова К.С.
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕТИТЕЛЬНОГО ПРИБОРА СО СВЕТООТРАЖАЮЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ 377

Широбокова Т.А., Бакиров С.М., Поспелова И.Г., Бронников А.Н.
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА С ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ЭФФЕКТОМ 383

Юндин М.А., Севостьянов Д.А., Ситников С.С.
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТОКОВОЙ РАЗГРУЗКИ НУЛЕВОГО РАБОЧЕГО ПРОВОДА СЕТИ 0,38 кВ 386

Яшин Д.В., Чурляева О.Н., Степанов Р.К.
ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИМЕНЕНИЯ АСКУЭ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ НА УЧАСТКЕ ВЛ-0,4 кВ 392

Научная статья
УДК 621.317.3

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ИМПУЛЬСНОГО СВЕТОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ

Анатолий Александрович Анашкин[1], Антон Анатольевич Анашкин[2], Геннадий Григорьевич Угаров[3], Сергей Мударисович Бакиров[4], Андрей Александрович Верзилин[5], Сергей Владимирович Домнышев[6]

[1,2]ООО «КБ СпецПроект», г. Саратов, Россия
[3,4,5,6]Вавиловский университет, г. Саратов, Россия
[1,2]anashkin@kbspp.ru,
[4]s.m.bakirov@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-9392-7627
[5]verzilin-a@mail.ru

Аннотация. В статье приведён краткий обзор результатов исследований влияния импульсного светового потока на рост и развитие растений в условиях закрытого грунта. Выявлены существенные для определения параметров импульсного светового потока результаты исследований. Выявлен фактор неоднозначности результатов исследований, заключающийся в избирательности конкретного вида растений к параметрам импульсного светового воздействия, что существенно затрудняет его применение в технологии выращивания растений. Предложено техническое решение для определения параметров импульсного светового потока в условиях неопределенности и приведена функциональная схема его реализации.
***Ключевые слова*:** растение, светодиодный светильник, система управления, импульсный световой поток, фотосинтетический процесс.
Для цитирования: Анашкин А.А. Анализ влияния импульсного светового воздействия на рост и развитие растений / Анашкин А.А. и др. // Повышение эффективности эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы I Национальной научно-практической конференции с международным участием имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF PULSE LIGHT IMPACT ON PLANT GROWTH AND DEVELOPMENT

Anatoly Aleksandrovich Anashkin[1], Anton Anatolyevich Anashkin[2], Gennady Grigorievich Ugarov[3], Sergey Mudarisovich Bakirov[4], Andrey Aleksandrovich Verzilin[5], Sergey Vladimirovich Domnyshev[6]

[1,2] LLC "KB SpetsProekt", Saratov, Russia
[3,4,5,6]Vavilov University, Saratov, Russia
[1,2]anashkin@kbspp.ru,
[4]s.m.bakirov@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-9392-7627
[5]verzilin-a@mail.ru

Annotation. The article provides a brief overview of the results of studies of the influence of pulsed light flux on the growth and development of plants in closed ground conditions. Research results that are significant for determining the parameters of a pulsed light flux have been revealed. A factor of ambiguity in research results has been identified, which consists in the selectivity of a particular plant species to the parameters of pulsed light exposure, which significantly complicates its use in plant growing technology. A technical solution is proposed for determining the parameters of a pulsed light flux under conditions of uncertainty and a functional diagram of its implementation is given.
Key words: plant, LED lamp, control system, pulsed light flux, photosynthetic process.
For citation: Anashkin A.A. Analysis of the influence of pulsed light on plant growth and development / Anashkin A.A. etc. // Increasing the efficiency of operation of electrical equipment in agriculture: materials of the I National Scientific and Practical Conference with international participation named after G.P. Eroshenko / Ed. S.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Активное оснащение теплиц системами дополнительного освещения растений на базе светодиодных светильников послужило поводом к активному исследованию влияния на развитие растений импульсного светового облучения, что было обусловлено значительно более простой по сравнению с другими источниками света реализацией импульсного формирования светового потока. Основным мотивом для замены непрерывного светового потока импульсным является снижение потребления электроэнергии используемого для освещения оборудования.

Однако в настоящее время среди специалистов в данной области, которыми были проведены исследования влияния на развитие растений импульсного светового облучения по сравнению с непрерывным облучением, отсутствует единая точка зрения. Например, в работе [1] отмечено, что применительно к растениям томата импульсное светодиодное освещение обеспечивает более высокие скорости фотосинтеза, но формирование цветов, образование завязи и плодоношение ниже, чем при непрерывном освещении. На основе этого требуется проведение дополнительных исследований с использованием более широкого диапазона изменения параметров импульсного светового воздействия. Из результатов исследований, приведённых в работе [2], следует, что влияние импульсного облучения на рост растений в значительной степени зависит от генетических особенностей объекта. Например, стимуляция прорастания семян под влиянием импульсного облучения 1/3 с характерна для

таких культур, как змееголовник и календула, а отрицательное влияние установлено для тмина и горчицы, а по редису, пажитнику, амаранту и нугу заметных различий не наблюдалось. Урожайность зеленой массы (микрозелени) в варианте 1/3 с повысилась у календулы и пажитника в два раза и более по сравнению с темновым проращиванием, тмина, змееголовника, редиса и нуга – больше на 10–28%, однако снизилась на 16% у горчицы и на 26% у амаранта. Другие изученные режимы импульсного облучения 1/2 с и 1/1 с в целом менее благоприятны для растений, чем 1/3 с. Таким образом, в связи со значительной зависимостью реакций различных растений при проращивании семян и первичного роста микрозелени на импульсное облучение, необходима разработка дифференцированных режимов светодиодного освещения (периода следования и длительности импульсов в заданном диапазоне интенсивности полихромного света) с учетом их генетических особенностей. В работе [3] описан способ воздействия на растения в период цветения и завязи плодов импульсным световым потоком, который формируют искровыми разрядниками, размещенными равномерно в пространстве на расстоянии 0,5 м от растений. Мощность светового потока от одного разрядника составляет 20 кВт. Кратность воздействий составляет от 2-8 импульсов за одну обработку с периодичностью 5-9 дней. Длительность светового импульса составляет десятки микросекунд. При проведении испытаний использовали шесть опытных образцов огурцов, на которые воздействовали импульсным световым потоком, и шесть контрольных огурцов, которые импульсному световому воздействию не подвергались. По результатам сбора урожая было установлено следующее: в зависимости от комбинации импульсных воздействий урожай для первого опытного образца превысил в процентном отношении к контрольному образцу на 9%; для второго опытного образца превысил - на 18%; для третьего опытного образца превысил - на 12%; для четвертого опытного образца превысил на 26%; для пятого опытного образца превысил на 16%; для шестого опытного образца превысил на 54%. Таким образом, для всех опытных образцов огурца импульсное световое воздействие на него в период цветения и завязи плодов привело к увеличению объёма урожая данной сельскохозяйственной культуры. В работе [4] приведен краткий обзор исследований по влиянию импульсного светового воздействия на растение, изложенных в различных информационных источниках, в соответствии с которыми были определены временные константы для фотосинтетических процессов, в том числе:

- длительность первичных фотохимических процессов (поглощение кванта света, разделение зарядов в реакционных центрах), которая находится в диапазоне от 1пс до 1 нс (Diner, 1986);
- длительность передачи электронов между фотосистемами, которая находится в диапазоне от 1 мкс до 1 мс (Whitmarsh, Cramer, 1979; Harbinson, Hedley, 1988; Whitmarsh, 1992);
- длительность первичных реакций с участием углерода, которая составляет порядка нескольких секунд;

- длительность синтеза сахарозы и активации ферментов может занимать несколько минут (Kirschbaum, Pearcy, 1988; Sassenrath-Cole, Pearcy, 1992),

- а также приведены результаты исследований на листьях томата (Tenessen et al., 1995), которые подтвердили гипотезу о том, что фотоны, поступающие в течение импульса длительностью до 100 мкс, поглощаются и содержатся в реакционных центрах растения для последующего включения в темновые реакции фотосинтеза. В частности, при периоде следования импульсов 200 мкс и длительности светового импульса 20 мкс, интенсивность фотосинтеза при непрерывном и импульсном освещении достоверно не различается.

Автором работы [4] отмечено, что явное преимущество у светодиодных светильников, обладающих малой инерционностью. Светодиодный светильник позволяет формировать короткие импульсы светового потока желаемой формы, необходимые для эффективного воздействия на фотохимические процессы растения. Возможно отделять световые реакции фотосинтеза растения от темновых реакций фотосинтеза. Приведенные выше результаты исследований позволяют оценить оптимальный диапазон регулирования параметров импульсной последовательности светового потока. При этом наиболее существенными являются результаты количественной оценки временных констант фотосинтетических процессов растения, приведенные в работе [4]. В то же время следует учитывать неоднозначность влияния импульсного светового потока с заданными параметрами на различные группы растений. В связи с этим авторы настоящей статьи считают целесообразным ввести в алгоритм работы системы управления этап автоматической настройки на конкретное растение, в рамках проведения которого предварительно задаётся длительность импульса, например, не более 100 мкс [4].

После этого запускается режим автоматического перебора возможных значений периода импульсной последовательности, после установки каждого из которых выдерживается пауза, необходимая для реакции растения и для считывания системой управления сигнала с датчика измерения интенсивности фотосинтеза. Результаты параметров импульсного светового воздействия на растение и соответствующие им результаты реакции растения на данное воздействие сохраняются в памяти системы управления, которые после окончания этапа настройки анализируются для выбора оптимальной для данного растения комбинации параметров импульсной последовательности. При необходимости описанная процедура настройки может быть проведена для любого другого значения длительности импульса светового потока.

Результаты и обсуждения. Целесообразно обеспечить средствами системы управления с возможностью регулирования длительности как нарастания, так и спада импульса светового потока, независимо от регулирования длительности его амплитуды. На рисунке приведено условное изображение модуля для выращивания группы однотипных растений, оснащённого системой автоматического управления световым потоком с регулируемым спектром излучения.

При этом датчик плотности фотосинтетического фотонного потока 6 (ПФФП) формирует сигнал обратной связи для контроллера 5 (КТР-СП), обеспечивая возможность регулирования мощности излучения светового потока, излучаемого светильником 4 (RGB). А датчик интенсивности фотосинтеза 7 (ДИФС) обеспечивает возможность выбора во время настройки и поддержания во время работы оптимальных параметров импульсной последовательности светового потока.

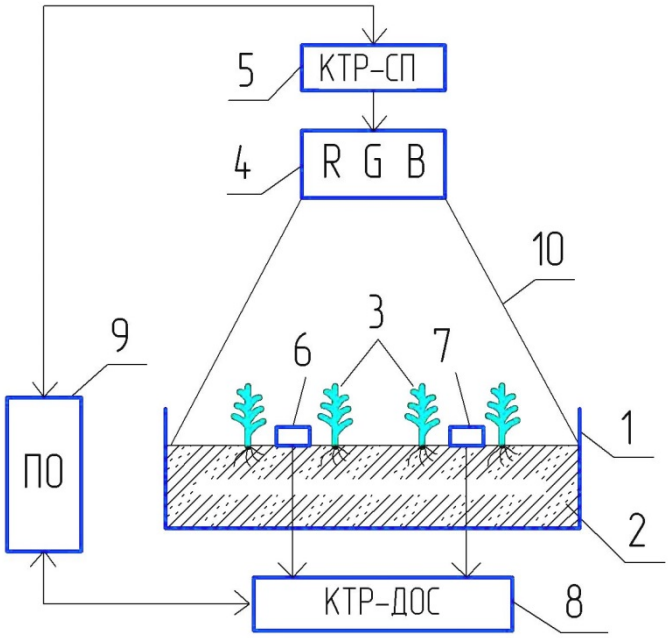


Рисунок – Модуль для выращивания группы растений, оснащённого системой автоматического управления световым потоком с регулируемым спектром излучения: 1 - лоток для выращивания растений; 2 - почва; 3 - растения; 4 -светодиодный светильник с регулируемым спектром излучения (R G B); 5 - контроллер управления световым потоком КТР-СП; 6 – датчик плотности фотосинтетического фотонного потока (ПФФП); 7 - датчик интенсивности фотосинтеза ДИФС; 8 - контроллер датчиков обратной связи КТР-ДОС; 9 – пульт оператора системы управления; 10 - область светового потока с регулируемым спектром излучения

Заключение. Анализ результатов исследований показывает неоднозначность оценки влияния импульсного светового воздействия на рост и развитие растений. Наряду с положительными результатами влияния на рост и развитие растений импульсного светового облучения, существуют также и отрицательные результаты данного воздействия. Установлена избирательность конкретного вида растений к параметрам импульсного воздействия. Решение задачи выбора оптимальных параметров импульсного светового воздействия на растение в условиях описанной выше неопределенности заключается в изменении алгоритма работы системы управления, позволяющего реализовать режим автоматической настройки параметров импульсной последовательности светового потока под конкретное растение.

Список источников

1. Мороз Д. С. Влияние импульсного режима освещения светодиодных излучателей на рост и продуктивность растений томата // Д.С. Корко - Минск: ГНУ, «Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича НАН Беларуси», Молодёжный сборник научных статей «Научные стремления», 2012 – С. 81-86.

2. Зеленков В. Н. Влияние импульсного освещения на прорастание семян некоторых овощных, масличных и лекарственных растений / В. Н. Зеленков и др. – Москва, Россия: ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений»; Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства»; АНО «Институт стратегий развития»; ФГБОУ ВО «Казанский энергетический университет»; ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рапса»; ФГБУН «Институт фундаментальных проблем биологии РАН», «Фотоника» том 14 № 5 – 2020. – С. 442-460.

3.: Патент РФ № 2 262 834 (13) C1 Способ светоимпульсной обработки растений [Текст] / МПК (2006.01) A01G 7/04/ Г.М. Спиров, В.Д. Селемир, А.С. Зайцев, Н.В. Тюренкова, А.Ф. Верхова // Заявитель и патентообладатель ФГУП Российский федеральный ядерный центр - Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики - ФГУП - РФЯЦ - ВНИИЭФ (RU), Министерство Российской Федерации по атомной энергии - Минатом РФ (RU).

4. Дун Ливэй. Исследование влияния параметров облучателя на спектры отражения листьев растений. - Томск: «Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет», Бакалаврская работа – 2018 г. – С. 51-56.

© Анашкин А.А., Анашкин А.А Угаров Г.Г., Бакиров С.М., Верзилин А.А., Домнышев С.В. 2023

Научная статья
УДК 621.643.02; 697.245

АНАЛИЗ ПЕРЕРАСХОДА ГАЗА НА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БАЗЕ

Анна Александровна Антонович[1], Анна Николаевна Токарева[2], Сергей Анатольевич Роговой[3].

[1,2]Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, г. Зерноград, Россия
[3] Филиал ПАО «Газпром газораспределение Ростов-на-Дону» в г.Зернограде, г. Зерноград, Россия
[2]tanna_ing@mail.ru https://orcid.org/0000-0002-0383-7039

Аннотация. В результате гидравлического расчета получены величины давления на входе в горелки инфракрасного излучения и водогрейные котлы на производственной базе. Используя график изменения относительного КПД от относительного давления, определены перерасходы газа. Представлена структура перерасходов газа и предложены мероприятия по снижению расходов энергоносителя.
Ключевые слова: газ, давление, горелка, котел, коэффициент полезного действия, перерасход.
Для цитирования: Антонович А.А. Анализ перерасхода газового топлива на производственной базе/А.А. Антонович, А.Н.Токарева, С.А.Роговой//Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-технической конференции имени Г.П. Ерошенко/Под ред. С.М. Бакирова. – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Scientific article

ANALYSIS OF GAS OVERSPENDING AT THE PRODUCTION BASE

Anna Alexandrovna Antonovich[1], Anna Nikolaevna Tokareva[2], Sergey Anatolyevich Rogovoy[3].
[1,2] Azov-Black Sea Engineering Institute of the Donskoy State Agrarian University, Zernograd, Russia
[3] Branch of PJSC Gazprom Gas Distribution Rostov-on-Don in Zernograd, Zernograd, Russia

Annotation. As a result of the hydraulic calculation, the pressure values at the inlet to the infrared burners and hot water boilers at the production base were obtained. Using a graph of changes in relative efficiency from relative pressure, gas overruns are determined. The structure of gas overruns is presented and measures to reduce energy costs are proposed.
Keywords: gas, pressure, burner, efficiency, overspending.
For citation: Antonovich A.A. Analysis of Overspending of gas fuel at the production base/A.A. Antonovich, A.N.Tokareva, S.A.Rogovoy//Improving the efficient operation of electrical equipment in agriculture: materials of the International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko/Edited by S.M. Bakirov. – Saratov: Vavilov University, 2023
[2]tanna_ing@mail.ru https://orcid.org/0000-0002-0383-7039

Введение. Анализ структуры энергопотребления предприятий показал, что одним из наиболее востребованных энергетических ресурсов является природный газ. Доля природного газа в структуре потребления энергоресурсов на любом предприятии составляет не менее 20%. Следовательно, при

разработке мероприятий по энергосбережению в теплотехнологиях в первую очередь необходимо рассматривать, такие вопросы, как снижение потребления газового топлива.

В связи с эти целью данной работы является выполнение анализа расходов газа на предприятии и выявления «слабого звена» в перерасходе энергоносителя.

Материалы и методы. Исследования проводились применительно к производственной базе предприятия ООО «Энергостройкомплект-М» Волгодонского района Ростовской области. На предприятии используются водогрейные котлы для отопления и горячего водоснабжения административно-бытовых зданий и складских помещений, а также горелки инфракрасного излучения (ГИИ) для отопления производственных помещений. Все оборудование рассчитано на пониженное номинальное давление газа $P_{ном}$=1,3*кПа*. Максимальное рабочее давление составляет P_{max}=1,8*кПа*, минимальное – P_{min}=0,65*кПа*. На предприятии используется газ Оренбургского месторождения с теплотой сгорания $Q_н^р = 39553{,}6\frac{кДж}{м^3}$ и плотностью $\rho_г = 0{,}815\frac{кг}{м^3}$. Схема газовой сети предприятия представлена на рисунке 1.

Газоснабжение предприятия осуществляется от шкафного газорегуляторного пункта ГРПШ-10М-1. Давление газа на выходе из ГРП составляет $P_{вых}$ =1,8*кПа*. Расход газа составляет $Q = 30\frac{м^3}{ч}$. Для измерения количества используемого энергоносителя на выходе из ГРП установлен счетчик СГ16МТ-100-30-С [1].

Давление газа на входе в газоиспользующее оборудование определяется как [2]

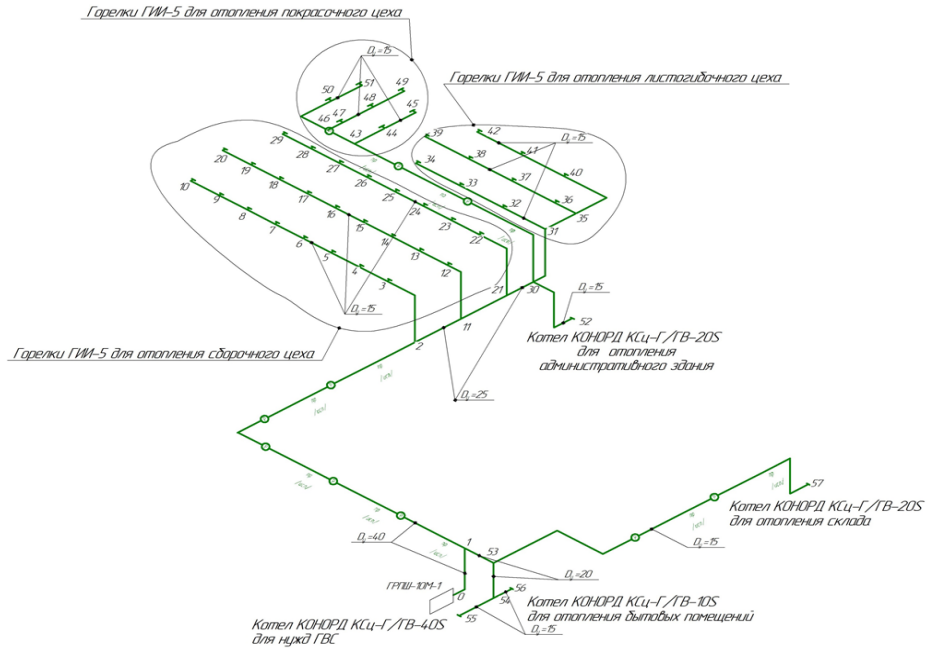


Рисунок 1 –Схема газораспределительной сети предприятия

$$P = P_{вых} - \Delta P - \Delta P_{сч} \quad (1)$$

где ΔP –потери давления газа в сети;

$\Delta P_{сч}$ –потери давления газа в счетчике.

Потери давления газа в сети ΔP были рассчитаны по традиционной методике [3] при помощи специальных номограмм.

Потери давления в счетчике определялись в соответствии с рекомендациями изготовителей [1] по формуле

$$\Delta P = \Delta P_p \left(\frac{\rho_г \cdot P_{вых}}{\rho_{ср} \cdot P_{расч}} \right) \quad (2)$$

где ΔP_p – расчетные потери давления. Они определяются конкретно для каждой модели счетчика данного типа по специальным кривым, представленным в [1].

$\rho_{ср}$– значение плотности газа при стандартных условиях, для которых для которых построен график $\rho_{ср} = 1{,}29 \frac{кг}{м^3}$;

$P_{расч}$ – значение давления газа, для которого построен график, $P_{расч}$=0,106$МПа$.

Для используемой модели счетчика и вышеуказанного расхода газа потери давления в счетчике по выражению (2) составили $\Delta P_{сч}$=61$Па$.

По результатам вычислений были установлены величины давлений газа на входе во все газоиспользующее оборудование.

Далее была определена величина относительного давления газа по формуле

$$P_{отн} = \frac{P}{P_{ном}} \quad (3)$$

где P – действительное давление газа на входе в газовые приборы.

После расчета относительного давления была вычислена величина относительного КПД газоиспользующего оборудования по формуле [4]:

$$\eta_{отн} = -0{,}51P_{отн}^6 + 2{,}35P_{отн}^5 - 3{,}07P_{отн}^4 - 0{,}764P_{отн}^3 + 4{,}43P_{отн}^2 - 2{,}99P_{отн} + 1{,}55 \quad (4)$$

Относительный КПД представляет собой отношение фактического КПД используемого оборудования к номинальной величине КПД

$$\eta_{отн} = \frac{\eta}{\eta_{ном}} \quad (4)$$

где η –действительное значение КПД;

$\eta_{ном}$ – номинальное значение КПД.

С учетом выражения (4) перерасход газа был рассчитан как разница между действительным расходом газа и расходом газа при работе оборудования с номинальным КПД

$$\Delta B = \frac{Ф_{об}}{Q_н^p \cdot \eta} - \frac{Ф_{об}}{Q_н^p \cdot \eta_{ном}} = \frac{Ф_{об}}{Q_н^p \cdot \eta_{ном} \cdot \eta_{отн}} - \frac{Ф_{об}}{Q_н^p \cdot \eta_{ном}} = \frac{Ф_{об}}{Q_н^p \cdot \eta_{ном}} \left(\frac{1}{\eta_{отн}} - 1 \right) \quad (5)$$

Результаты исследований. Структура перерасхода топлива приведена на рисунке 2. Значения действительного давления газа на входе в газоиспользующее оборудование представлены в виде гистограмм на рисунке 3.

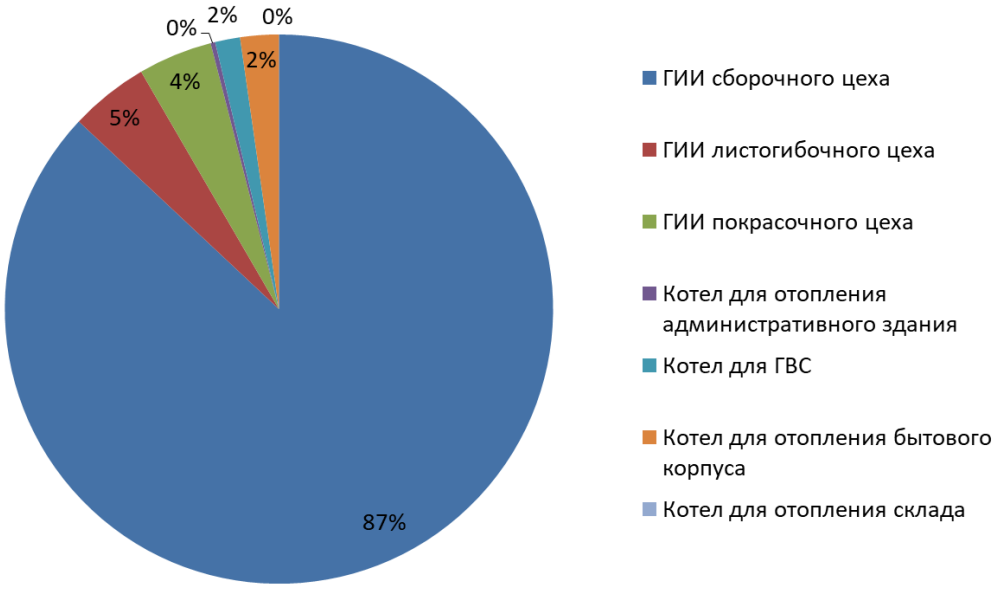
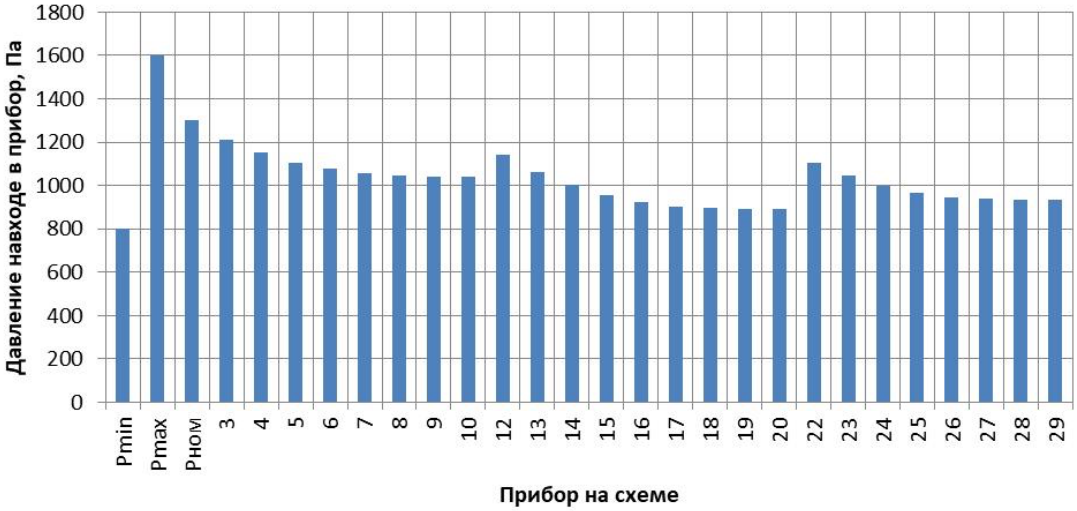
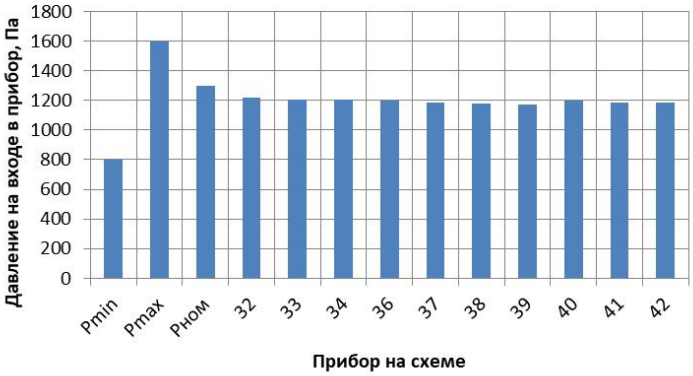


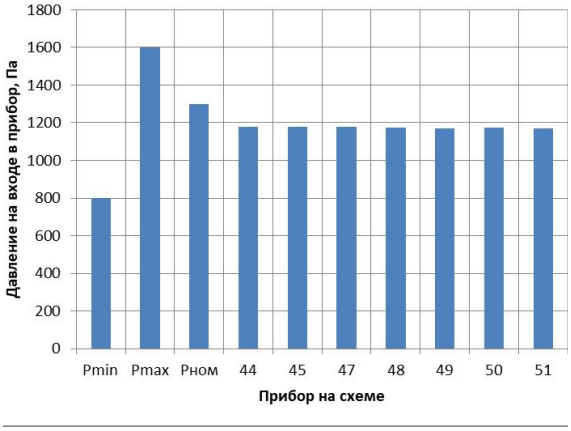
Рисунок 2– Структура перерасхода топлива на предприятии



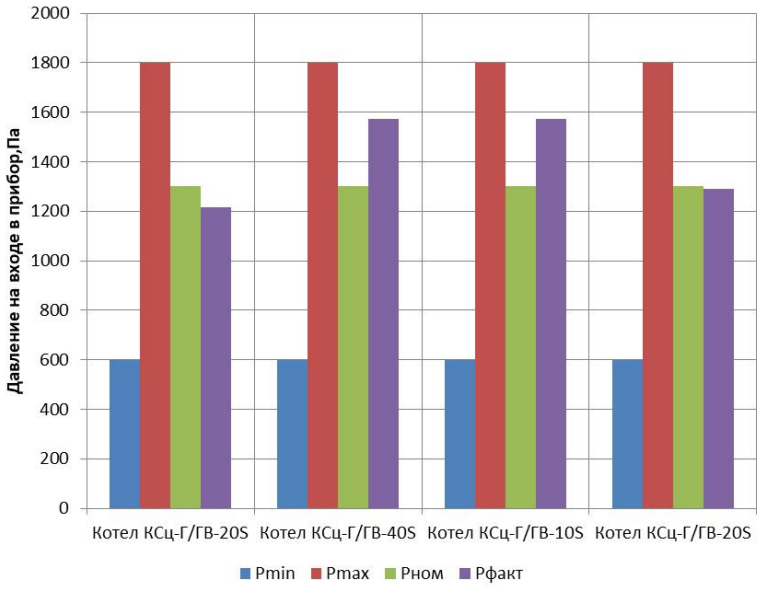
а



б



в



г

а – ГИИ сборочного цеха; б – ГИИ листогибочного цеха; в – ГИИ покрасочного цеха; г –водогрейные котлы

Рисунок 3 – Расчетные значения давления газа на входе в газоиспользующее оборудование

Из рисунка 2 видно, что наибольшая доля перерасхода газа (87%) приходится на горелки, установленные в сборочном цеху. Это можно объяснить тем, что отклонение давления газа на входе в инфракрасные излучатели от номинального значения (рис.3а) намного больше, чем отклонение давления на входе в ГИИ листогибочного (рис 3б) и покрасочного (рис. 3в) цехов. Давление газа на входе в отопительные котлы административного здания и склада (рис. 3г) практически равно номинальному значению.

Заключение. Для снижения перерасхода топлива в системе отопления сборочного цеха необходимо увеличить давление на входе в горелки инфракрасного излучения. Это может быть достигнуто либо увеличением давления на выходе из газорегуляторного пункта, либо изменением диаметров трубопроводов.

По данным исследований [5] для обеспечения наиболее стабильной работы горелок давление на выходе из ГРП должно равняться максимальному рабочему давлению P_{max}=1,8*кПа*. Именно с таким давлением и выходит газ из газорегуляторного пункта. Поэтому вопрос об изменении величины выходного давления не является целесообразным.

В связи с этим необходимо рассмотреть вариант снижения перерасхода топлива путем изменения диаметров газораспределительных трубопроводов.

Список источников

1. Счетчик газа СГ16МТ-Р, СГ75МТ-Р. Руководство по эксплуатации [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://multigaz.ru/image/catalog/1__schetchiki_gaza/4__promyshlennye-schetchiki-gaza/5__%20%D0%A1%D0%93-16MT_G100-G4000/rukovodstvo_SG.pdf.pdf

2. Курицын, Б.Н./К выбору расчетного перепада давлений в поселковых системах газоснабжения со шкафными ГРП/Б. Н. Курицын, О. Н. Медведева, О. А. Фролова//Научно-технические проблемы совершенствования и развития систем газоэнергоснабжения.–2006.–№1.–С.40-44.

3. Ионин, А.А. Газоснабжение: учеб. для вузов /А.А. Ионин [и др.] М.:Изд-во АСВ, 2011. – 471 с.

4. Курицын, Б.Н. Исследование тепловой эффективности водогрейных аппаратов, работающих на газовом топливе/Б.Н. Курицын, О.Н. Медведева, А.А. Иванов//Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. –2009. –№ 16 (149). – С. 54-57.

5. Медведева, О.Н. Обоснование расчетного перепада давления в газораспределительных системах/О.Н. Медведева//Вестник гражданских инженеров. 2011. № 4 (29). – С. 109-113.

© Антонович А.А., Токарева А.Н., Роговой С.А., 2023

Научная статья
УДК 63.008

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ВЛИЯЮЩИЙ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ БУЛЬДОЗЕРА

Агамурад Бердыниязович Акыев[1], Гуванч Аганиязович Акыев[2]
[1]Туркменский сельскохозяйственный институт г. Дашогуз, Туркменистан,
[2]Институт телекоммуникация и информатики Туркменистана г. Ашхабат
[1]tohiagamyrat@gmail.com https://orcid.org/0009-0008-1102-7096
[2]akyevguvanch.tm@gmail.com

Аннотация. В данной статье мы рассмотрели аграрное сельское хозяйство требует применения мелиоративных машин для выполнения различных видов работ. Основное место по объему выполняемых земляных работ в водном хозяйстве занимает бульдозер. Проведен перекрестный и сравнительный анализ развития технологий в защите земельных ресурсов. Даны рекомендации по внедрению разработок в отрасль.

Ключевые слова: Планировка, котлованов, траншей, сельское хозяйство, насыпь, кавальер, выемка.

Для цитирования: Акыев А.Б. Инновации в жизни / А.Б. Акыев, Г.А. Акыев // Основные аспекты эксплуатаций бульдозеров в сельском хозяйстве: материалы

Международной научно-технической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под ред. А.Б. Акыев – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

MAIN FACTORS AFFECTING BULLDOZER PERFORMANCE

Agamurad berdiniyazovich Akyyev[1], Guvanch Aganiyazovich Akyyev[2]
[1]Turkmen agricultural institute, Dashoguz, Turkmenistan, [2]Institute of Telecommunications and Informatics of Turkmenistan, Ashgabat

[1]tohiagamyrat@gmail.com https://orcid.org/0009-0008-1102-7096
[2]akyevguvanch.tm@gmail.com

Annotation. In this article, agricultural agriculture requires the use of reclamation machines to perform various types of work. The main place in terms of the volume of excavation work performed in the water sector is occupied by the bulldozer. Recommendations are given for the implementation of developments in the industry.
Keywords: Layout, pits, trenches, agriculture, embankment, cavalier, excavation.
For citation: Akyyev A.B. Main factors affecting bulldozer performance/ A.B.Akyyev, G.A.Akyyev // main aspects of bulldozer operation in agriculture: materials International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko / Ed. A.B.Akyyeva - Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Бульдозеры относятся к землеройно-транспортным машинам и могут применяться как самостоятельно, так и в комплексе с другими машинами. Работы, выполняемые бульдозерами в мелиоративном строительстве, схематично изображены на рисунке 1 [6].

Бульдозеры в основном применяют в комплекте с другими машинами: с экскаваторами для различных планировочных работ (планировка основания котлованов, разравнивания грунта, планировка откосов); со скреперами — на планировке основания дорог и т. П. Самостоятельное применение бульдозеры находят на вскрышных, планировочных и зачистных работах [5, 6].

Материалы и методы. Перспективное развитие бульдозеров направлено на повышение их производительности. Так, в современных конструкциях бульдозеров обеспечивается возможность увеличивать перекос отвала до 6-12°, что значительно улучшает их эксплуатационные показатели (особенно планирующие свойства), соответственно увеличивается производительность.

При земляных работах бульдозеры выполняют три основные строительные задачи: рытье перемещение и рыхление грунта, а также подготовительные работы на площадке или в зоне траншеи. Общестроительные машины широко используются в строительстве водного хозяйства.

Аграрное сельское хозяйство требует применения мелиоративных машин для выполнения различных видов работ, таких как рытье канав, прокладка трубопроводов, очистка оросительных каналов от наносов и растительности,

установка противофильтрационных покрытий и т. д. На подготовительных работах для проведения этих работ используются бульдозеры [1, 6].

Основное место по объему выполняемых земляных работ в водном хозяйстве занимает бульдозер (бульдозер-40%, одноковшовый экскаватор-26%, скрепер-22%, многоковшовый экскаватор-4%, другие средства механизации- 8%). Это объясняется простотой их конструкции, надежностью в работе, низкой стоимостью использования, возможностью использования в различных сенсорных условиях, большой мобильностью, высокой производительностью [5, 6].

Результаты исследования. Бульдозер применяют с целью рытья котлованов и поднятия доли от общего грунтового комплекса, выравнивания дна и откосов орошаемых земель и ям, а также на строительных площадках, дорогах и т.п.

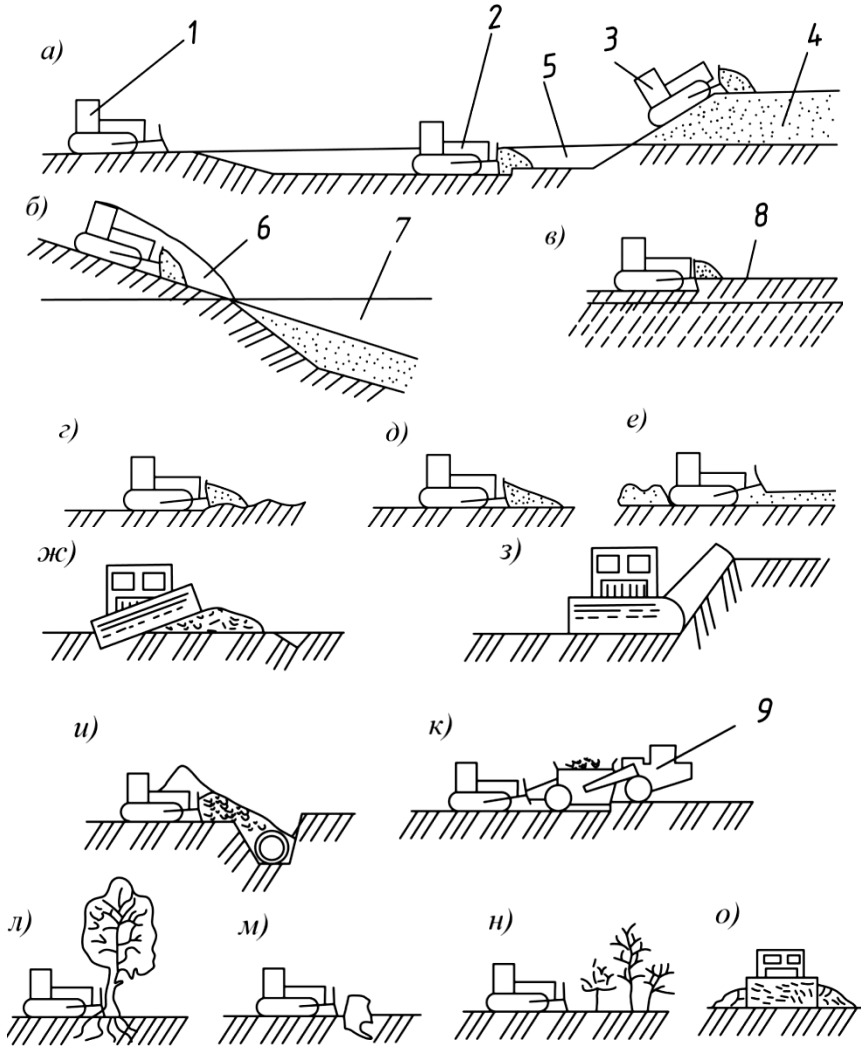


Рисунок 1 - Основные виды мелиоративно-строительных работ, выполняемых бульдозерами: *а*-разработка траншей, котлованов, каналов с отсыпкой грунтав кавальеры, отвалы, насыпи; *б*-срезка косогоров и засыпка выемок;*в*-снятие плодородного слоя или пустой породы; *г*-планировка передним ходом; *д*-разравнивание насыпного грунта передним ходом; *е*-планировка задним ходом; *ж*-профилирование полотна грунтовой дороги; *з*-зачистка откосов; *и*-засыпка траншей; *к*-толкание скреперов при наполнениковша грунтом; *л*-валка деревьев; *м*-корчевка пней, *н*-срезка кустарника и мелколесья; *о*-снегоочистительные работы;1-исходное положение бульдозера; *2*-резание и транспортирование грунта; 3-бульдозер на насыпи; *4*-насыпь, кавальер; *5*-траншея;6-косогор; 7-выемка; *8*-плодородный слой или пустая порода; *9*-скрепер

При выравнивании земель, почвы сведенной к дамбам, канавам в направлении дорог и насыпей, при очистке полей от кустарников, крупных деревьев и корней деревьев; при добыче и складировании мелкозернистых строительных материалов; погрузка и выгрузка мелкозернистых заполнителей на железнодорожные платформы. Бульдозер это цепной или колесный трактор предназначенный для расчистки снега, а также использования комплектных скреперов в качестве толкателя, разрезания грунта и транспортировки его на короткие расстояния [5, 6].

В зависимости от местных климатических условий для резки и размягчения, глубоко мёрзлых и тяжелых глинистых грунтов применяют много цепные бульдозеры.

В зависимости от вида выполняемых работ (работа на уклонах или выравнивающих поверхностях) производительность бульдозеров характеризуют по объему или площади.

Факторы, которые в первую очередь влияют на производительность бульдозера, включают:

- физико-механические свойства почвы;
- связность при перемещение грунтов;
- уклон поля;
- форма и геометрические размеры лопатки бульдозера.

Заключение. При мелиоративных работах используют бульдозер для резки почвы на горизонтальных участках или склонах. При движении в гору по склонам большая часть тяги бульдозера используется для движения самого себя. При выполнении условий длина пути бульдозера до заполнения глушителя составляет в среднем 6-10 м.

Бульдозер может эксплуатироваться ковшовым способом до глубины 1,5-2,0 м в траншеях с глубокими траншеями. В этом случае сечение траншеи представляет собой кривую линию; требуется дополнительная работа, чтобы сделать его трапециевидным.

Специализированная рабочая техника применяется на бульдозерах для расчистки новых площадей, пригодных для обработки, для вырубки хвойных деревьев при первоначальной подготовке, а также для очистки почвы от древесины и камней (рис. 2 а и б) [5, 6].



а)



б)

Рисунок 2 - Бульдозеры с различным рабочим оборудованием: а-лесорез; б-очиститель пней и камней.

Список источников

1. Брянских, С.П. Экономика сельского хозяйства / С.П. Брянских. – М.: гропромиздат, 2017. – 326 с.
2. Бусел И.П. Экономика сельского хозяйства: учебное пособие / И. П. Бусел, П.И. Малихтарович – Минск: Республиканский институт профессионального образования, 2018. – 447 с.
3. Ермалинская, Н.В. Экономика и организация инфраструктуры агропромышленного комплекса: курс лекций / Н. В. Ермалинская. – М: ГГТУ, 2018. – 163 с.
4. Кузнецов, В.В. Экономика сельского хозяйства / В.В. Кузнецов – Ростов-на-Дону: Феникс, 2018. – 352 с.
5. Иванов Е.С.Организация строительства объектов природообустройства. – Москва: Колос, 2009.– 350 с.
6. Ясинецкий В.Г., Фенин Н.К. Организация и технология гидромелиоративных работ. – Москва: Колос, 1989. – 450 с.

© Акыев А.Б., Акыев Г.А. 2023

Обзорная статья
УДК 504.055

АНАЛИЗ НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Анна Ивановна Арсентьева[1], Антон Павлович Ищенко[2]
[1] Финансово-технологический колледж ФГБОУ ВО Вавиловский университет, г. Саратов, Россия
[2] Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия
[1] puriip94@gmail.com , https://orcid.org/0009-0007-7737-4851
[2] Familiename@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0003-3188-8199

Аннотация. В статье приводится анализ развития альтернативных источников тока, в частности солнечных батарей и ветрогенераторов. Представлены данные по использованию альтернативных источников в различных станах. Особое внимание уделяется тому что сроки эксплуатации многих эксплуатируемых источников подходит к концу и возникает проблема с их утилизацией. Рассмотрены негативные факторы, влияющие на животных и природу как солнечных батарей, так и ветрогенераторов.

Таким образом разработка методов утилизации использованных альтернативных источников является одним из востребованных направлений в энергетики.

Ключевые слова: альтернативные источники, солнечные батареи, ветрогенераторы, аккумуляторные батареи, утилизация.

Для цитирования: Арсентьева А.И. Анализ влияния альтернативных источников на внешнюю среду / А.И. Арсентьева, А.П. Ищенко // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-технической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Review article

ANALYSIS OF THE NEGATIVE IMPACT OF ALTERNATIVE SOURCES ON THE ENVIRONMENT

Anna Ivanovna Arsentieva [1], Anton Pavlovich Ishchenko[2]
[1]College of Finance and Technology Vavilov University, Saratov, Russia
[2]Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia
[1] puriip94@gmail.com , https://orcid.org/0009-0007-7737-4851
[2] Familiename@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0003-3188-8199

Annotation. The article provides an analysis of the development of alternative current sources, in particular solar batteries and wind turbines. The data on the use of alternative sources in different countries are presented. Particular attention is paid to the fact that the life of many operated sources is coming to an end and there is a problem with their disposal. Negative factors affecting animals and the nature of both solar panels and wind turbines are considered.

Thus, the development of methods for the utilization of used alternative sources is one of the most sought-after areas in the energy sector.

Keywords: alternative sources, solar batteries, wind generators, storage batteries, recycling.
For citation: Arsentieva A.I. Analysis of the influence of alternative sources on the external environment / A.I. Arsentieva, A.P. Ishchenko // Improving the efficient operation of electrical equipment in agriculture: Materials of the International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko / Edited by C.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Активное изъятие энергетического сырья из недр, а также техногенное воздействие источников энергии, базирующихся на традиционном топливе, приводят к необратимым экологическим последствиям. Ухудшение экологии и истощение природных ресурсов заставляет задумываться о том, как наиболее эффективно получать электричество из возобновляемых источников.

На сегодняшний день в мировой энергетике используются два основных источника электрической энергии: солнечные батареи и ветровые генераторы.

Поэтому целью данной статьи является анализ негативного воздействия солнечных батарей и ветровых генераторов при массовом использовании на окружающую среду.

Исходя из различных источников [4,6,7,9] можно выделить, что по состоянию на 2023 г. Китай, Евросоюз, США и Индия продолжают оставаться лидерами по использованию альтернативных источников энергии. Из результатов исследования базы данных энергетической статистики, UNSD и информации, собранной в 2020 г. и энергетическим сайтом «EES EAEC», мощность солнечной электроэнергетики Китая составила 253560 МВт, Евросоюза – 138440 МВт, США – 75794 МВт и Индии – 40315 МВт [9]. На рисунке 1 приведена динамика развития мощностей солнечной энергетики за 2020 год.

На сегодняшний день по данным NEA (National Energy Administration), опубликованым CEC (China Electricity Council) по итогам за 7 месяцев 2023 года установленная мощность солнечных электростанций составила 490,81 млн. кВт.

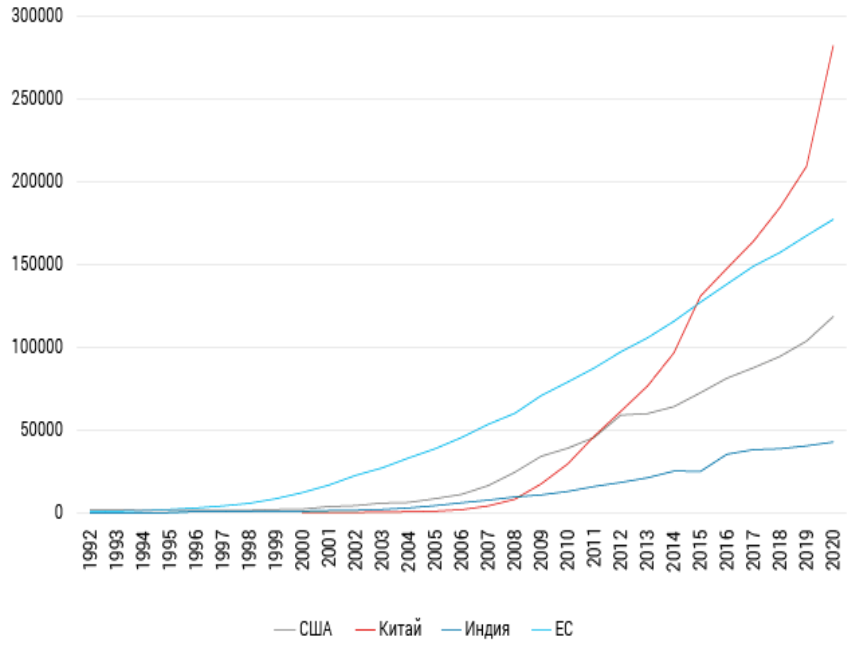


Рисунок 1 – Выработка электрической энергии от солнечных батарей

Материалы и методы. Анализ использования солнечных батарей. 25 апреля 1954 года специалисты компании «Bell Laboratories» заявили о создании первых солнечных батарей на основе кремния для получения электрического тока. Эффективность их солнечной батареи составила 6 %. Во время пресс-конференции батарея успешно служила источником энергии для игрушечного «колеса обозрения» и радиопередатчика. 17 марта 1958 года в США был запущен спутник с использованием солнечных батарей - «Авангард-1». 15 мая 1958 года в СССР также был запущен спутник с использованием солнечных батарей - «Спутник-3» [1].

С данного момента началась всемирная разработка разных конструкций солнечных батарей и тем самым становясь более доступными для массового потребителя. Наибольший пик в распространении данных бататерей пришлось

на 2010-х годы 21 века, когда производители смогли достичь отношения цены батареи к выработанной энергии в соотношении 0,73$/ 1 Вт [1,2].

Самым первым плюсом, является неиссякаемость и доступность в любом месте где есть солнечный свет. Следующим преимуществом является то, что комплект солнечных батарей полностью экологичен, но есть один минус. В процессе производства используются вредные вещества, они загрязняют окружающую среду. Батареи изнашиваются медленно если нет движущихся частей. Конечно, если есть система поворачивающие элементы в сторону источника энергии, панели могут прослужить двадцать пять и более лет. Также к преимуществу можно отнести возможность наращивания мощности выработки электрической энергии. Надо сказать, что такие преимущества накладываются на серьезную проблему: необходимо искать и подготавливать большие площади.

Однако главным недостатком считается не круглосуточная выработка электроэнергии. Поэтому панелям требуется мощные накопители, которые дороже самой установки, или генераторы. Также можно выделить следующие недостатки:

- Низкий КПД – средний показатель находится в пределах от 12 до 25%.
- Выработка электроэнергии зависит от погодных условий.
- Необходимость наличия больших площадей, так чтобы получить максимальную мощность от солнца, требуются платформы больших размеров.

Из анализа работы и эксплуатации соленных батарей можно сделать следующие выводы. При развитии солнечной энергетики площади затемнения земель увеличиваться, что приведет к изменению почвенных условий на данной территории и к изменению всей экосистемы региона. Также приводит к изменению температуры, влажности, а затем и направления ветров.

Особым пунктом надо выделить, что солнечные панели с истекшим сроком годности называются электронными отходами. Ежегодно увеличиваются отходы от солнечных батарей, так как подходит к концу срок их эксплуатации. Например, в 2018 году объем электронных отходов составил 50 млн тонн.

На данный момент нет эффективного способа их переработки. Существует два основных способа переработки панелей. Это так называемая «мелкая», когда из используемых панелей удаляются для обработки почти все элементы, и второй вариант - «грубая обработка», когда удаляются только основные материалы (алюминий, пластик, стекло).

Анализ использования ветрогенераторов.

Энергию ветра можно собирать во многих частях планеты, чтобы генерировать электроэнергию. Для кручения лопастей ветрогенератора не требуется никакого топлива, а значит его работа не производит выбросов в атмосферу. Таким образом, для конвертации энергии достаточно построить ветряную электростанцию (ВЭС) в тех местах, где в течение года часто дует ветер. Для производства тока достаточно скорости воздушных масс от 3м/с.

При сильных порывах, больше 25 м/с, специальная тормозная система останавливает устройство.

Современные ветряные электростанции располагаются как на суше, так и на воде. ВЭС могут работать с сетью существующих электростанций либо быть автономными системами. Мощность ветра электростанций зависит от скорости ветра и размаха лопастей ветроколеса.

Возведение такой установки занимает всего неделю, что позволяет быстро разворачивать сети генераторов. Хотя такие комплексы и занимают большие площади, эти же территории могут безопасно использоваться для сельскохозяйственных нужд.

И все же их нельзя назвать полностью экологически безопасными, так как ветроэнергетическая установка довольно шумная, и поэтому в Европе законодательно установлен предельный уровень шума для дневного и ночного времени, который ветряные электростанции не должны превышать. Кроме того, работу ветряных электростанций приходится останавливать во время сезонного перелета птиц. В России подобных ограничений нет, но ветряные электростанции не располагаются поблизости от жилых домов – исходя из удобства населения.

Результаты исследования. Ветряки оказывают влияние и на человека: некоторые люди имеют повышенную чувствительность к инфразвуку, создаваемому лопастями генераторов, который воздействует на вестибулярный аппарат. В связи с этим могут появиться неприятные симптомы такие, как головокружение, нарушение сна, тошнота и другие неврологические расстройства.

Минус: эффективность работы ветряной электростанции зависит от времени года, времени суток, погодных условий и географического положения, скорость ветра изменяется в зависимости этих факторов, а так как энергия ветра является кинетической, то она напрямую связана со скоростью чем выше скорость, тем, соответственно, больше энергии вырабатывается.

Иногда к минусам ветряных электростанций относят довольно большую площадь, которую занимают ВЭС. Однако, наряду с наземными ветряными электростанциями, сейчас устанавливаются и прибрежные (их существенным плюсом является стабильность работы – за счет морских бризов), шельфовые (находятся в море на значительном удалении от берега (10-60 км), не занимают земельные участки, весьма эффективны, так как морские ветры регулярны и обладают значительной скоростью). Однако различные исследования показали, что ветряной парк в близи берегов Нидерланд снизил силу ветра в сторону материка, тем самым понизилась приносимая ими влага около 1-2%.

В 2023 было проведено исследование по влиянию магнитного поля на животных, в частности на крабов, которые под действием магнитного поля от силовых кабелей, проложенных на дне, перестают двигаться и питаться. Возможным решением проблемы является погружение силовых кабелей в грунт морского дна. Однако это сделает обслуживание очень сложным и дорогим методом строительства и эксплуатации [10].

Одной из главных проблем является утилизация компонентов ветроэнергетических установок и в частности лопастей является приоритетной задачей для всего ВЭИ-сообщества. На сегодняшний день ВЭУ уже на 70-80% подлежат вторичному использованию. Многие компании, работающие на рынке ветроэнергетики, пытаются предложить свои решения данной задачи.

Сейчас в сети можно найти фотографии, на которых запечатлены кадры того, как гигантские части ветрогенераторов просто засыпаются землёй. Для этих целей выделяются огромные площади и возникает вполне закономерное умозаключение об отнюдь не безвредном и экологически безопасном методе генерации. Но организация полигонов для захоронения неразлагающихся деталей становится настоящей проблемой — выводящихся из эксплуатации ветряков всё больше, площади для утилизации всё меньше, а организация таких мест нарушает экологический баланс, превращая зелёные участки в пустыри.

Заключение. Исходя из анализов негативных факторов и воздействий на окружающую среду, представленных в статье, можно сделать вывод, что при проведенном анализе по данным представленных на 2023 год обнаружилось много новых влияний на окружающую среду от массового использования ветрогенераторов и солнечных батарей. Возникает необходимость в разработке новых методов проектирования электростанций на ветреной и солнечной генерации с учетом фактического воздействия на конкретную местность и ее климат. А также необходимо усовершенствовать технологию переработки вышедших из эксплуатации ветрогенераторов и солнечных батарей.

Список источников

1. Солнечным батареям — 60 лет [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://habr.com/ru/articles/220899/ (дата обращения 30.11.2023).
2. Говорушко С.М. Воздействие ветровых электростанций на окружающую среду / С.М. Говорушко // АЭЭ. 2011. №4.
3. Черниченко А.В. Влияние ветро-дизельных электростанций на окружающую среду / А.В. Черниченко, Т.Л. Долгопол // Вестник науки. 2019. №12 (21).
4. Лагунова Д.А. Подходы к оценке энергопотенциала возобновляемых источников энергии на территории России / Д.А. Лагунова, А.Н. Никулин // Вестник УлГТУ. 2022. №2 (98).
5. Борисова Ю.С. Сравнительный анализ влияния объектов традиционной и альтернативной энергетики на окружающую среду / Ю.С. Борисова, Н.С. Самарская // Безопасность техногенных и природных систем. 2021. №4.
6. Сайфудинова Н.З. Влияние альтернативной энергетики на развитие экономики государства и окружающую среду / Н.З. Сайфудинова, К.М. Мамалимов, А.И. Сабирзянов, А.И. Байгутлин, Е.И Петунин. // Московский экономический журнал. 2020. №6.
7. Geiger, R., Hannan, Y., Travia, W., Naboni, R. and Schlette, Cr. Composite wind turbine blade recycling – value creation through Industry 4.0 to enable

circularityin repurposing of composites. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/942/1/012016 (дата обращения 30.11.2023).

8. Казакова Н.А. Влияние ветрогенераторов на загрязнение почв тяжелыми металлами / Н.А. Казакова, Л.Р. Садретдинова, А.А. Мухаметшин // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2019. №1.

9. Анализ развития солнечной энергетики в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://energypolicy.ru/analiz-razvitiya-solnechnoj-energetiki-v-rossii/energoperehod/2023/19/31/ (дата обращения 30.11.2023).

10. Ветряные электростанции на морских отмелях [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.bbc.com/news/uk-scotland-south-scotland-58869465 (дата обращения 15.12.2023).

© Арсентьева А.И., Ищенко А.П., 2023

Научная статья
УДК 631.21

ОЦЕНКА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ

Сергей Мударисович Бакиров[1], Муслим Аликович Абзалов[2], Виталий Сергеевич Ильин[3]
[1,2,3]Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н. И. Вавилова, г. Саратов, Россия
[1]s.m.bakirov@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-9392-7627
[2]muslim47464@gmail.com
[3]asvi-agro@bk.ru

Аннотация. В работе представлены функциональные возможности датчиков влажности почвы, используемые для целей орошения. Представлена роль таких средств измерения в определении параметров орошения (поливная норма, гидравлические характеристики) и оценена взаимосвязь с повышением урожайности при сокращении потерь воды. Рассмотрены различные типы доступных датчиков влажности почвы, включая емкостные датчики, тензометры и нейтронные зонды, а также представлена сравнительная оценка их достоинств и недостатков.

Ключевые слова: влажность почвы, тензиометр, температура почвы, средства измерения влажности почвы, емкостный метод измерения влажности, объективность средств измерения

Для цитирования: Бакиров С. М. Оценка средств измерения влажности почвы / С. М. Бакиров, М. А. Абзалов, В. С. Ильин // Повышение эффективности эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы I Национальной научно-практической конференции с международным участием

имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

EVALUATION OF SOIL MOISTURE MEASURING TOOLS

Sergey Mudarisovich Bakirov[1], Muslim Alikovich Abzalov[2], Vitaly Sergeevich Ilyin[3]

[1,2]Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering. N.I. Vavilov, Saratov, Russia

[1]s.m.bakirov@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-9392-7627

[2]muslim47464@gmail.com

[3]asvi-agro@bk.ru

Annotation. The paper presents the functionality of soil moisture sensors used for irrigation purposes. The role of such measuring instruments in determining irrigation parameters (irrigation rate, hydraulic characteristics) is presented and the relationship with increasing productivity while reducing water losses is assessed. The various types of available soil moisture sensors, including capacitive sensors, strain gauges, and neutron probes, are reviewed, and a comparative assessment of their advantages and disadvantages is presented.

Key words*:* soil moisture, tensiometer, soil temperature, means of measuring soil moisture, capacitive method of measuring moisture, objectivity of measuring instruments

For citation*:* Bakirov S.M. Evaluation of soil moisture measuring tools / S.M. Bakirov, M.A. Abzalov, V.S. Ilyin // Increasing the efficiency of operation of electrical equipment in agriculture: materials of the I National Scientific and Practical Conference with international participation named after G.P. Eroshenko / Ed. S.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Влажность почвы играет важную роль для корневой системы растений и регулирует процессы первичного и вторичного метаболизма растений, определяя рост и развитие [1]. Точный мониторинг уровня влажности почвы позволяет фермерам оптимизировать процесс орошения, сохранить водный ресурс и в результате повысить урожайность растений.

В работах разных авторов встречается множество положений по нормам полива, периодичности полива и минеральному составу раствора [2-6]. Например, для полевой культуры кукурузы трубуется непрерывный мониторинг влажности, так как от этого зависит протекание всех необходимых процессов развития (рисунок 1).

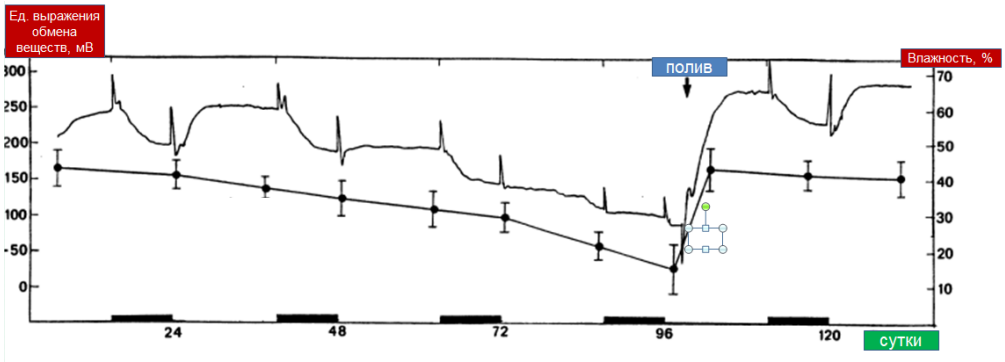


Рисунок 1 – Зависимость активности обмена веществ от влажности почвы в течение нескольких суток (автор Jorg Fromm, Houman Fei, Канада [2])

Анализ различных источников показывает, что при возделывании полувых культурных растений требуется непрерывный контроль влажности почвы для исключения стрессовых состояний. Поэтому следуется использовать приборы, определяющие влажность в почве. Сельхозтоваропроизводители используют различные датчики влажности почвы. Они бывают разных типов, каждый из которых имеет свои преимущества и области применения. Оценим достоинства и недостатки данных средств измерений.

1. Тензиометры. Эти датчики измеряют натяжение воды в почве с помощью вакуумметра [8]. Они точны, но требуют регулярного обслуживания (рисунок 2), проверки вакуума.



Рисунок 2 – Внешний вид тензиометра

Применение тензиометра ограничено тем, что этот прибор непосредственного измерения, то есть данные о влажности снимаются умозрительно со шкалы стрелочного манометра.

2. Электрические датчики, основанные на измерении проводимости или емкости. Самые распространенные датчики – емкостные, так как они не вступают в прямой контакт с почвой в отличие от принципа измерения проводимости [8]. Принцип емкостных датчиков основан на измерении диэлектрической проницаемости почвы, которая связана с содержанием в ней воды. Емкостные датчики просты в использовании, экономичны и подходят для широкого спектра типов почвы (рисунок 3).

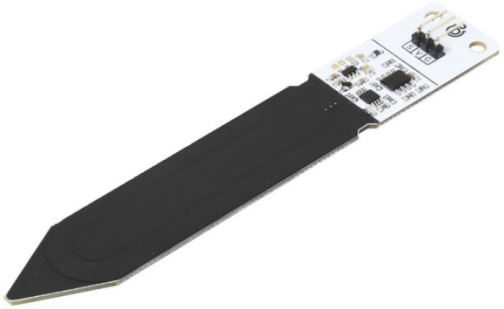


Рисунок 3 – Внешний вид емкостного датчика

Особенность таких датчиков в том, что сбор данных по влажности осуществляется непрерывно с возможностью передачи и хранения данных.

3. Датчики рефлектометрии во временной области (TDR): датчики TDR [9] измеряют содержание влаги в почве, посылая электрический импульс через почву и анализируя время, необходимое для возврата сигнала. Они обеспечивают точные показания влажности (рисунок 4).



Рисунок 4 – Внешний вид датчика рефлектометрии во временной области (TDR)

Высокая точность показаний влажности обеспечивается за счет принципа измерения по частотному сигналу. Однако данный прибор как и тензиометр является непосредственного измерения, то есть для дистанционного мониторинга показаний влажности его использовать нельзя.

4. Датчики нейтронного зонда. Датчики этого типа измеряют влажность почвы, испуская в почву быстрые и медленные нейтроны и измеряя количество возвращающихся нейтронов. Их используют для специальных измерений влажности в различных средах (рисунок 5).

Датчики TDR работают, передавая электромагнитные импульсы по волноводу, вставленному в почву. Эти импульсы распространяются с определенной скоростью, определяемой диэлектрической проницаемостью почвы, которая, в свою очередь, зависит от влажности почвы. Измеряется время прохождения импульса от датчика до конца волновода и обратно. Затем это время коррелируется с содержанием влаги в почве с помощью калибровочных уравнений.



Рисунок 5 – Внешний вид датчика нейтронного зонда

Анализ показывает, что самым простым средством измерения, обеспечивающее непрерывное измерение и мониторинг, является емкостной датчик.

Диэлектрическая проницаемость почвы влияет на емкость между электродами. По мере увеличения содержания влаги диэлектрическая проницаемость почвы также увеличивается, что приводит к изменению емкости. Емкостные датчики обеспечивают достаточную точность и менее подвержены влиянию температуры и солености почвы по сравнению с датчиками на основе сопротивления.

Результаты и обсуждение. На основе проведенной оценки различных средств измерения влажности почвы можно сделать вывод о том, что все они измеряют влажность с достаточной точностью. Однако при возделывании полевых культур лишь некоторые удовлетворяют требованиям сельхозтоваропроизводителей. Сформулируем требования к средствам измерения влажности (таблица).

Таблица 1. Требования к средствами измерения влажности

Наименование свойства	**Тензиометры**	**Датчики на основе измерения импеданса**	**Датчики измерения рефлекторметрии**	**Датчики типа TDR**
Обеспечение непрерывного контроля в полевых условиях	-	+	-	+
Погрешность не более 5%	+	+	+	+
Возможность дистанционной передачи данных	-	+	-	+/-
Репрезентативность данных	-	-	-	-
Возможность измерения влажности по слоям	-	-	-	-
Длительность работы в автономном режиме	-	+/-	-	+/-
Идентификация в полевых условиях	-	+/-	-	+/-
Примечание: «+» - условие выполняется в любом исполнении датчика; «-» - условие не выполняется; «+/-» - условие выполняется при использовании дополнительных приспособлений				

Требования, представленные в таблице, сформулированы на основе данных наблюдений при возделывании культурных растений на орошаемых участках сельскохозяйственных предприятий Энгельсского, Калининского, Пугачевского районов Саратовской области.

Заключение. Датчики влажности почвы стали незаменимыми помощниками в современном сельском хозяйстве. Они предоставляют фермерам точные данные о влажности почвы, что позволяет им принимать обоснованные решения о поливе, что в результате способствует экономии водных ресурсов и повышении общей урожайности сельскохозяйственных культур. Однако современные средства измерения влажности, обладая высокой точностью и низкой погрешностью, не позволяют их использовать в течении всего поливного сезона в полевых условиях, что ограничивает их использование по многим причинам. На основе оценки данных средств измерения и необходимых свойств сформулированы требования к датчикам влажности с учетом условий для объективного принятия решения о поливе.

Список источников

1. Медведев, С. С. Физиология растений. – БХВ-Петербург, 2013.

2. Fromm J., Fei H. Electrical signaling and gas exchange in maize plants of drying soil //Plant Science. – 1998. – Т. 132. – №. 2. – С. 203-213.

3. Макарычев, С.В. Влияние климатических и почвенно-физических факторов на урожайность столовой свёклы в условиях алтайского Приобья / Макарычев С.В., Зайкова Н.И., Гефке И.В. – Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2015. № 1 (123). С. 47-53.

4. Ахмедов А.Д. Технология возделывания кормовых культур при внутрипочвенном орошении / Ахмедов А.Д., Душкина Е.М. – Плодородие. 2009. № 4 (49). С. 34-35.

5. Кравчук А. В. Оперативное определение поливной нормы для каштановых и тёмно-каштановых почв Заволжья //Мелиорация и водное хозяйство. – 2007. – №. 2. – С. 42-42.

6. Uyttendaele M. et al. Microbial hazards in irrigation water: standards, norms, and testing to manage use of water in fresh produce primary production //Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. – 2015. – Т. 14. – №. 4. – С. 336-356.

7. Shamsiev A. et al. Efficiency of the irrigation norm for winter wheat and soy varieties in the typical land of Uzbekistan //IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2022. – Т. 1068. – №. 1. – С. 012025.

8. Егоров Ю. В. и др. Свойства и возможности датчиков влажности для управления поливом //Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2017. – №. 1 (147). – С. 152-161.

9. Труфляк, Е. В. Сенсорика / Е. В. Труфляк. – Краснодар : КубГАУ, 2016. – 33 с.

©Бакиров С. М., Абзалов М.А., Ильин В.С., 2023

Научная статья
УДК 621.365.61:631.227

ТЕПЛОВОЙ ВОДОРОДНЫЙ ГЕНЕРАТОР ПРИМЕНЯЕМЫЙ ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ ЗДАНИЙ С ВТОРИЧНЫМ ПРОДУКТОМ ПОЛУЧЕНИЕМ ВОДОРОДА

Дмитрий Анатольевич Бебко [12]

[1]Филиал Майкопского государственного технологического университета, пгт. Яблоновский, Республика Адыгея, Россия
[2]Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, г. Краснодар, Россия.
[12]Bebko.d1978@mail.ru

Аннотация: В статье приводиться процесс описания теплового водородного проточного генератора, для отопления зданий, который позволяет первично отапливать здания и вторично получать водород, который можно использовать для технологических нужд.
Ключевые слова: Здания, отопление, водород, тепловой водородный нагреватель проточного типа, нефтегазовый сектор, аграрный сектор.
Для цитирования: Бебко Д.А. Тепловой водородный генератор применяемый для отопления зданий с вторичным продуктом получения водорода / Д.А. Бебко // Повышение надежности эксплуатации электрооборудования в нефтяной и аграрной отраслях. Международной практической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под редакцией Д.А. Бебко -Филиал Майкопского государственного технологического университета, пгт. Яблоновский, Республика Адыгея, Россия. Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, г. Краснодар, Россия.

Scientific article
UDC 621.365.61:631.227

THERMAL HYDROGEN GENERATOR USED FOR HEATING BUILDINGS WITH A SECONDARY PRODUCT PRODUCING HYDROGEN

Dmitry Anatolyevich Bebko [12]

[1]File of the Maikop State Technological University, village. Yablonovsky, Republic of Adygea, Russia
[2]KUBAN State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia.
[12]Bebko.d1978@mail.ru

Abstract: The article describes the process of describing a thermal hydrogen flow generator for heating buildings, which allows primary heating of buildings and secondary production of hydrogen, which can be used for technological needs.
Keywords: Buildings, heating, hydrogen, flow-type thermal hydrogen heater, oil and gas sector, agricultural sector.

For citation: Bebko D.A. Thermal hydrogen generator used for heating buildings with a secondary product of hydrogen production / D.A. Bebko // Improving the reliability of electrical equipment operation in the oil and agricultural industries. International Practical co

Введение Для отопления зданий топливно-энергетического комплекса зачастую используются системы стандартного применения, что перерабатывают или производят данный объект то используют в качестве топлива для применения технологических нужд на отопление или используют дополнительные системы отопления.

Материалы и методы. Предлагаемая нами установка тепловой водородный генератор можно про масштабировать т.к. сейчас установка рассчитана на мощность до 10 кВт по тепловой мощности и по получению водорода 4 $м^3$/в час, и можно будет использовать для зданий нефтегазовой и аграрной отрасли в качестве дополнительного источника тепла и получения дополнительного водорода для применения в технологических нуждах установка показана на рисунке 1.

Установка состоит из цилиндрического, диэлектрического корпуса 1, диэлектрического держателя 2 для катода 3, анода 4, который также имеет диэлектрический держатель 5 и межэлектродную камеру 6 для протекания водного раствора щелочи в качестве корой использована гидроокись калия КОН. Электроды: анод 4 и катод 3 выполняют функцию впускного и выпускного патрубков. Анод 4 выполнен полым, с диаметром равным диаметру катода 3 и установлен соосно ему с возможностью осевого перемещения. Площади соприкосновения анода 4 и катода 3 с водным раствором щелочи с плотностью 1030 кг/$м^3$ выполнены в соотношении 1:2 соответственно. Анод выполнен 4 из нержавеющей стали, а катод 3 – из латуни. Для регулирования расстояния между электродами используют диэлектрические держатели 5 и 2. Для подключения импульсного источника питания (на рисунке не показано) использованы катодный 7 и анодный контакты 8. Корпус 1 имеет выходные патрубки для водорода 9 и кислорода10. Патрубки 9 и 10 установлены в верхней и нижней части корпуса, в местах скопления водорода и кислорода .

Подготовленная вода (после дистиллятора) с добавление щелочи гидроокиси калия (КОН) в соотношении 10:1 с плотностью от 1030 кг/$м^3$ подается в корпус устройства 1 в межэлектродную камеру 6 через полый катод 3 и устанавливают необходимый расход раствора. Затем устройство подключают к импульсному источнику питания и постепенно повышают напряжение до появления устойчивой плазмы. В межэлектродной камере 6 происходит, нагрев раствора до температуры кипения при частичном разложении воды на водород и кислород. Кислород, выделившийся у анода 4, удаляется из анодной полости через выходной патрубок 10.

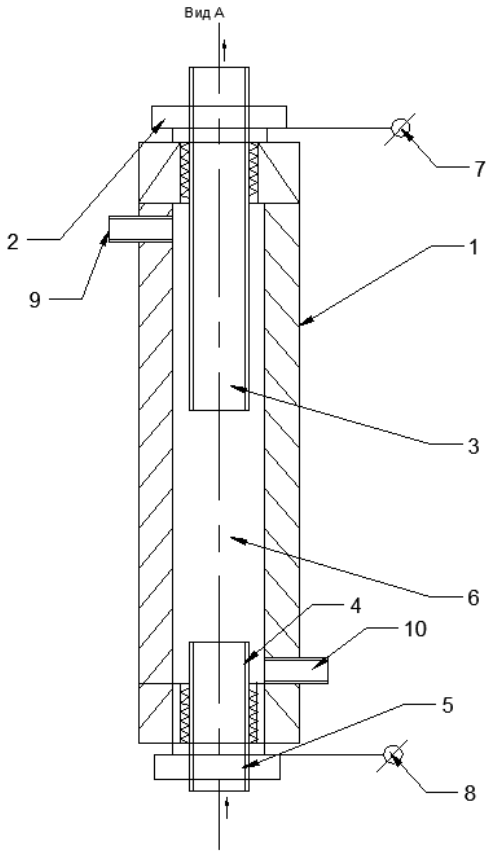


Рисунок 1. Генератор тепловой водородный проточного типа для применения в системах отопления зданий и вторичного использования для собственных нужд турбогенераторов

Под действием электрического поля между площадью катода 3 увеличенной в два раза по отношению к площади анода 4 формируется сфокусированный на катод поток ионов щелочного металла. Имея запас кинетической энергии при движении к катоду, ионы щелочного металла отделяют от молекул воды протоны атомов водорода и атомы водорода. В результате в при катодной полости формируется плазма атомарного водорода. Источником энергии являются процессы синтеза атомов и молекул водорода.

Водный раствор щелочи подается в устройство (рис 1.). Происходит разложение воды на кислород и водород с выделением тепла 233,80 кДж, длительность опыта 5 мин, частота импульсного тока – 500 Гц.[1].

Газообразный молекулярный водород, формирующийся на границе плазма-жидкость, собирается в верхней части катодной полости и выходит вместе с водяным паром через выходной патрубок 9.

Результаты исследований. Данную установку можно использовать в следующей системе показанной на рисунке 2

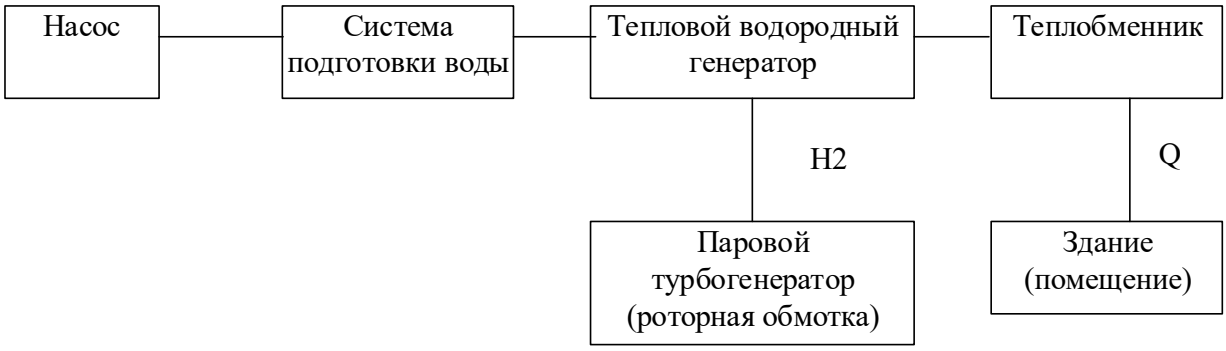


Рисунок 2 – Система теплового и водородного использования установки в помещение для отопления и собственных нужд (парового турбогенератора)

Так на объектах нефтегазового комплекса для обеспечения собственных нужд электроснабжения применяются турбогенераторы достаточной больших мощностей порядка от 50-100 мВт одним из способов охлаждения обмоток ротора служит водород.[2]

Охлаждение турбогенератора, а именно роторных обмоток, исполняется напрямую водородом. Статор охлаждается косвенно и обдает сварную оболочку, которая газонепроницаема и неразъемная.

Система, показанная на рисунке 2 использования теплового водородного генератора, позволяет использовать его в нефтегазовой отрасли для охлаждения паровых турбогенераторов, которые в свою очередь используются для электроснабжения объектов инфраструктуры переработки или транспортировки нефтегазовой отрасли. Данная система весьма концептуальная для систем электроснабжения аграрного и промышленного сектора для охладительных систем паровых турбогенераторов.

Заключение. В результате исследований получено, что данную установку при масштабировании можно применить в качестве дополнительного тепла и получения водорода который в свою очередь можно использовать для охлаждения роторных обмоток парового турбогенератора, применяемых в нефтегазовой области также можно использовать для электроснабжающих объектов агропромышленного комплекса паровых турбогенераторов

Список источников

1. Бебко Д.А. Управление химической реакцией водоэлектрического генератора тепла электрическими параметрами импульсного источника питания / Д.А. Бебко Материалы межвузовской научной конференции факультетов энергетики и электрификации, механизации. – Краснодар: КГАУ, 2004. – С.190-191.

2. Водород в энергетике : учеб. пособие / Р.В. Радченко, А.С. Мокрушин, В.В. Тюльпа. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014. — 229, [3] с

© Бебко Д.А. 2023

Научная статья
УДК 631.3

НАУЧНЫЕ ОТКРЫТИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Бердылыч Сапарович Аннаклычев[1], Гарлыбай Пашаев[2]
[1,2]Туркменский сельскохозяйственный институт г. Дашогуз, Туркменистан
[1]berdiannagylyjow@gmail.com https://orcid.org/0009-0006-2006-4054
[2]garlybaytohi@gmail.com https://orcid.org/0009-0007-1673-6214

Аннотация. В данной статье мы рассмотрели создание оптимальную воздействия электромагнитных волн для местных условий на посадочного материала в селекции, за счет использования экологически чистых квантовых генераторов вместо химических растворов для семян сельскохозяйственных культур.
Ключевые слова: хранения, семян, прорастании, урожайности, энергии, экологически чистых, инновационных технологий, электромагнитное поле, эффективность, повышения всхожести.
Для цитирования: Аннаклычев Б.С. Научные открытия в сельском хозяйстве /Б.С.Аннаклычев, Г.Пашаев// Оптических квантовых генераторов в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-технической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под ред. Б.С.Аннаклычева – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article
SCIENTIFIC DISCOVERIES IN AGRICULTURE

Berdylych Saparovich Annaklychev[1], Garlybai Pashaev[2]
[1,2]Turkmen agricultural institute, Dashoguz, Turkmenistan
[1]berdiannagylyjow@gmail.com https://orcid.org/0009-0006-2006-4054
[2]garlybaytohi@gmail.com https://orcid.org/0009-0006-2006-4054

Abstract. In this article, we examined the creation of optimal effects of electromagnetic waves for local conditions on planting material in breeding, through the use of environmentally friendly quantum generators instead of chemical solutions for crop seeds.
Keywords: storage, seeds, germination, productivity, energy, environmentally friendly, innovative technologies, efficiency, increasing germination
For citation: Annaklychev B.S. Scientific discoveries in agriculture / B.S. Annaklychev, G. Pashaev // Optical quantum generators in agriculture: materials of the International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko / Ed. B.S. Annaklycheva - Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. В период новой эпохи стабильного государства новые технологии науки внедряются во всех отраслях народного хозяйства.

Современное сельское хозяйство на сегодняшний день невозможно представить без полной электрификации и применения систем автоматизации промышленных процессов. Увеличение производства и повышение урожайности сельскохозяйственных культур является одним из приоритетных задач, поставленных Президентом Туркменистана Сердара Бердымухамедова перед учеными страны. Основной задачей агропромышленного комплекса нашей страны является повышение качества и увеличение количества продукции, производимой в аграрном секторе. Уровень жизни людей повышается за счет увеличения устойчивого продовольственного изобилия [1]. Одна из главных задач - внедрить в сельское хозяйство новейшие достижения науки, сократить использование химикатов, добиться высокой урожайности за счёт эффективного использования экологически чистых новых инновационных технологий в земледелии.

По мнению ученых и специалистов, одной из основных причин, препятствующих получению высоких урожаев сельскохозяйственных культур, считается сбор незрелых семян для посадочного материала, повреждаемость семян при механических воздействиях, глубокого органического покой развития на растениями за годы эволюции в качестве защитного механизма от неблагоприятных внешних условий, несоблюдение технологии возделывания в результате низкая всхожесть семян, высокая восприимчивость районированных сортов к болезням и вредителям, слабая энергия прорастания семян из-за их низкого физиологического качества и т.д. Поэтому необходимо добиться полного и правильного хранения семян и повышения их энергии при прорастании. В настоящее время в республике значительная роль с точки зрения повышения урожайности хлопчатника, отводится правильной и своевременной организации проведения предпосевной обработки семян, а также мероприятиям по борьбе с болезнями семян, наносящих ощутимый ущерб хлопководству республики. Как видно из экспериментов, всхожесть семян напрямую связана с их качеством, которое, в свою очередь, определяется биологической зрелостью семян и воздействием окружающей среды при хранении [7].

Материалы и методы. В настоящее время для решения этих задач широко используются различные физические методы. Биологическая целостность семян зависит от их сорта и условий хранения. Для успешного преодоления отмеченных недостатков необходимо использование современных высокоэффективных технологий предпосевной подготовки посевного материала, которые обеспечивают формирование здорового и устойчивого к стрессовым факторам растения. Для этой цели используются разные химические протравители, которые используются очень давно и достаточно исследованы, однако, ядохимикаты, наряду с защитой семян от семенной и почвенной инфекции, оказывают негативное воздействие на окружающую среду. Как известно, особенности процесса прорастания семян и последующего развития растения обусловлены эпигенетическими механизмами клеточной активации, «запускающими» каскад сложных биохимических реакций. Кроме

того, на эти процессы влияют факторы, определяющие полноту реализации генетического потенциала семян, увеличивающие их сопротивляемость к неблагоприятным условиям окружающей среды, повышающие фитоиммунитет и другие факторы.

Программа развития семени единожды «запущенная» при его прорастании, вызывает множество последовательных биохимических реакций в онтогенезе, итогом которых могут быть устойчивость растений к неблагоприятным факторам развития и повышение урожайности. Новые фундаментальные знания о механизмах, лежащих в основе способности семян не терять физиологическое качество при действии неблагоприятных условий, позволяет разработать способы целенаправленного воздействия на семенной материал. Поиск новых высокоэффективных методов повышения всхожести семян ведется биологами всего мира.

В своем опыте мировые ученые отмечают, что помимо нормальной температуры и влажности для хорошего прорастания семян, на их всхожесть и плодовитость оказывает воздействие электромагнитными волнами определенной величины в течение короткого периода времени [10]. Основная проблема при воздействии на семена электромагнитных волн заключается в экспериментальном определении силы воздействия электромагнитных волн в местных условиях для каждого места и типа культуры. Электромагнитные поля и высокочастотные воздействия на генетический аппарат семян, являются физическим фактором среды, который оказывает существенное влияние на живые организмы различного уровня сложности. Учёные доказали, что магнитное поле Земли оказывает уникальное физическое воздействие на различные сложные живые организмы и растения [12]. Как известно, этот тип среды (электронные устройства, ультрафиолетовые, инфракрасные, лазерные лучи и т.п.) широко эффективно используется в медицине в лечебных целях.

Открытия в области физики, связанные с созданием оптических квантовых генераторов – лазеров, значительные успехи в радиобиологии, направленные на выяснение физических и биологических процессов, протекающих в растительных организмах под влиянием ионизирующих излучений, создали предпосылки для использования электромагнитных полей и излучений в различных отраслях сельскохозяйственного производства. Например, квантовые генераторы используются в качестве дезинфицирующих средств при хранении семян и стимуляторов при посеве в семеноводстве развитых стран аграрного сектора. Преимущества этого метода перед химическими методами заключаются экологическая безопасность, существенно более низкая стоимость обработки, безопасность для обслуживающего персонала и в том, что всхожесть семян увеличивается на 15-20%, урожайность увеличивается в среднем на 20-25% в зерновых культурах и на 45-50% в садовых культурах [12]. Развитие науки, появление квантовых генераторов и последние открытия в физике создали широкие возможности для его использования в различных отраслях сельского хозяйства. Поэтому данный вид

излучения находит применение некоторых семян сельскохозяйственных культурах пшеницы, кукурузы, хлопка, подсолнуха.

Преподаватели и студенты наших вузов используют широкие возможности, созданные для проведения комплексных научных исследований и исследовательской деятельности, чтобы внести ценный вклад в реализацию текущей человеческой экологической политики в стране.

Хлопководство - одна из ценных технических культур в мире, а также одна из широко возделываемых культур в нашей стране. Из волокна, сырья и других частей изготавливается более 150 различных изделий и материалы. Именно поэтому спрос на хлопчатную продукцию растет год от года во всем мире. В нашей стране и в мире технологии выращивания хлопка уделяется большое внимание. В годы независимости бурное развитие нашей хлопкоперерабатывающей промышленности в стране и увеличение продаж этой продукции на мировом рынке повысили значение хлопка. Поэтому получение урожая хлопка с высоким содержанием клетчатки является одной из наших главных целей.

Результаты исследования. С целью повышения голубизны семян хлопчатника на основании вышеизложенного мы вместе со студентами нашего института изучаем биофизическое воздействие электромагнитных волн на голубизну семян сельскохозяйственных культур. Мы провели исследовательские эксперименты по этой теме. В качестве основного технического средства опыта использовалось специальное электронное устройство для стимуляции семян РКЭС-1 и РКЭС-2, созданное учеными Республики Беларусь. С помощью этого устройства мы стимулировали семена хлопчатника сорта «Джехун» воздействием на них длительностью 5 с, 10 с и 15 с, высевали образцы в 4 повторностях в 3 воздействиях и провели первые исследования-эксперименты по изучению происходящие в нем биофизические эффекты. В результате семена хлопчатника, подвергнутые воздействию 10 с, отличались от других образцов по длине стебля и высоте. Результаты научных экспериментов показали, что период прорастания семян, подвергшихся воздействию электромагнитных волн, происходит быстрее, чем у обычных семян.

Как известно, первые биологические события в семенах напрямую связаны с количеством и скоростью поглощения воды семенами. Следует отметить, что из-за повышенной скорости водопоглощения семян под воздействием электромагнитных волн происходит быстро и полностью. Это также может объяснить разницу в всхожести обычных семян. Как известно, когда количество воды в семени достигает 20-22%, начинается активность глюкозы и цикла Кребса, превращение аминокислот, в 40-45% активируется акт дыхания, при достижении 50-55%, увеличивается синтез белков, начинается распад резервных белков и крахмалов. Количество воды в семени определяется индивидуально для каждого случая, и если оно меньше этого уровня, то оно не переходит в физиологическое явление. Подходящая величина воздействия электромагнитных волн деформирует мембрану и увеличивает ее

водопроницаемость. В результате семена, подвергшееся воздействию электромагнитной волны усваивает необходимое количество воды, и быстро начинается прорастание чем обычное [8,9]. Этот приводит к полной активации всех частей семян при прорастании, не затрагивая генетическую структуру. Если определить оптимальную физическую величину воздействия электромагнитных волн для местных условий в селекции, то можно будет получать экологически чистый высокий урожай в сельском хозяйстве за счет использования экологически чистых квантовых генераторов вместо химических растворов, используемых для защитных и стимулирующих мер.

Заключение. В настоящее время практически во всех странах мира проводится ряд научных исследований по предотвращению загрязнения воздуха, почвы и воды, в результате чего подходящие методы внедряются в производство. Нами были проведены целый ряд экспериментальных исследований воздействий электромагнитного излучения на предпосевные подготовки семян, который при посеве заметно повлиял на физиологический статус прорастания, скорость роста, всхожесть, развитие растений рост и урожайность. Это будет способствовать использование в семеноводстве экологически безопасных физических методов вместо химических защитных и стимулирующих растворов.

Список источников

1. Практикум по физиологии растений / Н.Н. Третьяков [и др.]; под ред. Н.Н. Третьякова – М.: КолосС, 2003. – 288 с.
2. Влияние высокочастотной электромагнитной обработки семенного материала зернобобовых культур на их посевные качества и продуктивность / В.В. Ажаронок [и др.] № 4. – 2009. –76–86 с.
3. Левин, В.И. Агроэкологические эффекты воздействия на семена растений электромагнитных полей различной модальности: автореф. дис. доктора с\х наук: 06.01.15. – В.И. Левин; – М., 2000. – 43 с.
4. Карпович В.А., Родионова В.Н. Патент РБ №5580 Способ предпосевной обработки семян овощных или зерновых культур. Выд. 23.06.2003.
5. Модифицированный метод предпосевной микроволновой обработки семян / Н.В. Пушкина [и др.] // Новости науки и технологий. – № 2. – Т. 21. – 2012. –36–40 с.
6. Практикум по физиологии растений / Н.Н. Третьяков [и др.]; под ред. Н.Н. Третьякова – М.: Колос, 2003. – 288 с.
7. Методы биохимических исследований растений / А.И. Ермаков [и др.]; под ред. А.И. Ермакова. – Л.: Агропромиздат. Ленинград, 1987. – 430 с.
8. Обручева, Н.В. Физиология прорастания семян / Н.В. Обручева, О.В. Антипова // Физиология растений. – 1997. – Т. 44. – С. 286–302.
9. Полевой, В.В. Физиология растений– М.Высш. шк., 1989. –464 с.
10. Пресман А.С. Электромагнитные поля и живая природа [текст] / Пресман А.С.-М.: Академия:2002. –134с.
11. Турычин А.М., Электрические измерения неэлектрических величин [текст] / Турычин А.М 4 изд, М –Л., 1996 – 213с.

12. Зернышко в магнитных полях. [Электронный ресурс].- Режим доступа: http/ www.ionization.ru.

© Аннаклычев Б.С., Пашаев Г. 2023

Научная статья
УДК 631.171

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ В ПТИЧНИКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ DIALux.evo

Степан Владимирович Бирюков [1], Анатолий Петрович Дарманян [2]
[1,2]Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград, Россия
[1]a.darmanyan@volgau.com, https://orcid.org/0000-0002-1956-9892
[2]ystepi@yandex.ru, https://orcid.org/0009-0002-0427-4124

Аннотация: В статье приводятся результаты расчета светодиодного освещения в птичнике с напольным содержанием кур размером 66м х 12м и высотой 3,5м, выполненные с помощью программы DIALux.evo 11.0. Для нормируемой освещенности 100 лк получены значения средней освещенности в зависимости от числа светодиодных ламп типа 3F Linda LED 1 x 30W и их расположения в помещении. С помощью регрессионного анализа выполнено математическое моделирование зависимости средней освещенности в птичнике Ecp.(лк) от числа рядов светильников Y и числа светильников в каждом ряду X. Найдена двухфакторная регрессионная модель Ecp.=-92,5 +15,8 * X + 26,5*Y+**ε**, (лк), параметры которой статистически значимы.

Ключевые слова: освещенность, птичник, куры, светодиодные лампы, коэффициент корреляции, регрессия.
Для цитирования: Бирюков С.В. Математическое моделирование и расчет освещенности в птичнике с использованием программы DIALux.evo / С.В. Бирюков, А.П. Дарманян // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-технической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

MATHEMATICAL MODELING AND CALCULATION OF LED LIGHTING IN A POULTRY HOUSE USING THE DIALux.evo PROGRAM

Stepan Vladimirovich Biryukov [1], Anatoly Petrovich Darmanyan [2]
[1,2]Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia
[1]a.darmanyan@volgau.com, https://orcid.org/0000-0002-1956-9892
[2]ystepi@yandex.ru, https://orcid.org/0009-0002-0427-4124

Annotation. The article presents the results of calculating LED lighting in a poultry house with floor-mounted chickens measuring 66m x 12m and height 3.5m, performed using the DIALux.evo 11.0 program. For a standardized illumination of 100 lux, the average illumination values were obtained depending on the number of LED lamps of type 3F Linda LED 1 x 30W and their location in the room. Using regression analysis, mathematical modeling of the dependence of the average illumination in the poultry house $\bar{E}$ (lx) on the number of rows of lamps Y and the number of lamps in each row X was carried out. A two-factor regression model was found: $\bar{E}$= -92.5 +15.8 * X + 26.5*Y+**ε**, (lx), the parameters of which are statistically significant.
Keywords: illumination, poultry house, chickens, LED lamps, correlation coefficient, regression.
For citation: Biryukov S.V. Mathematical modeling and calculation of LED lighting in a poultry house using the DIALux.evo software program / S.V. Biryukov, A.P. Darmanyan// Improving the efficient operation of electrical equipment in agriculture: materials International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko / Ed. S.M. Bakirov - Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. В промышленном птицеводстве важным фактором создания требуемого микроклимата в помещении птичника является его освещение, которое вместе с режимом кормления оказывает самое сильное влияние на продуктивность стада кур. Доказано [1,2], что ухудшение светового режима приводит к снижению продуктивности птицы и вызывает повышенное расходование кормов. Особенно это важно для напольного содержания кур в производствах бройлеров. Освещение в птичнике характеризуется средней освещенностью Ecp. (лк) и коэффициентом неравномерности освещения Z = Ecp/Emin, причем любое увеличение или уменьшение освещенности негативно сказывается на выход мяса кур бройлеров [2].

В последние годы для освещения птичников все больше используют светодиодные лампы, которые потребляют меньше электроэнергии, чем люминесцентные, и имеют значительно больший срок службы. В настоящее время имеется много каталогов и БД светодиодного оборудования как отечественных [3], так и зарубежных производителей [4], которые отличаются своими техническими характеристиками и стоимостью.

Для проектирования и расчета системы освещения чаще всего используют отечественную программу nanoCAD BIM Электро [5] и немецкую программу DIALux различных версий [6]. Программа nanoCAD BIM Электро – это профессиональный программный продукт, с помощью которого проектируют всю систему светотехнического оборудования объекта, включая не только осветительное (светильники, трассы, кабели и прочее), но и коммуникационное и силовое оборудование. Для выбора типа светильников и расчета освещенности в птичнике с целью выбора оптимального варианта целесообразно, на наш взгляд, использовать программу последней версии DIALux.evo 11.0, которая более проста для использования и имеет много

достоинств, которые будут отмечены далее. Однако, работ по методологии выбора типа светильников из БД, по использованию эмпирических математических моделей для расчетов показателей освещенности с помощью этой программы в настоящее время очень мало и сосредоточены они в основном у самих производителей светильников, например, [3].

Целью настоящего исследования являлся расчет и математическое моделирование светодиодного освещения в птичнике с напольным содержанием кур с помощью программы DIALux.evo 11.0 при различных количествах светильников и при их различном расположении в помещении.

Материалы и методы. Для расчета светодиодного освещения был выбран птичник стандартного размера в виде прямоугольного помещения размером 66м х 12м и высотой 3,5м. В качества инструмента для расчетов освещенности использована немецкая программа автоматизированного расчета DIALux.evo 11.0, которая имеет следующие неоспоримые достоинства [6]:

1. Программа находится в открытом доступе и абсолютно бесплатная.
2. Используется для расчетов у большинства крупных производителей светотехнической продукции.
3. Гарантирует высокую точность и информативность расчетов.
4. Для расчета освещения использует различные алгоритмы и методы, включая метод коэффициента использования светового потока.
5. В функционале программы в отличие от многих других аналогичных программ предусмотрен учет светового потока, падающего на рабочую поверхность, а также светового потока, преломляющегося и отражающегося от потолка и стен.
6. Для визуальной оценки равномерности освещения в помещении используются горизонтальные планы контуров освещения с фиктивными цветами.
7. Наличие полной базы данных (БД) светильников всех мировых производителей в виде файлов определенного формата, в которой имеются все необходимые параметры для расчетов.

С помощью программы DIALux.evo 11.0 для нормируемой освещенности Ен = 100 лк, которая рекомендована для птичников [7], был получен план помещения, показанный на рис.1. На данном плане в результате автоматизированного расчета с помощью метода использования светового потока были расставлены выбранные из БД светодиодные лампы типа 3F Linda LED 1 x 30W мощностью 33,5 W. Эти лампы обеспечивают световой поток 5180 лм.

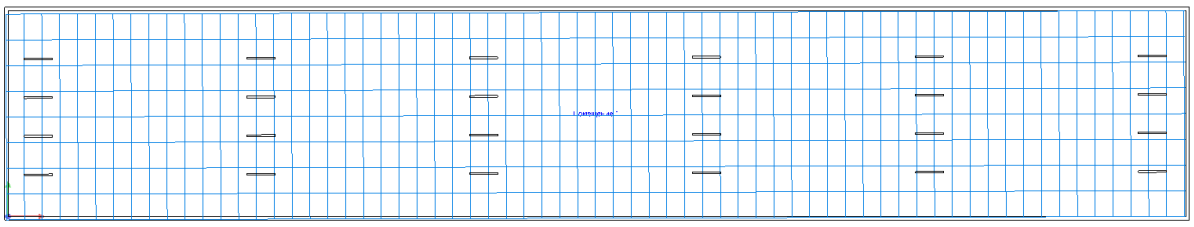


Рисунок 1- Расположение светильников со светодиодными лампами типа 3F Linda LED 1 x 30W в птичнике размером 66м х 12м для Ен=100 лк.

Как видно из рис.1, результат расчетов - это 24 светильника, расположенные в 4-ре ряда (показатель Y) по 6 шт. светильников в каждом ряду (показатель X). Средствами программы DIALux.evo 11.0 построен горизонтальной план освещенности для уровня 0,8 м от пола, который показан на рис.2. На данный план нанесены контуры с указанием значения освещенности в каждом контуре.

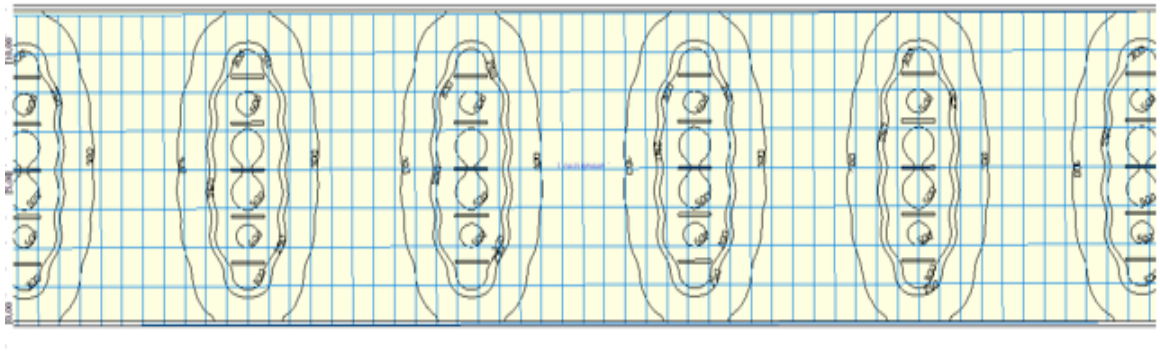


Рисунок 2 - Контуры освещенности для Ен=100 лк на горизонтальной поверхности в помещении птичника 66м х 12м на уровне 0,8 м от пола.

С помощью программы DIALux.evo 11.0 для светодиодных ламп типа 3F Linda LED 1 x 30W были выполнены расчеты средней освещенности Ecp. в зависимости от количества светильников в ряду (показатель X) и числа рядов (показатель Y), которые приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения средней освещенности в зависимости от числа светильников в ряду и числа рядов

Средняя освещенность, Ecp. (лк)	Количество светильников в ряду, X (шт.)	Количество рядов светильников, Y (шт.)
55	4	3
73	4	4
91	5	4
109	6	4
109	8	3
145	8	4

Т

ак как среднее значение освещенности Ecp. зависит от двух параметров: параметр X (число светильников в ряду) и параметр Y (число рядов), то в качестве математической модели была выбрана двухфакторная модель следующего вида:

$$Ecp. = a0 + a1*X + a2*Y + \boldsymbol{\varepsilon}, \quad (1)$$

где a0, a1 и a2 – параметры модели; $\boldsymbol{\varepsilon}$ – случайная составляющая.

Для нахождения параметров модели (1), оценки ее статистической значимости и статистической значимости ее параметров были использованы методы корреляционно-регрессионного анализа [8].

Результаты исследования. Как видно из рис.2, освещенность в горизонтальной плоскости существенно неравномерная, причем имеются контуры около одного ряда ламп, где освещенность составляет 100 лк, а в непосредственной близости к лампам освещенность достигает 300 лк. В то же время около стен птичника освещенность очень низкая и равна 25 лк. При этом среднее значение освещенности составило Ecp. = 129 лк при высоком значении коэффициента неравномерности освещения Z = Ecp/Emin. Полученное расчетное значение Ecp. значительно выше, чем заданная нормируемая освещенность Ен = 100 лк.

Так как равномерность освещения оказывает существенное влияние на продуктивность стада птиц, что отмечалось выше, то были выполнены расчеты освещенности при других значениях показателей X и Y. Однако достичь равномерности освещения в горизонтальной плоскости на уровне 0,8 м от пола и низкого значения коэффициента неравномерности освещения $Z < 1,3$ в данном помещении и с выбранными светодиодными лампами типа 3F Linda LED 1 x 30W не удалось. Поэтому для каждого типа светодиодных ламп, на наш взгляд, необходим поиск оптимального количества светильников и их расположения в помещении птичника (число рядов и количество светильников в ряду), при которых средняя освещенность будет соответствовать заданной нормируемой освещенности.

Именно поэтому далее выполнена статистическая обработка полученных расчетных значений Ecp. (см. таблицу 1). Для этого в среде MS Excel с использованием корреляционного анализа и данных из таблицы 1 был вычислен нормированный множественный коэффициент корреляции R-квадрат = 0,972. Столь высокое значение свидетельствует о том, что выбранные для моделирования два показателя: число светильников в ряду X и число рядов светильников Y совместно оказывают очень сильное влияние на значение средней освещенности в помещении Ecp. Об этом же свидетельствует и полученное высокое значение коэффициента Фишера F = 86, что на уровне значимости $\alpha = 0,998$ (p-значение = 0,002) также свидетельствует о статистической значимости найденной величины квадрата коэффициента множественной корреляции R- квадрата = 0,972.

Далее методами регрессионного анализа в среде MS Excel были вычислены параметры двухфакторной математической модели (1), в результате чего математическая модель для средней освещенности (1) приобрела следующий вид:

$$Ecp. = -92,5 + 15,8 * X + 26,5*Y, (лк) \quad (2)$$

Расчеты показали, что значения параметров этой модели на уровне значимости $p < 0,05$ статистически значимы.

Анализ численных значений параметров в полученной математической модели (2) показывает, что наибольшее значение имеет коэффициент при

показателе Y (количество рядов светильников) равный 26,5 по сравнению с параметром при показателе X (числом светильников в ряду), который равен 15,8. Из этого можно сделать вывод о том, что изменение числа рядов светильников в помещении Y более сильно влияет на значение средней освещенности Ecp., чем изменение числа светильников в каждом ряду X. Таким образом, варьируя значение показателя Y (количество рядов) путем увеличения или уменьшения с помощью выражения (3.2) можно достичь требуемого значения средней освещенности Ecp = 100 лк и, в конечном счете, низкого значения коэффициента неравномерности освещения Z = Ecp/Emin. Если с данным типом светильников достичь равномерности освещения не удастся, то необходимо выбрать другой тип светильников и процедуру расчетов повторить до достижения требуемых значений Ecp. и Z.

Заключение. Таким образом, с помощью программы DIALux.evo 11.0 для светодиодных ламп типа 3F Linda LED 1 x 30W выполнен расчет освещенности в птичнике размером 66 м х 12 м и высотой 3,5 м для нормируемой освещенности Ен = 100 лк, в результате чего получено, что расположение светильников в 4 ряда и по 6 шт. светильников в каждом ряду не обеспечивают равномерного освещения на уровне 0,8 м от пола, а значение Ecp. = 129 лк превышает заданную нормируемую освещенность Ен = 100 лк.

Методами корреляционно-регрессионного анализа найдена математическая модель для зависимости средней освещенности от числа рядов светильников (показатель X) и числа светильников в ряду (показатель Y) в виде:

Ecp. = -92,5 +15,8 * X + 26,5*Y (лк). С помощью этой модели можно проводить расчеты средней освещенности для выбранного типа светодиодных ламп при различных значениях показателей X и Y.

Список источников

1. Адаптивная ресурсосберегающая технология производства яиц: монография/ В.И. Фисинин, А.Ш. Кавтарашвили [и др.]; под общей ред. В.И. Фисина. Сергиев Посад, 2016. – 351 с.
2. Гладилин, Д.В. Организация светодиодного освещения при клеточном содержании птицы/ Д.В. Гладилин, А.Ш. Кавтарашвили, С.В. Суровегин// Птица и птицепродукты. - 2020. - №6. – С 35 – 38.
3. ООО «Первый Завод Света». [Электронный ресурс]. – URL: https://zavod.1zs.ru/ (дата обращения 20.12.2023).
4. МГК «Световые технологии». [Электронный ресурс]. – URL: https://www.ltcompany.com/ (дата обращения 20.12.2023).
5. NanoCAD BIM Электро 22.0. Руководство пользователя. М.: ООО Нанософт Разработка, 2022. - 336 с.
6. Светотехнический расчет в программе DIAlux. Функции, преимущества и особенности [Электронный ресурс]. – URL: https://ksosvet.ru/blog/ (дата обращения 20.12.2023).

7. Справочная книга по светотехнике/Под ред. Ю.А. Айзенберга, Г.В. Booca.: 4-е изд. перераб и доп. Москва, 2019. – 892 с.
8. Берк, Кеннет. Анализ данных с помощью Microsoft Excel /К. Берк, П. Кейри.: Пер. с анг.-М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. – 560 с.

© Бирюков С.В., Дарманян А.П. 2023

Научная статья
УДК 621.313

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ФАЗНОГО НАПРЯЖЕНИЯ НА РАБОТУ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Яков Вячеславович Боннет[1], Александр Юрьевич Логинов[2], Артем Юрьевич Прудников[3]
[1, 2, 3] Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, г. Иркутск, Россия
[1]bonnet.iakov@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-2888-7446
[2]alexander_loginov@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-4526-9156
[3]a.prudnicov@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-0741-5877

Аннотация. В статье приводится характеристик асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором при несимметрии напряжения в одной из фаз.
Ключевые слова: асинхронный двигатель, мощность, сила тока, коэффициент мощности, частота вращения, несимметрия напряжения.
Для цитирования: Боннет Я.В. Анализ влияния фазного напряжения на работу асинхронного двигателя/ Я.В. Боннет, А.Ю. Логинов, А.Ю. Прудников // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-технической конференции имени Г.П. Ярошенко / Под ред. С.М. Бакирова - Саратов ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

ANALYSIS OF THE EFFECT OF PHASE VOLTAGE ON THE OPERATION OF AN ASYNCHRONOUS MOTOR

Yakov Vjacheslavovich Bonnet[1], Alexandr Yuryevich Loginov[2], Artem Yuryevich Prudnikov[3]
[1, 2, 3] Irkutsk State Agrarian University named after A. A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia
[1]bonnet.iakov@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-2888-7446
[2]alexander_loginov@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-4526-9156
[3]a.prudnicov@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-0741-5877
Annotation. The article describes the characteristics of an asynchronous motor with a

short-circuited rotor with voltage asymmetry in one of the phases.
***Keywords*:** asynchronous motor, power, current, power factor, rotation speed, voltage asymmetry.
For citation: Bonnet Ya.V. Analysis of the influence of phase voltage on the operation of an asynchronous motor/ Ya.V. Bonnet, A.Yu. Loginov, A.Yu. Prudnikov // Improving the efficient operation of electrical equipment in agriculture: materials of the International Scientific and Technical Conference named after G.P. Yaroshenko / Ed. S.M. Bakirov - Saratov Vavilov University, 2023.

Введение. Асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором получили широкое применение в различных отраслях производства, что обусловлено сравнительной простотой устройства, монтажа и обслуживания. В частности в сельскохозяйственном производстве надежностные показатели двигателя снижают такие факторы, как заниженная мощность выбранного двигателя и, как следствие, постоянные перегрузки, повышенное содержание агрессивных веществ в окружающей среде, несовершенство системы планово-предупредительных ремонтов и обслуживания [3-5].

Для рационального использования асинхронных двигателей возникает необходимость определения степени загрузки, так как до половины двигателей загружены неравномерно, что влечет снижение срока службы и перерасход электроэнергии [1, 2]. Точное измерение потребляемой мощности позволит оптимизировать энергопотребление и избежать избыточных износов, вызванных перегрузками [8].

Еще одним серьезным фактором, оказывающим влияние на работу асинхронного двигателя, является отклонение показателей качества электрической энергии от номинальных значений. В частности в сельской местности остро стоит проблема возникновения в сетях несимметрии напряжений, вызванной неравномерной загрузкой фаз однофазными потребителями, аварийными режимами работы трехфазных потребителей и т.д. [7]. В трехфазном асинхронном двигателе разложение токов на симметричные составляющие дает две основные составляющие прямую и обратную, так как цепь трехпроводная, то при равных фазных напряжениях токи нулевой последовательности не возникают [9]. Нами была проанализирована работа асинхронного двигателя при несимметрии питающего напряжения.

Трехфазную систему напряжений, подаваемую на обмотки асинхронного двигателя, можно представить в виде составляющих прямой и обратной последовательности, которые обладают одинаковой частотой, но отличаются по амплитуде и порядку следования фаз. Это обуславливает возникновение в статорных обмотках двигателя токов, каждый из которых создает свое магнитное поле. Магнитные поля, обусловленные наличием токов прямой и обратной последовательности, вращаются в пространстве с одной угловой скоростью, но во встречных направлениях. При этом ротор двигателя будет вращаться в том же направлении, что и магнитное поле статора, обусловленное токами прямой последовательности. Так как магнитное поле, созданное токами

обратной последовательности, вращается против направления вращения ротора, то при этом создается так называемый тормозной момент, который оказывает паразитное влияние на работу асинхронного двигателя, снижая его КПД [6].

Материалы и методы исследования. Для проведения исследований влияния несимметрии напряжения на изменение фазных токов статора, была собрана экспериментальная установка, состоящая из асинхронного двигателя, генератора постоянного тока независимого возбуждения и реостатов. Измерение оборотов производились бесконтактным тахометром, ток, напряжение, мощность, коэффициент мощности и частота питающей сети фиксировались измерителем показателей качества электрической энергии SONEL PQM-701 рисунок 1.

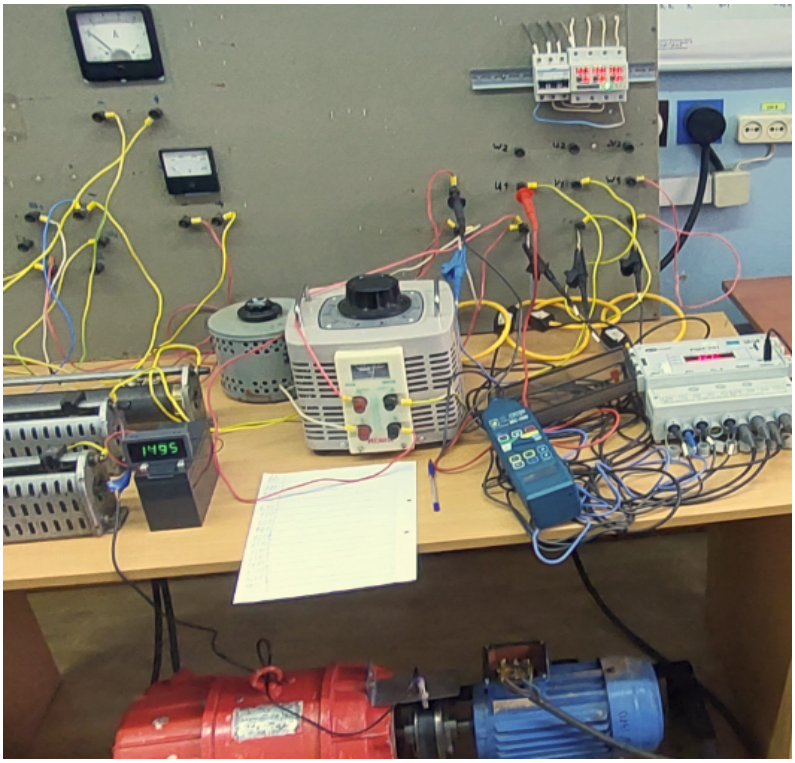


Рисунок 1 - Общий вид экспериментальной установки

Эксперименты проводились на одном и том же двигателе АИР80МВ4У2 мощностью 1,5 кВт, номинальным током 3,6А с номинальной частотой оборотов - 1420 об/мин. Проведено три варианта эксперимента при напряжении в первой фазе 200 В, 220 В и 240 В. Во время экспериментов, двигатель ступенчато загружались в диапазоне от 0,3 кВт до 1,7 кВт, фиксировались обороты ротора, коэффициент мощности двигателя, ток в обмотках статора, напряжение и частота питающей сети.

Результаты исследований. На рисунке 2 приведены графики изменения фазах токов в статорной обмотки в зависимости от загрузки асинхронного двигателя при изменении напряжения.

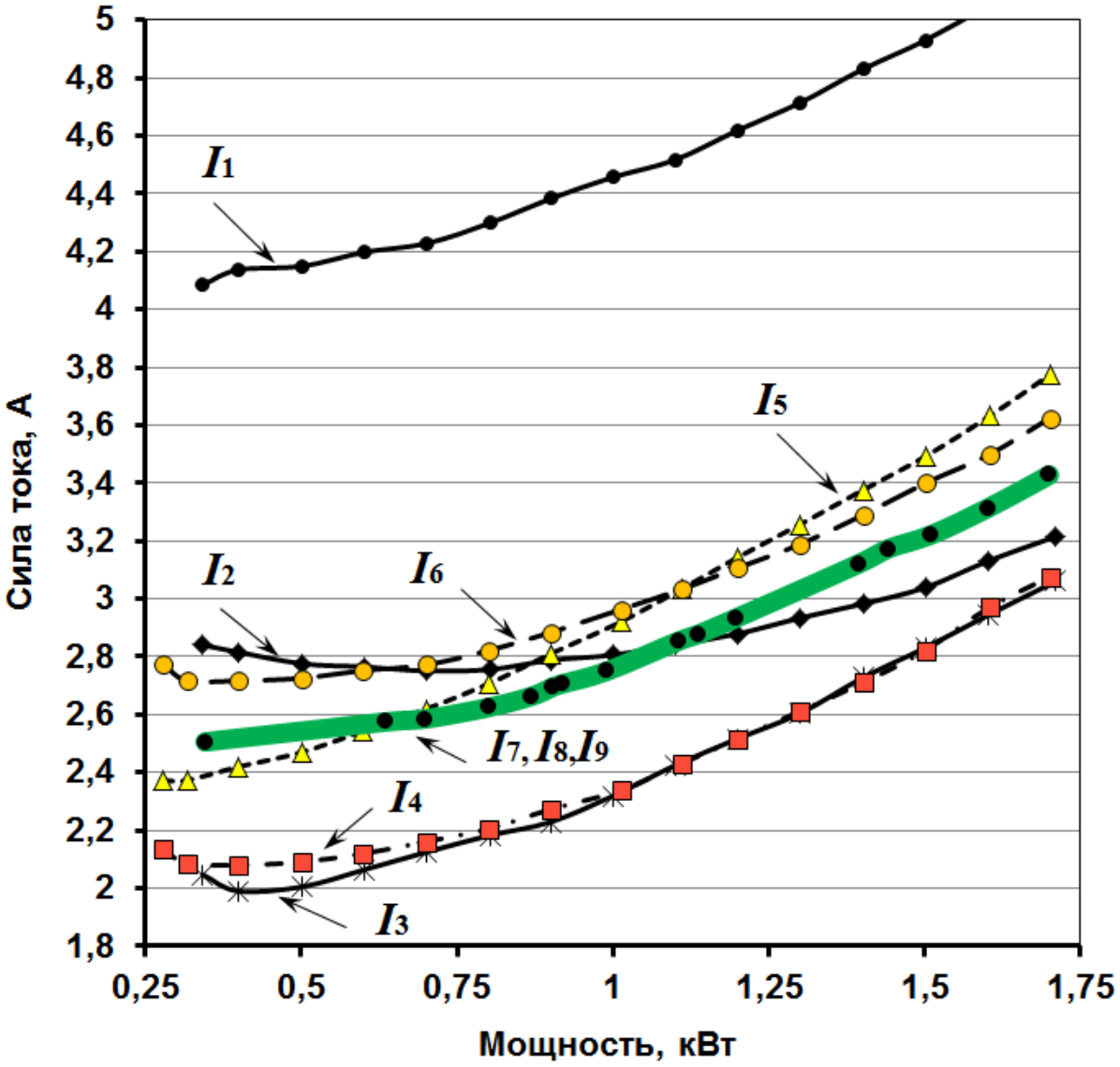


Рисунок 2- Изменение показателей асинхронного двигателя
в процессе загрузки

Обозначения на рисунке: I_1, I_2, I_3 – токи в обмотках при увеличении напряжения первой обмотки до 240 В; I_4, I_5, I_6 – токи в обмотках при снижении напряжения первой обмотки до 200 В; I_7, I_8, I_9 – токи в обмотках при симметричном напряжении во всех обмотках 220В (совместная линия).

Заключение. Анализируя полученные данные можно сделать следующие выводы:

1. Значения фазных токов в обмотках при симметрии напряжения практически одинаковы $I_7 = I_8 = I_9$.

2. При изменении напряжения в одной из фаз хоть в большую хоть в меньшую сторону наблюдается несимметрия фазных токов, как под нагрузкой двигателя, так и без неё.

3. При увеличении напряжения в первой фазе до 240 В возникает большая несимметрия токов I_1 = 4,9 А, что превышает номинальная значение под нагрузкой I_1 = 3,6 А на 36%, такая разница наблюдается на всём этапе загрузки.

4. Снижение напряжения в одной из фаз до 200 В не вызывает резкой разницы в фазных токах I_4, I_5, I_6 и при номинальном режиме токи не превышает допустимые значения.

5. Несимметрия напряжения в фазах обмотки статора электродвигателя даже в пределах 10% хоть в большую хоть в меньшую сторону от номинального приводит значительной разнице токов в обмотках, что не наблюдается при симметричном увеличении или снижении напряжения во всех фазах.

6. Электрические потери в обмотках возрастают за счет увеличения токов обратной последовательности и как следствие результирующих токов в обмотках, при этом увеличиваются потери (нагрев двигателя). Таким образом, несимметрия напряжения сети следует устранять, так как она ухудшает условия работы асинхронных двигателей.

Список источников

1. Neelam Mehala. Condition monitoring and fault diagnosis of induction motor using motor current signature analysis: a thesis submitted for the award of degree of doctor of philosophy: registration No. 2K07-Nitk-PhD-1160-E. Kurukshetra, 2010. 175 p.
2. Nejjari H., Benbouzid M. E. H. Monitoring and diagnosis of induction motors electrical faults using a current Park's vector pattern learning approach. DOI: http://doi.org/10.1109/28.845047 // IEEE Transactions on Industry Applications. 2000. Vol. 36(3). P. 730-735.
3. The results of the production tests of the method for diagnosing the eccentricity of the rotor of an asynchronous electric motor / A. Prudnikov, V. Bonnet, A. Loginov, Ya. Bonnet // E3s web of conferences : VIII International Conference on Advanced Agritechnologies, Environmental Engineering and Sustainable Development (AGRITECH-VIII 2023), Krasnoyarsk, 29–31 марта 2023 года. Vol. 390. – EDP Sciences: EDP Sciences, 2023. – P. 06020. – DOI 10.1051/e3sconf/202339006020.
4. Боннет, Я. В. Особенности эксплуатации электродвигателей на птицефабрике / Я. В. Боннет, А. Ю. Логинов, А. Ю. Прудников // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2023. – № 47. – С. 8-17. – DOI 10.51215/2411-6483-2023-(2)47-8-17.
5. Виртуальная модель асинхронного двигателя в ортогональной системе координат / А. Ю. Прудников, В. В. Боннет, А. Ю. Логинов, Я. В. Боннет // Актуальные вопросы инженерно-технического и технологического обеспечения АПК : Материалы IX Национальной научно-практической конференции с международным участием, Иркутск, 23–24 сентября 2021 года. – Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2021. – С. 112-119.
6. Горбунов, А. А. Математическое моделирование и исследование частотно-управляемого асинхронного вибрационного электропривода : специальность 05.13.18 "Математическое моделирование, численные методы и

комплексы программ", 05.09.03 "Электротехнические комплексы и системы" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Горбунов Алексей Александрович. – Ульяновск, 2008. – 21 с.

7. Ерошенко, Г. П. Особенности работы электропривода при случайном характере внешних воздействий / Г. П. Ерошенко, С. М. Бакиров // Аграрный научный журнал. – 2015. – № 7. – С. 45-47.

8. Логинов, А. Ю. Определение степени загрузки асинхронного двигателя центробежного вентилятора / А. Ю. Логинов, А. Ю. Прудников, Я. В. Боннет // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии : Материалы VIII международной научно-практической конференции, п. Молодежный, 23–24 мая 2019 года. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2019. – С. 8-17.

9. Результаты проверки адекватности математического описания асинхронного двигателя с эксцентриситетом ротора / А. Ю. Прудников, В. В. Боннет, А. Ю. Логинов, Я. В. Боннет // Актуальные вопросы инженерно-технического и технологического обеспечения АПК : Материалы X Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 90-летию со дня рождения Заслуженного деятеля науки и техники РФ, доктора технических наук, профессора Терских Ивана Петровича, Молодёжный, 06–08 октября 2022 года / Редколлегия: Н.Н. Дмитриев [и др.]. – Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2022. – С. 236-243.

© Боннет Я.В., Логинов А.Ю., Прудников А.Ю., 2023

Научная статья
УДК 621.313.333.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРОБЛЕМЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЗАЩИТ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Буранова Нурслу Галымовна[1], Джапарова Динара Амангельдиевна[2], [3]Нұрболатұлы Жақсат

[1,3]ЧВПОУ «Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет». г. Уральск, Казахстан
[2] НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана».г. Уральск, Казахстан
[1]nurslu_1986@mail.ru
[2]dinara_jra@mail.ru

Аннотация. Проведен анализ современного состояния проблемы функционирования защиты электродвигателей, анализ состояния вопроса повышения селективности защит двигателей в трехфазных электрических сетях на основе современных цифровых устройств релейной защиты. Предложена

разработка новых алгоритмов функционирования существующих терминалов защиты электродвигателей.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, цифровые защиты, алгоритм, селективности защиты.

Для цитирования: Буранова Н.Г. Анализ современного состояния проблемы функционирования защит электродвигателей/ Н.Г. Буранова, Д.А. Джапарова, Ж. Нұрболатұлы // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-технической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

ANALYSIS OF THE CURRENT STATE OF THE PROBLEM OF FUNCTIONING OF ELECTRIC MOTOR PROTECTIONS

[1]Buranova Nurslu Galymovna, [2]Dzhaparova Dinara Amangeldievna, [3]Nurbolatuly Zhaksat

[1]West Kazakhstan Innovation and Technology University, Uralsk, Kazakhstan
[2]West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan, Uralsk, Kazakhstan
[1]nurslu_1986@mail.ru
[2]dinara_jra@mail.ru

Annotation. The analysis of the current state of the problem of the functioning of electric motor protections is carried out. The analysis of the issue of increasing the selectivity of motor protection in three-phase electrical networks based on modern digital relay protection devices is carried out. It is proposed to develop new algorithms for the functioning of existing electric motor protection terminals

Keywords: asynchronous motor, digital protection, algorithm, protection selectivity.

For citation: Buranova N.G. Analysis of the current state of the problem of the functioning of electric motor protections/ N.G. Buranova, D.A. Dzhaparova, Zh. Nurbolatuly // Improving the efficient operation of electrical equipment in agriculture: materials of the International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko / Edited by C.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение Асинхронные электродвигатели составляют основу наиболее массовых приемников электрической энергии в современных электрических системах. Стремление максимально полно использовать их нагрузочные возможности в условиях все более динамичных и разнообразных режимов работы привело к повышению риска возникновения внутренних повреждений. Ежегодно 10-20% общего парка электродвигателей выходит из строя. Каждый день возникают несколько тысяч повреждений в электродвигателях, которые вызывают нарушения технологических процессов, создают опасные возмущения в электрических системах и приводят к угрожающему росту опасности их развития в крупные аварии с катастрофическими последствиями.

Материалы и методы. Традиционные средства релейной защиты электродвигателей развивались исторически параллельно с электромеханическими измерительными механизмами измерительных приборов па базе общей теории применительно к стационарным входным сигналам Поэтому большинство алгоритмов традиционных защит основано на контроле интегральных (действующих или средних) значений токов и напряжений. Этот стационарный подход требует длительного наблюдения за процессами в аварийных ситуациях для принятия правильною решения о состоянии контролируемого объекта.

Дефицит времени, отводимого для выявления повреждений в современных электрических системах, вызывает необходимость выполнять анализ состояния контролируемого объекта в условиях не завершившихся переходных процессов. При этом требования к средствам защиты электродвигателей повышаются, и традиционные решения часто оказываются не приемлемыми. Требуется новый нестационарный подход к построению средств релейной защиты электродвигателей, основанный на представлении контролируемых объектов более точными математическими моделями, пригодными для реализации динамического контроля В этой связи совершенствование зашит наиболее массовых приемников электрической энергии в электрических системах на основе нового нестационарного подхода играет важную роль в достижении высокой надежности электроснабжения и представляет собой крупную и актуальную научно-техническую задачу.

Координация защиты имеет важное значение в распределительной сети с растущей долей распределенной генерации различных типов генерирующих установок, фотоэлектрических электростанций, электростанций на биомассе, биогазовых установок и ветряных электростанций, и они были рассмотрены в [1-3]. Практические рекомендации и обзору координации защиты в радиальных распределительных сетях с реле максимального тока приведены в [4-6]. В прошлом координация защиты в высоковольтных сетях передачи и в промышленности осуществлялась вручную с использованием правил временных диаграмм и настроечных таблиц реле тока устройства. Трудоемкий процесс занимал много времени и приводил к ошибкам в настройке защитных реле, которые вызывали ненужные перебои с потребителем в распределительных и промышленных технологических процессах, вызывая дальнейшее прямое повреждение оборудования и косвенные затраты в технологическом процессе из-за нереализованных производство.

С развитием электроники защиты все больше строятся с использованием микроэлектронных компонентов и в современном исполнении представляют собой цифровые устройства (терминалы) релейной защиты, несущие в своем программном и аппаратном обеспечении дополнительные функции автоматики и сигнализации.

Результаты исследования. Принципы построения устройств релейной защиты, в том числе и микропроцессорных, весьма разнообразны. Однако в подавляющем большинстве эти устройства являются автономными и

выполняются с использованием электрических воздействующих величин – токов и напряжений промышленной частоты защищаемых элементов системы. Иногда, в качестве дополнительной информации, могут использоваться некоторые физические явления неэлектрического характера, сопровождающие короткие замыкания (КЗ) и ненормальные режимы защищаемого элемента электрической системы. В частности, может использоваться световая вспышка (при дуговых КЗ), изменение скорости выделения газов (газовые реле), повышение температуры элементов защищаемого объекта, вибрация электрической машины и т.д.

В общем случае устройства релейной защиты имеют две основные части – измерительную и логическую (рисунок 1). Измерительная часть (U3), включающая релейный измерительный орган (РИО), непрерывно контролирует состояние защищаемого объекта и определяет условия срабатывания в соответствии со значениями входных величин.

Таковыми являются вторичные токи измерительных трансформаторов тока (TA1, …) и вторичные напряжения измерительных трансформаторов напряжения (TV1, ...). Логическая часть (U5) формирует управляющие воздействия в зависимости от комбинации и последовательности поступления на неё сигналов от РИО. Логическая часть действует на выключатель не непосредственно, а через исполнительные органы (электромеханические реле KL1, …).

Для защит с абсолютной селективностью измерительная и логическая части могут получать также информацию с другой стороны защищаемого элемента (другой электроустановки) по специальным каналам связи. Сигнальные органы (H1) информируют о срабатывании комплекта защиты в целом, иногда и отдельных её частей. Для питания измерительных, исполнительных и сигнальных органов, логической части предусматривается источник питания. На вход устройства релейной защиты непрерывно подаются аналоговые величины, пропорциональные значениям напряжений и токов защищаемого объекта.

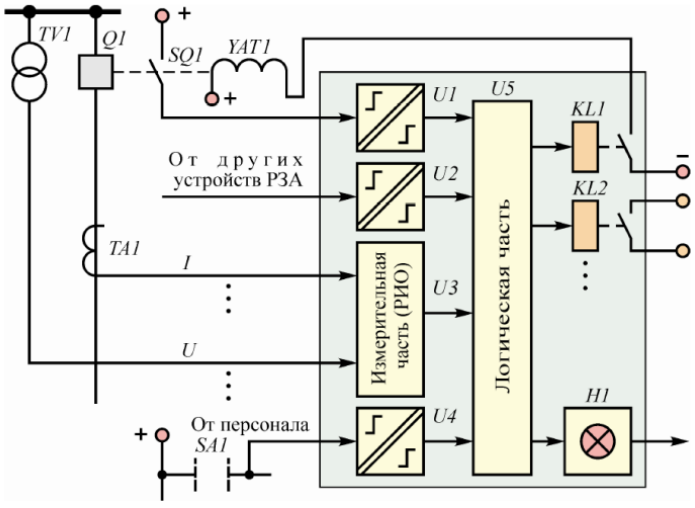


Рисунок 1 – Обобщённая структура устройства релейной защиты

На рисунке 1 элементы имеют следующие обозначения: TV1 – измерительный трансформатор напряжения; TA1 – измерительный трансформатор тока; Q1 – выключатель; SQ1 – контакт выключателя; YAT1 – катушка отключения выключателя; SA1 – ключ управления.

Определённый выходной сигнал (например, сигнал "Отключить") должен быть автоматически получен лишь в том случае, если входные величины удовлетворяют некоторым условиям. Наличие этих условий фиксируется РИО, который подает сигнал одного вида, если определённое условие удовлетворяется, и иной сигнал, если оно не удовлетворяется.

Таким образом, измерительный орган преобразовывает аналоговый сигнал на входе, например, напряжение, в дискретный сигнал на выходе.

К измерительным органам относятся:

– реле тока (напряжения), действие которого зависит от мгновенного или интегрального значения входной воздействующей величины;

– реле направления мощности, зона действия которого определяется фазовым углом между векторами напряжения и тока;

– реле сопротивления, действие которого определяется от векторного отношения напряжения и тока;

– реле частоты, действие которого зависит от частоты и др.

Входные сигналы РИО несут определенную информацию о режиме работы защищаемого объекта. Для выявления аварийного режима из подведенных напряжений и токов с помощью измерительной части могут формироваться специальные непрерывные величины, характерные только для аварии. Так, из трёх фазных напряжений и токов выделяются симметричные составляющие обратной и нулевой последовательностей, на основе анализа которых можно определить вид КЗ и его "место".

В схеме сравнения обрабатываются подготовленные измерительной схемой непрерывные величины. В зависимости от соотношения этих величин на выходе схемы сравнения появляется или не появляется определенный стандартный сигнал. Именно схема сравнения преобразует непрерывные сигналы на входе в дискретный сигнал на выходе. Например, функциональная схема алгоритма максимальной токовой защиты МТЗ, реализующейся в логической части устройства показана на рисунке 2. Данный вариант логики как правило, реализуется программным путем.

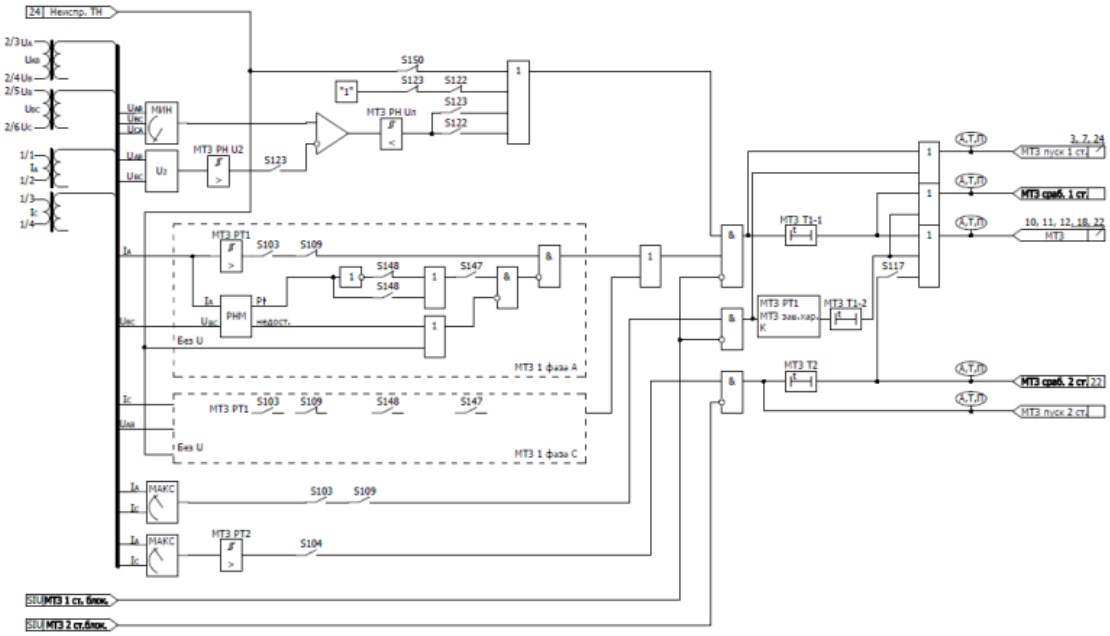


Рисунок 2 – Функциональная схема алгоритма максимальной токовой защиты

Для обеспечения непрерывных процессов функционирования требуются системы управления двигателем и его защиты. Необходимо рассмотреть различные варианты проектирования защит в том числе и защиты от замыканий на землю в низковольтных сетях. Системы управления и защиты двигателя применяются как для сетей с изолированной нейтралью, с гухозаземленной и заземленные через сопротивление. Типичные методы защиты от замыканий на землю в центрах управления низковольтными двигателями и общие схемные проблемы защиты заземления, включаю: системы обнаружения импульсов напряжения, напряжения нулевой последовательности и методы, основанные на заземлении через высокое сопротивление для быстрого обнаружения неисправностей.

В основном все микропроцессорные устройства релейной защиты двигателей устанавливаются в релейных отсеках КРУ, КРУН и КСО, на 17 панелях и в шкафах в релейных залах и пультах управления электростанций и подстанций 6–35 кВ и являются комбинированными микропроцессорными терминалами релейной защиты и автоматики.

Применение в устройстве модульной мультипроцессорной архитектуры наряду с современными технологиями поверхностного монтажа обеспечивают высокую надежность, большую вычислительную мощность и быстродействие, а также высокую точность измерения электрических величин и временных интервалов, что дает возможность снизить ступени селективности и повысить чувствительность терминала.

Возможны варианты применения защиты элементов распределительных сетей как в самостоятельном функционировании устройства, так и совместно с другими устройствами РЗА (например, дуговой защитой, защитой от однофазных замыканий на землю, защитой шин и т.д.).

Все устройства обеспечивают как правило следующий перечень эксплуатационных возможностей:

- выполнение функций защит, автоматики и управления, определенных ПУЭ и ПТЭ;
- задание внутренней конфигурации (ввод/вывод защит и автоматики, выбор защитных характеристик и т.д.);
- ввод и хранение уставок защит и автоматики;
- контроль и индикацию положения выключателя, а также контроль исправности его цепей управления; определение вида повреждения;
- передачу параметров аварии, ввод и изменение уставок по линии связи;
- непрерывный оперативный контроль работоспособности (самодиагностику) в течение всего времени работы;
- блокировку всех выходов при неисправности устройства для исключения ложных срабатываний;
- получение дискретных сигналов управления и блокировок, выдачу команд управления, аварийной и предупредительной сигнализации;
- гальваническую развязку всех входов и выходов, включая питание, для обеспечения высокой помехозащищенности;
- высокое сопротивление и прочность изоляции входов и выходов относительно корпуса и между собой для повышения устойчивости устройства к перенапряжениям, возникающим во вторичных цепях КРУ.

Функции защиты, выполняемые устройством:

- двухступенчатая дифференциальная токовая защита двигателя (токовая отсечка и защита с торможением от сквозного тока и блокировкой при броске тока намагничивания);
- трехступенчатая максимальная токовая защита (МТЗ) от междуфазных повреждений с контролем двух или трех фазных токов (любая ступень может быть выполнена направленной, а также может иметь комбинированный пуск по напряжению);
- защита от обрыва фазы питающего фидера (ЗОФ);
- защита от однофазных замыканий на землю (ОЗЗ) по сумме высших гармоник;
- защита от однофазных замыканий на землю по току основной частоты (может быть выполнена направленной);
- защита синхронных двигателей от асинхронного хода в ступени МТЗ-2; минимальная токовая защита (ЗМТ);
- защита минимального напряжения (ЗМН);
- защита от перегрева электродвигателя;
- защита от затянутого пуска (ЗЗП);
- защита от блокировки ротора (ЗБР);
- защита обратной мощности (ЗОМ);
- выдача сигнала пуска МТЗ для организации логической защиты шин

Различают повреждения, связанные с пробоем изоляции в статорной обмотке и требующие максимально быстрого отключения двигателя, а также

разного рода ненормальные режимы, при которых действие защиты возможно 19 с выдержкой времени, а в некоторых случаях может ограничиваться сигнализацией.

Наиболее опасными являются многофазные и витковые короткие замыкания в обмотке статора, приводящие к разрушению двигателя. Для двигателей с напряжением от 6 кВ и выше работающих в сети с изолированной нейтралью возможно возникновение двойных КЗ, для которых одна точка повреждения может находиться во внешней сети, а вторая в двигателе. Такие повреждения также являются опасными для двигателя и требуют отключения с минимально достижимой выдержкой времени. Достаточно отключения одной точки двойного КЗ, которое переводит двойное короткое замыкание в однофазное замыкание с малым током замыкания на землю.

Для защиты двигателей от многофазных КЗ согласно ПУЭ [1] в случаях, когда не используются предохранители, должна применяться токовая защита мгновенного действия – отсечка. На двигателях мощностью менее 2000 кВт отсечка выполняется с одним реле тока, включенным на разность токов двух фаз, для двигателей мощностью от 2000 до 5000 кВт используется двухрелейная отсечка при условии, что на двигателях установлена отдельная защита от двойных, а также однофазных замыканий на землю с действием на отключение. При отсутствии указанных защит токовая отсечка выполняется трехрелейной с контролем трех фазных токов.

Защита блоков двигатель-трансформатор при мощности двигателя менее 2000 кВт выполняется токовой отсечкой.

Для двигателей мощностью более 5000 кВт, а также в случае недостаточной чувствительности токовой отсечки для двигателей меньшей мощности, необходимо использование продольной дифференциальной токовой защиты. В терминалах серии «Сириус-Д» такая защита не предусмотрена, что определяет область ее использования. Соответственно, дифференциальные токовые защиты далее не рассматриваются.

Микропроцессорные терминалы релейной защиты в подавляющем большинстве выполняются с возможностью контроля всех трех фазных токов, 20 что позволяет выполнить токовую отсечку по трехрелейной схеме на двигателях любой мощности, даже если Правила допускают упрощенное исполнение защиты. Контроль первичным измерительным трансформатором тока только двух фаз не является препятствием для выполнения трехрелейной схемы, поскольку ток третьей фазы «восстанавливается» алгоритмом защиты путем суммирования токов двух контролируемых фаз.

Токовые защиты в составе терминалов, как правило, выполняются трехступенчатыми. Первая ступень защиты реализует функции токовой отсечки от КЗ, последняя ступень может быть использована в качестве защиты от перегрузки, при этом, вторая ступень в случае защиты двигателей оказывается избыточной и не вводится в работу.

Например, терминал «Сириус-21-Д» разработан как универсальное устройство с возможностью защиты не только двигателей, но и иных элементов

сети напряжением до 35 кВ. Поэтому в его состав, в том числе, введены измерительные органы, не используемые при выполнении защиты двигателей. Применительно к ступенчатой токовой защите предусмотрены следующие элементы, полезные при защите сетей, но не используемые для защиты двигателей:

- обеспечение направленности с помощью измерительного органа направления мощности;
- пусковые органы напряжения, включая комбинированный пуск по напряжению;
- зависимые время-токовые характеристики срабатывания.

Заключение Проведен анализ современного состояния проблемы функционирования защит электродвигателей. Установлено, что наиболее опасными являются многофазные и витковые короткие замыкания в обмотке статора, приводящие к разрушению двигателя. Для двигателей с напряжением от 6 кВ и выше работающих в сети с изолированной нейтралью возможно возникновение двойных КЗ, для которых одна точка повреждения может находиться во внешней сети, а вторая в двигателе. Такие повреждения также являются опасными для двигателя и требуют отключения с минимально достижимой выдержкой времени. Обзор проблемы функционирования защит АД.

В основном все микропроцессорные устройства релейной защиты двигателей устанавливаются в релейных отсеках КРУ, КРУН и КСО, на панелях и в шкафах в релейных залах и пультах управления электростанций и подстанций 6–35 кВ и являются комбинированными микропроцессорными терминалами релейной защиты и автоматики.

Для обеспечения непрерывных процессов функционирования требуются системы управления двигателем и его защиты.

Список источников

1. С. Николовский, П. Марич, и Lj. Майданджич, «Интеграция солнечной электростанции в распределительную сеть», Международный журнал по электротехнике и вычислительной технике - IJECE, vol. 5, нет 4, с. 656-668, август 2015 г.

2. С. Николовский, П. Марич, Г. Кнежевич, «Компьютерное моделирование и имитация уставок реле максимального тока солнечной электростанции», Журнал фундаментальных и прикладных исследований, International Knowledge Press, vol.11, no. 1, 2015

3. Х. Фунмилайо, Дж. Сильва и К. Батлер-Пурри, «Защита от перегрузки по току для радиального испытательного устройства подачи на 34 узла», IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 27, нет. 2 апреля 2012 г.

4. Д. Бирла, Р. П. Махешвари и Х. О. Гупта, "Реле времени сверхтоковой координации: обзор", Международный журнал развивающихся электроэнергетических систем, вып. 2, нет 2 апреля. 2005.

5. A. Zamani, T. Sidhu, A. Yazdani, "Стратегия координации защиты в радиальных распределительных сетях с распределенными генераторами", IEEE Общее собрание энергетического общества, том. 10, с. 263-270, 2010.

6. С. Николовский, М. Гавранек и П. Марич, «Координация числовой релейной защиты с использованием программного обеспечения для моделирования», в материалах MIPRO Computers in Technical Systems, 2013, стр. 1107-1111.

7. Правила устройства электроустановок. 7-е издание. - М.: Энергоатомиздат, 2003.

© Буранова Н.Г., Джапарова Д.А., 2023

Научная статья
УДК 621.313

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОГРУЖНЫХ ВИБРАЦИОННЫХ НАСОСОВ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ВОДОСНАБЖЕНИИ

Буторин Владимир Андреевич[1], Гусейнов Руслан Тофикович[2], Дак Владимир Александрович[3]
[1,2,3]Южно-Уральский государственный аграрный университет, г. Троицк, Россия.
[1]butorin_chgau@list.ru, https://orcid.org/0000-0002-5180-8742
[2]ruslan-ural8@mail.ru, https://orcid.org/0009-0001-4784-4249
[3]v.dak@uralskb.ru, https://orcid.org/0009-0002-0670-890X

Аннотация. В статье освещены основные составляющие агропромышленного комплекса и представлен инструмент по обеспечению водоснабжения его производственных процессов. Полученные исследования дают представление выбора насоса для увеличения производительности, эффективности использования ресурсов и снижения негативного воздействия на окружающую среду.

Ключевые слова: погружной вибрационный насос, агропромышленный комплекс, виды насосов в АПК, преимущества и недостатки использования погружного вибрационного насоса в агропромышленной сфере.

Для цитирования: Буторин В.А. Использование погружных вибрационных насосов в сельскохозяйственном водоснабжении/ В.А. Буторин, Р.Т. Гусейнов, В.А. Дак // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-технической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Scientific article

THE USE OF SUBMERSIBLE VIBRATION PUMPS IN AGRICULTURAL WATER SUPPLY

Butorin Vladimir Andreevich[1], Huseynov Ruslan Tofikovich[2], Duck Vladimir Alexandrovich[3]

[1,2,3] South Ural State Agrarian University, Troitsk, Russia.

[1]butorin_chgau@list.ru, https://orcid.org/0000-0002-5180-8742

[2]ruslan-ural8@mail.ru, https://orcid.org/0009-0001-4784-4249

[3]v.dak@uralskb.ru, https://orcid.org/0009-0002-0670-890X

Annotation. The article highlights the main components of the agro-industrial complex and presents a tool to ensure the water supply of its production processes. The obtained studies provide an idea of the choice of a pump to increase productivity, resource efficiency and reduce the negative impact on the environment.

Keywords: submersible vibration pump, agro-industrial complex, types of pumps in the agro-industrial complex, advantages and disadvantages of using a submersible vibration pump in the agro-industrial sphere.

For citation: Butorin V.A. The use of submersible vibration pumps in agricultural water supply/ V.A. Butorin, R.T. Huseynov, V.A. Dak // Improving the efficient operation of electrical equipment in agriculture: Materials of the International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko / Edited by S.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Агропромышленный комплекс (АПК) представляет собой совокупность сельскохозяйственных предприятий, организаций и инфраструктуры, участвующих в производстве, переработке и сбыте сельскохозяйственной продукции. АПК является одной из ключевых отраслей экономики многих стран, включая Россию [1, 2, 3].

Основные составляющие агропромышленного комплекса включают сельское хозяйство, животноводство, рыболовство и садоводство. Здесь производятся различные продукты питания, включая зерно, мясо, молоко, овощи, фрукты и другие товары растениеводства и животноводства [4, 5, 6].

АПК играет важную роль в обеспечении продовольственной безопасности и удовлетворении потребностей населения в пищевых продуктах. Кроме того, АПК является источником экономического развития и занятости населения сельскохозяйственных районов [1, 5, 7].

Сельскохозяйственные предприятия включают в себя крупные агрохолдинги, фермерские хозяйства, садоводческие и огороднические кооперативы. Технологии и методы производства в АПК совершенствуются для увеличения производительности, эффективности использования ресурсов и снижения негативного воздействия на окружающую среду.

Материалы и методы основаны на обобщении технической литературы. Важность насосов в агропромышленной сфере. Важность насосов в агропромышленной сфере трудно переоценить. Насосы играют особую роль в

обеспечении ряда ключевых процессов, связанных с сельским хозяйством и переработкой сельскохозяйственной продукции.

Насосы используются для обеспечения водоснабжения производственных процессов сельскохозяйственных предприятий и быта населения. Вода является неотъемлемым ресурсом для различных агротехнических операций, таких как орошение полей, питьевое водоснабжение животных, охлаждение и мойка в производственном процессе. Насосные системы обеспечивают надежную и эффективную подачу воды из источников, таких как реки, озера или скважины, к месту назначения. Кроме того, насосы применяются для перекачки различных жидкостей и сыпучих материалов. Например, они используются для перекачки удобрений, химических растворов, а также для транспортировки и переработки сырья в пищевой промышленности [8, 9].

Одним из ключевых аспектов, который указывает на насосы как неотъемлемую частью агропромышленной сферы, является их способность работать в различных условиях. Насосные системы могут обеспечивать стабильную работу в разных климатических условиях и с различными источниками энергии, включая электричество, дизельное топливо, солнечные батареи и даже ветряные генераторы [4, 9, 10].

Насосы являются важной технической составляющей агропромышленной сферы и играют определенную роль в обеспечении эффективности и надежности различных процессов. Они помогают сельскохозяйственным предприятиям и организациям эффективно использовать водные ресурсы, обеспечивать надлежащую перекачку материалов. Без них современное сельское хозяйство и переработка сельскохозяйственной продукции были бы значительно ограничены. [10].

Результаты исследования. В агропромышленном комплексе применяются различные виды насосов для разных целей. Они используются для перекачки воды, орошения полей, подъема воды из колодцев и скважин, а также для перекачки различных жидкостей и сыпучих материалов, используемых в процессе производства пищевых продуктов. Рассмотрим некоторые из наиболее распространенных видов насосов, применяемых в АПК:

а) Погружные насосы: это насосы, погруженные в жидкость, которую необходимо перекачать. Они обычно используются для перекачки жидкостей из колодцев, скважин или резервуаров в растениеводстве и животноводстве; системах дренажа и очистных сооружениях; ирригаций и орошений сельскохозяйственных угодий. Погружные насосы бывают разных типов, включая погружные вибрационные насосы, погружные многоступенчатые насосы и погружные центробежные насосы. Вибрационный насос в разборе представлен на первом рисунке.

б) Центробежные насосы: это насосы, основанные на использовании центробежной силы для перекачки жидкости. Они широко применяются для перекачки воды, а также для работы в системах орошения или водоснабжения на фермах. Центробежные насосы могут также использоваться для перекачки

различных химических растворов и сыпучих материалов, используемых в сельском хозяйстве.

в) Поршневые насосы: это насосы, основанные на движении поршня в цилиндре для создания давления и перекачки жидкости. Они часто используются для подачи ударного или высокого давления для полива, очистки оборудования, опрыскивания удобрений или инсектицидов. Поршневые насосы могут быть ручными или механическими, в зависимости от способа привода поршня.

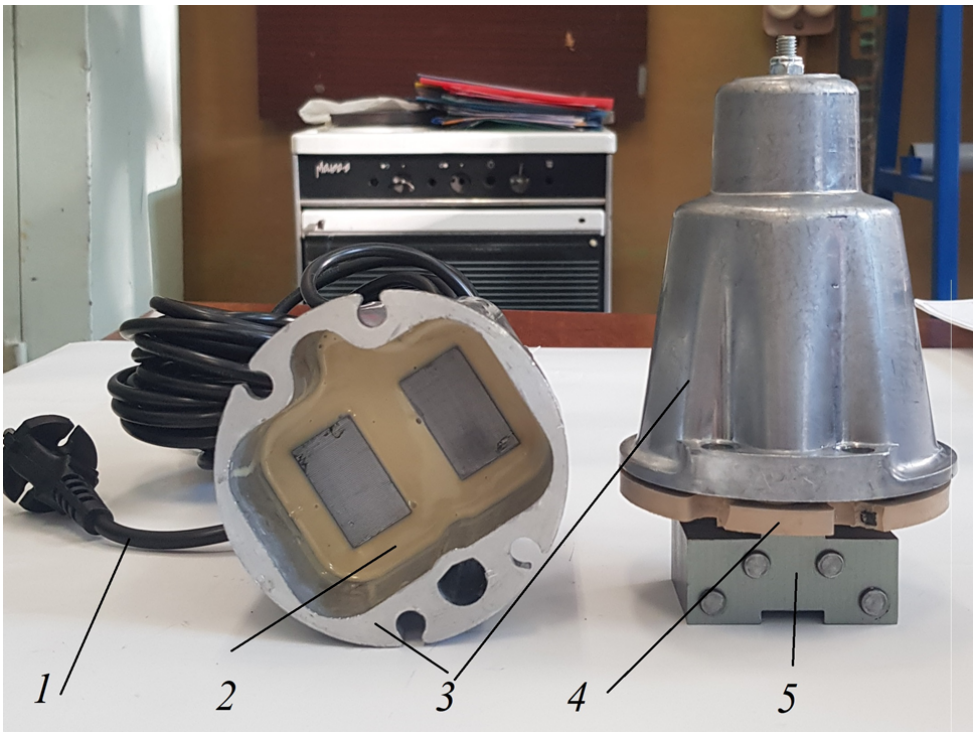


Рисунок 1 – Разобранный пополам погружной вибрационный насос:1 – питающий кабель, 2 – катушка, 3 – корпус насоса, 4 – амортизатор, 5 – якорь

г) Винтовые насосы: это насосы, которые используют поворотные винтовые роторы для перекачки жидкости. Они обычно применяются для перекачки вязких или густых жидкостей, таких как жидкое навозообразное удобрение или биогаз. Винтовые насосы также могут использоваться для перекачки жидкого корма или молока на животноводческих фермах.

д) Мембранные насосы: это насосы, использующие вибрацию диафрагмы для перекачки жидкости. Они часто применяются для перекачки агрохимикатов, гербицидов или инсектицидов, так как они обладают хорошими химическими сопротивлениями и предотвращают загрязнение перекачиваемой жидкости.

Представленные выше установки являются наиболее распространёнными видами насосов, используемых в АПК. В зависимости от конкретных задач и требований, может применяться и другие виды насосов, такие как, радиально-поршневые насосы или перистальтические насосы.

Отметим следующие преимущества и недостатки применения погружного вибрационного насоса в агропромышленном комплексе.

Преимуществами погружного вибрационного насоса являются:

а) Высокая эффективность перекачки и перемешивания. Различные типы насосов обладают разными характеристиками, такими как пропускная способность, давление, скорость и энергоэффективность. Выбор оптимального насоса, учитывая конкретные требования по перемешиванию и перекачке вещества, помогает достичь оптимальных результатов и улучшить эффективность процессов. Насосы могут оказывать влияние на процессы перемешивания путем создания турбулентности и интенсивности перемешивания внутри резервуара или емкости. Это особенно важно при перемешивании вязких или слабо перемешивающихся материалов. Использование насосов с определенными характеристиками, такими как вибрационные насосы или насосы с высокой пропускной способностью, может способствовать созданию эффективной турбулентности и улучшению качества перемешивания.

б) Компактность и мобильность. Поскольку насосы устанавливаются непосредственно в резервуаре с жидкостью, нет необходимости в дополнительном монтаже или создании дополнительной инфраструктуры. Это очень удобно для предприятий агропромышленного комплекса, которые часто оперируют с различными резервуарами и контейнерами, требующими перекачки жидкости.

в) Работа с различными видами жидкостей. В агропромышленном комплексе часто очень важно обеспечить перекачку не только воды, но и различных химических реагентов (примерами могут служить азотные удобрения, такие как аммиак, нитраты и аммонийные соли, фосфатные удобрения, содержащие фосфор, калийные удобрения, содержащие калий, и другие микроэлементы используемые для обогащения почвы необходимыми элементами питания, инсектициды (для борьбы с насекомыми-вредителями), гербициды (для уничтожения сорняков), фунгициды (для борьбы с грибковыми заболеваниями), а также регуляторы роста) и других веществ с массовой долей механических примесей до 0,01%. Погружные вибрационные насосы обладают широким диапазоном рабочих параметров, что позволяет успешно работать с разнообразными жидкостями.

г) Низкое энергопотребление. В условиях стремительного роста цен на энергоресурсы это является важным фактором для организаций, занимающихся производством и переработкой сельскохозяйственной продукции. Насосы могут работать от бензоэлектрических и солнечных генераторов, мощностью не менее 0,5 кВт.

д) Улучшение условий труда. Благодаря тому, что насосы работают без значительных вибраций и шума, снижается вероятность возникновения негативного воздействия на здоровье работников.

е) Надежность и длительный срок службы (до 2,5 лет). Они обладают простой конструкцией: электропривод, вибратор и корпус насоса (стакан), соединённых по разъёму четырьмя винтами; и минимальным количеством

движущихся частей (амортизатор, якорь, клапан и поршень), что снижает вероятность поломок и требует меньше затрат на техническое обслуживание.

Недостатками погружного вибрационного насоса являются:

а) Максимальная глубина погружения насоса – до 7 метра;

б) Максимальная температура жидкости – 35 ℃;

в) Использование только гибких шлангов из резины или пластмассы с внутренним диаметром 18-22 мм;

г) Максимальный полный напор – 60 м.

Заключение. Таким образом, применение погружных вибрационных насосов на предприятиях агропромышленного комплекса предоставляет этим организациям значительные преимущества включая: высокую эффективность работы, компактность и мобильность, применимость для различных видов жидкостей, низкое энергопотребление, надежность и длительный срок службы, улучшение условий труда и возможность автоматизации. Необходимо провести дальнейшие исследования и разработки для повышения функциональности и эффективности погружных вибрационных насосов с целью их более широкого применения в агропромышленном комплексе.

Список источников

1. Попов В.М., Афонькина В.А. Инновационные энергосберегающие оптические технологии и технические средства в АПК. Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2012. С. 69.

2. Попов В.М., Афонькина В.А., Вахрушева С.Ю. Возможность использования энергии возобновляемых источников при эксплуатации пленочных ИК-нагревателей в различных сферах АПК. В сборнике: Достижения науки - агропромышленному производству. Материалы LII международной научно-технической конференции. 2013. С. 232-237.

3. К. В. Глемба, А. В. Гриценко, К. А. Цыганов, Д. Б. Власов. Диагностирование электрических насосов по силе тока питания при сопротивлении в топливосистеме // Евразийское Научное Объединение. 2015. Т. 1. № 11 (11). С. 16–18

4. Власов Д. Б., Гриценко А. В. Диагностирование электрических насосов автомобилей // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3. № 4–1 (15–1). С. 176–180.

5. Попов В.М., Афонькина В.А. Проблемы проектирования и эксплуатации электротехнологических установок. В сборнике: Достижения науки - агропромышленному производству. Материалы LII международной научно-технической конференции. 2013. С. 227-232.

6. Афонькина В.А., Попов В.М., Рычкова Н.М. Теория автоматического управления электрооборудованием и электротехнологиями в сельском хозяйстве. учебное пособие / Челябинск, 2021.

7. Гриценко А. В., Цыганов К. А. Диагностирование электрических бензонасосов автомобилей // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2013. № 4. С. 22–23.

8. Буторин В.А., Гусейнов Р.Т. Устройство крепления вибродатчика к погружному электродвигателю для оценки технического состояния подшипниковых узлов. Агропродовольственная политика России. 2015. № 1 (37). С. 68-70.

9. Буторин В.А., Гусейнов Р.Т. Разработка электрической схемы для проведения ресурсных испытаний упорного подшипникового узла погружного электродвигателя. Вестник Саратовского Гос. агроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2014. № 3. С. 46-49.

10. Гусейнов Р.Т., Бабыкин Е.В. Зависимость скорости изнашивания элементов подшипниковых узлов от действующих факторов. В сборнике: Достижения науки - агропромышленному производству. Материалы LII международной научно-технической конференции. 2013. С. 155-158.

© Буторин В. А., Гусейнов Р. Т., Дак В. А. 2023

Научная статья
УДК 631.21

ПРИМЕНЕНИЕ СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ ДЛЯ ДОСВЕЧИВАНИЯ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР В ФИТОТРОНЕ

Андрей Александрович Верзилин[1], Иван Николаевич Попов[2], Сергей Петрович Мерзлов[3], Сергей Владимирович Домнышев[4]

[1,2,3,4] Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия
[1] verzilin-a@mail.ru,https://orcid.org/0000-0003-0644-246X
[2]ivanvusar@mail.ru, https://elibrary.ru/id=50218021
[3]merzlov123456@gmail.com

Аннотация. Проведен анализ ряда светодиодных светильников, применяемых для досвечивания растений в сооружениях защищенного грунта. Дана оценка воздействия видимого спектра излучения светодиодными светильниками на продуктивность растений. Предложено применять светодиодные светильники с возможностью регулированием спектра излучения для стимуляции роста полевых культур, при семеноводстве в фитотроне.

Ключевые слова: светодиодный светильник, спектор излучения, интенсивность светового потока, стимуляция роста и развития растений, регулирование спектра излучения, энергия фотонов.

Для цитирования: Верзилин А.А. Применение светодиодных светильников для досвечиваня полевых культур в фитотроне / А.А. Верзилин, И.Н. Попов,

С.П. Мерзлов, С.В. Домнышев // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-технической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024

THE USE OF LED LAMPS FOR ADDITIONAL ILLUMINATION OF FIELD CROPS IN THE PHYTOTRON

Andrey Aleksanrovich Verzilin, Ivan Nikolaevich Popov,
Sergey Petrovich Merzlov, Sergey Vladimirovich Domnyshev
[1,2,3,4] **S**aratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia
[1] verzilin-a@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-0644-246X
[2]ivanvusar@mail.ru, https://elibrary.ru/id=50218021
[3]merzlov123456@gmail.com

Annotation. The analysis of a number of LED lamps used for additional illumination of plants in protected ground structures has been carried out. An assessment of the effect of the visible spectrum of radiation from LED lamps on plant productivity is given. It is proposed to use LED lamps with the possibility of regulating the radiation spectrum to stimulate the growth of field crops, during seed production in a phytotron.
Keywords: LED lamp, radiation spectrum, luminous flux intensity, stimulation of plant growth and development, regulation of the radiation spectrum, photon energy.
***For citation*:** Verzilin A.A. The use of LED lamps for additional illumination of field crops in phytotron / A.A. Verzilin, I.N. Popov, S.P. Merzlov, S.V. Domnyshev // Improving the efficient operation of electrical equipment in agriculture: materials of the International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko / Edited by C.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2024

Введение. Ключевым фактором, влияющим на эффективное выращивание растений в сооружениях защищенного грунта, является освещение. На сегодняшний день светодиодные светильники находят все большее применение для данной цели, позволяющие более точно регулировать параметры света, необходимые для оптимального протекания процесса фотосинтеза. Все специализированные облучательные светодиодные светильники для применения в теплицах должны изготавливаться согласно требованиям стандарта ГОСТ Р 57671–2017 [1-2].

Учитывая перспективность направления по круглогодичному семеноводству полевых культур в сооружениях защищенного грунта, нами поставлена задача по определению эффективности использования облучательных светодиодных светильников в качестве одного из семеноводческих мероприятий, направленных на быстрое размножение семян.

Многочисленные эксперименты, проведённые на растениях, показывают, что из всего полного спектра излучения, на различных стадиях жизненного цикла растения откликаются на определенный спектр [3].

Анализ устройства светодиодных светильников показывает, что спектр комбинированного светодиодного светильника может быть собран из разных спектров излучения [4].

В ряде исследований отмечается, что наряду с требованием к спектру источника света, необходимо обеспечить достаточный уровень энергии фотонов, излучаемых источником света. Данный параметр выражен в виде фотосинтетического потока фотонов PPF (мкмоль/сек), эквивалентного световому потоку.

Выбирая подходящие решения, стоит учитывать, что согласно ГОСТ эффективность приборов, предназначенных для освещения растений сверху в области ФАР должна быть не менее 2,0 (мкмоль/с)/Вт., а для приборов, предназначенных для дополнительного освещения растений (междурядное освещение) не менее 1,8 (мкмоль/с)/Вт.

Материалы и методы. Исследования досвечивания и поддерживания заданного уровня светового потока полевой культуры, а именно кукурузы в фитотроне проводились с использованием светодиодных светильников ECOLED и ECOLED-BIO (см. рисунок 1).

Среди плюсов применения светодиодных светильников в условиях фитотрона отмечаются:

- снижение испарения влаги из грунта;
- возможность установки непосредственно над растениями из-за отсутствия нагрева;
- низкое энергопотребление;
- возможность добиться нужного диапазона излучаемого спектра.



а) б)

Рисунок 1 – Светодиодные светильники:
а) ECOLED-BIO-240WD120; б) ECOLED-60LX

Результаты исследования. В процессе эксперимента обеспечивалось поддерживание интенсивности светового потока светодиодными

светильниками и выдерживание длительности светового дня, необходимых для кукурузы (рисунок 2).

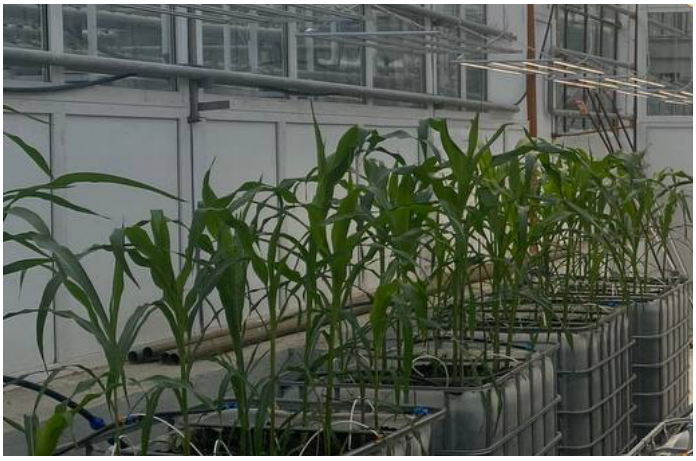


Рисунок 2 – Эксперимент выращивания кукурузы с досвечиванием светодиодными светильниками

Отмечено, повышение продуктивности кукурузы при применении светодиодных светильников. Для этого была проведена первичная прямая оценка полученного семенного материала, путём непосредственного осмотра в процессе прохождения фенологических фаз, измерения растений или их органов, подсчёта, взвешивания зерен и т.д.

В целом засвидетельствовано, что применение светодиодных светильников может способствовать не только получению высокого урожая, но и формированию выравненных и высокоурожайных семян. Это также предстоит проверить при использовании полученного семенного материала при выращивании растений последующих репродукций.

В конечном итоге в сочетании с другими агротехническими приемами это позволит осуществить круглогодичное семеноводство полевых культур в сооружениях защищенного грунта и ускорит репродукцию семян полевых культур с улучшением их высоких сортовых и посевных качеств и урожайных свойств.

Заключение. Анализ результатов исследования позволяет сделать следующие выводы:

1. Применение светодиодных светильников в качестве источников света для досвечивания полевых культур в фитотроне увеличивает возможности повышения продуктивности растений, так как светодиодные светильники позволяют регулировать интенсивность светового потока в зависимости от уровня естественного освещения;

2. На сегодняшний день производители предлагают большое количество облучательных установок со светодиодными источниками света для теплиц. Предстоит разработать рекомендации по адаптации различных облучательных светодиодных светильников в качестве одного из семеноводческих мероприятий для осуществления круглогодичного семеноводства полевых культур в сооружениях защищенного грунта.

Список источников

1. Боос Г.В. Светодиодная революция и новые возможности повышения эффективности светокультуры растений / Г. В. Боос, Л. Б. Прикупец, В. И. Трухачёв и др. // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2022. № 5. С. 36-41.
2. Упеник В.В. Фитотрон. Современная климатическая камера для выращивания растений / В.В. Упеник // Материалы XII Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум». 2020. №4. С.55-61.
3. Прикупец Л.Б. Исследование влияния излучения в различных диапазонах области ФАР на продуктивность и биохимический состав биомассы салатно-зеленных культур/ Л.Б. Прикупец, Г.В. Боос, В.Г. Терехов, И.Г. Тараканов // Светотехника. 2018. № 5. С. 6-12.
4. Анашкин А.А. Перспективы применения светодиодных светильников в системах освещения теплиц закрытого грунта / А.А. Анашкин, С. М. Бакиров, Г.Г. Угаров, А.А. Верзилин // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной научно-практической конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023. С. 18-24.

© Верзилин А.А., Попов И.Н., Мерзлов С.П., Домнышев С.В., 2023

Научная статья
УДК 631.21

О ВЗАИМОСВЯЗИ КПД, ПРОТИВО-ЭДС И МЕХАНИЧЕСКОЙ РАБОТЫ В ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ

Вырыханов Денис Александрович[1]
[1]Конструкторское бюро промышленной автоматики, г. Саратов, Россия
[1]differentr@mail.ru

Аннотация. В статье предложена математическая модель описывающая рабочие процессы вентильно-реактивных электродвигателей и позволяющая сформировать аналитическую взаимосвязь между коэффициентом полезного действия, механической работой и индуцируемой электродвижущей силе (противо-ЭДС) на обмотке. Построение данной математической модели основано на представлении противо-ЭДС в виде двух составляющих, пропорциональных величине мощности изменения запаса магнитной энергии в индуктивности электродвигателя, а также механической мощности. На основании разделения противо-ЭДС вводится вольт-амперная характеристика электромеханического элемента электрической сети.

Ключевые слова: вентильно-реактивный электродвигатель, коэффициент полезного действия, механическая работа, электродвижущая сила, вольт-амперная характеристика
Для цитирования: Вырыханов Д.А. О взаимосвязи КПД, противо-ЭДС и механической работы в линейных электромагнитных двигателях / Д.А. Вырыханов // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы Международной научно-технической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

ON THE RELATIONSHIP BETWEEN EFFICIENCY, COUNTER-EMF AND MECHANICAL OPERATION IN LINEAR ELECTROMAGNETIC MOTORS

Vyrykhanov Denis Alexandrovich[1]
[1]Construction Bureau of Industrial Automation, Saratov, Russia
[1]differentr@mail.ru

Annotation. The article proposes a mathematical model describing the working processes of valve-reactive electric motors and allowing to form an analytical relationship between the efficiency coefficient, mechanical operation and the induced electromotive force (counter-EMF) on the winding. The construction of this mathematical model is based on the representation of the counter-EMF in the form of two components proportional to the magnitude of the power of the change in the reserve of magnetic energy in the inductance of the electric motor, as well as mechanical power. Based on the separation of the counter-EMF, the volt-ampere characteristic of the electromechanical element of the electrical network is introduced.
Keywords: valve-reactive electric motor, efficiency coefficient, mechanical operation, electromotive force, volt-ampere characteristic
For citation: Vyrykhanov D.A. On the relationship between efficiency, counter-EMF and mechanical work in linear electromagnetic motors / D.A. Vyrykhanov // Actual problems of agro-industrial complex energy: materials of the International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko / Edited by S.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Важным направлением развития электродвигателестроения в настоящее время является создание вентильно-реактивных электродвигателей (ВРЭД) линейного [1 - 4] или вращательного вида движения [5 - 12]. Данные двигатели отличаются повышенным отношением развиваемого усилия (момента) к линейной (угловой) скорости движения подвижного элемента. Данные электродвигатели основаны на использовании силы Максвелла – составляющей пондеромоторного усилия, обусловленной движением ферромагнитных тел в магнитном поле. Поэтому в их магнитной системе, как

правило, отсутствуют источники магнитодвижущей силы (МДС) в виде постоянных магнитов, созданные из дефицитных, дорогих материалов.

Основной особенностью процесса электромеханического преобразования в ВРЭД является переходной характер рабочего процесса перемещения подвижного элемента в полюсном делении статора. Сложность анализа рабочих процессов ВРЭД еще более увеличивается нелинейностью магнитных свойств магнитопровода. Это приводит к необходимости использовать, при проектировании ВРЭД, исключительно методов численного моделирования, которые не позволяют выявить аналитические зависимости, описывающие баланс между потребляемой электрической, развиваемой механической мощностями и мощностью изменения магнитного поля электродвигателя. Нахождение данных зависимостей является актуальной современной проблемой развития теории электромеханики и практики проектирования перспективных типов электродвигателей - ВРЭД.

Материалы и методы. К настоящему времени теория электромеханического преобразования в ВРЭД в наибольшей степени проработана в виде анализа циклов электромеханического преобразования, представленных в координатах "ток-потокосцепление" [13, 14] применительно к линейным электромагнитным двигателям – являющимся подклассом ВРЭД. Под циклом электромеханического преобразования понимается траектория движения рабочей точки на плоскости "ток - потокосцепление" (рис. 1). Под рабочей точкой понимается точка с координатами, определяемыми мгновенными значениями тока i и потокосцепления ψ обмотки возбуждения ВРЭД. Если в общем случае, в конструкциях электрических двигателей с множеством источников магнитосвязанных МДС, данные параметры являются параметрически зависимыми посредством времени:

$$\begin{cases} i = f(t); \\ \psi = f(t). \end{cases} \tag{1}$$

Для конструкции ВРЭД с единственной обмоткой возбуждения магнитного поля, параметрическая зависимость (1) может быть дополнена взаимосвязями между мгновенными значениями тока и потокосцепления, а также между их дифференциально малыми приращениями через значения мгновенной L и динамической $L_{дин}$ индуктивностей:

$$\begin{cases} \psi = Li; \\ d\psi = L_{дин} di. \end{cases} \tag{2}$$

Траектория движения рабочей точки по плоскости "ток - потокосцепление" может описывать различные траектории – называемые циклами работы (рис. 1). Анализ циклов подразумевает, что данные траектории будут замкнутыми и начинаться из начала координат. При этом наблюдается три основных этапа электромеханического преобразования энергии:

1. Возрастания тока с нулевого значения до некоторой величины при неподвижном якоре ВРЭД при начальном значении мгновенной индуктивности и равенстве мгновенной и динамической индуктивностей $L = L_{дин} = L_н$;

2. Этап преобразования энергии в механическую форму, при движении рабочей точки по некоторой, в общем случае произвольной траектории между двумя крайними прямыми, описывающимися на плоскости "ток - потокосцепление" значениями L от $L_н$ до $L_к$. При этом, в общем случае за исключением локальных точек траектории $L \neq L_{дин}$. К концу данного этапа произойдет превращение некоторой части энергии в механическую форму, а к магнитной системе останется остаточный запас энергии.

3. Этап возврата энергии остаточного поля во внешний накопитель (например: рекуперация в источник электрической энергии). При этом ток снижается до нуля, а индуктивность вновь описывается выражением, как и при первом этапе преобразования $L = L_{дин} = L_н$.

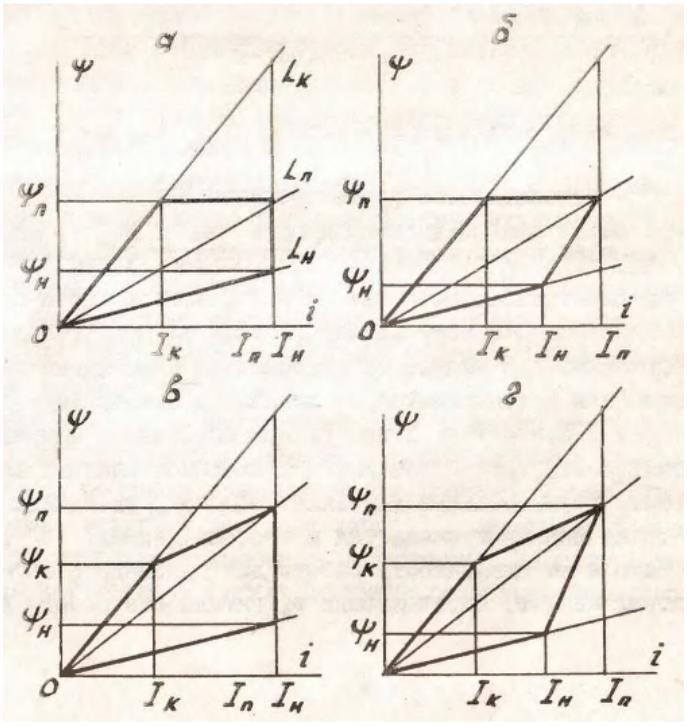


Рисунок 1 - Варианты циклов электромеханического преобразования в ВРЭД

Основными критериями, характеризующие эффективность преобразования энергии в рассматриваемом типе электромеханического преобразования энергии, являются [15 - 20]:

1) площадь охваченная циклом – эквивалентная преобразованной величине энергии в механическую форму;

2) остаточная энергия магнитного поля к моменту завершения движения подвижного элемента.

3) угол наклона (значение $L_{дин}$) участка цикла, характеризующего этап преобразования энергии в механическую форму.

Следует отметить, что при анализе зависимостей (2) без учета динамики движения рабочей точки в соответствии с анализируемым циклом, то есть без учета (1) позволяет определить коэффициент полезного действия процесса

электромеханического преобразования в виде соотношения между соответствующим площадями.

Переход к анализу баланса мощностей в произвольно рассматриваемый момент времени предложен в работе [15]. При этом элементарный цикл преобразования представляется в виде элементарного прямолинейного перемещения рабочей точки в некоторую, произвольную сторону от начальной точки. Устремление длинны элементарного перемещения в пределе к нулю, позволило авторам [15] перейти от анализа соотношений величин энергий к анализу соотношений между мощностями. При этом, ожидаемо были получены зависимости синусоидального вида механической мощности в зависимости от угла наклона β элементарного перемещения рабочей точки ($L_{дин} = tg(\beta)$).

На основании описанных построений, в целях выявления взаимосвязи между КПД, противо-ЭДС и механической работой производимой ВРЭД, на данном этапе анализа процесса электромеханического преобразования энергии, необходимо рассмотреть решение следующих задач:

1. Разработать модель баланса мощности на основании анализа скоростей изменения местоположения рабочей точки (а не пути ее перемещения, как в приведенных работах), что должно иметь цель построения зависимостей магнитной и механической мощностей в виде зависимостей от дифференциально малых приращений тока и потокосцепления, то есть:

$$\begin{cases} P_{маг} = f\left(i, \quad di, \quad \psi, \quad d\psi\right); \\ P_{мех} = f\left(i, \quad di, \quad \psi, \quad d\psi\right). \end{cases} \tag{3}$$

Это возможно при переходе от геометрических методов анализа к математическому аппарату векторного анализа в отношении скалярной функции магнитной энергии в координатах "ток - потокосцепление";

2. Перейти в анализе процессов электромеханического преобразования от координат "ток - потокосцепление" к координатам "напряжение - ток", то есть к анализу вольт-амперной характеристики электромеханического преобразователя энергии. Основой данной задачи обосновывается возможностью построения зависимости мощностей (3) от приращения потокосцепления, которое, отнесенное к приращению времени, задает некоторые величины напряжений, индуцируемых на обмотке ВРЭД;

3. Включение в анализ циклов электромеханического преобразования напряжения питания ВРЭД, так как, например, идеализированные циклы, представленные на рис. 1 не могут быть реализованы при неизменном напряжении питания, что вносит значительные особенности в процесс электромеханического преобразования энергии. Также в точке излома цикла, напряжение индуцируемое на обмотке возбуждения магнитного поля ВРЭД имеет излом первого рода, что также вносит некоторые допущения в анализ процесса электромеханического преобразования энергии.

Для достижения первой цели обоснована возможность следующих представлений [21, 22]:

- магнитной мощности в виде производной по времени $dW_{маг.}/dt$ от величины магнитной энергии в системе $W_{маг.}$, вычисленной через производную по направлению статической характеристики намагничивания $\bar{r}_{маг.}$ в координатах "ток-потокосцепление" (рис. 2):

$$\frac{dW_{маг.}}{dt} = \left(\frac{d\bar{r}_{маг.}}{dt} \cdot \nabla \right) \cdot W_{маг.} \Big|_{\frac{dW_{мех.кин.}}{dt}=0}, \qquad (4)$$

где $\nabla = \frac{\partial}{\partial i} \cdot \bar{i}_0 + \frac{\partial}{\partial \psi} \cdot \bar{\psi}_0$ – оператор Гамильтона в координатах "ток - потокосцепление"; $\bar{i}_0$, $\bar{\psi}_0$ – единичные вектора направлений осей тока и потокосцепления, соответственно;

- механической мощности в виде производной по времени $dW_{мех.кин.}/dt$ от величины механической энергии в системе $W_{мех.кин.}$, вычисленной через производную по линии неизменности (уровня $W_{маг.} = const$, рис. 2) градиента магнитной энергии $\bar{r}_{мех.}$ в координатах "ток-потокосцепление" (рис. 2):

$$\frac{dW_{мех.кин.}}{dt} = \left(\frac{d\bar{r}_{мех.}}{dt} \cdot \nabla \right) \cdot W_{мех.кин.} \Big|_{\frac{dW_{маг.}}{dt}=0}. \qquad (5)$$

Соответственно, магнитной мощности (4) будет соответствовать некоторая величина "магнитной" противо-ЭДС $d\psi_{маг.}/dt$, при этом, в данном случае $d\psi_{маг.}$ – проекция "магнитной" составляющей $d\bar{r}_{маг.}/dt$ – скорости рабочей точки $A_{(i,\ \psi)}$ на плоскости "потокосцепление - ток" (рис. 2), координатами которой являются мгновенные значения тока i и потокосцепления ψ, на вертикальную ось ординат $(0-\psi)$.

Аналогично, развиваемой механической мощности будет соответствовать "механическая противо-ЭДС" $d\psi_{мех.}/dt$, при этом $d\psi_{мех.}$ – проекция "механической" составляющей $d\bar{r}_{мех.}/dt$ – скорости рабочей точки $A_{(i,\ \psi)}$ на плоскости "ток - потокосцепление" (рис. 2).

Таким образом, в реактивном преобразователе ключевым фактором анализа процессов электромеханического преобразования является угол наклона θ (рис. 2) касательной к линии уровня магнитной энергии $W_{маг} = const$, который, в свою очередь определяет мгновенную величину собственной индуктивности рассматриваемого контура:

$$L = tg(\theta). \qquad (6)$$

Данный угол наклона характеризует направление "механической" составляющей скорости движения рабочей точки $A_{(i,\ \psi)}$. Направление "магнитной" составляющей скорости движения рабочей точки $A_{(i,\ \psi)}$ определяется углом наклона β статической характеристики намагничивания с

учетом ее нелинейности вследствие насыщения магнитной системы преобразователя. В условиях линейных свойств магнитной системы (отсутствия насыщения) угол наклона статической характеристик намагничивания $\beta = \theta$ (рис. 2).

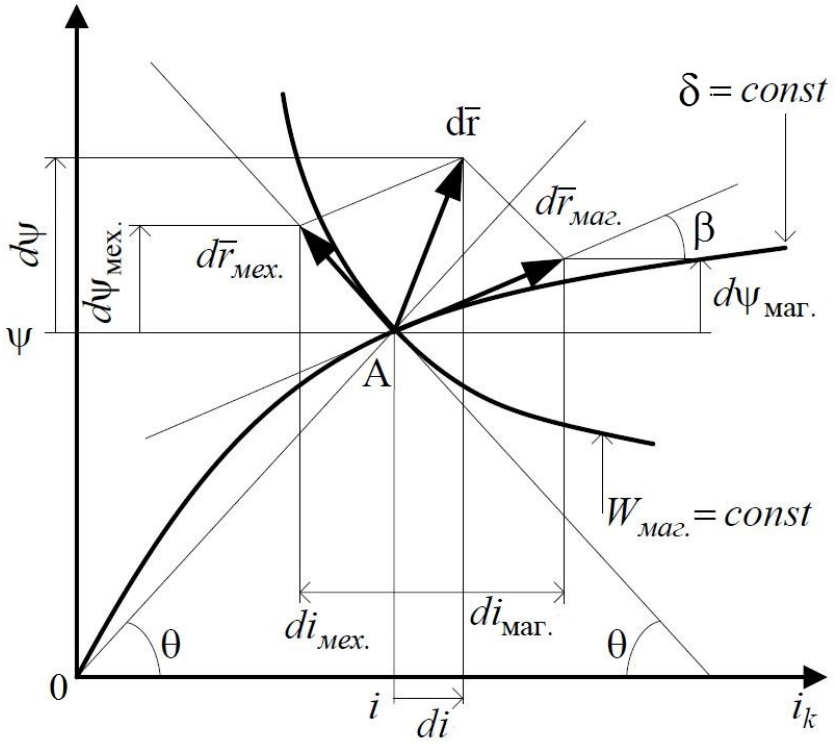


Рисунок 2 - Разделение вектора скорости перемещения рабочей точки А реактивного электромеханического преобразователя энергии в координатах "потокосцепление - ток" на магнитную и механическую составляющие

Для решения второго поставленного вопроса рассмотрим вопрос построения вольт-амперной характеристики рассматриваемого типа ВРЭД.

В процессе электромеханического преобразования, электрическая энергия преобразуется в три основные формы:

1. в тепловую энергию, выделяющуюся на активном сопротивлении обмотки возбуждения двигателя с мощностью P_R. Вольт-амперная характеристика активного сопротивления обмотки возбуждения магнитного поля преобразователя – являющаяся прямой линией согласно закону Ома (рис. 3);

2. в энергию магнитного поля с мощностью $P_{маг.}$. Данному уравнению соответствует вольт-амперная зависимость мгновенных значений "магнитной" противо-ЭДС от величины потребляемого тока. Данная зависимость неоднозначна, зависит от режима работа преобразователя, и в общем случае, может быть представлена параметрической зависимостью

$$\begin{cases} i = f_1(t), \\ \dfrac{d\psi_{маг.}}{dt} = f_2(t). \end{cases} \tag{7}$$

3. в механическую энергию с механической мощностью $P_{мех}$, которой соответствует вольт-амперная характеристика структурного элемента ЛЭМД - накопителя механической энергии. Его вольт-амперная характеристика может быть определена параметрической зависимостью тока и "механической" противо-ЭДС:

$$\begin{cases} i = f_1(t), \\ \dfrac{d\psi_{мех.}}{dt} = f_3(t). \end{cases} \tag{8}$$

Соотношения (7, 8) проиллюстрированы на рис. 3. Напряжение питания $u_{пит.}$ распределяется на соответствующие противо-ЭДС и падение напряжения на активном сопротивлении. При этом, возникновение механической мощности можно рассматривать как внесение в схему дополнительного активного сопротивления $R_{мех.}$.

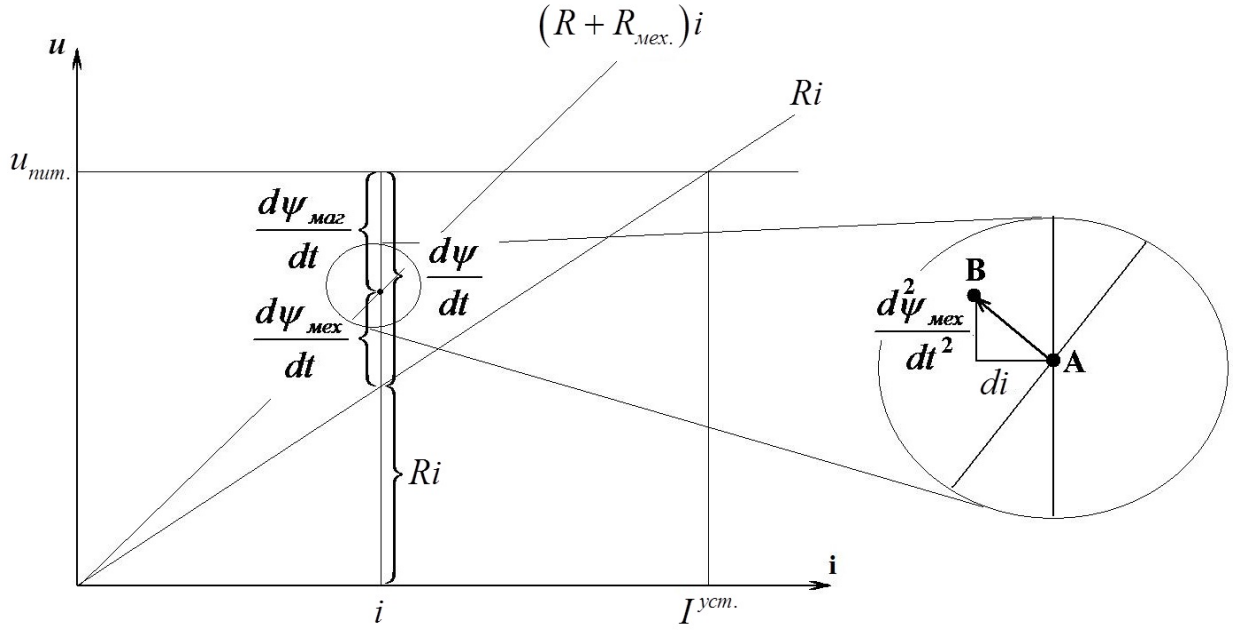


Рисунок 3 - Вольт-амперная характеристика процесса электромеханического преобразования энергии

Мощность, идущая на выделение тепловой энергии, может иметь только положительное значение (энергия рассеивается). Потоки мощности направленные на магнитную и механическую составляющие могут носить

различные соотношения между собой и знаки в зависимости от режима работы преобразователя в качестве двигателя или генератора.

Анализ режимов работы линейных электромагнитных двигателей, в настоящее время, у большинства авторов рассматривается в координатах $\psi = f(i)$. При этом не принимаются в учет процесс, связанный с выделением энергии на активном сопротивлении двигателя. Из построение на рис. 3 видно, что режим работы ВРЭД можно изобразить на его вольтамперной характеристике в виде соотношения между приращением тока di и величиной второй производной от потокосцепления $d^2\psi_{мех.}/dt^2$, которые определят перемещение рабочей точки из местоположения **А** в **Б**.

В процессе электромеханического преобразования, рабочая точка **А** описывает некоторую траекторию на плоскости рис. 5.18. Каждой точке на плоскости рис. 3 соответствует некоторым величинам потребляемой преобразователем электрической, механической $P_{мех} = f(u_{пит.}, \quad i)$ и магнитной $P_{маг} = f(u_{пит.}, \quad i)$ мощностей.

Моделирование рабочих процессов в ВРЭД электромагнитного, реактивного типа с линейным перемещением якоря позволило построить его частную вольт-амперную характеристику, представленную на рис. 4. Питание преобразователя осуществлялось постоянным напряжением 50 В. Моделирование проводилось с момента подачи напряжения на обмотку двигателя, до момента выбора якорем всего рабочего зазора.

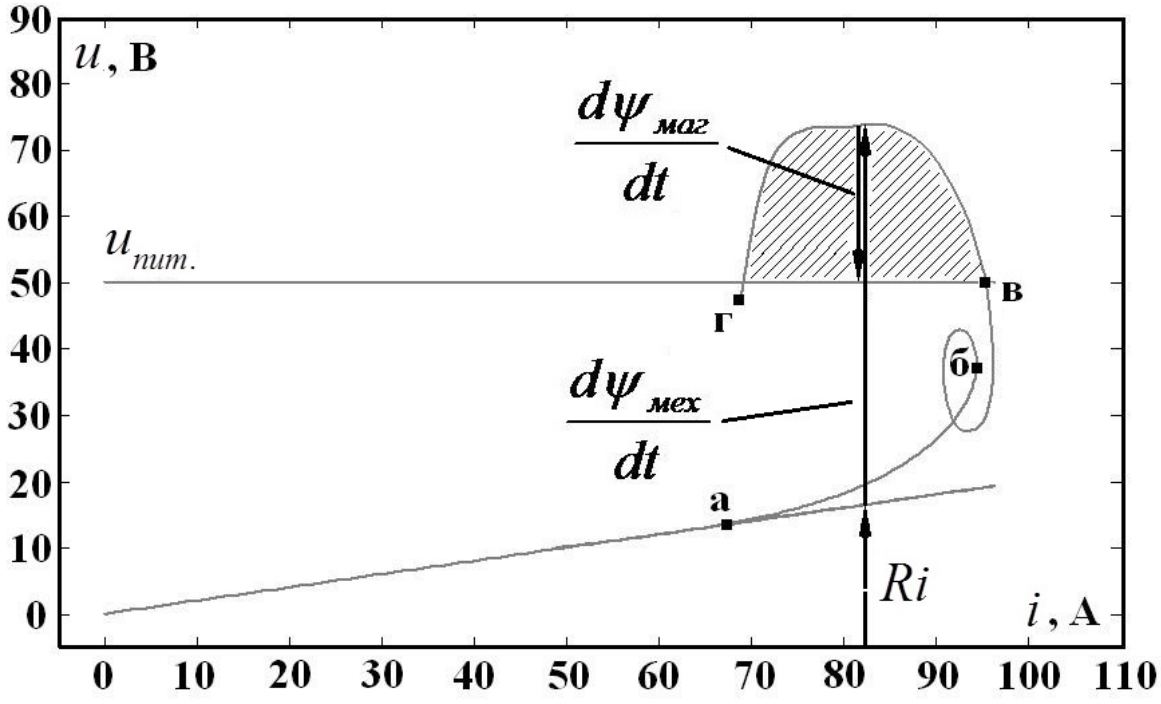


Рисунок 4. Вольт-амперная характеристика электромеханического преобразователя энергии реактивного типа

Переходная характеристика движения рабочей точки по плоскости рис. 4 формируется исходя из закона сохранения энергии. При этом величина тока стремится к установившемуся значению, чему сопутствует два фактора:

1. стремление к максимуму величины механической противо-ЭДС. Механическая противо-ЭДС является основополагающей в формировании движения рабочей точки в вертикальном направлении;

2. стремление к минимуму величины магнитной противо-ЭДС. Магнитная противо-ЭДС является основополагающей в формировании движения рабочей точки в горизонтальном направлении, так как потокосцепление пропорционально току (коэффициентом пропорциональности является индуктивность L) который стремится к установившемуся значению.

Петлеобразную форму вольт-амперной характеристики (рис. 4) можно объяснить одновременным действием следующих условий:

1. уменьшение "магнитной" противо-ЭДС связано с увеличением тока и наоборот. При этом преобразователь стремится к накоплению максимальной величины магнитной энергии, которая, в свою очередь, пропорциональна квадрату потребляемого тока, в свою очередь стремящемуся (увеличивающемуся) к установившемуся значению;

2. увеличение "механической" противо-ЭДС приводит к уменьшению тока, в связи с действием "механической" противо-ЭДС, снижающей значение тока пропорционально скорости движения якоря преобразователя.

При относительно малых значениях тока, "магнитная" противо-ЭДС преобладает над «механической» что приводит к движению рабочей точки в сторону увеличения тока. При достаточном разгоне якоря преобразователя (когда «механическая» противо-ЭДС начинает преобладать над «магнитной») рабочая точка начинает движение в сторону уменьшения тока.

Разделение процесса электромеханического преобразования энергии на три основных стадии наглядно представлено на рис. 5, на котором приведено семейство вольт-амперных характеристик преобразователя, полученное при изменении уровня напряжения питания, последовательно от 30 до 80 В. Из рис. 5 видно, что петлеобразная форма вольт-амперной характеристики наблюдается при напряжении питания от 40 до 70 В. В этом промежутке величины «механической» и «магнитной» противо-ЭДС примерно одинаковы, а значит и мощности преобразования энергии в магнитную и в механическую формы примерно равны. В то же время, при напряжении питания ниже 40 В преобладает «механическая» составляющая противо-ЭДС, что приводит к значительному снижению тока к концу цикла преобразования (когда якорь полностью выбирает собственный рабочих ход). При напряжении питания свыше 70 В наблюдается преобладание «магнитной» противо-ЭДС, что говорит о том, что преобразование характеризовалось в основном накоплением магнитной энергии, сопровождающимся относительно большим увеличением тока.

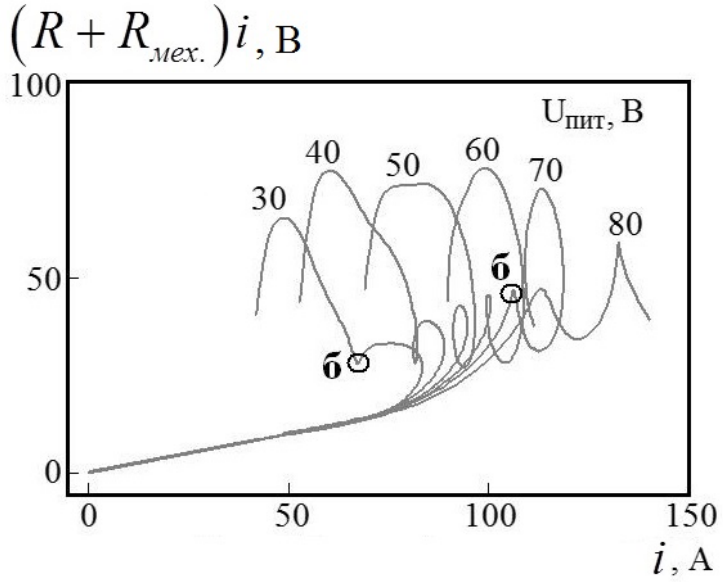


Рисунок 5 Семейство вольт-амперных характеристик процесса электромеханического преобразования энергии в реактивном ВРЭД

Таким образом, выделение "механической" составляющей противо-ЭДС, индуцируемой на обмотке ВРЭД, позволяет определить величину механической работы, произведённой электродвигателем за цикл срабатывания путем интегрирования величины механической мощности (5) за время цикла. На рис. 6 показано изменение величин энергий, преобразованных ВРЭД (механической $W_{мех}$, тепловой $W_{тепл}$ и остаточной магнитной энергии $W_{маг.ост}$) при питании от источника различного уровня напряжения. Данные зависимости показывают известное противоречие в электромеханических системах, согласно которому максимальная величина КПД не соответствует максимальной механической работе.

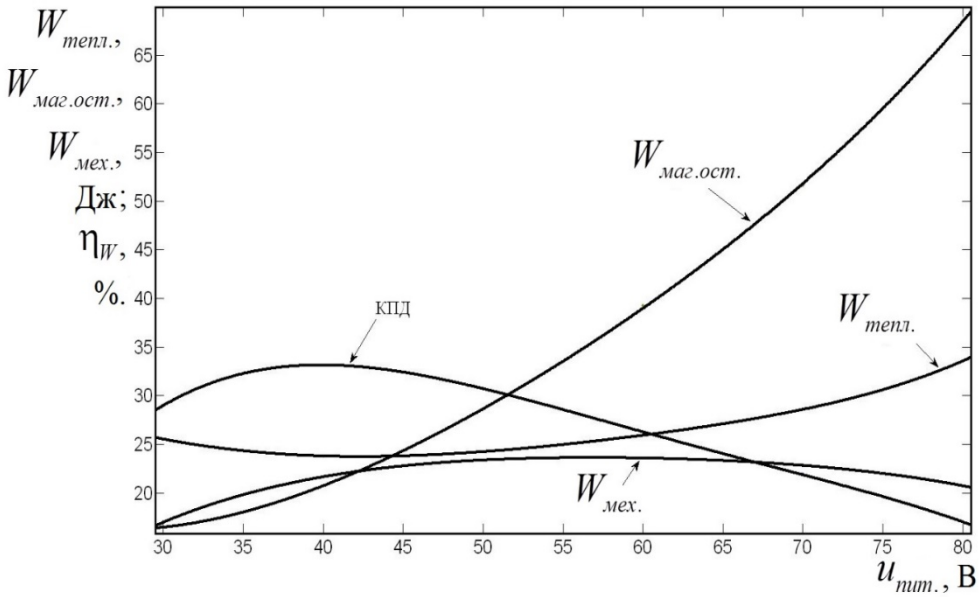


Рисунок 6 Изменение энергетических показателей работы ВРЭД в зависимости от напряжения питания

Заключение. Показана влияние на величину КПД и механической работы, совершаемой ВРЭД величины противо-ЭДС, индуцируемой на обмотке возбуждения магнитного поля, в составе которой выделена "механическая" составляющая.

Список источников

1. Угаров, Г.Г. Разработка, создание и концепция развития силовых электромагнитных импульсных систем / Г.Г. Угаров, В.И. Мошкин // Вопросы электротехнологии. 2020. № 3. С. 38 – 45.
2. Никитенко, А. Г. Электромагнитные механизмы. Анализ и синтез / А. Г. Никитенко. – М. : Высш. шк., 1998. – 330 с.
3. Нейман, В.Ю. Интегрированные линейные электромагнитные двигатели для импульсных технологий // Электротехника. 2003. № 9. С. 25–30.
4. Угаров, Г.Г., Нейман В.Ю. Тенденции развития и применения ручных ударных машин с электромеханическим преобразованием энергии // Известия вузов. Электромеханика. 2002. № 2. С. 37–43.
5. Казаченко, В.Ф. Новое направление в электроприводе – мощный многосекционный вентильно-индукторный электропривод с векторным управлением / В.Ф. Казаченко, В.Н. Остриров, А.М. Русакаков, А.В. Дроздов // Электронные компоненты. 2006. № 11. С. 30-35.
6. Вигриянов, П. Г. Общая методика исследования электромагнитных процессов вентильного двигателя с изменяемой структурой электромеханического преобразователя коммутации / П. Г. Вигриянов // Электричество. – 2012. – № 8. – С. 44 – 51.
7. Птах, Г.К. Вентильно-индукторный реактивный электропривод средней и большой мощности: зарубежный и отечественный опыт / Г.К. Птах // Электротехника: сетевой электронный научный журнал. – 2015. – Т. 2, № 3. – С. 23–33. DOI: 10.24892/rijee/20150305
8. Епифанов, О.К. Современный ряд высокомоментных двигателей для безредукторных следящих систем: результаты разработки и производства / О.К. Епифанов // Электротехника. – 2005. – № 2. – С. 36–48.
9. Голландцев, Ю.А. Сравнение механических характеристик асинхронных и вентильных индукторно-реактивных электродвигателей // Информационно-управляющие системы. – 2006. – № 6. – С. 50–53.
10. Бычков, М.Г. Элементы теории вентильно-индукторного электропривода // Электричество. – 1997. – № 8. – С. 35–44.
11. Кузнецов, В.А., Кузмичев В.А. Вентильно-индукторные двигатели. – М.: Издво МЭИ, 2003. – 70 с.
12. Вигриянов, П.Г. Основные алгоритмы расчета электромагнитных процессов многофазных вентильных двигателей малой мощности с изменяемой структурой электромеханического преобразователя / П.Г. Вигриянов // Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ. 2019. № 6. С. 7-16.
13. Угаров, Г.Г. Принципы повышения удельных силовых и энергетических показателей импульсных линейных электромагнитных двигателей / Г.Г. Угаров // Импульсные линейные электромагнитные двигатели. – Новосибирск: ИГД СО АН СССР, 1991. – С. 43-50.

14. Мошкин, В.И. Влияние режимных и конструктивных параметров линейных электромагнитных двигателей на эффективность электромеханического преобразования энергии / В.И. Мошкин, Г.Г. Угаров // Вестник СГТУ. 2012. № 2. С 125-130.

15. Массад, А. Электромеханическое преобразование энергии в ЛЭМД / А. Массад, Г. Г. Угаров, И. М. Хусаинов. – Текст : непосредственный // Новые технологии на железнодорожном транспорте и в образовании. – Саратов : Издательство СГТУ имени Гагарина Ю.А., 2001. – С. 128–132.

16. Мошкин, В. И. Повышение удельных силовых показателей импульсных линейных электромагнитных двигателей с комбинированным якорем и двумя рабочими зазорами / В. И. Мошкин, Г. Г. Угаров. – Текст : непосредственный // В книге: Импульсные линейные электрические машины. – Новосибирск : Издательство ИГД СО РАН, 1991. – С. 50–56.

17. Ряшенцев, Н. П. Электромагнитные прессы / Н. П. Ряшенцев, Г. Г. Угаров, А. В. Львицин. – Новосибирск : Наука, 1978. – 210 с. : ил. – Текст : непосредственный.

18. Угаров, Г. Г. Импульсные линейные электромагнитные двигатели с повышенными силовыми и энергетическими показателями : специальность 05.09.01. "электромеханика и электрические аппараты" : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Угаров Геннадий Григорьевич ; Уральский ордена трудового красного знамени политехнический институт им. С. М. Кирова. – Новосибирск, 1993. - 492 с.

19. Угаров, Г. Г. Энергетические показатели линейного электромагнитного двигателя в режиме энергопреобразования при постоянном потокосцеплении / Г. Г. Угаров, К. М. Усанов, А. В. Волгин, В. А. Каргин. – Текст : непосредственный // Проблемы электротехники, электроэнергетики и электротехнологии: Труды всероссийской научно-технической конференции. – Тольятти : ТГУ, 2004. – С. 27–30.

20. Угаров, Г. Г. Рабочий цикл электромагнитной ударной машины с аккумулированием магнитной энергии в период холостого хода / Г. Г. Угаров, К. М. Усанов, В. Ю. Нейман. – Текст : непосредственный // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 1997. – № 3 . – С. 76–80.

21. Вырыханов, Д. А. Анализ взаимосвязей электрических контуров в обобщенном электромеханическом преобразователе энергии / Д. А. Вырыханов, Г. Г. Угаров. // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2015. – № 3. С.33–37.

22. Вырыханов, Д. А. Определение механического момента, развиваемого электрической машиной с нелинейной магнитной цепью / Д.А. Вырыханов, Г.Г. Угаров. // Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ. – 2023. № 3 (194). – С. 11–16.

© Вырыханов Д.А. 2023

Научная статья
УДК 621.314

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ВЫПРЯМИТЕЛЬНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Антон Сергеевич Горбунов[1], Руслан Динарович Каримов[2], Артур Талгатович Ахметшин[3], Артем Русланович Галиев[4]
[1, 3]Башкирский государственный аграрный университет, г. Уфа, Россия
[2, 4]Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия
[1]freizer-anton@yandex.ru ORCID: 0000-0002-5047-666X
[2]ruslan-k88@yandex.ru ORCID: 0000-0002-7379-7909
[3]artur-2506@mail.ru ORCID: 0000-0003-1610-3349
[4]artemfelps@gmail.com ORCID: 0009-0004-5738-0785

Аннотация. В статье произведено моделирование работы высоковольтного трансформатора, работающего на выпрямительную нелинейную нагрузку, при его питании трансформатора от сети через тиристорный регулятор. Нагрузка выпрямителя была представлена в виде нелинейного активного сопротивления и параллельно соединенной емкости. Определено влияние коэффициента трансформации трансформатора и угла управления регулятора на показатели работы выпрямителя и возникновение полуволнового эффекта при работе установки.
Ключевые слова: трансформатор, выпрямитель, трансформаторно-выпрямительное устройство, электрофильтр, тиристорный регулятор, полуволновой эффект
Для цитирования: Горбунов А.С. Исследование работы высоковольтного выпрямительного трансформатора / А.С. Горбунов, Р.Д. Каримов, А.Т. Ахметшин, А.Р. Галиев // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-технической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

STUDY OF THE OPERATION OF A HIGH-VOLTAGE RECTIFIER TRANSFORMER

Anton Sergeevich Gorbunov[1], Ruslan Dinarovich Karimov[2], Artur Talgatovich Akhmetshin[3], Artem Ruslanovich Galiev[4]
[1, 3]Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia
[2, 4]Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia
[1]freizer-anton@yandex.ru ORCID: 0000-0002-5047-666X
[2]ruslan-k88@yandex.ru ORCID: 0000-0002-7379-7909
[3]artur-2506@mail.ru ORCID: 0000-0003-1610-3349

[4]artemfelps@gmail.com ORCID: 0009-0004-5738-0785

Annotation. The article simulates the operation of a high-voltage transformer operating on a rectifying nonlinear load when the transformer is powered from the network through a thyristor regulator. The rectifier load was represented as a nonlinear active resistance and a parallel-connected capacitance. The influence of the transformation ratio of the transformer and the firing angle of the regulator on the performance of the rectifier and the occurrence of the half-wave effect during operation of the installation was determined.
Keywords: transformer, rectifier, transformer-rectifier unit, electrostatic precipitator, thyristor regulator, half-wave effect
For citation: Gorbunov A.S. Study of the operation of a high-voltage rectifier transformer / A.S. Gorbunov, R.D. Karimov, A.T. Akhmetshin, A.R. Galiev // Improving the efficient operation of electrical equipment in agriculture: materials of the International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko / Ed. S.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Современная промышленная деятельность человека привела к возникновению значительного объема промышленных выбросов в окружающую среду, что при возрастающих требованиях нормативных документов по ограничению объема таких выбросов обуславливает актуальность разработки и совершенствования современных устройств для очистки промышленных выбросов. Кроме того, предприятиями по производству электронной, оптической, прецизионной механической и др. техники предъявляются высокие требования к чистоте воздуха, подаваемого приточной вентиляцией в рабочие помещения [1, 2].

Одним из наиболее перспективных методов очистки выбрасываемого в окружающую среду или забираемого из нее воздуха является применение электрофильтров (ЭФ), принцип действия которых основан на ионизации воздуха с помощью коронного разряда в области электрода (в основном отрицательной полярности) с дальнейшим перемещением зарядов к электроду с противоположным знаком заряда, в ходе которого в результате столкновения перемещающихся зарядов с частицами газа, подвергаемого очистке, происходит оседание зарядов на этих частицах. В результате эти частицы под действием сил электрического поля также перемещаются в область электрода с противоположной полярностью, где они оседают и в дальнейшем производится их удаление.

Материалы и методы. Процесс ионизации воздуха возникает при применении постоянного электрического напряжения большой величины от высоковольтного источника питания [2], от эффективности которого зависит качество и эффективность работы ЭФ. На рис. 1 показана структурная схема такого источника питания, использующего высоковольтный выпрямительный однофазный трансформатор, питаемый от тиристорного регулятора, состоящего из двух встречно-параллельно соединенных тиристоров. В качестве нагрузки

трансформатора используется мостовой однофазный выпрямитель и ЭФ, который в расчетах может быть представлен электрической схемой в виде параллельно соединенной активно-емкостной цепи с нелинейным активным сопротивлением [1].

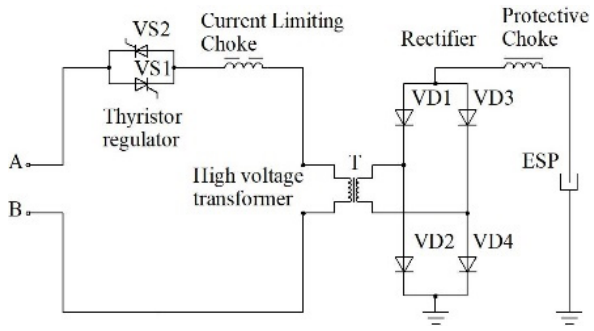


Рисунок. 1. Структурная схема источника питания ЭФ

Эффективность работы ЭФ во много зависит от параметров высоковольтного выпрямительного трансформатора. В данной статье будет произведен анализ влияния параметров трансформатора и тиристорного регулятора на выходные показатели источника питания. Анализ будет проводиться на базе агрегата питания АПТД-1000 (рис. 2) [3].

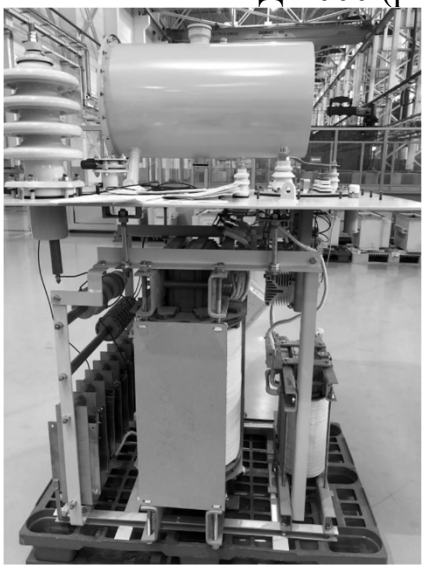
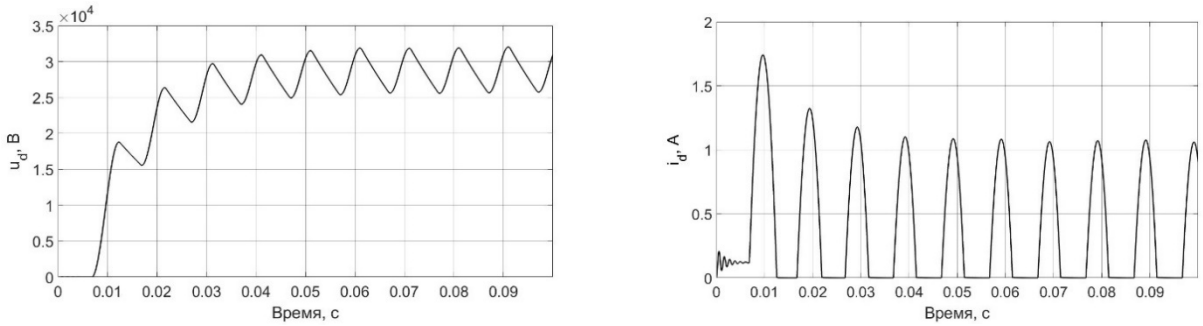


Рисунок 2. Агрегат питания АПТД-1000

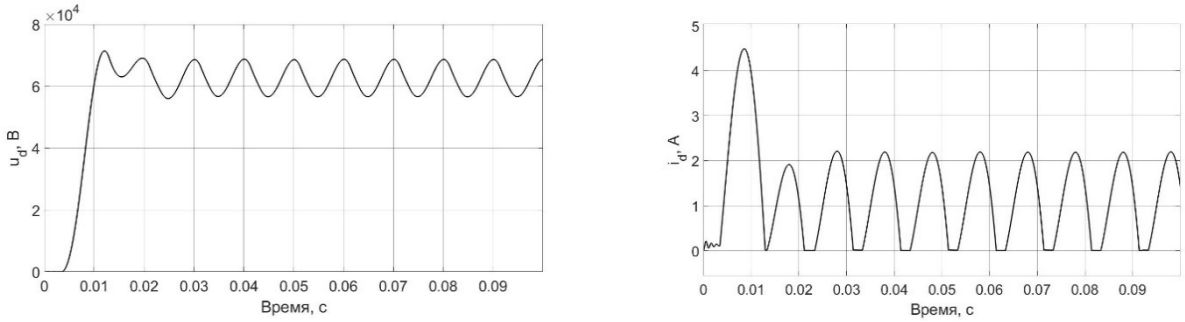
В показанной схеме подключения высоковольтного трансформатора имеется возможность переключать его коэффициент трансформации, а также угол управления тиристорного регулятора с регулированием выпрямленного напряжения в диапазоне 50–70 кВ и выпрямленного тока в диапазоне 700–1000 мА [4]. Предельные режимы по углам управления ограничены с одной стороны, минимальным напряжением питания ЭФ, при котором сохраняется его эффективность и работоспособность (максимальный угол управления), а с другой стороны – возникновением «полуволнового эффекта» (минимальный угол управления) [2].

Результаты исследования. На рис. 3 показаны осциллограммы выпрямленного тока и выпрямленного напряжения при угле управления 120° и минимальном коэффициенте трансформации. Величина напряжения составила 28,8 кВ, тока – 333 мА. На рис. 4 приведены аналогичные осциллограммы для угла управления 60°. На рис. 5 приведены графики зависимости средних значений выпрямленного напряжения от угла управления регулятора источника питания агрегата АПТД-1000 для случая минимального (нижняя кривая, первичная обмотка включена на максимальное число витков) и максимального (верхняя кривая, первичная обмотка включена на минимальное число витков) коэффициента трансформации.



а б

Рисунок 3. Осциллограммы при угле управления 120°: а – выпрямленное напряжение; б – выпрямленный ток



а б

Рисунок 4. Осциллограммы при угле управления 60°: а – выпрямленное напряжение; б – выпрямленный ток

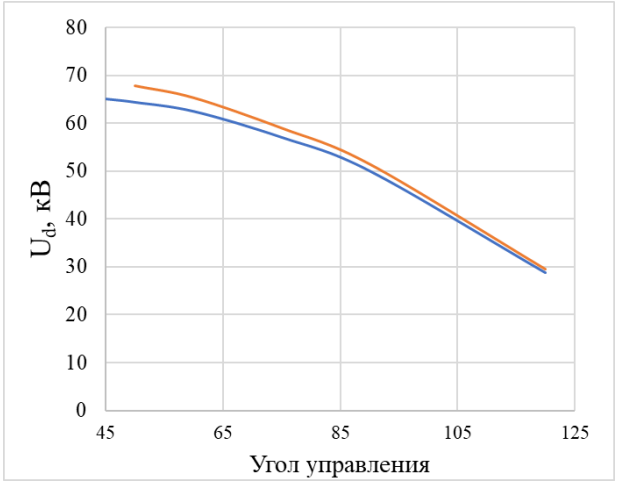


Рисунок 5. Регулировочные характеристики выпрямителя

Заключение. Минимальное значение угла управления, при котором сохранялась работоспособность системы, составило 45° (при минимальном коэффициенте трансформации). Как видно, регулирование величины угла управления тиристорным регулятором позволяет эффективно изменять выпрямленное напряжение в сторону уменьшения (при росте угла управления). При максимальном коэффициенте трансформации минимально возможный угол управления по условию недопущения «полуволнового эффекта» составил 50°.

Работа выполнена за счет средств грантов для государственной поддержки молодых ученых Республики Башкортостан (НОЦ-ГМУ-2022, НОЦ-ГМУ-2023).

Список источников

1. Roginskaya L. [et al.] Investigation of the High-Voltage Converter for Powering Electrostatic Precipitators // E3S Web of Conferences 446, 02008 (2023).

2. Серебряков, А.С. Осокин В.Л. Полупроводниковые источники питания аппаратов электронно-ионной технологии: монография. Княгинино: НГИЭУ, 2015. 216 с.

3. Рогинская Л.Э. [и др.] Особенности конструкции высоковольтного трансформатора для фильтров очистки воздуха // Актуальные проблемы электроэнергетики. Сборник научно-технических статей конференции. Нижний Новгород, 2021. С. 26-32.

4. Каталог продукции. Раменский электротехнический завод Энергия [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://e-nova.ru/f/katalog_produkcii_retz_energiya.pdf (дата обращения 25.12.2023).

© Горбунов А.С., Каримов Р.Д., Ахметшин А.Т., Галиев А.Р., 2023

Научная статья
УДК 621.314.6

СРАВНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ 12- И 18-ПУЛЬСНЫХ КОЛЬЦЕВЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ

Антон Сергеевич Горбунов[1], Руслан Динарович Каримов[2], Артур Талгатович Ахметшин[3], Антон Юрьевич Клименко[4]
[1, 3]Башкирский государственный аграрный университет, г. Уфа, Россия
[2, 4]Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия
[1]freizer-anton@yandex.ru ORCID: 0000-0002-5047-666X
[2]ruslan-k88@yandex.ru ORCID: 0000-0002-7379-7909
[3]artur-2506@mail.ru ORCID: 0000-0003-1610-3349
[4]carlos9631432348@gmail.com ORCID: 0009-0002-7380-8089

Аннотация. В статье произведено сравнение показателей работы многопульсных выпрямителей, выполненных на базе 12- и 18-пульсных кольцевых схем. На основе проведенного имитационного моделирования в программе *Matlab* получены осциллограммы прямых токов и обратных напряжений на вентилях, определены средние значения прямых токов и максимальные значения обратных напряжений для двух вариантов схем выпрямителей.
Ключевые слова: трансформатор, выпрямитель, кольцевая схема выпрямления, постоянный ток, диод, обратное напряжение
Для цитирования: Горбунов А.С. Сравнение показателей работы 12- и 18-пульсных кольцевых выпрямителей / А.С. Горбунов, Р.Д. Каримов, А.Т. Ахметшин, А.Ю. Клименко // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-технической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

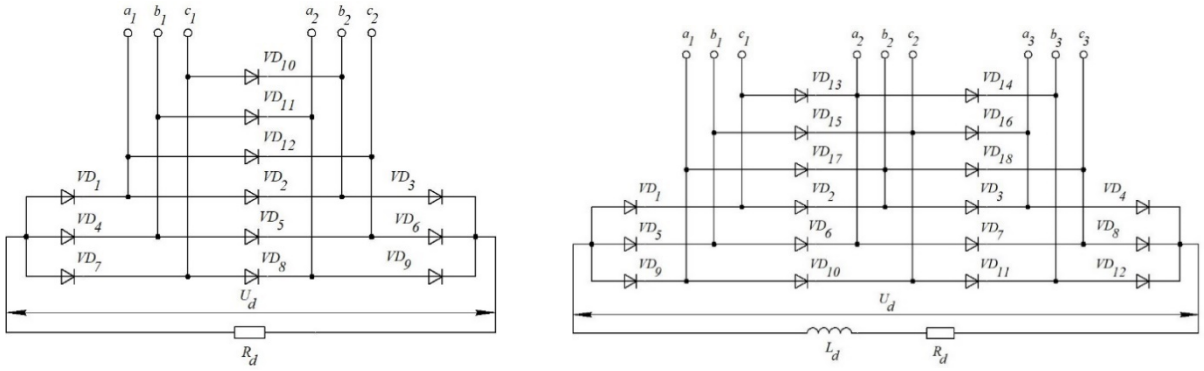
COMPARISON OF PERFORMANCE INDICATORS OF 12- AND 18-PULSE RING RECTIFIERS

Anton Sergeevich Gorbunov[1], Ruslan Dinarovich Karimov[2], Artur Talgatovich Akhmetshin[3], Anton Yurievich Klimenko[4]
[1, 3]Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia
[2, 4]Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia
[1]freizer-anton@yandex.ru ORCID: 0000-0002-5047-666X
[2]ruslan-k88@yandex.ru ORCID: 0000-0002-7379-7909
[3]artur-2506@mail.ru ORCID: 0000-0003-1610-3349
[4]carlos9631432348@gmail.com ORCID: 0009-0002-7380-8089

Annotation. The article compares the performance of multi-pulse rectifiers made on the basis of 12- and 18-pulse ring circuits. Based on the simulation carried out in the Matlab program, oscillograms of forward currents and reverse voltages on the valves were obtained, the average values of forward currents and the maximum values of reverse voltages were determined for two variants of rectifier circuits.
Keywords: transformer, rectifier, ring rectification circuit, direct current, diode, reverse voltage
For citation: Gorbunov A.S. Comparison of performance indicators of 12- and 18-pulse ring rectifiers / A.S. Gorbunov, R.D. Karimov, A.T. Akhmetshin, A.Yu. Klimenko // Improving the efficient operation of electrical equipment in agriculture: materials of the International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko / Ed. S.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. В настоящее время для улучшения показателей качества работы источников питания постоянного тока на базе трансформаторно-

выпрямительных устройств в литературе предлагаются новые более эффективные схемы выпрямителей, одними из которых являются кольцевые схемы, обладающие перед широко используемыми мостовыми схемами преимуществами в виде меньших величин токов части вентилей, меньших потерь в вентилях, возможности обеспечения более высокой надежности выпрямительных установок и т.д. [1]. На рис. 1 приведены варианты принципиальных схем многопульсных кольцевых выпрямителей на базе 12- и 18-пульсных схем. На основе таких схем могут быть построены устройства с более высоким показателем пульсности выпрямления.



а б

Рисунок 1. Принципиальные схемы кольцевых выпрямителей: а – 12-пульсная схема; б – 18-пульсная схема

Указанные преимущества обеспечивают расширяющееся применение таких схем, например, в области железнодорожного транспорта для модернизации систем тягового электроснабжения электроподвижных составов.

Материалы и методы. Выпрямители по рис. 1 могут питаться от тех же схем многофазных источников питания (трансформаторов и автотрансформаторов), которые используются с многомостовыми выпрямителями. Для сравнения показателей качества работы и процессов, происходящих в многопульсных кольцевых выпрямителях, было произведено моделирование трансформаторно-выпрямительных устройств с выпрямителями по рис. 1 в программном комплексе *Matlab*.

По показателям качества выходной и потребляемой электрической энергии, трансформаторно-выпрямительные устройства с кольцевыми схемами выпрямителей не отличаются от аналогичных вариантов (при той же пульсности выпрямления) с многомостовыми выпрямителями.

Результаты исследования. На рис. 2 показаны осциллограммы токов вентилей с номерами 15, 16, 9, 6, 7, 12. Величины средних значений токов этих вентилей составили: I_{15} = 1,85 А; I_{16} = 1,8 А; I_9 = 11 А; I_6 = 9,1 А; I_7 = 9,2 А; I_{12} = 11 А при токе нагрузки I_d = 32,9 А. На рис. 3 приведены осциллограммы обратных напряжений вентилей. Максимальные величины обратных напряжений вентилей 18-пульсного выпрямителя составили: U_{15} = 1081 В; U_{16} = 1081 В; U_9 = 574 В; U_6 = 1132 В; U_7 = 1132 В; U_{12} = 575 В при среднем значении выпрямленного напряжения U_d = 1645 В.

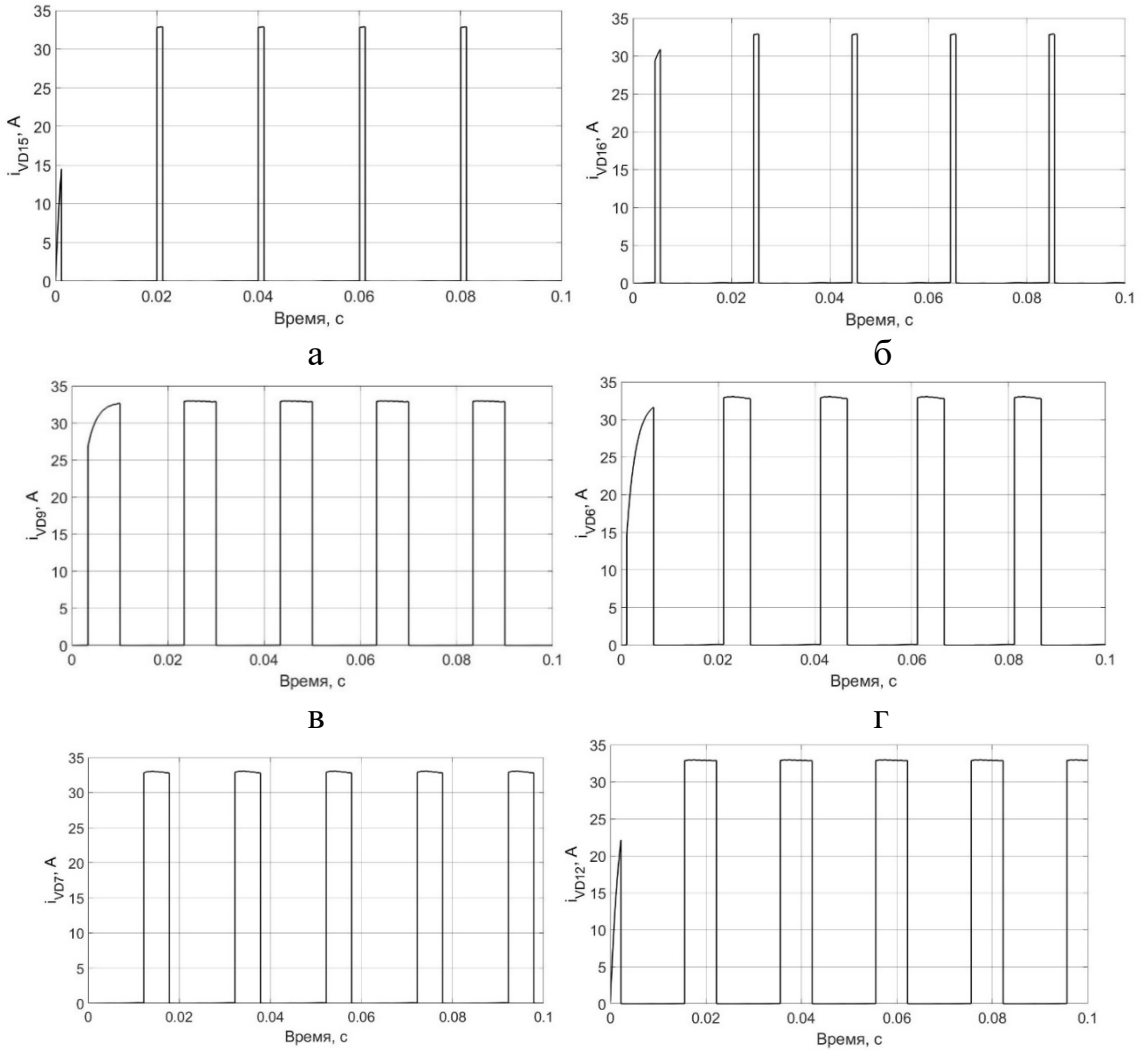


Рисунок 2. Осциллограммы токов 18-пульсного выпрямителя: а – ток диода 15; б – ток диода 16; в – ток диода 9; г – тог диода 6; д – ток диода 7; е – ток диода 12

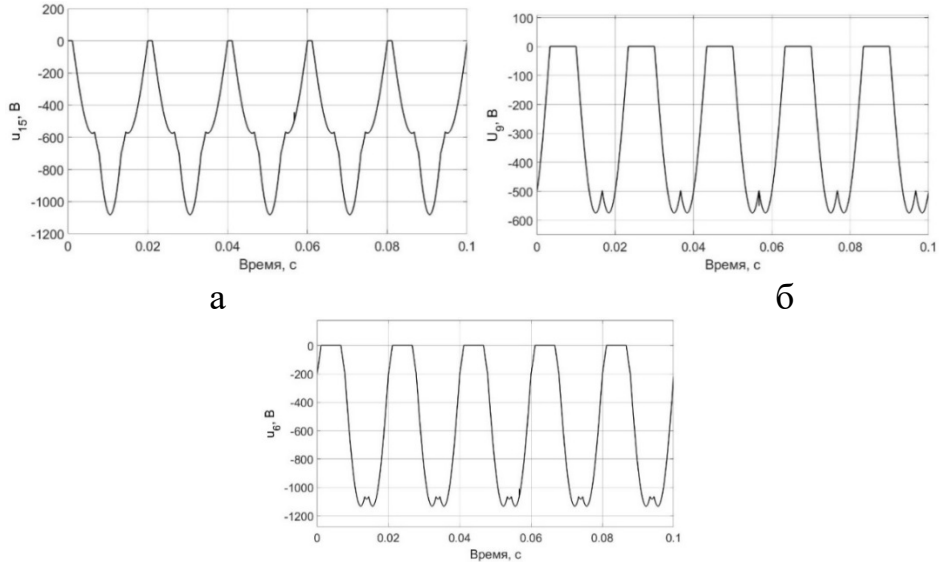


Рисунок 3. Осциллограммы обратных напряжений 18-пульсного выпрямителя: а – для диода 15; б – для диода 9; в – для диода 6

На рис. 4 показаны кривые обратных напряжений 12-пульсного кольцевого выпрямителя при U_d = 60,2 В.

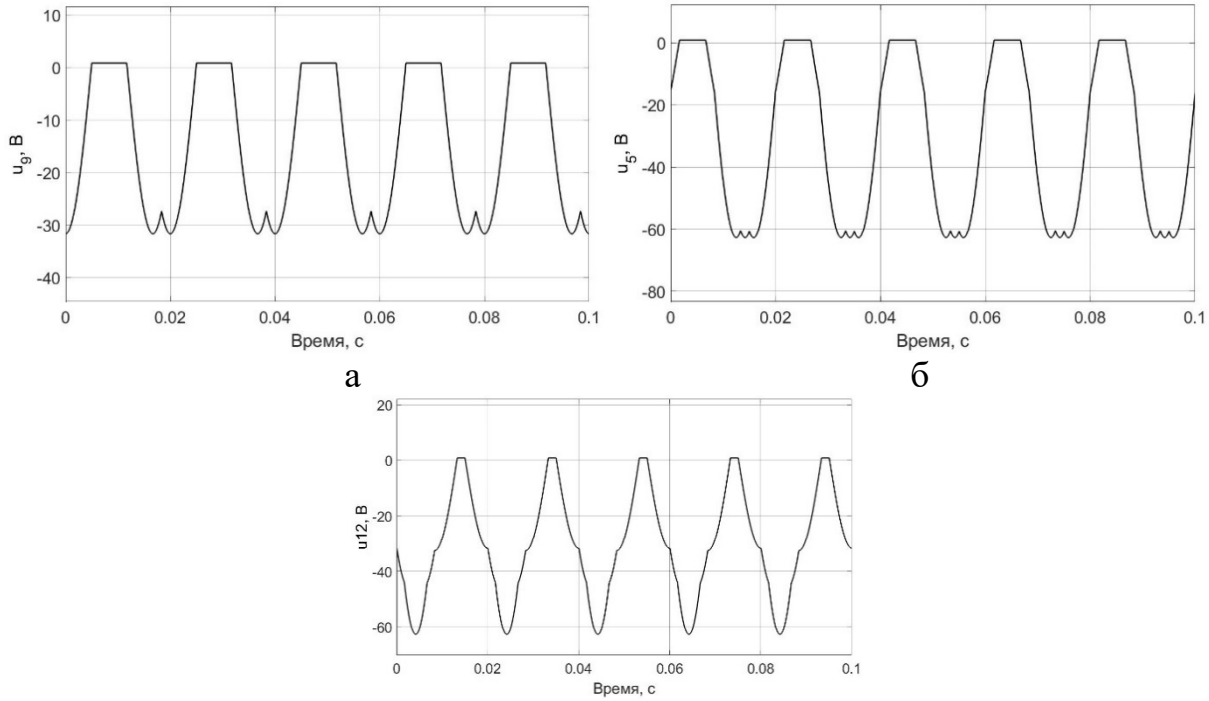


Рисунок 4. Осциллограммы обратных напряжений 12-пульсного выпрямителя: а – для диода 9; б – для диода 5; в – для диода 12

Заключение. По результатам моделирования 18-пульсного и 12-пульсного кольцевых выпрямителей можно отметить наличие в двух таких схемах групп вентилей в зависимости от величин средних значений прямых токов и максимальных обратных напряжений по отношению к току и напряжению нагрузки. Как и в случае 12-пульсной схемы, в 18-пульсном варианте имеется по 2 группы вентилей с максимальными обратными напряжениями, достаточно близкими по значению к выпрямленному напряжению выпрямителя и по 2 группы вентилей со средними значениями прямых токов, отличающимися в 3-4 раза от тока нагрузки. При этом в обеих схемах имеется группа вентилей со средними значениями прямых токов, значительно меньшими, по сравнению с остальными вентилями. В обеих схемах выпрямителей снижение средних значений токов ряда вентилей (по сравнению с многомостовыми выпрямителями) сопровождается искажением форм их кривых с ростом коэффициентов амплитуд. Таким образом, к недостаткам обеих исследованных кольцевых схем выпрямления (по сравнению с многомостовыми выпрямителями) можно отнести более высокие значения обратных напряжений вентилей (по сравнению с выпрямителями с последовательным соединением мостов) и заметные искажения форм кривых токов вентилей.

Работа выполнена за счет средств грантов для государственной поддержки молодых ученых Республики Башкортостан (НОЦ-ГМУ-2022, НОЦ-ГМУ-2023).

Список источников

1. Евдокимов С.А., Щуров Н.И. Структурный синтез многофазных вентильных преобразователей: монография. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2010. 423 с. (Серия «Монографии НГТУ»).

© Горбунов А.С., Каримов Р.Д., Ахметшин А.Т., Клименко А.Ю., 2023

Научная статья
УДК 621. 313

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОБООТБОРА ЗЕРНА НА ЭЛЕВАТОРЕ

Антон Николаевич Гришков[1], Юлия Викторовна Иванкина[2]
Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия
[1] grishcow@yandex.ru http://orcid.org/0009-0007-7978-1805
[2] Lexsi2007@mail.ru http://orcid.org/0009-0005-8424-0582

Аннотация. В статье рассмотрены основные пробоотбора зерна, достоинства и недостатки механического и пневматического пробоотборщиков, их сравнительный анализ.
Ключевые слова: зерно, элеватор, хранение, электродвигатель.
Для цитирования: Гришков А.Н., Иванкина Ю.В. Совершенствование пробоотбора зерна на элеваторе / А. Н. Гришков, Ю. В. Иванкина // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-технической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023

Original article

IMPROVING GRAIN SAMPLING AT ELEVATOR

Anton Nicolaevich Grishcov[1], Yulia Viktorovna Ivankina[2]
Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia
[1] grishcow@yandex.ru http://orcid.org/0009-0007-7978-1805
[2] Lexsi2007@mail.ru http://orcid.org/0009-0005-8424-0582

Annotation. The article discusses the main grain sampling, the advantages and disadvantages of mechanical and pneumatic samplers, and their comparative analysis.

Key words: grain, elevator, storage, electric motor.
For citation: Grishkov A.N., Ivankina Yu.V. Improving grain sampling at the elevator / A. N. Grishkov, Yu. V. Ivankina // Improving the efficient operation of electrical equipment in agriculture: materials of the International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko / Edited by C.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023

Введение. Производство зерна сезонно, потребление его круглогодично, поэтому хранение зерна является неотъемлемой составной частью зернового производства.

Важная роль в определении порядка технологического процесса возлагается на лаборатории при элеваторах. Лаборатории проводят отбор проб от партий зерна, поступающих на предприятие автомобильным и железнодорожным транспортом, определяют состояние зерна, его качества и классность. В зависимости от качества зерна, лаборатории указывают направление его движения.

Качество каждой партии зерна определяют на основании результатов анализа отобранной из нее средней пробы. Порядок получения средней пробы от различных партий зерна регламентирован специальным стандартом ГОСТ 13586.3-2015 «Правила приемки и методы отбора проб». Это одна из самых важных операций в обеспечении объективной оценки качества зерна.

Материалы и методы. Правильный отбор проб является процедурой, требующей самого тщательного внимания. Поэтому следует делать упор на необходимость получения наиболее представительной пробы.

Отбор проб необходимо проводить таким образом, чтобы предохранить пробы, устройства для отбора проб и контейнеры, в которых помещены пробы, от случайного загрязнения, такого как капли дождя, пыль и т. п.

В работе показано влияние особенностей реализации описанных процессов на грузооборот зерна на элеваторе и приведен анализ возможностей их улучшения.

На предприятии отбор проб на всех этапах приема и обработки зерна осуществляется вручную конусным щупом. Конусный щуп состоит из стального стержня с рукояткой на одном конце и дисковой крышкой на другом. К стержню прикреплен металлический полый конус. При погружении щупа в продукт, крышка приподнимается к основанию конуса и закрывает его, а при подъеме – поднимается и конус заполняется продуктом.

Согласно схеме отбора точечных проб, ручной способ отбора является единственно возможным в случаях отбора из мешков, из насыпи и силосов. В остальных случаях при отборе проб из автомобилей и из вагонов этот способ нецелесообразен.

Так, к примеру, при отборе зерна одной партии из автомобиля КамАЗ-5140 (длинной – 6070 мм) с полуприцепом МАЗ-5245 (длинной – 7875 мм) необходимо осуществить 16 точечных проб в трех слоях зерновой насыпи. При этом, в среднем за сутки, необходимо осуществить отбор проб из 30

автомобилей, то есть 480 точечных проб. А в период уборки сельскохозяйственных культур число пребывающих автомобилей достигает 60 в день.

При работе с конусным щупом необходимо уметь точно определить место отбора проб. Отбор проб осуществляется строго на расстоянии 0,5…1,0 метра от переднего и заднего бортов и 0,5 метра от боковых бортов автомобиля.

Развитие любого предприятия – это повышение производительности труда. Основной путь увеличения производительности труда – повышение уровня механизации и автоматизации работ. Механизация работ с зерном развивается в результате роста производства и внедрения нового высокопроизводительного оборудования, позволяющего создавать комплексные поточные, с дистанционным управлением системы.

Результаты исследования. Рассмотрим возможность механизации отбора точечных проб из автомобилей. Для решения данной инженерной задачи применим алгоритм ЦОЗАР:

Этап Ц – обоснование цели;

Этап О – выделение объекта;

Этап З – постановка задачи;

Этап А – поиск альтернатив достижения цели;

Этап Р – принятие решения.

Этап Ц: Задача актуальная в связи с необходимостью снижения трудозатрат на отбор точечных проб. Данное оборудование входит в состав технологической лаборатории элеватора. Цель лаборатории – обеспечить объективную оценку состояния качества зерна и высокую пропускную способность оборудования. Отсюда следует: цель задачи – создать установку, которая должна обеспечить требуемое решение механизированного отбора проб из автомобилей и обеспечить высокую пропускную способность оборудования.

Этап О: Разрабатываемая установка предназначена для механизированного отбора проб зерна из кузова автомобиля по всей высоте насыпи зерна. Через неё проходит весь объем поступающей на предприятие продукции (зерна).

Для осуществления отбора проб установка должна иметь:

- зону для размещения, при въезде на территорию предприятия (согласно технологического процесса обработки зерна);
- механизм для отбора проб, состоящий из четырех и более отборников, размещенных в соответствии с требованиями мест отбора проб из автомобиля;
- систему объединения точечных проб в представительную и подачу её в лабораторию;
- пульт управления и систему контроля, позволяющие вести отбор проб в автоматическом режиме, в соответствии с правилами техники безопасности.

Применяемый на предприятии ручной способ отбора точечных проб с помощью конусного щупа – трудоёмкий, является морально устаревшим и не обеспечивает соответствующую пропускную способность в дни наиболее

интенсивного приема зерна. Таким образом, объект разработки – принципиальная и конструктивная схемы установки механизированного отбора точечных проб из автомобилей и примем для рассмотрения автоматический пробоотборник. Автоматический пробоотборник зерна – это комплексное устройство, обеспечивающее легкий и быстрый способ забора достоверных проб масленичных и зерновых культур в открытом автотранспорте и последующую доставку их в лабораторию.

Среди преимуществ автоматического пробоотборника зерна стоит отметить возможность получения достоверных и точных проб, возможность забора проб и взвешивания транспорта одновременно, небольшое время отбора по пяти точкам, управление пробоотборником и весами одним оператором, автоматическую доставку проб в лабораторию, их деление и удаление излишков проб из лаборатории.

Зерно засасывается внутрь зонда при погружении его в насыпь и подается далее по трубе в циклон (приемный бункер), располагающийся в лаборатории. Из него зерно направляется в автоматический делитель, отвечающий за разделение проб. Излишки проб после разделения удаляются из лаборатории пневмотранспортной системой. Автоматический пробоотборник зерна управляется дистанционно, посредством ручного пульта, позволяющего выполнять одновременно три операции.

Этап 3: Рассмотрим управляемые и неуправляемые факторы.

1. Установка предназначена для отбора проб зерна из автомобилей со следующими техническими характеристиками:

а) габаритные размеры:
длина: 5000…9000 мм;
ширина: 2100…2600 мм;
высота: 2100…3100 мм;

б) дорожный просвет:
минимум: 400 мм.

2. Установка должна иметь следующие параметры:

а) пропускная способность:
25 циклов/ч и более;

б) объем отбираемой пробы:
2 кг, строго;

в) рабочее напряжение:
380/220 В.

3. Установка должна обеспечивать:

а) одновременный отбор проб во всех слоях, для сокращения числа отборов;

б) безопасность в эксплуатации.

Управляемы факторы:

1. Род тока (переменный, постоянный и др.).
2. Тип отборника (скребковый, пневматический и др.).
3. Мощность и количество электродвигателей.

4. Безопасность системы (напряжение на пульте управления).

Критерий: обеспечить требуемую пропускную способность при минимальных затратах на эксплуатацию и соответствующее качество отбора зерна.

Этап А: Рассмотрим следующие два варианта установок:

1. Пневматический пробоотборник типа: У1-УПП;

2. Скребковый пробоотборник типа: А1-УП2-А.

Технические характеристики представленных установок приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Характеристики пробоотборников

Параметры	Тип отборника	
	У1-УПП	А1-УП2-А
1. Пропускная способность, циклов /час	45	60
2. Объем отбираемой пробы, кг	2	2
3. Число точек отбора, шт	4	4
4. Тип отборника	трубопровод пневматический	транспортер скребковый
5. Электродвигатель: - мощность, кВт - количество, шт	 13,0 6,0	 54,4 8,0
6. Габаритные размеры: - длина, мм - ширина, мм - высота, мм	 7400 2400 (3500) 9500	 4900 4050 5590
7. Масса, кг	1730	3000
8. Дополнительно: - наличие системы, исключающей травмирование зерна при отборе	+	-

Заключение. Этап Р: Анализируя выше сказанное, для отбора точечных проб из автомобилей и вагонов целесообразно выбрать 1 вариант – пневматический пробоотборник типа У1-УПП.

Список источников

1. Шакиров Ф. К. Организация сельскохозяйственного производства /Ф. К. Шакиров, В. А. Удалов, С. И. Грядов и [др.]; под ред. Ф. К. Шакирова. – М.: Колос, 2006. – 504 с. ил.

2. Спиридонов, А.А. Прогнозирование технического состояния электрооборудования / А.А. Спиридонов, О.В. Логачёва // В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК. Под редакцией Трушкина В.А. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2016. - С. 222-223.

3. Иванкина, Ю.В. Повышение надежности эксплуатации асинхронных электродвигателей в сельском хозяйстве / Ю.В. Иванкина, М.А. Левин, Д.Д. Акишин //В сборнике: АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ АПК

материалы VIII международной научно-практической конференции. - Саратов: ООО «ЦеСАин», 2017. - С. 93-96.

4. Иванкина, Ю.В. Повышение надежности системы электроснабжения в сельском хозяйстве / Ю.В. Иванкина, Д.П. Нестуев // В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК Материалы IX международной научно-практической конференции. Под общ. ред. Трушкина В.А. - Саратов: ООО «ЦеСАин», 2018. - С. 46-48.

5. Естаулетов, А. А. Оценка состояния электрооборудования с точки зрения надежности / А. А. Естаулетов, Ю. В. Иванкина // Актуальные проблемы энергетики АПК : Материалы XIII Национальной научно-практической конференции с международным участием, Саратов, 29–30 апреля 2022 года. – Саратов: Амирит, 2022. – С. 48-51. – EDN ZTSWJD.

@ Гришков А.Н., Иванкина Ю.В., 2023

Научная статья
УДК 621.32; 628.93; 631.171

БИОМОДУЛЬ ДЛЯ ВСЕСЕЗОННОГО ВЫРАЩИВАНИЯ ОВОЩНЫХ, ЗЕЛЕННЫХ И КЛУБНЕОБРАЗУЮЩИХ КУЛЬТУР

Сергей Иванович Васильев[1], Кирилл Сергеевич Смолев[2], Владимир Анатольевич Сыркин[3]
[1,2,3] Самарский государственный аграрный университет, Кинель, Россия
[1]si_vasilev@mail.ru, http://orcid.org/0000-0003-4368-3123
[2]smolev123@mail.ru, http://orcid.org/0000-0003-2547-6581
[3]sirkin_va@ssaa.ru, http://orcid.org/0000-0003-2531-5423

Аннотация. Выращивание растений овощных, зеленных либо клубнеобразующих культур в защищенной среде, позволяет эффективнее обеспечивать их необходимым и достаточным количеством минеральных и питательных веществ, а также создавать наиболее благоприятные условия для жизни. Одной из проблем, снижающих эффективность выращивания сельскохозяйственных культур в защищенной среде, является низкая энергетическая эффективность источников искусственного света и систем освещения в целом. Кроме того, применяемые источники света не всегда способны обеспечить растения светом, обладающим оптимальными, для данного вида растений, спектральными характеристиками. Для решения этих проблемы предложен способ регулируемого (адаптивного) освещения растений, выращиваемых в защищенной среде. Адаптивность освещения заключается в обеспечении возможности оперативного регулирования спектрального состава света с учетом потребностей определенных видов выращиваемых сельскохозяйственных культур, а также с учетом стадии роста и

развития растений. Применение адаптивного освещения, позволяет сократить время полного цикла выращивания, от момента посева до сбора урожая, обеспечивая, тем самым, сокращение энергозатрат, что и приводит к повышению эффективности производства растениеводческой продукции защищенного грунта.

Ключевые слова: биомодуль, адаптивное освещение, досвечивание, защищенная среда.

Для цитирования: Васильев С. И. Биомодуль для всесезонного выращивания овощных, зеленных и клубнеобразующих культур / С. И. Васильев, К. С. Смолев, В. А. Сыркин // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве : материалы Международной научно-технической конференции имени Г. П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова. – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

BIOMODULE FOR ALL-SEASON CULTIVATION OF VEGETABLES, GREENS AND TUBER-FORMING CROPS

Sergey Ivanovich Vasil'ev [1], Kirill Sergeevich Smolev[2], Vladimir Anatol'evich Syrkin[3]

[1,2,3] Samara State Agrarian University, Kinel, Russia

[1]si_vasilev@mail.ru, http://orcid.org/0000-0003-4368-3123

[2]s, http://orcid.org/

[3]sirkin_va@ssaa.ru, http://orcid.org/0000-0003-2531-5423

Annotation. Growing vegetable, green or tuber-forming crops in a protected environment makes it possible to more effectively provide them with the necessary and sufficient amount of minerals and nutrients, as well as create the most favorable conditions for life. One of the problems that reduces the efficiency of growing crops in a protected environment is the low energy efficiency of artificial light sources and lighting systems in general. In addition, the light sources used are not always able to provide plants with light that has the optimal spectral characteristics for a given plant type. To solve these problems, a method for controlled (adaptive) lighting of plants grown in a protected environment has been proposed. Adaptability of lighting consists in providing the ability to quickly regulate the spectral composition of light, taking into account the needs of certain types of crops grown, as well as taking into account the stage of growth and development of plants. The use of adaptive lighting makes it possible to reduce the time of the full growing cycle, from the moment of sowing to harvesting, thereby ensuring a reduction in energy costs, which leads to an increase in the efficiency of production of crop products in protected soil.

Key words: biomodule, adaptive lighting, additional lighting, secure environment.

For citation: Vasil'ev S. I. Biomodule for all-season cultivation of vegetable, green and tuber-forming crops / S. I. Vasil'ev, K. S. Smolev, V. A. Syrkin // Improving the

efficient operation of electrical equipment in agriculture: materials of the International Scientific and Technical Conference named after G. P. Eroshenko. – Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Выращивание растений различных сельскохозяйственных культур, в том числе овощных, зеленных, клубнеплодных культур, а также микрозелени в условиях защищенного грунта (в контролируемых условиях) сопровождается существенными затратами электрической и тепловой энергии, расходуемой на поддержание оптимальных параметров микроклимата и на освещение (досвечивание) выращиваемых растений. В связи с тем, что цены на энергоносители непрерывно повышаются, все более актуальной становится задача снижения энергозатрат, которую можно решить только за счет повышения эффективности светотехнического и иного технологического оборудования, применяемого при выращивании растений в защищенной среде [1].

Для частичного решения задачи энергосберегающего освещения теплиц необходимо более широкое внедрение светодиодных светильников и фитосветильников взамен люминесцентных, что способствует частичному решению данной задачи, однако, нерешенными остаются вопросы связанные со спектральным составом света, излучаемого светодиодными светильниками. Проблема в том, что состав спектра светодиодного светильника не в полой мере соответствует потребностям различных видов выращиваемых растений. По этой причине, в зависимости от степени этого несоответствия, освещаемые растения начинают отставать в развитии от нормы [2; 3; 4].

Также проблемой науки производства является отсутствие обоснования оптимальных параметров освещения различных видов выращиваемых культур. Это требует проведения широкого круга научных исследований направленных на обоснование оптимальных светотехнических характеристик современных энергосберегающих (светодиодных) источников света, применяемых при освещении растений, выращиваемых в культивационных сооружениях.

Материалы и методы. В связи с вышеперечисленными проблемами и задачами, поставленными перед современной наукой, очевидна необходимость как проведения исследований, так и разработки энергосберегающих устройств для осуществления технологий выращивания растений различных сельскохозяйственных культур в защищенной среде.

Цель исследований: разработать систему адаптивного энергосберегающего освещения овощных культур, выращиваемых в защищенной среде.

В соответствие с поставленной целью необходимо разработать и изготовить лабораторную установку – культивационное сооружение, позволяющее осуществлять технологические операции по выращиванию различных видов овощных культур. Также необходимо оснастить эту установку разрабатываемой системой адаптивного освещения [5; 6; 7].

Адаптивность освещения заключается в осуществлении возможности

оперативной настройки параметров системы освещения под потребности определенной выращиваемой культуры. При этом, регулироваться должны такие основные параметры, как величина светового потока (либо уровень освещенности растений), спектральный состав света и периоды освещения.

Для проведения исследований, направленных на разработку и обоснование технологии энергосберегающего адаптивного освещения выращиваемых овощных культур в контролируемых условиях и выявлению степени влияния света с различным спектральным составом на рост и развитие растений, была разработана и изготовлена автоматизированная биотехнологическая установка «Биомодуль ЭСС RGB-250» (рис. 1) [2; 5; 8].

Результаты исследования. Разработанная установка представляет собой корпус *1* функционально разделённый на три части. В нижней части установки расположен отсек электронных блоков управления и контроля (БУК) *2*, в котором размещены электронные блоки системы адаптивного освещения, программируемый электронный модуль общего управления, блок контроля температуры воздуха, блок контроля влажности воздуха, система управления увлажнением воздуха.



а б

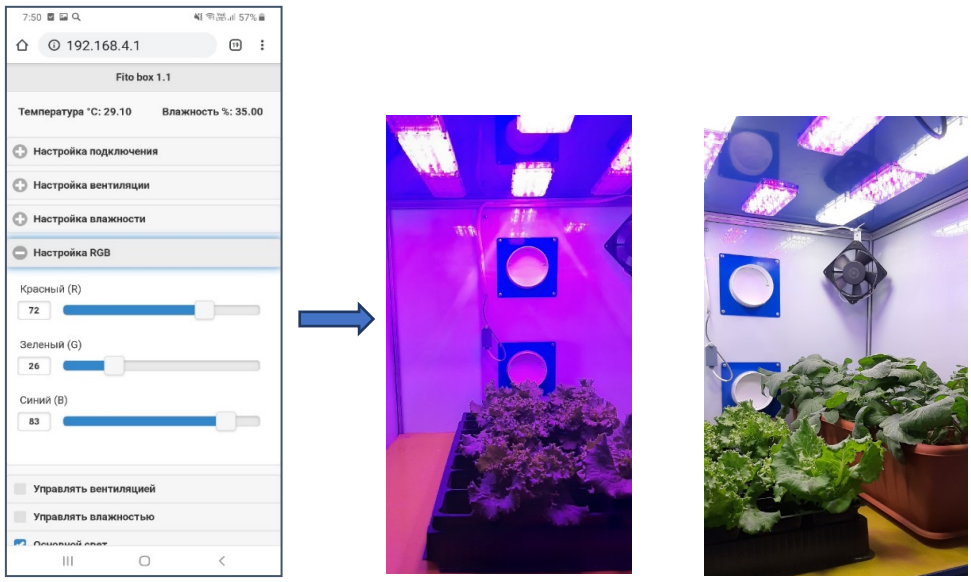
Рисунок 1. Автоматизированная биотехнологическая установка «Биомодуль ЭСС RGB-250»:
а – общий вид; б – система адаптивного освещения:
1 – корпус; 2 – отсек размещения электронных блоков управления и контроля (БУК); 3 – крышка отсека БУК; 4 – стенки рабочей камеры; 5 – дверца рабочей камеры; 6 – регулятор системы досвечивания; 7 – отсек RGB-светильников; 8 – RGB-светильник; 9 – вентилятор аэрации рабочей камеры; 10 – система приточно-вытяжной вентиляции; 11 – блок датчиков температуры и влажности воздуха; 12 – диэлектрическое днище рабочей камеры

В центральной части биомодуля расположена рабочая камера *4*, являющаяся частично герметичной, но не изолированной от внешней среды. В рабочей камере размещаются посадочные лотки с выращиваемыми растениями.

В верхней части установки размещен отсек светильников *7*, в котором размещена комбинация различных типов светильников *8*. Эти светильники содержат специально подобранную комбинацию одноцветных (цветных) светодиодов красного, зеленого и синего цветов, а также светодиодов белого цвета. При этом светодиоды каждого цвета запитаны от отдельно регулируемого канала системы БУК *2*. Такая комбинация, при возможности независимого регулирования яркости каждой из четырёх групп светодиодов, позволяет создавать световой поток любого спектрального состава. Это позволяет применить данную установку для проведения широкого круга исследований, направленных на обоснование оптимальных параметров спектрального состава света, необходимого при выращивании различных овощных культур в закрытых культивационных сооружениях [5; 7; 9].

Основной системой освещения является трехцветная RGB-система, с независимой настройкой по каждому из каналов (цветов), а дополнительной является система досвечивания светодиодами белого цвета. Она необходима для увеличения основного светового потока, т.е. для создания высокого уровня освещенности, требуемого при выращивании светолюбивых культур. Регулирование величины светового потока системы досвечивания осуществляется вручную, с помощью регулятора *6*.

Настройка спектрального состава света и величины светового потока основной системы освещения осуществляется с помощью мобильного приложения или компьютера, по каналу Wi-Fi подключения. Это приложение позволяет оперативно регулировать величину светового потока по каждому из каналов (цветов RGB) независимо от остальных. Таким образом возможно создать как моноспектральное освещение красного, зелёного или синего цвета, так и полноспектральное, в различных комбинациях (рис. 2) [1; 5; 9].



а б в

Рисунок 2. Настройка полноспектрального освещения растений в биомодуле:
а – интерфейс программы; б – полноспектральное освещение RGB;
в – полноспектральное освещение с добавлением белого цвета

Заключение. Для проведения широкого круга научных исследований, направленных на обоснование оптимальных параметров освещения растений овощных и других сельскохозяйственных культур, выращиваемых в культивационных сооружения, разработана лабораторная установка «Биомодуль ЭСС RGB-250», содержащая две системы освещения – основную и дополнительную систему досвечивания, в совокупности организуя адаптивную систему освещения. Таким образом, разработанная система освещения растений позволяет получить световой поток требуемого спектрального состава и может быть адаптирована к индивидуальным потребностям выращиваемых культур.

Список источников

1. Васильев, С. И. Разработка интенсивной технологии и технического средства (биомодуля) для производства органической овощной продукции / С. И. Васильев, С. В. Машков, В. А. Сыркин, Т. С. Гриднева / Инновационные достижения науки и техники АПК: Сб. науч. тр. Международной научно-практической конференции. – Самара: РИО СГСХА, 2018. – С. 576-579.
2. Юдаев, И. В. Выращивание листового салата в светодиодной облучательной камере / И. В. Юдаев, Д. И. Чарова, А. С. Феклистов [и др.] // Сельский механизатор. – 2017. – № 1. – С. 20-21.
3. Моргунов, Д. Н. Анализ характеристик светодиодных источников света / Д. Н. Моргунов, С. И. Васильев // Известия Оренбургского ГАУ. – Оренбург, 2016. – №6(62). – С. 75-77.
4. Моргунов, Д. Н. Исследование спектральных характеристик электрических источников света / Д. Н. Моргунов, С. И. Васильев // Вестник аграрной науки Дона. – Зерноград, 2017. – №38. – С. 5-13.
5. Vasilev, S. I. Results of studies of plant stimulation in a magnetic field / S. I. Vasilev, S. V. Mashkov, V. A. Syrkin [et al.] // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2018. – Т. 9, № 4. – P. 706-710.
6. Gridneva, T. S. Studying the effect of electrohydraulically treated soil solutions on plant growth and development / T. S. Gridneva, S. V. Mashkov, V. A. Syrkin, S. I. Vasilyev. International scientific-practical conference “Agriculture and food security: technology, innovation, markets, human resources”. BIO web of conferences. Kazan, EDP Sciences, 2020, P. 00062.
7. Васильев, С. И. Комплекс энергосберегающих элементов технологии выращивания овощных культур в контролируемых условиях / С. И. Васильев, С. В. Машков, В. А. Сыркин // Вестник аграрной науки Дона. – Зерноград: РИО Донского ГАУ, 2020. – С. 10-19.
8. Васильев, С. И. Электромагнитное стимулирование семян и растений / С. И. Васильев, С. В. Машков, М. Р. Фатхутдинов // Сельский механизатор. – 2016. – № 7. – С. 8-9.
9. Васильев, С. И. Результаты исследования спектральных характеристик светодиодов применяемых в электротехнологии досвечивания

сельскохозяйственных культур: Наука и современность: сборник материалов V-ой международной научно-практической конференции. – М.: НИЦ «Империя», 2016. – С. 37-39.
10.

© Васильев С.И., Смолев К.С., Сыркин В.А., 2023

Научная статья
УДК 681.515

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ВНЕШНЕЙ НАГРУЗКИ ПРИ АДАПТИВНОМ УПРАВЛЕНИИ МЕХАТРОННЫМИ СИСТЕМАМИ С ОДНОЙ СТЕПЕНЬЮ СВОБОДЫ

Николай Иванович Гданский[1,2], Александр Викторович Карпов[3],
[1]Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), г. Москва, Россия
[2]Национальный исследовательский университет «МЭИ» , г. Москва, Россия
[3]Московский политехнический университет, г. Москва, Россия
al-kpp@mail.ru; htpps // orcid.org/0000-0002-5562-1483
avk1963@inbox.ru, https://orcid.org/0000-0002-6540-7595

Аннотация. Изложены математические основы применения беспоисковых ААСУ с прогнозированием внешней нагрузки. На основании принятой модели внешней нагрузки, принципа Даламбера и закона сохранения механической энергии выведены уравнения, связывающие коэффициенты силовых векторов моделей порядков k = 0,1,2 с энергетическими и кинематическими данными обратной связи. Рассмотрено решение получаемых систем уравнений. Отдельно дана методика расчета коэффициентов в уравнениях систем для определения компонент силовых векторов с использованием кубических сплайнов на отдельных участках траектории, представленных в виде полиномов Эрмита. Изложенные математические методы являются основой практического применения прогнозирования внешней нагрузки при адаптивном управлении недетерминированными технологическими процессами, в том числе – в сельскохозяйственных производствах.

Ключевые слова: адаптивная система управления, недетерминированные процессы, прогнозирование внешней нагрузки, го воздействия, самонастройка, самоорганизация.
Для цитирования: Гданский Н.И., Карпов А.В. Построение моделей внешней нагрузки при адаптивном управлении мехатронными системами с одной степенью свободы: материалы Международной научно-технической конференции имени Г.П.Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова - Саратов, ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023

Original article

CONSTRUCTION OF EXTERNAL LOAD MODELS FOR ADAPTIVE CONTROL OF MECHATRONIC SYSTEMS WITH ONE DEGREE OF FREEDOM

Nikolai Ivanovich Gdansky[1,2], Alexander Viktorovich Karpov[3],
[1]Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH), Moscow, Russia.
[2]National Research University "MPEI", Moscow, Russian Federation.
[3]Moscow Polytechnic University, Moscow, Russia
al-kpp@mail.ru; http://orcid.org/0000-0002-5562-1483
avk1963@inbox.ru, https://orcid.org/0000-0002-6540-7595

Annotation. The mathematical foundations of the use of non-search adaptive control systems with external load forecasting are outlined. Based on the adopted model of external load, d'Alembert's principle and the law of conservation of mechanical energy, equations were derived that connect the coefficients of force vectors of models of orders k = 0,1,2 with energy and kinematic feedback data. The solution of the resulting systems of equations is considered. A separate method is given for calculating coefficients in system equations to determine the components of force vectors using cubic splines on individual sections of the trajectory, presented in the form of Hermite polynomials. The presented mathematical methods are the basis for the practical application of external load forecasting in the adaptive control of non-deterministic technological processes, including in agricultural production.
Keywords: adaptive control system, non-deterministic processes, forecasting external load, impact, self-tuning, self-organization.
For citation: Gdansky N.I., Karpov A.V. Construction of external load models for adaptive control of mechatronic systems with one degree of freedom: materials of the International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko / Ed. CM. Bakirov - Saratov, Vavilov University, 2023

Введение В сельскохозяйственных производственных процессах технологические операции должны осуществляться с учётом биологических процессов, которые характеризуются изменчивостью в широком диапазоне. Необходимость выполнения технологических операций в реальных полевых условиях в сумме также обуславливает высокую степень их недетерминированности, что существенно отличает их от промышленных технологий, реализуемых в цеховых условиях.

Для автоматизации процессов управления такими недетерминированными технологическими процессами, характеризующимися значительными заранее непредсказуемыми изменениями параметров объекта управления и внешней среды, необходимо использовать адаптивные автоматические системы управления (ААСУ). В них для достижения цели управления в условиях недостаточности априорной информации о самом объекте управления (ОУ), а также - его связях с внешней средой необходимые

данные для организации управления система получает из рабочей информации, поступающей в процессе управления.[1]

С учётом того, что скорости изменения в механических, химических и биологических процессах на несколько порядков ниже, чем скорости реализации цифровых вычислений, то для эффективного управления такими недетерминированными процессами было предложено использовать беспоисковую ААСУ с прогнозированием динамического изменения внешней нагрузки. , которая моделируется степенной зависимостью от времени *t*. [2]

При таком подходе суммарная внешняя нагрузка $M_c(t;\varphi(t))$, включающая, как полезную, так и инерционные составляющие, может быть представлена в виде скалярного произведения

$$M_c(t,\varphi(t)) = \left(\overline{M}^k, \overline{\varphi}^k\right), \tag{1}$$

в котором:

$\overline{M}^k$ - силовой вектор, получаемый при разложении функции $M_c(t;\varphi(t))$ в ряд Тейлора [3] заданного порядка *k*,

$\overline{\varphi}^k(t)$ - кинематический вектора, дополняющий силовой вектор в скалярном произведении (3), также получаемый из ряда Тейлора.

Формальное применение представления (1) дает следующие модели внешней нагрузки.

$$\boldsymbol{k=0}.\ M^0(t) = \{M\};\ \ \overline{\varphi}^0(t) = \{1\}. \tag{2а}$$

Модель является простейшей, описывает равномерное движение ОУ. В отличие от моделей более высокого порядка *k* может быть всегда определена по данным обратной связи.

$$\boldsymbol{k=1}.\ \ \overline{M}^1 = \left\{M; \frac{\partial M}{\partial \tau}; \frac{\partial M}{\partial \varphi}\right\};\ \overline{\varphi}^1(t) = \{1; \tau; \varphi'(\tau)\cdot\tau\}. \tag{2б}$$

За счет использования первых производных модель позволяет учесть составляющие обобщённой внешней нагрузки *M*= *M* (*t*; φ(*t*)), которые зависят от них. Однако она не достаточна для учета составляющих нагрузки, зависящих от второй производной по углу вращения, в частности, инерционных нагрузок.

$$\boldsymbol{k=2}.\ \ \overline{M}^2 = \left\{M; \frac{\partial M}{\partial \tau}; \frac{\partial M}{\partial \varphi}; \frac{\partial^2 M}{\partial \tau^2}; \frac{\partial^2 M}{\partial \tau \partial \varphi}; \frac{\partial^2 M}{\partial \varphi^2}\right\}.$$

$$\overline{\varphi}^2(t) = \left\{1; \tau; \varphi'\cdot\tau + \varphi''\cdot\tau^2; \frac{1}{2}\tau^2; \varphi'\cdot\tau^2; \frac{1}{2}(\varphi')^2\tau^2\right\}. \tag{2в}$$

Учёт вторых производных по времени и управляемой координате позволяет более полно учесть динамическое поведение ОУ. В силу этого модель второго порядка является наиболее предпочтительной.

Для построения рассмотренных моделей было предложено использовать данные обратной связи по пройденным участкам траектории для отдельных отрезков времени $[t_i;t_{i+1}]$. Рассмотрена работа суммарных сил сопротивления на них A_{ci} и работа двигателя $A_{дi}$. С учетом того, что работа $A_{дi}$ может быть рассчитана по данным обратной связи по силе тока и напряжению из равенства $A_{ci} = A_{дi}$, которое следует из закона сохранения механической энергии [4], получена основная зависимость

$$A_{ci} = \int_{t_i}^{t_{i+1}} (\overline{M}^k, \overline{\varphi}^k(t))\varphi'(t)dt. \quad (3)$$

Рассмотрим общий подход к построению модели внешней нагрузки (в форме силового вектора) по рабочей информации – данным обратной связи.

Материалы и методы. В работе рассмотрено адаптивное управление одностепенными объектами с прогнозированием внешней нагрузки. Использованы модели нагрузки порядков k=0,1,2. При исследовании методов построения данных моделей по данным обратной связи применяются методы линейной алгебры и математического анализа.

Результаты исследования. Рассмотрим вывод уравнений и построение моделей внешней нагрузки порядков k=0,1,2.

Модель нулевого порядка

***k*=0.** Рассмотрим угловое перемещение вала [φ_i; φ_{i+1}] на отрезке времени [t_i; t_{i+1}] и заменим мгновенное значение внешней нагрузки $M(\tau;\varphi(\tau))$ его усредненным значением (M=const). В предположении равенства между работой $A_{дi}$, выполненной двигателем, и работы A_i, выполненной силами сопротивления, из общей зависимости (3) получим:

$$A_{ci} = \int_{\varphi_i}^{\varphi_{i+1}} Md\varphi = M\int_{\varphi_i}^{\varphi_{i+1}} d\varphi = M(\varphi_{i+1} - \varphi_i) = M\Delta\varphi_i. \quad (4а)$$

Из данного выражения следует:

$$M = A_{дi}/\Delta\varphi_i. \quad (4б)$$

Силовой и кинематический векторы $\overline{M}^0 = \{M\}$, $\overline{\varphi}^0(t) = \{1\}$ модели нулевого порядка внешней нагрузки точно описывают равномерное вращение вала, в котором работа двигателя пропорционально углу вращения. Модель может быть построена при любых вариантах данных обратной связи. Основной ее недостаток заключается в том, что в неё не учитываются силовые компоненты, пропорциональные первой и второй производным от времени t и угла поворота вала φ.

Модель первого порядка

***k*=1.** Подставляя в формулу (3) силовой $\overline{M}^1$ и кинематический φ^1 векторы модели нагрузки первого порядка (2б), получим следующее уравнение для расчёта значений коэффициентов модели M, $\frac{\partial M}{\partial \tau}, \frac{\partial M}{\partial \varphi}$ по уже пройденной части траектории - отрезка [t_{i-1};t_i]:

$$A_{ci} = \int_{t_i-1}^{t_i} (\overline{M}^1, \varphi^1(t))\varphi'(t)dt = M\Delta\varphi_i + \frac{\partial M}{\partial t} l_i \int_0^1 \varphi'(\tau)\cdot\tau\cdot d\tau + \frac{\partial M}{\partial \varphi} l_i \int_0^1 (\varphi'(\tau))^2\cdot\tau\cdot d\tau = k_{i,1}M + k_{i,2}\frac{\partial M}{\partial t} + k^1{}_{i,3}\frac{\partial M}{\partial \varphi}, \quad (5а)$$

где

$$k_{i,1} = \Delta\varphi_i; \qquad k_{i,2} = l_i\int_0^1 \varphi'(\tau)\cdot\tau\cdot d\tau; \qquad k^1{}_{i,3} = l_i\int_0^1 (\varphi'(\tau))^2\cdot\tau\cdot d\tau.$$

Поскольку в уравнении содержится три неизвестных величины, то для определении коэффициентов силового вектора $\overline{M}^1 = \left\{ M; \frac{\partial M}{\partial \tau}; \frac{\partial M}{\partial \psi} \right\}$ необходимо совместно рассматривать уравнение (5а) на трех подряд идущих участках $[t_{i-3};t_{i-2}]$, $[t_{i-2};t_{i-1}]$, $[t_{i-1};t_i]$, поскольку можно приближенно считать, что в течение малого времи $[t_{i-3};t_i]$ значения коэффициентов силового вектора мало изменились. С учетом работ сил движущих $A_{\partial(i-2)}$, $A_{\partial(i-1)}$, $A_{\partial(i)}$ на данных участках получаемая система уравнений имеет вид:

$$k_{i,1}M + k_{i,2}\frac{\partial M}{\partial t} + k^1{}_{i,,3}\frac{\partial M}{\partial \varphi} = A_{\partial(i)};$$

$$k_{i-1,1}M + k_{i-1,2}\frac{\partial M}{\partial t} + k^1{}_{,i-1,3}\frac{\partial M}{\partial \varphi} = A_{\partial(i-1)};$$

$$k_{i-2,1}M + k_{i-2,2}\frac{\partial M}{\partial t} + k^1{}_{,i-2,3}\frac{\partial M}{\partial \varphi} = A_{\partial(i-2)}. \qquad (5б)$$

В отличие от модели порядка k=0, решение системы (5б) существует не во всех случаях. Для того, чтобы оно существовало, необходимо выполнение условия:

$$\left| det \begin{bmatrix} k_{11} & \cdots & k_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ k_{31} & \cdots & k_{33} \end{bmatrix} \right| = |det_1| \geq \delta_1, \qquad (5в)$$

где $\delta_1>0$ – малое пороговое число, задаваемое для конкретного вида задач управления.

Случай $|det_1| < \delta_1$ соответствует ситуации, когда коэффициенты силового вектора $\overline{M}^1$ невозможно определить по данным обратной связи с использованием системы (5б), т.е. она не информативна.

Модель второго порядка

***k*=2.** После подстановки в формулу (3) силового $\overline{M}^2$ и кинематического $\overline{\varphi}^2$ векторов модели нагрузки второго порядка (2в), получим следующее уравнение для коэффициентов вектора $\overline{M}^2$ по уже пройденной части траектории - отрезка $[t_{i-1};t_i]$:

$$A_{ci} = \int_{t_i-1}^{t_i} (\overline{M}^2, \varphi^2(t))\varphi'(t)dt = k_{i,1}M + k_{i,2}\frac{\partial M}{\partial \tau} + k^1{}_{i,3}\frac{\partial M}{\partial \varphi} + \frac{\partial M}{\partial \varphi} l_i \int_0^1 \varphi'(\tau)\cdot\varphi''(\tau)\cdot\tau^2\cdot d\tau +$$

$$\frac{1}{2}\frac{\partial^2 M}{\partial \tau^2} l_i \int_0^1 \varphi'(\tau)\cdot\tau^2\cdot d\tau + \frac{\partial^2 M}{\partial \tau \partial \varphi} l_i \int_0^1 (\varphi'(\tau))^2\cdot\tau^2\cdot d\tau + \frac{1}{2}\frac{\partial^2 M}{\partial \varphi^2} l_i \int_0^1 (\varphi'(\tau))^3\cdot\tau^2\cdot d\tau = \qquad (6а)$$

$$k_{i,1}M + k_{i,2}\frac{\partial M}{\partial \tau} + (k^1{}_{i,3} + k^2{}_{i,3})\frac{\partial M}{\partial \varphi} + k_{i,4}\frac{\partial^2 M}{\partial \tau^2} + k_{i,5}\frac{\partial^2 M}{\partial \tau \partial \varphi} + k_{i,6}\frac{\partial^2 M}{\partial \varphi^2}.$$

где

$$k_{i,1} = \Delta\varphi_i; \qquad k_{i,2} = l_i \int_0^1 \varphi'(\tau)\cdot\tau\cdot d\tau; \qquad k^1{}_{i,3} = l_i \int_0^1 (\varphi'(\tau))^2\cdot\tau\cdot d\tau \qquad k^2{}_{i,3} = l_i \int_0^1 \varphi'(\tau)\cdot\varphi''(\tau)\cdot\tau^2\cdot d\tau;$$

$$k_{i,4} = \frac{1}{2} l_i \int_0^1 \varphi'(\tau)\cdot\tau^2\cdot d\tau; \qquad k_{i,5} = l_i \int_0^1 (\varphi'(\tau))^2\cdot\tau^2\cdot d\tau; \qquad k_{i,6} = \frac{1}{2} l_i \int_0^1 (\varphi'(\tau))^3\cdot\tau^2\cdot d\tau.$$

Для определении коэффициентов силового вектора $\overline{M}^2$необходимо совместно рассматривать равенство (6а) на шести подряд идущих участках [t_{i-7};t_{i-6}] - [t_{i-1};t_i]. С учетом величин работ движущих сил $A_{\partial(i-6)}$ - $A_{\partial(i)}$ на данных участках получаемая система уравнений имеет вид:

$$k_{i,1}M + k_{i,2}\frac{\partial M}{\partial\tau} + (k^1{}_{i,3} + k^2{}_{i,3})\frac{\partial M}{\partial\varphi} + k_{i,4}\frac{\partial^2 M}{\partial\tau^2} + k_{i,5}\frac{\partial^2 M}{\partial\tau\partial\varphi} + k_{i,6}\frac{\partial^2 M}{\partial\varphi^2} = A_{\partial(i)}.$$

$$\cdots$$

$$k_{i-6,1}M + k_{i-6,2}\frac{\partial M}{\partial\tau} + (k^1{}_{i,-63} + k^2{}_{i-6,3})\frac{\partial M}{\partial\varphi} + k_{i-6,4}\frac{\partial^2 M}{\partial\tau^2} + k_{i-6,5}\frac{\partial^2 M}{\partial\tau\partial\varphi} + k_{i-6,6}\frac{\partial^2 M}{\partial\varphi^2} = A_{\partial(i-6)}. \quad (6б)$$

Как и для модели порядка k=1, решение системы (6б) существует, если выполнено условия:

$$\left| det \begin{bmatrix} k_{11} & \cdots & k_{16} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ k_{61} & \cdots & k_{66} \end{bmatrix} \right| = |det_2| \geq \delta_2, \quad (6в)$$

где δ_2- достаточно малое положительное число.

В случае $|det_2| < \delta_2$ система (6б) не является информативной.

Очевидно, что модель второго порядка наиболее точно учитывает динамические особенности внешней нагрузки, приводимой к объекту управления. Она является оптимальной, т.е. наиболее содержательной при управлении мехатронными системами в сложных режимах движения, когда достаточно велики и скорости и ускорения. Однако на основании данных обратно связи она не всегда может быть построена и, соответственно, использована для управления. В этих случаях необходимо применять модели первого и нулевого порядков.

Такая система управления сочетает в себе следующие свойства адаптивных систем: самонастройку (расчет текущих параметров процесса управления) и самоорганизацию – изменение структуры управляющего алгоритма при смене порядка k модели внешней нагрузки.

Моделирование непрерывной траектории перемещения и расчет коэффициентов в уравнениях систем (4б), (5б), (6б)

Зависимости (4а), (5а), (6а) задают связь работ сил движущих на отдельных участках траектории с коэффициентами моделей внешней нагрузки порядков k=0,1,2.

В уравнения для силовых векторов входят интегралы от функции перемещения $\varphi(t)$. Однако данные обратной связи содержат только точечную информацию о данной траектории $\{P_i = (\varphi_i;\ t_i)\}$. Поэтому возникает задача оптимального с точки зрения адаптивного управления с прогнозированием внешней нагрузки интерполирования необходимых участков кривой $\varphi(t)$ по точечной информации $\{P_i = (\varphi_i;\ t_i)\}$.

Использование простейших сплайнов Лагранжа – отрезком, соединяющих последовательно расположенные точки $P_i = (\varphi_i;\ t_i)$, дает большие погрешности при расчете коэффициентов в уравнениях.

Исследования показали, что наиболее точным является явное задание кубических сплайнов на участках $t \in [t_{i-1};\ t_i]$ при помощи первых производных φ_{i-1}' и φ_i' в узлах P_{i-1} и P_i полиномов Эрмита [5]. Для того, чтобы не изменять форму сплайна и характеристики, рассчитываемые по нему, значения φ_i' предложено взять постоянными и равными: $\varphi_i' = \Delta\varphi_i / \Delta t_i$.

Обозначив длину участка $[t_{i-1};\ t_i]$ через l_i и введя на нем безразмерный параметр $\tau_{(i)} = (t - t_{i-1})/l_i$; сплайн $S_i(u_{(i)})$ можно представить в унифицированном виде:

$$\varphi(\tau_{(i)}) = \varphi_{i-1}\, h_1(\tau_{(i)}) + \varphi_i\, h_2(\tau_{(i)}) + \varphi_{i-1}'\, l_i\, h_3(\tau_{(i)}) + \varphi_i'\, l_i\, h_4(\tau_{(i)}), \qquad (7)$$

где

$h_1(\tau) = (1 - 3\tau^2 + 2\tau^3)$; $h_1(0) = 1$; $h_1(1) = 0$; $h_1'(0) = 0$; $h_1'(1) = 0$;

$h_2(\tau) = (3\tau^2 - 2\tau^3)$; $h_2(0) = 0$; $h_2(1) = 1$; $h_2'(0) = 0$; $h_2'(1) = 0$;

$h_3(\tau) = (\tau - 2\tau^2 + \tau^3)$; $h_3(0) = 0$; $h_3(1) = 0$; $h_3'(0) = 1$; $h_3'(1) = 0$;

$h_4(\tau) = (-\tau^2 + \tau^3)$; $h_4(0) = 0$; $h_4(1) = 0$; $h_4'(0) = 0$; $h_4'(1) = 1$.

Данное представление является наиболее удобным, поскольку для хранения таких сплайнов в данных задачи достаточно сохранять лишь значения первой производной траектории φ_i' в узловых точках.

Таким образом, на участке $[t_{i-1};\ t_i]$ зависимость $\varphi(\tau_{(i)})$ имеет вид:

$$\varphi(\tau_{(i)}) = \varphi_{i-1}(1 - 3\tau^2 + 2\tau^3) + \varphi_i\,(3\tau^2 - 2\tau^3) + \varphi_{i-1}'\, l_i\,(\tau - 2\tau^2 + \tau^3) + \varphi_i'\, l_i\,(-\tau^2 + \tau^3).$$

Обозначая $\Delta\varphi_i = \varphi_i - \varphi_{i-1}$, получим следующие выражения для производных:

$$\varphi'_t(\tau) = 6(\Delta\varphi_i)(\tau - \tau^2) + \varphi_{i-1}' l_i\,(1 - 4\tau + 3\tau^2) + \varphi_i' l_i\,(-2\tau + 3\tau^2);$$

$$\varphi''_t(\tau) = 6(\Delta\varphi_i)(1 - 2\tau) + 2(\varphi_{i-1}' l_i)(-2 + 3\tau) + 2(\varphi_i' l_i)(-1 + 3\tau).$$

Обозначим для краткости постоянные сомножители в производных через: $A = 6(\Delta\varphi_i)$; $B = \varphi_{i-1}'\, l_i$; $C = \varphi_i'\, l_i$.

При этом:

$\varphi'_t(\tau) = A(\tau - \tau^2) + B\,(1 - 4\tau + 3\tau^2) + C(-2\tau + 3\tau^2)$;

$\varphi''_t(\tau) = A(1 - 2\tau) + 2B\,(-2 + 3\tau) + 2C(-1 + 3\tau)]$.

Подставляя данные обозначения величин производных в интегралы, входящие в уравнения для компонент силовых векторов, получим следующие выражения для коэффициентов линейных уравнений для расчета силового вектора:

1) $k_{i,1} = \Delta\varphi_i$;

2) $k_{i,2} = l_i\,[A - B + C]/2$;

3) $k_{i,3}^1 = l_i \cdot [A^2 + 2B^2 + 6C^2 - 2AB - 2BC]/60 = l_i \cdot D/60$,

где: $D = [A^2 + 2B^2 + 6C^2 - 2AB - 2BC]$;

4) $k_{i,3}^2 = l_i\,[-A^2 - 2B^2 + 24C^2 + 2AB + 2BC]/60 = 0.5\, l_i C^2 - k_{i,3}^1$,

5) $k_{i,4} = l_i\,[1{,}5A - 2B + 3C]/60$;

6) $k_{i,5} = l_i \cdot [2A^2 + 4B^2 + 18C^2 - 5AB + 2AC - 6BC]/210 = l_i \cdot$

7)$[2D + 6C^2 - AB + 2AC - 2BC]/210$;

$$k_{i,6} = l_i \cdot [5A^3 - 12B^3 + 150C^3 - 18A^2B + 27AB^2 + 45AC^2 + 18B^2C - 72BC^2 - 18ABC]/5040. \qquad (8)$$

Найденные выражения позволяют рассчитывать коэффициенты в линейных уравнениях относительно компонент силового вектора модели внешней нагрузки требуемого порядка *k*.

Значения коэффициентов $k_{i,1}$ - $k_{i,6}$ (8) автоматически рассчитываются системой управления по кинематическим данным $\{P_{i-1} = (\varphi_{i-1};t_{i-1}); P_i = (\varphi_i;t_i); \varphi_{i-1}'; \varphi_i'\}$, получаемым после прохождения очередной точки траектории P_i.

Заключение. Рассмотрена беспоисковая ААСУ с прогнозированием внешней нагрузки, которая является эффективной при управлении одностепенными мехатронными системами в случае недетерминированных технологических процессов, свойственных сельскохозяйственным производствам.

На основании принятой модели внешней нагрузки $M_c(t;\varphi(t))$, принципа Даламбера и закона сохранения механической энергии выведены уравнения, связывающие коэффициенты силовых векторов $\overline{M}^0, \overline{M}^1, \overline{M}^2$ моделей порядков k = 0,1,2 с энергетическими и кинематическими данными обратной связи. Рассмотрено решение получаемых систем уравнений.

Отдельно рассмотрена проблема расчета коэффициентов в уравнениях систем (4б), (5б), (6б), заключающаяся в том, чтобы наиболее точно найти кинематические интегральные характеристики по точечным кинематическим данным. Изложено решение данной проблемы при помощи кубических сплайнов на отдельных участках траектории, представленных в виде полиномов Эрмита.

Заключение. Таким образом, ААСУ на основе принципа прогнозирования внешней нагрузки, являясь беспоисковой по способу реализации основных функций адаптивности, позволяет одновременно реализовывать самонастройку системы (расчет текущих значений коэффициентов силового вектора $\overline{M}^k$ заданного порядка k) и её самоорганизацию систем путем изменения порядка k модели внешней нагрузки.

Разработанные математические методы являются основой практического применения прогнозирования внешней нагрузки при адаптивном управлении недетерминированными технологическими процессами.

Список источников

1. Нестеров С. А. Адаптивные системы управления: Конспект лекций. — СПб.: Факультет технической кибернетики СПбГПУ, 2005. — 90 с., ил.

2. Гданский Н.И., Карпов А.В., Марченко Ю.А. Адаптивное моделирование внешней нагрузки в недетерминированных системах на основе прогнозирования. Вестник Московского государственного университета приборостроения и информатики. Серия: Приборостроение и информационные технологии. 2012. № 38. С. 13-20.

3. Ильин В. А., Садовничий В. А., Сендов Б. Х. Математический анализ, ч. 1, изд. 3, ред. А. Н. Тихонов. М.: Проспект, 2004

4. Сивухин Д. В. Общий курс физики.—М.: Наука, 1979.— Т.I. Механика. с.123—147, 520с.

5. Роджерс Д., Адамс Дж. Математические основы машинной графики. — М.: Мир, 2001. — 604 с. — ISBN 5-03-002143-4.

© Гданский Н.И., Карпов А.В., 2023

Научная статья
УДК 620.92

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ПРИ ПАСТБИЩНОМ ЖИВОТНОВОДСТВЕ

Герасимова Ольга Александровна[1], Иванова Тамара Александровна[2], Иванов Сергей Иванович[3]

[1,2,3]Великолукская государственная сельскохозяйственная академия, г. Великие Луки, Псковская область, Россия
[1]olga-gerasimova311@rambler.ru, http://orcid.org/0000-0003-1583-7527
[2,3]ivanov7891@mail.ru http://orcid.org/ 0009-0009-8804-9733

Аннотация. Животноводческие хозяйства играют ключевую роль в обеспечении населения питательными продуктами, но их содержание требует значительных затрат. Особенно важны затраты на электроэнергию, так как многие необходимые механизмы функционируют благодаря ей. В условиях содержания животных на пастбищах, нестабильное состояние топливно-энергетического комплекса может негативно сказываться на производственных процессах из-за перебоев и нарушений в поставках электричества и тепловой энергии для хозяйств. Мелкие производители могут получить реальную поддержку благодаря использованию альтернативных источников энергии. В странах Европы это направление активно развивалось в 70-80-е годы прошлого века. В нашей стране, где имеются значительные запасы ископаемых энергоресурсов, таких как нефть, газ, геотермальные источники и др., интерес к развитию альтернативных источников появился только в последние годы из-за уменьшения запасов природных энергоресурсов.

Ключевые слова: животноводство, альтернативные источники энергии, биоустановка, пастбище.

Для цитирования: Герасимова О.А. Использование нетрадиционных источников энергии при пастбищном животноводстве / О.А. Герасимова, Т.А. Иванова, С.И. Иванов // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-технической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

THE USE OF UNCONVENTIONAL ENERGY SOURCES IN PASTURE ANIMAL HUSBANDRY

Gerasimova Olga Alexandrovna[1], Ivanova Tamara Alexandrovna[2], Ivanov Sergey Ivanovich[3]

[1,2,3]Velikiye Luki State Agricultural Academy, Velikiye Luki, Pskov Region, Russia

[1]olga-gerasimova311@rambler.ru, http://orcid.org/0000-0003-1583-7527

[2,3]ivanov7891@mail.ru http://orcid.org/ 0009-0009-8804-9733

Annotation. Livestock farms play a key role in providing the population with nutritious products, but their maintenance requires significant costs. Electricity costs are especially important, since many of the necessary mechanisms function thanks to it. In conditions of keeping animals on pastures, the unstable state of the fuel and energy complex can negatively affect production processes due to interruptions and disruptions in the supply of electricity and thermal energy for farms. Small producers can get real support through the use of alternative energy sources. In Europe, this direction was actively developing in the 70-80-ies of the last century. In our country, where there are significant reserves of fossil energy resources, such as oil, gas, geothermal sources, etc., interest in the development of alternative sources has appeared only in recent years due to a decrease in reserves of natural energy resources.

Keywords: animal husbandry, alternative energy sources, bio-installation, pasture.

For citation: Gerasimova O.A. The use of unconventional energy sources in pasture animal husbandry / O.A. Gerasimova, T.A. Ivanova, S.I. Ivanov // Improving the efficient operation of electrical equipment in agriculture: Materials of the International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko / Edited by S.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. В Северо-Западном регионе наиболее актуальными направлениями использования нетрадиционных источников энергии являются солнечная энергия, энергия ветра, биоэнергия и энергия малых водных источников. Особое внимание следует уделить биоэнергии, поскольку на отдельных животноводческих фермах и прилегающих жилых объектах можно осуществить локальное производство электроэнергии, тепло, удобрений, обеспечивая при этом полное соблюдение экологических стандартов. В сложившейся ситуации развитие малой энергетики представляется одним из наиболее перспективных решений [1].

Для малых животноводческих хозяйств, особенно занимающихся пастбищным скотоводством, критически важно иметь возможность одновременного производства электроэнергии и тепла. Кроме того, в животноводческих отраслях, тесно связанных с производством кормовых растений, необходимо развивать более продвинутые методы утилизации отходов животноводства для производства экологически чистых органических удобрений, свободных от вредных примесей, таких как яйца гельминтов и семена сорной растительности.

Вопрос использования биоэнергии становится все более актуальным как за рубежом, так и в странах СНГ, где активно внедряются технологии переработки биомассы методом анаэробного расщепления.

Во время процесса анаэробного расщепления микроорганизмы способны производить энергию из углеродсодержащих соединений, не требуя кислорода. В результате этого процесса образуется метан (CH_4), углекислый газ (CO_2) и другие сопутствующие газы (водород, кислород, аммиак, сероводород и т. д.). Полученная смесь газов называется биогазом. При анаэробном методе метанового расщепления навоза, решаются следующие важные задачи, особенно актуальные для условий пастбищных хозяйств [2]:

- процесс производства биогаза, где даже неочищенный от посторонних веществ биогаз, обладает высоким уровнем энергетической ценности, составляющей 20…25 МДж/м^3;
- при анаэробном метановом сбраживании навоза достигается положительный экологический эффект, так как процесс обеспечивает его дезодорацию, дегельминтизацию и устранение способности семян сорных растений к всхожести, а также превращение удобрительных веществ в легкоусвояемую растениями минеральную форму;
- происходит производство органических удобрений высокой эффективности, в результате которого питательные вещества для растений, такие как азот, фосфор и калий, практически не теряются.

Материалы и методы. Некоторые из важных принципов новой энергетической стратегии включают развитие нетрадиционных сфер энергообеспечения. Одной из успешно развивающихся областей является солнечная энергетика. В 2010 году в мире были построены солнечные электростанции общей мощностью 27,2 ГВт. Российское Агентство [3] по солнечной энергетике активно работает над коммерциализацией инновационных российских технологий солнечной энергии. Солнечная энергия является самым большим, дешевым, и в то же время наименее используемым источником энергии. С помощью гелиоустановок солнечную радиацию легко преобразить в тепловую или электрическую энергию, которая будет удобна для повседневного использования. К краю 1980-х годов в бывшем СССР были в эксплуатации солнечные установки горячего водоснабжения общей площадью 150 тыс. м^2, а производство солнечных коллекторов достигало 80 тыс. м^2 в год.

В России была создана законодательная база для использования НВИЭ. Например, закон "Об энергосбережении" (1996 г.) устанавливает правовые основы для применения электроэнергетических установок на НВИЭ. Другим примером является закон, принятый Государственной Думой и Советом Федерации, "О государственной политике в области использования нетрадиционных источников энергии", который устанавливает минимальные допустимые экономические и организационные основы развития данной области. В настоящее время доля ветроэнергетики в общем объеме производства электроэнергии ничтожно мала. Однако в ближайшие годы ситуация с ветроэнергетикой должна измениться в лучшую сторону [1].

Результаты исследования. Биоустановка (рисунок 1) состоит из нескольких компонентов и процесс осуществляется следующим образом: навозные стоки, влажностью 90…93%, используются в качестве исходного сырья и поступают в сборник, оборудованный мешалкой-гомогенизатором, где их доводят до однородной консистенции и заданной кислотности.

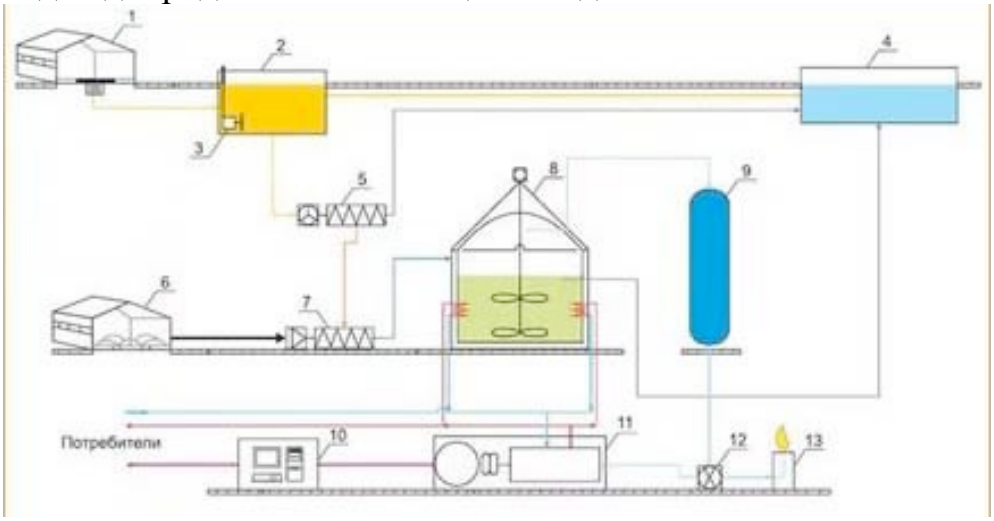


Рисунок 1 – Схема технологического процесса получения биогаза
1-ферма КРС; 2,3- накопитель с измельчителем; 4- лагуна; 5-сепаратор; 6-хранилище твёрдого навоза; 7-загрузчик метантенка; 8-метантенк (биореактор) с газгольдером; 9-газовое хранилище с очистителем и конденсатоотводником; 10-пульт управления; 11-когенерационная установка; 12,13-компрессор и устройство безопасности.

Сложившиеся биоустановки, наряду с гидро-, солнечными и ветровыми электростанциями, становятся все более популярными в области энергетики. Одним из инновационных решений в области альтернативных источников энергии стало использование тепла, выделяемого при сгорании биомассы. Принцип работы биогазовой установки (рисунок 2) довольно прост, но в создании оборудования используются передовые технологии.

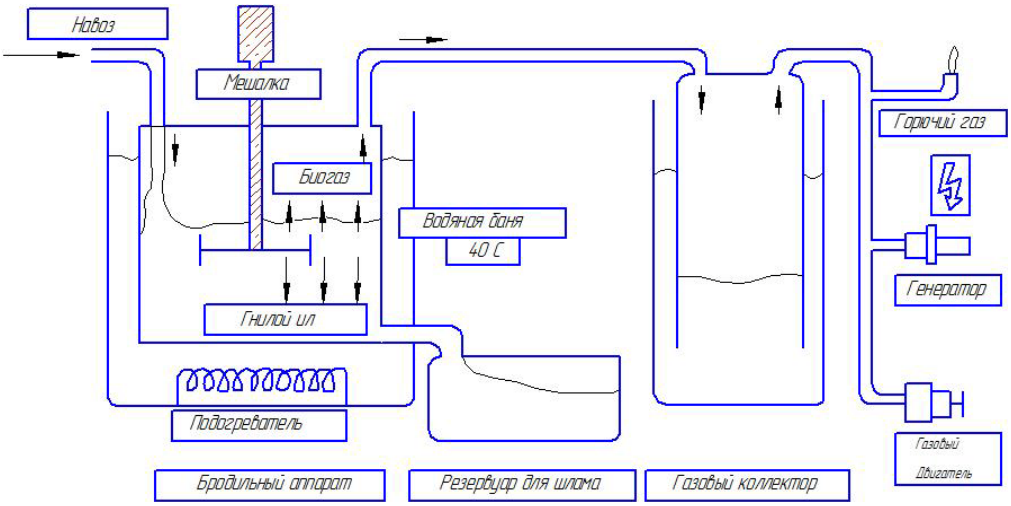


Рисунок 2 – Принципиальная схема биогазовой установки

Первоначальный материал проходит через теплообменник-утилизатор, где он подогревается и затем направляется в изолированный бродильный

аппарат, который также известен как метантенк. Этот аппарат оборудован мешалкой и подогревателем, которые обеспечивают необходимую температуру для разложения биомассы в процессе брожения.

Во время анаэробного брожения, только 47% органических веществ в навозе находится в стадии разложения. Удельный энергопотребление для производства 1 $м^3$ биогаза при мезофильном режиме составляет около 3,7 $кВт·ч/м^3$. Время обработки навоза при мезофильном режиме составляет до 20 суток (в термофильном режиме – 5…8 суток, так как метантенк имеет гораздо меньший объем в таком режиме) [4].

Заключение. При производстве электроэнергии из биогаза, только 30% энергии превращается в электрический ток, остальная часть становится отбросной теплотой. Однако эту теплоту можно использовать для поддержания определенной температуры в биореакторах (метантенках), для нагрева воды на технические цели в скотных дворах, теплицах, сушилках, а также для регулирования микроклимата в помещениях животноводческих хозяйств.

Для предотвращения перебоев и колебаний в электроснабжении потребителей, можно использовать систему бесперебойного электропитания, которая включает в себя накопитель электроэнергии в форме электрохимических аккумуляторов.

Список источников

1. Шахов В.А. Энергосберегающая технология заготовки естественного льда на молочных фермах / В.А. Шахов, В.И. Квашенников, Г.С. Коровин // Научное обозрение. – 2015. – №1. С.17-22.

2. Квашенников В.И. Анализ процесса охлаждения простейшими емкостными охладителями при использовании природного холода на малых фермах / В.И. Квашенников, В.А. Шахов, Козловцев А.П., Панин А.А. , Г.С. Коровин, М.И. Попова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2016. – №1. – С. 92 - 95.

3. Козловцев А.П. Система аккумулирования и использования природного холода годовой потребности и результаты исследования ее функционирования//А.П. Козловцев, В.А. Шахов, М.Б. Фомин, В.И. Квашенников, М.И. Попова, Д.В. Портнов, З.В. Макаровская / Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 3 (89). – с. 177-181. DOI 10.37670/2073-0853-2021-89-3-177-181.

4. Андреев С.В. Солнечные электростанции.- М.: Наука, 2002. Байков А.И. Моделирование ветроэлектростанции / А.И.Байков, А.Б. Даренков, Е.Н. Соснина, Том 89.-№3.-с.161.

© Герасимова О. А., Иванова Т. А., Иванов С. И. 2023

Научная статья
УДК 631.3

ИННОВАЦИИ В ЖИЗНИ

Сулейман Сапаргелдиевич Гурбанов[1], Аширмат Аннаев[2]
[1,2]Туркменский сельскохозяйственный институт г. Дашогуз, Туркменистан
[1]osmanhansapargeldiyew@gmail.com https://orcid.org/0009-0002-0865-5207
[2]annayevtohi@gmail.com https://orcid.org/0009-0005-0099-7597

Аннотация. В данной статье мы рассмотрели создание теоретических положений, методов и средств обеспечения эффективного функционирования электроустановок в сельскохозяйственном производстве за счет их правильного комплектования, новых технических решений и рациональной эксплуатации.
Ключевые слова: эксплуатация, источники энергии, специалисты, эффективность, устойчивость, технические средства, электрические машины, модификация, электроснабжение.
Для цитирования: Гурбанов С.С. Инновации в жизни / С.С. Гурбанов, А. Аннаев // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-технической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

INNOVATION IN LIFE

Suleyman Sapargeldiyevich Gurbanov[1], Ashirmat Annayev[2]
[1,2]Turkmen agricultural institute, Dashoguz, Turkmenistan
[1]osmanhansapargeldiyew@gmail.com
[2]annayevtohi@gmail.com

Abstract. In this article, we examined the creation of theoretical principles, methods and means of ensuring the effective functioning of electrical installations in agricultural production through their correct configuration, new technical solutions and rational operation.
Keywords: operation, energy sources, specialists, efficiency, sustainability, technical means, electrical machines, modification, power supply.
For citation: Gurbanov S.S. Innovation in life / S.S. Gurbanov, A. Annayev // Improving the efficient operation of electrical equipment in agriculture: materials International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko / Ed. S.M. Bakirov - Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Современное сельское хозяйство на сегодняшний день невозможно представить без полной электрификации и применения систем автоматизации промышленных процессов.

Освоено в программе экономического и социального развития нашей страны, дальнейшего совершенствования работы всех отраслей народного хозяйства одно из важных мест принадлежит развитию сельского хозяйства, решению продовольственной программы. Здесь особую роль играет электрификация сельскохозяйственного производства. Без решения этой задачи на современном этапе невозможно механизировать и автоматизировать технологические процессы, поднять производительность труда и благоустроить быт сельских тружеников [1].

В настоящее время эффективность сельскохозяйственного производства напрямую связана с эффективностью функционирования электроустановок. Современные электроустановки эксплуатируются в условиях низкого качества электроэнергии, недостаточной надежности электроснабжения, отсутствия или некачественной работы электротехнических служб.

Для дальнейшего развития и повышения эффективности сельского хозяйства в ряде районов страны электроэнергия применяется для теплоснабжения объектов производственного назначения; общая мощность электроустановок достигает 400 кВт в одном пункте. С возрастанием роли электроэнергии и електрооборудовани в сельскохозяйственном производстве повышается значение надежности электроснабжения как способности электрической сети в любой момент обеспечить электроэнергией присоединенных к ней потребителей.

Материалы и методы. Электронные инновации имеют возможность значительно увеличить производственные мощности, следовательно, и объемы продаж сельскохозяйственной продукции, что сказывается на чистой прибыли предприятий всего промышленного комплекса. Президент Туркменистана Сердар Бердымухамедов говорит об осуществлении постепенного перехода от автоматизации отдельных производственных процессов и операций к полной автоматизации цехов и качественной модернизации предприятий в сельском хозяйстве [2].

Так же электрификация сельскохозяйственного производства является одним из основных направлений аграрной политики, и в принятиях успешного решения задач работники сельского хозяйства проводят большую работу.

Внедряемое электрооборудование и автоматизация производственных процессов позволят высвободить большое число работников, занятых в сельском хозяйстве, при одновременном повышении качества продукции, работы агрегатов и установок. Автоматизация и механизация сельского хозяйства повышают производительность труда, а также способствуют увеличению производства сельскохозяйственной продукции в целом. Эти процессы тесно связаны с применением индустриальной технологии производства в сельском хозяйстве, совершенствованием планирования и управления [3].

Чтобы решить постановленные задачи, наше сельское хозяйство планомерно переоснащается современным оборудованием в настоящее время в сельском хозяйстве применяются синхронные и асинхронные электрические

машины. Синхронные машины используются, как правило, в качестве генераторов переменного тока на электростанциях, а асинхронные - в качестве электродвигателей. Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором является основным и по существу единственным типом электродвигателя для привода машин и механизмов в сельском хозяйстве.

Электрический привод агрегатов, установок и поточных линий является основной, на которой базируется комплексная электро-механизация всех стационарных процессов. Последные годы отечественная промышленность поставляет электродвигатели специальной сельскохозяйственной серии, разнообразную пускозащитную аппаратуру и комплектные шкафы управления электропроводами. В настоящее время около 60% электрической энергии, расходуется на ставшее уже традиционным электроосвещение производственных и бытовых помещений, искусственное облучение животных и птицы, а также растений в теплицах. Для этих целей создаются многочисленные источники видимого, инфракрасного и ультрафиолетового излучения, специальная техника и аппаратура управления к ним [4].

Современные технические средства автоматики могут использоваться в полной мере на специализированных животноводческих комплексах, птицефабриках тепличных комбинатах, где производство основано на промышленной основе. Последная время на современных птицефабриках должны применяться полностью автоматизированные инкубаторы, где автоматически поддерживаются постоянная температура и влажность воздуха. Птичники оборудуют автоматическими установками искусственного освещения, которые продлевают световой день. Корм птицы также получают из автоматизированных кормушек.

В животноводческих помещениях автоматически обеспечивается оптимальный микроклимат. На большинстве животноводческих ферм полностью автоматизированы системы водоснабжения, вентиляции и отопления помещений. Использование автоматизированных систем вентиляции в овощах и плодохранилищах позволяет резко уменьшить потери сельскохозяйственной продукции при хранении, в этом большой роль играйет различные электрической установки.

Как мы все знаем, в сельское хозяйство электрических сетей, систем водоснабжения и орошения большую роль играет телемеханика, позволяющая управлять работой машин на расстоянии. С ее помощью один человек может включать и выключать все дождевальные установки на сельскохозяйственных полях - все одновременно или каждую отдельно, как того требует ситуация; менять режим работы установок искусственного климата в теплицах и помещениях животноводческих ферм; включать и отключать отдельные линии в сетях электроснабжения; регулировать вентиляцию и тепловой режим овощехранилищ [5].

Результаты исследования. День за днем, наше сельское хозяйство постоянно оснащается новейшей техникой. Это различные электрические водонагреватели и котлы, электрокалориферы, обогреватели для молодняка

животных и птицы, холодильные установки, электросварочное оборудование и термические печи с единичной установленной мощностью от 0,60 до150 кВт и выше.

К электромонтерам, обслуживающим электроустановки в сельской местности, предъявляются требования значительного повышения уровня знаний и существенного совершенствования эксплуатации электроустановок. В настоящее время практически всю электроэнергию колхозы и совхозы, другие сельскохозяйственные предприятия получают от энергосистем через центры питания подстанции с высшим напряжением, в основном 35 и 110 кВ.

В последние годы существенно изменился характер сельскохозяйственного производства. На современных животноводческих и птицеводческих предприятиях, особенно на крупных фермах и комплексах, появились новые потребители электроэнергии, например, установки для обеспечения микроклимата в помещениях. Для сельскохозяйственных потребителей производственного назначения нормы ограничивают длительность одного перерыва электроснабжения, а также общую длительность всех перерывов за год с учетом не только аварийных, но и плановых отключений, необходимых для ремонтов, профилактических испытаний и других работ [6].

Электроводонагреватели и электрокалориферы следует применять только промышленного изготовления. При этом водонагреватели электродного типа должны обеспечиваться блокировкой, исключающей возможность открытия водозаборного крана при включенном водонагревателе.

Кроме того, в электрических сетях сельскохозяйственного назначения повсеместно применяется, как правило, напряжение 220 и 380 в по четырехпроводной системе с глухозаземленной нейтралью. В нормальном режиме напряжение между любым из проводов сети и землей не превышает фазного, т. е. 220 В. Заземление нейтрали и соединение с ней металлических частей оборудования исключают возможность повышения напряжения линейных проводов относительно земли. Применение системы напряжения 380/220. В обусловлено необходимостью одновременного питания трехфазных двигателей на напряжении 380. В и однофазных токоприемников на напряжении 220 (двигателей, осветительных ламп, бытовых электроприборов и т. п.) от одного и того же трансформатора [7].

Статья заключается в разработке методологических принципов и методов комплексного решения задач повышения эффективности сельскохозяйственных электроустановок и включает:

методический подход оптимизационного синтеза структур электроустановок;

теоретические положения определения технико-экономических показателей электроустановок;

новые технические средства повышения эффективности функционирования электроустановок;

метод определения оптимальных параметров электрической сети с учетом взаимодействия динамических систем нагрузок с источниками энергии;

новые теоретические и экспериментальные результаты исследований асинхронного электропривода в режиме динамического торможения [8].

Заключение. Высоко квалифицированные преподаватели Туркменского сельскохозяйственного института обучают своих студентов, будущих специалистов сельского хозяйства, используя новейшие достижения в области электрификации и автоматизации в сельскохозяйственном производстве, а также гидромелиорации. Им предстоит большая и интересная работа в модернизированном АПК и, чтобы добиваться высокого роста производительности во всех отраслях, они должны знать и успешно применять на практике инновационные технологии. Так мы сможем подготовить достойных высокообразованных специалистов села, которые внесут свой вклад в выполнение задач, поставленных Президентом Туркменистана Сердаром Бердымухамедовым перед работниками сельского хозяйства, добьются изобилия продовольственных товаров и обеспечат процветание нашей страны в эпоху названный годом «Кладезь разума Махтумкули Фраги».

Список источников

1. Прищев, П.А.Филатов, Электрические приводы и применение электрической энергии в сельском хозяйстве. А.1971 г.

2. Электрофикация сельскохозяйственного производства М-Колос - 1964г.

3. Кирсанов В.В., Иванов В.В. Электрификация сельскохозяйственного производства - М. Колос 1980 г.

4. В.А.Воробьев. Практикум по электрооборудованию животноводческих ферм. Москва Высшая школа 1980 г.

5. Колотцев А.П., Кондратьева Н.П. и др. Электропривод и электрооборудование - М. Колос, 2008 г.

6. Востриков А.С. Теория автоматического регулирования. Учебное пособие для вузов.

7. Пашков Е.В., Осинский Ю.А. Четверкин А.А., Электропневмоавтоматика в производственных процессах.

8. Правила применения и испытания средств защиты, используемых в электроустановках. — 7-е изд. М.: Энергоатомиздат, 1983.

9. Андриевский Е. Н. Эксплуатация оборудования электросетей в сельской местности. М.: Энергия, 1980.

© Гурбанов С.С, Аннаев А., 2023

Научная статья
УДК 621.3.076.5

УСПЕХИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Гылыжов Голбай Хожахмедович[1], Матдурдыев Баймырат Акмырадович[2]
[1,2]Туркменский сельскохозяйственный институт г. Дашогуз, Туркменистан
[1]gylyjowgolbay@gmail.com https://orcid.org/0009-0009-8146-5769

Аннотация. Сельскохозяйственные предприятия могут столкнуться с высокими затратами на электроэнергию. Использование электрических систем и оборудования может потреблять большое количество энергии, что приводит к высоким счетам за электричество. Это может быть особенно проблематично для малых и средних сельскохозяйственных предприятий с ограниченными финансовыми ресурсами. В целом, вызовы и проблемы электроэнергетики в сельском хозяйстве требуют внимания и решения.
Ключевые слова: электроэнергия, технологические процессы, результаты, эффективность, устойчивость, надежность, электрические машины, модификация, электроснабжение.
Для цитирования: Гылыжов Г.Х. Успехи электроустановок в сельском хозяйстве/Г.Х.Гылыжов//Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-технической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

SUCCESS OF ELECTRICAL INSTALLATIONS IN AGRICULTURE

Gylyjov Golbay Hojaahmedovich[1], Matdurdyyev Baymyrat Akmyradovich[2]
Turkmen agricultural institute, c.Dashoguz, Turkmenistan
[1]gylyjowgolbay@gmail.com https://orcid.org/0009-0009-8146-5769

Abstract. Agricultural businesses may face high energy costs. Using electrical systems and equipment can consume large amounts of energy, resulting in high electricity bills. This can be especially problematic for small and medium-sized agricultural enterprises with limited financial resources. In general, the challenges and problems of electricity in agriculture require attention and solutions.
Keywords: electricity, technological processes, results, efficiency, stability, reliability, electrical machines, modification, power supply.
For citation: Gylyjov G.H. Success of electrical installations in agriculture/G.H.Gylyjov//Improving the efficient operation of electrical equipment in agriculture: materials International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko / Ed. S.M. Bakirov - Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. В программе экономического и социального развития нашей страны, дальнейшего совершенствования работы всех отраслей народного хозяйства одно из важных мест принадлежит развитию сельского хозяйства, решению продовольственной программы. Здесь особую роль играет электрификация сельскохозяйственного производства.

Без решения этой задачи на современном этапе невозможно механизировать и автоматизировать технологические процессы, поднять производительность труда и благоустроить быт сельских тружеников. Перед сельскими энергетиками стоят задачи дальнейшего повышения надежности, обеспечения бесперебойного электроснабжения объектов сельского хозяйства.

В первую очередь это достигается обеспечением резервного питания электроэнергией потребителей и внедрением автоматизации электрических сетей. В настоящее время практически всю электроэнергию колхозы и совхозы, другие сельскохозяй предприятия получают от энергосистем через центры питания подстанции с высшим напряжением, в основно 35 и 110 кВ. Характерной особенность электрических сетей в сельской местности, в первую очередь распределительных сетей напряжением 6-10 кВ, является их разветвленность и значительная (до нескольких десятков километров) протяженность магистральных участков линий электропередачи, обусловленные ограниченностью количества центров питания и необходимостью электроснабжения каждого населенного пункта, вплоть до самого удаленного. К каждой линии 6-10 кВ подключены, как правило, несколько, а в некоторых случаях несколько десятков трансформаторных подстанций 6-10/0,38 кВ.

Другая особенность –электроснабжение сельскохозяйственных потребителей осуществляется в основном по воздушным линиям (ВЛ) электропередачи в условиях отсутствия в большинстве случаев хороших подъездных путей и проездов вдоль трасс, крайней ограниченности транспорта повышенной проходимости. Значительная часть сельскохозяйственных потребителей получает электроэнергию по радиальным линиям.

Значительная часть сельскохозяйственных потребителей получает электроэнергию по радиальным линиям. В последние годы существенно изменился характер сельскохозяйственного производства. На современных животноводческих и птицеводческих предприятиях, особенно на крупных фермах и комплексах, появились новые потребители электроэнергии, например установки для обеспечения микроклимата в помещениях.

Материалы и методы. Для дальнейшего развития и повышения эффективности сельского хозяйства в ряде районов страны электроэнергия применяется для теплоснабжения объектов производственного назначения; общая мощность электроустановок достигает 400 кВт в одном пункте. С возрастанием роли электроэнергии в сельскохозяйственном производстве повышается значение надежности электроснабжения как способности электрической сети в любой момент обеспечить электроэнергией присоединенных к ней потребителей. Для сельскохозяйственных потребителей

производственного назначения нормы ограничивают длительность одного перерыва электроснабжения, а также общую длительность всех перерывов за год с учетом не только аварийных, но и плановых отключений, необходимых для ремонтов, профилактических испытаний и других работ.

В частности, длительность плановых отключений не должна превышать 3,5 ч. При этом плановые отключения не допускаются в часы работы электрифицированных доильных установок. электроустановок. В электротехнические службы совхоза или колхоза являются безотказная работа электроустановок и электрифицированного оборудования и надежное электроснабжение всех объектов и токоприемников хозяйства. Это должно решаться электротехническим персоналом в условиях четкой деловой взаимосвязи с предприятием электрических сетей и органами. Для учета находящегося в эксплуатации оборудования, организации и учета выполняемых работ в электротехнической службе должна храниться следующая техническая документация: схема электроснабжения всех объектов хозяйства и журнал учета источников электроснабжения и линий электропередачи, состоящих на балансе хозяйства; журналы учета электрооборудования, внутренних осветительных и силовых проводок, протоколы испытаний изоляции электрооборудования и измерения сопротивлений заземляющих устройств; журнал учета отключений и перерывов в подаче электроэнергии; акты расследования причин выхода из строя электрооборудования; акты ввода электроустановок в эксплуатацию; журнал телефонограмм и журнал учета вызовов электромонтеров на устранение повреждений. Сельскохозяйственные предприятия и организации осуществляют функции заказчика по проектированию и строительству трансформаторных подстанций 6-20 кВ и внутриплощадочных сетей 0,38 кВ; по объектам мелиорации – функции заказчика по проектированию подстанций и линий электропередачи напряжением 35 кВ и выше, а также функции заказчика по проектированию и строительству линий и подстанций других напряжений. При эксплуатации внутренних проводок обслуживающий персонал должен обеспечить надежную работу проводок, щитков, предохранителей, выключателей и осветительной арматуры. Аппараты управления (рубильники, выключатели, контакторы, магнитные пускатели и т. п.) устанавливают в цепи каждого токоприемника, а также в узловых пунктах сети, где повседневно потребители включаются под нагрузку. Исключением являются токоприемники малой мощности (с аппаратом защиты до 15 А) и переносные мощностью до 0,5 кВт, включаемые в сеть с помощью штепсельных розеток.

Светильники являются осветительными приборами, состоящими из источника света и осветительной арматуры и предназначенными для освещения объектов, расположенных не далее, чем в 20-30 м от источника света. Светильники выбирают, исходя из условий окружающей среды, экономичности, долговечности и безопасности обслуживания. Так, в сухих, незапыленных и неопасных в отношении взрыва помещениях к конструкциям светильников дополнительных требований не предъявляется; в сырых и особо

сырых помещениях следует применять полугерметические светильники с раздельным вводом проводов, а в пыльных помещениях – закрытые уплотненные светильники.

Светильники классифицируются, но характеру светораспределения, целевому назначению, способу установки и т. п. При выращивании рассады овощей, в основном помидоров и огурцов, широко применяется искусственное освещение. Для этого используются зеркальные лампы накаливания, люминесцентные лампы типа ЛБ, ДРЛ, ксеноновые лампы большой мощности. Наибольшее распространение получили при освещении теплиц наиболее экономичные – люминесцентные лампы. Люминесцентные лампы включают группами по 10-15 ламп на специальных рамках, изготовленных из сухого пропитанного олифой прочного дерева. Электрическую проводку выполняют проводом с полихлорвиниловой изоляцией. Для удлинения светового дня, что способствует увеличению яйценоскости птицы, также используется дополнительное электрическое освещение. При этом могут применяться лампы накаливания мощностью 60-100 Вт с высотой подвеса 2 м и расстоянием между лампами 3 м. С тем, чтобы дать птицам время разместиться на насестах, лампы на ночь включают постепенно, используя следующие способы: выключение света «миганием», т. е. периодическим включением и отключением; выключение части ламп (50-70 %) на некоторое время с последующим выключением остальных ламп; выключение света с помощью реостата. В настоящее время изменение освещенности в птичниках программируется н автоматизируется.

Результаты исследования. Электрический свет используется для борьбы с насекомыми-вредителями полей, садов и огородов (светоловушки), а также при полевых работах в ночное время. Ультрафиолетовые излучения, источником которых в природных условиях является солнце, играют важную роль в биологических процессах. Их недостаток отрицательно сказывается на состоянии людей и животных. Природная ультрафиолетовая недостаточность может быть компенсирована излучениями искусственных источников. Различают несколько методов генерирования ультрафиолетовых излучений: метод температурного излучения, который используется в лампах накаливания; метод генерирования излучений через находящиеся в электрическом поле газы и пары металлов, который используется в ртутных и других газоразрядных лампах; метод генерирования излучений люминесценцией, который применяется, например, в эритемных и бактерицидных лампах.

Заключение. Инфракрасные излучения являются результатом теплового излучения. Поэтому в качестве искусственных источников инфракрасных лучей могут использоваться любые тела, нагретые до высокой температуры. Примером источника этих излучений является обычная лампа накаливания, которая, как указывалось, превращает в тепловые потери до 70 % всей потребляемой ею энергии. На практике наибольшее распространение получили специальные лампы накаливания – термоизлучатели, Водонагревательные установки используют для автоматического поения животных, получения теплой воды для

ухода за животными, обеспечения горячей водой различных производственных помещений и бытовых нужд. В птицеводстве нашли применение сравнительно простые способы получения теплоты. Для увеличения яйценоскости кур питьевая вода подогревается до 20 °С с помощью лампы накаливания, которую помещают в жестяной цилиндр, устанавливаемый в воду автопоилки, или автоматического подогревателя. Применение специальных обогреваемых насестов приводит к уменьшению потребления курами пищи, так как уменьшаются затраты энергии на излучение теплоты телом. Обогреваемый насест выполняют в виде газовой трубы с помещенным внутри проволочным нагревателем.

Список источников

1. Андриевский Е.Н. Эксплуатация оборудования электросетей в сельской местности. – М.: Энергия, 1980.

2. Андриевский Е.Н. Секционирование и резервирование сельских электросетей. – М.: Энергоатомиздат, 1983.

3. Справочник по строительству электрических сетей 0,38-35 кВ/Под ред. Д. Т. Комарова. – М.: Энергоиздат, 1982.

4. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. – 4-е изд. – М.: Энергоатомиздат, 1986.

5. Правила применения и испытания средств защиты, используемых в электроустановках. – 7-е изд. –М.: Энергоатомиздат, 1983.

© Гылыжов Г. Х., Матдурдыев Б. А. 2023

Научная статья
УДК 311.621

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ АНАЛИЗА АКТИВНОЙ И РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ НА ШИНАХ АВТОТРАСФОРМАТОРА

Дарманян Анатолий Петрович[1], Богданов Сергей Иванович[2], Сторожаков Станислав Юрьевич[3]
[1,2,3]Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград, Россия
[1]adarma@inbox.ru, https://orcid.org/0000-0002-1956-9892
[2]bsi@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-3111-2895
[3]ppsts@mail.ru, https://orcid.org/0009-0004-4934-395X

Аннотация: В статье приводятся результаты статистической обработки экспериментально измеренных величин активной и реактивной мощности на шинах автотрансформатора СЭС 0,4 кВ с представлением всех результатов в

виде диаграмм типа «ящик с усами» в среде Statistica 10.0. Показано, что диаграммы типа «ящик с усами» информативны для анализа качества электроэнергии. На основе анализа статистических показателей установлено, что средние значения всех величин активной P и реактивной мощности Q, измеренные в течение 3-х суток, близки друг к другу. Однако имеется и сезонность, так как среднее значение активной мощности P, измеренное летом, существенно меньше, чем значения активной мощности в другие периоды года.

***Ключевые слова**:* реактивная мощность, активная мощность, автотрансформатор, статистика, диаграмма «ящик с усами».

Для цитирования: Дарманян А. П. Использование статистических методов для анализа активной и реактивной мощности в автотрасформаторах СЭС/ А.П. Дарманян, С.И. Богданов, С.Ю. Сторожаков // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-технической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

USE OF STATISTICAL METHODS FOR ANALYSIS OF ACTIVE AND REACTIVE POWER ON BUSES OF AUTOTRANSFORMER

Darmanyan Anatoly Petrovich[1], Bogdanov Sergey Ivanovich[2], Storozhakov Stanislav Yuryevich[3]

[1,2,3]Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

[1]adarma@inbox.ru, https://orcid.org/0000-0002-1956-9892

[2]bsi@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-3111-2895

[3]ppsts@mail.ru, https://orcid.org/0009-0004-4934-395X

Annotation. The article presents the results of statistical processing of experimentally measured values of active and reactive power on the buses of the 0.4 kV SES autotransformer with presentation of all results in the form of diagrams of the "Box&Whiskers plot" type in Statistica 10.0 medium. It is shown that mustache box diagrams are informative for analyzing the quality of electricity. Based on the analysis of statistical indicators, it was found that the average values of all values of active P and reactive power Q, measured during 3 days, are close to each other. However, there is also seasonality, since the average active power P measured in summer is significantly less than the active power values in other periods of the year.

Keywords: reactive power, active power, statistica, autotransformer, “Box&Whiskers plot”.

***For citation**:* Darmanyan A.P. Use of statistical methods for analysis of active and reactive power on buses of autotransformer / A.P. Darmanyan, S.I. Bogdanov, S.Yu. Storozhakov // Improving the efficient operation of electrical equipment in agriculture: materials International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko / Ed. S.M. Bakirov - Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Анализ качества электроэнергии и потерь электроэнергии в электрических сетях имеет большое значение для любой промышленно развитой страны и в частности для России. Из данных статистики Международного энергетического агентства (International Energy Agency, IEA) [1] следует, что страны с развитой экономикой имеют уровень потерь электроэнергии не более 8−10%, а развивающиеся страны - от 10% до 30%. Среди самых экономных стран агентство IEA отмечает Японию и Южную Корею, в которых потери электроэнергии составляют 3% и 5% соответственно [2].

Россия находится среди стран со средними показателями по потерям электроэнергии [3]. На заседании общественного совета при Минэнерго 24.09.2019 министр энергетики А. Новак сообщил, что «потери электроэнергии в электросетях в ряде регионов доходят до 1/3».

Причинами таких потерь могут являться в частности или низкий уровень активной мощности или завышенный уровень реактивной мощности в отдельные периоды года в автотрансформаторах особенно в сельских электрических сетях (СЭС 0,4 кВт). И именно поэтому анализ почасовых уровней величин активной (P) и реактивной мощности (Q) на автотрансформаторах электрических сетей в различные сезоны года имеет большое практическое значение с точки зрения оценки эффективности работы самих автотрансформаторов СЭС и качества предоставляемой потребителю электроэнергии [4]. Использование для этих целей различных статистических методов [5] и в частности возможностей ПП Statistica 10.0 [5,8] для вычисления показателей описательной статистики и их графической интерпретации позволяет объективно и наглядно оценить эффективность работы автотрансформатора СЭС 0,4 кВт.

Целью настоящего исследования являлся статистический анализ с использованием ПП Statistica 10.0 почасовых величин потребления активной и реактивной мощности в электрической сети автотрансформатора СЭС 0,4 кВ.

Материалы и методы. В режиме почасовой тарификации были выполнены измерения P и Q на шинах автотрансформатора АТ-1 СЭС 0,4 кВ, который используется для электроснабжения агропредприятий сельской местности. При проведении измерений в течение 3-х дней с разбивкой по часу (с нуля до 24 час) фиксировались значения P (МВт) и Q (Мвар). Все измеренные значения P и Q затем были переведены в специальный файл данных в формате ПП Statistica 10.0 (с расширением.sta) так, как это для автотрансформатора АТ-1 показано в таблице на рис.1.

Для статистической обработки данных использовался модуль описательной статистики «*descriptive statistics*» ПП Statistica 10.0, в котором в качестве графической интерпретации результатов статистических расчетов были выбраны диаграммы типа «*ящик с усами*» (“box-and-whiskers plot”)[6,7]. Для примера такая диаграмма для активной и реактивной мощности АТ-1 показана на рис.2.

Data: Данные P,Q (6v by 24c)

	1 P,20.06.22	2 Q,20.06.22	3 P,15.12.21	4 Q,15.12.21	5 P,21.12.21	6 Q,21.12.21
1	43,6	71,6	62	71,9	65,7	64
2	35	71	59,7	69	64,4	63,7
3	47,9	71	60,1	69,3	62,4	63
4	49,5	68,6	60,7	69,3	62	64,7
5	51,8	68,3	61,7	70	62	64,4
6	54,8	70,3	68	67	63,7	65,3
7	42,6	71	70,6	71,3	69,6	66
8	48,2	77,2	77,6	75,9	79,9	72,3
9	46,9	79,5	88,1	78,5	83,8	74,9
10	53,1	77,9	73,3	83,5	87,1	75,2
11	59,4	78,9	86,5	80,5	86,1	75,9
12	56,4	78,9	86,8	80,9	85,8	74,3
13	54,8	77,9	84,2	79,5	86,1	74,9
14	53,1	77,6	85,8	80,9	85,5	74,6
15	49,5	77,6	87,8	81,8	84,2	74.5
16	59,7	79,5	88,1	79,9	85,1	74,3
17	58,4	80,9	75,6	84,2	86,8	72,9
18	57,1	78,2	87,8	78,9	84,8	73,3
19	53,8	79,2	85,8	78,2	93,4	75,2
20	48,5	78,5	85,8	76,6	93,4	73,6
21	44,6	75,2	84,5	76,9	90,1	75,6
22	52,5	75,2	83,2	75,6	84,5	72,9
23	38,6	74,6	76,9	70,3	79,9	71,6
24	32,7	72,6	68,6	69	74,9	68,3

Рисунок 1 – Почасовые значения активной (P, МВт) и реактивной (Q, Мвар) мощности на шинах высокого напряжения АТ-1 СЭС 0,4 кВ

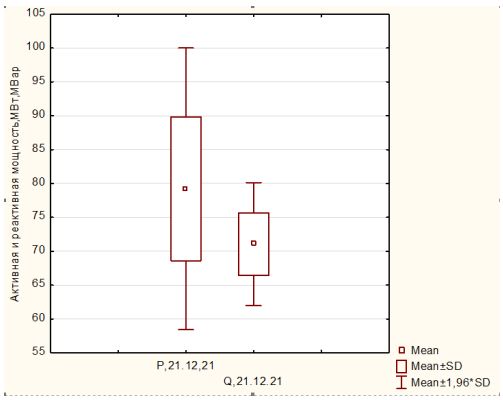


Рисунок 2 – Диаграмма «*ящик с усами*» для активной (P) и реактивной (Q) мощности автотрансформатора.

В диаграммах «*ящик с усами*» используются графические изображения различных статистических величин, смысл которых и их расчет кратко пояснен ниже. Самый важный показатель, который чаще всего используют на практике для сравнения расчетных значений с нормируемыми значениями, а также для анализа качества электричества - это среднее арифметическое значение $\overleftarrow{\boldsymbol{X}}\,(Mean)$. Данная величина (изображение на диаграмме - точка в середине прямоугольника-«ящика») представляет сумму всех значений исследуемой величины ($\boldsymbol{X_i}$), деленную на число наблюдений (n):

$$\overleftarrow{\boldsymbol{X}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \boldsymbol{X_i}}{\boldsymbol{n}} \qquad (1)$$

Несмотря на то, что данное значение характеризует среднее значение величины в эмпирической выборке, оно мало информативно с точки зрения анализа разбросов измеренных данных около этого значения. А ведь величина разброса значений активной и реактивной мощности чрезвычайно важна для анализа качества электроэнергии [4]. Поэтому при статистической обработке экспериментальных данных необходимо рассчитывать и анализировать такую величину как стандартное отклонение (*standard deviation, SD*). Стандартное отклонение ($\pm SD$ – это на диаграмме размер прямоугольника-«ящика»)

характеризует степень рассеяния отдельных значений исследуемой величины вокруг своего среднего арифметического значения, т.е.:

$$SD=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(\bar{X}-X_i\right)^2}{n-1}} \quad (2)$$

Каждое вычисленное значение нужно анализировать как $\bar{X}\pm SD$, т.е. анализировать размер прямоугольника-«ящика» на диаграмме. Чем больше размер, тем больше разброс измеренных значений.

Важным статистическим показателем является стандартная ошибка среднего (*standard error of mean, SEM):*

$$SEM = \frac{SD}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

Величина SEM отражает близость вычисленного значения среднего арифметического значения исследуемой величины к его значению, которое имеет вся генеральная совокупность. Вместо величины SEM более информативно использовать так называемые доверительные интервалы (*confidence intervals, CI*) [9], которые устанавливают границы изменения исследуемой величины, в рамках которых с той или иной вероятностью находится истинное значение изучаемой величины, т.е.:

$$\bar{X}\pm t*SD, \quad (4)$$

где **t** – критерий Стьюдента.

Для стандартных условий, когда выбран уровень значимости α = 0,05, *t = 1,96.*

Тогда выражение (4) приобретает следующий вид:

$$\bar{X}\pm 1{,}96*SD \quad (5)$$

Выражение (5) означает, что с вероятностью p = 0,95 все измеренные значения величины ***X*** принадлежат этому интервалу. На диаграмме рис. 2 – это и есть «*усы ящика*». Чем они больше, тем больше разброс данных около среднего значения.

Так как все статистические величины (1) – (5) имеют графическое отображение на диаграмме «*ящик с усами*» (см. рис.2), то это и является ее преимуществом по равнению с другими типами диаграмм, например, со столбиковыми диаграммами в среде MS Excel.

Результаты исследования. В результате статистической обработки данных, приведенных в таблице рис.1, выполненные средствами ПП Statistica 10.0, получены значения активной и реактивной мощности АТ-1, которые показаны на рис.2 в виде диаграмм «*ящик с усами*». Как видно из данной диаграммы, все статистические результаты имеют наглядную интерпретацию.

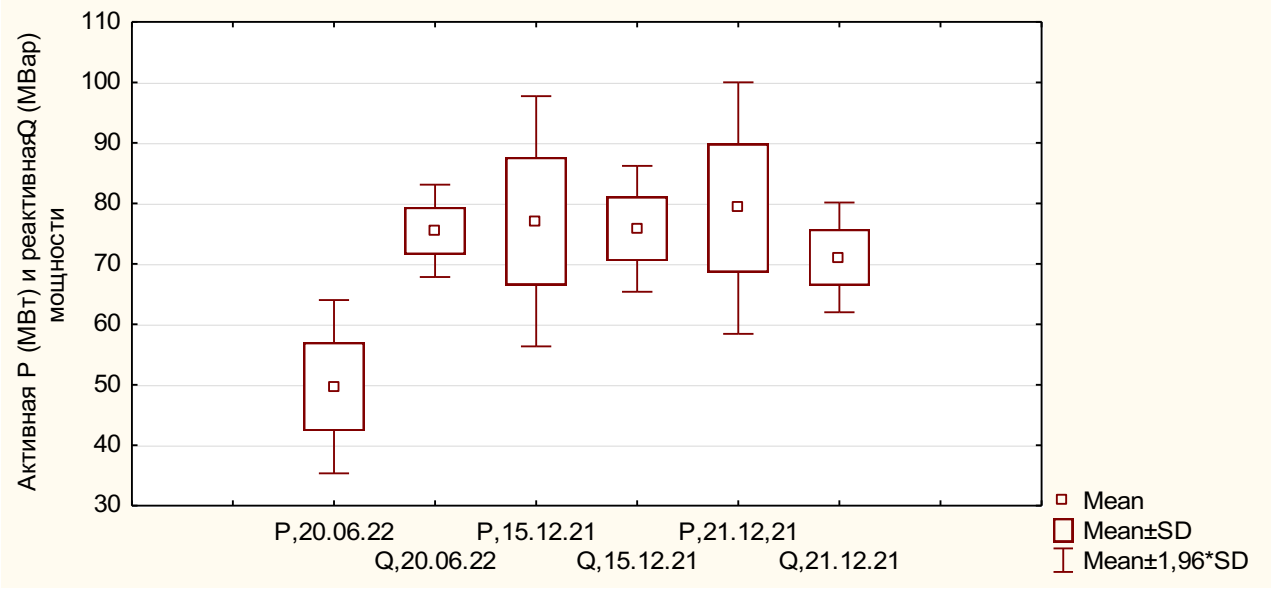


Рисунок 2 – Значения активной (P) и реактивной (Q) мощности автотрансформатора АТ -1 СЭС 0,4 кВ, измеренные как почасовые значения в течение трех дней.

Так из диаграммы на рис.2 видно, что средние значения всех показателей для активной P и реактивной мощности Q, измеренные в течение 3-х суток, близки друг к другу. Однако, имеется и исключение, так среднее значение активной мощности P, измеренное летом 20.06.2022г., существенно меньше, чем значения активной мощности в зимний период (15.12.2021г. и 21.12.2021г.).

Это свидетельствует о существовании сезонности в работе автотрансформаторов, когда летом нагрузка высокая со стороны потребителей и поэтому активная мощность, отдаваемая в сеть, существенно снижается. Следовательно, в летний период времени качество электроснабжения также снижается.

Кроме того, на рис.2 виден значительный разброс данных (доверительный интервал Mean±1,96*SD как «*усы ящика*» больше) для активной мощности P по сравнению с реактивной мощностью Q.

Заключение. Таким образом, с помощью прикладных информационных технологий в среде ПП Statistica 10.0 показано, что анализ статистических показателей экспериментально измеренных значений активной P и реактивной мощности Q на шинах автотрансформатора СЭС 0,4 кВ в виде диаграмм типа «*ящик с усами*» очень информативен и имеет ясную графическую интерпретацию.

Список источников

1. Международное энергетическое агентство. [Электронный ресурс]. – URL: www.iea.org (дата обращения 10.11.2023)

2. ЕМИСС. Государственная статистика. [Электронный ресурс]. – URL: www.fedstat.ru (дата обращения 10.11.2023)

3. Потери электроэнергии: [Электронный ресурс]. - URL: htpp://energosber18.ru (дата обращения 10.11.2023).

4. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения: межгосударственный стандарт: дата введения 2014-07-01/МГС. – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 16 с.

5. Дарманян, А.П. Использование показателей описательной статистики для характеристики эмпирических выборок макроэкономических индикаторов/А.П.Дарманян//Экономика региона, 2013. - №2(34). – С.157-163.

6. Бочаров, М. Е. Математическая обработка дискретных элементов по исследованию точности измерения концентрации аэроионов / М. Е. Бочаров, С. Ю. Сторожаков, А. А. Шубович // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 8-2. – С. 239-242. – EDN UGZHVZ.

7. Сторожаков, С. Ю. Численная обработка результатов измерений концентрации ионов в воздухе / С. Ю. Сторожаков, А. А. Шубович, Н. А. Куликова // Современные наукоемкие технологии.

8. StatSoft, Inc. (2001). Электронный учебник по статистике: http://www.statsoft.ru/home/textbook (дата обращения: 10.11.2023).

9. Методы анализа распределений. Выборочное наблюдение: учеб. пособие. /Н.В.Куприенко и др. 3-е изд. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. - 138 с.

© Дарманян А. П., Богданов С. И., Сторожаков С. Ю. 2023

Научная статья
УДК 312.623

ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВКИ БИОЛОГИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ И РАСТЕНИЙ

Евдулов Олег Викторович[1], Хазамова Мадина Абдулаевна[2], Миспахов Играмидин Шарафидинович[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет»
[1,2,3]Kaftoe2016@yandex.ru https://orcid.org/0000-0002-4223-5903

Аннотация. Для перевозки биологического материала должны использоваться специально оборудованные средства, обеспечивающие поддержание постоянства состояния, состава и качества проб, а также безопасность окружающей среды, требования асептики и антисептики, отсутствие резкого перепада температур и влажности, предохранение образцов от вредного воздействия окружающей среды и погодных условий, защиту контейнеров с образцами от разрушения в случае аварии транспортного средства. Рассмотрены возможности использования термоэлектрических

преобразователей энергии в системах для хранения и транспортировки биологических материалов живых организмов и растений. Разработана конструкция устройства, проведены экспериментальные исследования.
Ключевые слова: биологический материал, живые организмы, термоэлектрическое устройство, транспортировка, термоэлектрическая батарея.
Для цитирования. Евдулов О.В., Хазамова М.А., Миспахов И.Ш. Термоэлектрическое устройство для хранения и транспортировки биологических материалов живых организмов и растений: материалы Международной научно-технической конференции имени Г.П.Ерошенко / Под. ред. С.М. Бакирова. - Саратов: ФГБЛОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

THERMOELECTRIC DEVICE FOR STORAGE AND TRANSPORTATION OF BIOLOGICAL MATERIALS OF LIVING ORGANISMS AND PLANTS

Evdulov Oleg Viktorovich [1], Khazamova Madina Abdulayevna [2], Mispakhov And grammidin Sharafidinovich [3]
[1,2,3]Dagestan State Technical University
[1,2,3]Kaftoe2016@yandex.ru

Annotation. For the transportation of biological material, specially equipped means must be used to ensure the maintenance of a constant state, composition and quality of samples, as well as environmental safety, aseptic and antiseptic requirements, the absence of a sharp drop in temperature and humidity, protection of samples from the harmful effects of the environment and weather conditions, protection of containers with samples from destruction in the event of a vehicle accident. The possibilities of using thermoelectric energy converters in systems for storing and transporting biological materials of living organisms and plants are considered. The design of the device has been developed, experimental studies have been conducted.
Keywords. biological material, living organisms, thermoelectric device, transportation, thermoelectric battery.
For citation. Evdulov O.V., Khazamova M.A., Mispakhov I.Sh. Thermoelectric device for storage and transportation of biological

Введение. Сбор и транспортировка биологического материала это один из ответственных этапов для последующих лабораторных исследований, так как нарушение правил забора биологического материала, получение нерепрезентативных клинических образцов, неправильная и несвоевременная их доставка влияют на результаты исследования. Сущность сбора, хранения и транспортировки биологических материалов заключается в заборе определенного количества материала, так как его избыток или недостаток влияют на качество выделения ДНК и способствуют ее деградации при хранении к транспортировке [1]. Кроме того, должна соблюдаться стерильность как сбора биологического материала, так и его хранение, и транспортировка.

Контейнеры с образцами, полученными от животных одной (опытной или контрольной) группы должны храниться в пластмассовых, металлических или стеклянных коробках, или укладках с крышками, отдельно от образцов, полученных от животных других групп и животных, обработанных другими видами наноматериалов. [2].

Материалы и методы. Проектирование специальных средств для краткосрочного хранения и перевозки биологических материалов, реализующих умеренный температурный диапазон хранения объектов, является актуальным. Использование для этих целей термоэлектрического преобразования энергии дает возможность обеспечить требуемый температурный режим объектов при их перевозке, кроме того системы подобного типа характеризуются высоким ресурсом работы, экологичностью, возможностью регулировки температуры в объеме. В НИИ «Полупроводниковые термоэлектрические приборы и устройства» при ФГБОУ ВО «ДГТУ» разработано термоэлектрическое устройство для хранения и транспортировки одновременно нескольких биологических материалов с различными температурами хранения [3]. Устройство содержит теплоизолированный корпус 1 с крышкой 2. Внутри корпуса 1 находится изолированная от окружающей среды камера 3, разделеннаяна теплоизолированные друг от друга отсеки, сопряженные с каскадами термоэлектрической батареи (ТЭБ) 4. Отсеки камеры 3 в зависимости от требуемого температурного уровня приводятсяв тепловой контакт с различными каскадами ТЭБ, которая обеспечивает возможность хранения и транспортировки одновременно нескольких биологических субстанций с различными температурами хранения. В стационарных условиях отвод теплоты от горячих спаев ТЭБ осуществляется съемным жидкостным теплообменным аппаратом 5, располагаемым в нижней части корпуса 1 термостата. Во время транспортировки жидкостной теплообменный аппарат 5 заменяется наполненным радиатором с плавившимсярабочимвеществом6. В корпус 1 термостата вмонтирован аккумуляторный источник постоянного электрического тока.

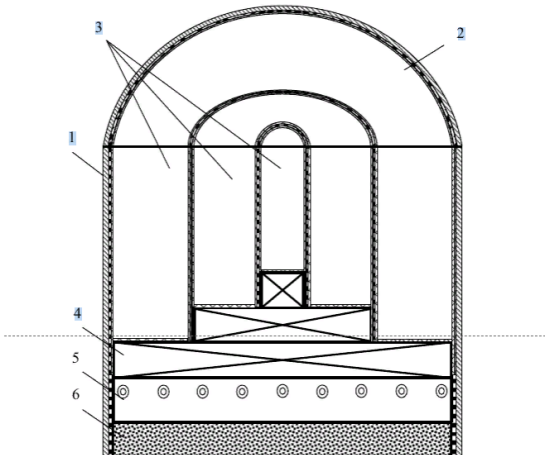


Рисунок 1. Структурная схема термоэлектрического устройства для хранения и перевозки биологических материалов.

Результаты исследования. Проведены экспериментальные исследования термоэлектрического устройства [4]. Они представлены в виде зависимостей, где показано изменение температуры в контрольных точках устройства во времени при токе питания ТЭБ 7 А, а также изменение температуры ее оконечного (первого) каскада во времени при различных значениях тока питания, вплоть до максимального. Как следует из представленных данных, при выходе устройства на режим между биологической субстанцией и холодными каскадами ТЭБ имеет место определенная разность температур, составляющая для условий эксперимента величину порядка 4 К. Это обусловлено неидеальностью контакта биоматериала и ТЭБ, наличием между ними некоторого зазора, обладающего тепловым сопротивлением. Уменьшить его значение, очевидно, возможно, использовав оребрение поверхности контакта или специальную высокотеплопроводную прослойку (наполнитель). При этом обязательным требованием к такого рода наполнителю будет соблюдение соответствующих санитарно-гигиенических норм.

Оценены предельные возможности снижения температуры в термоэлектрическом устройстве при максимальной величине питающего тока используемой ТЭБ. В соответствие с представленными данными увеличение тока питания ТЭБ в пределах до его максимального значения снижает температуру оконечного каскада и соответственно биоматериала. Так увеличение тока питания ТЭБ с 4 до 10 А снижает температуру каскада с 245 до 223 К. Таким образом, как следует из результатов измерений, добиться температурного режима хранения стволовых клеток, требующих самого глубокого охлаждения из рассмотренных разновидностей биоматериалов, можно использовав стандартную промышленно выпускаемую двухкаскадную ТЭБ. Данное обстоятельство позволяет сделать вывод об отсутствии необходимости разработки термобатарей специальной конструкции, рассчитанных на высокую холодопроизводительность и особые условия эксплуатации.

Заключение. Разработано термоэлектрическое устройство для краткосрочного хранения и перевозки биологических материалов, дающее возможность одновременного хранения нескольких типов биологических объектов на разных температурных уровнях. При этом температурные режимы хранения биологических объектов обеспечиваются путем сопряжения отсеков с ними с каскадами ТЭБ. Получены зависимости изменения температуры в контрольных точках опытного образца термоэлектрического устройства во времени при различных величинах токов питания ТЭБ вплоть до максимального значения. Установлено, что для организации требуемого температурного режима хранения биологического материала могут быть использованы стандартные промышленно выпускаемые ТЭБ. Для снижения перепада температур между биологическим материалом и каскадами ТЭБ целесообразным является использование высокотеплопроводных наполнителей.

Список источников

1. Смолянинов А.Б., Кованько Г.Н., Багаутдинов Ш.М., Хурцилава О.Г. Криоконсервация и криохранение стволовых клеток в банках пуповинной крови и костного мозга // Вестник Международной академии холода. - 2009. - №2. - С.38-43.
2. Иволгин, Д.А., Смолянинов А.Б., Багаутдинов Ш.М., Коровина К.В., Шунькина К.В., Смирнова А.В. Современные способы криоконсервации стволовых клеток пуповинной крови для общественного регистра доноров // Вестник Международной академии холода. - 2012. - № 1. - С.36-39.
3. Исмаилов Т.А., Миспахов И.Ш., Евдулов О.В., Юсуфов Ш.А. Термоэлектрический термостат для хранения и перевозки биоматериалов // Патент РФ на изобретение №2416769, опубл. 20.04.2011, Бюл. №11.
4. Исмаилов Т.А., Миспахов И.Ш., Евдулов О.В., Хазамова М.А. Исследование теплофизических процессов в системе краткосрочного хранения и транспортировки биологических материалов / Вестник Международной академии холода. - 2014. - № 3. - С.10-14.

© Евдулов О. В., Хазамова М. А., Миспахов И. Ш.,2023

Научная статья
УДК 621.313

КЛАССИФИКАЦИЯ ОБЛУЧАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ПЕРЕМЕННОГО ОБЛУЧЕНИЯ РАСТЕНИЙ

Искалиев Константин Ильясович[1], Мокеев Евгений Павлович[2], Матвиенко Олег Александрович[3], Моисеев Алексей Петрович[4].
[1,2,3,4]Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия
[1] iskalievk@bk.ru https://orcid.org/0009-0007-7346-6273
[2] jenya.mokeev@yandex.ru https://orcid.org/0009-0009-3010-4664
[3] oleg01121997@yandex.ru https://orcid.org/0009-0007-1403-4075
[4] moiseevap-distant20-21@mail.ru https://orcid.org/0000-0001-5071-5766

Аннотация. Экономия электроэнергии в облучательных установках во многом зависит от рационального выбора источника облучения и реализации переменного способа облучения растений, что также позволит повысить производительность теплицы.
Ключевые слова: облучательная установка, способ, теплица, спектральный состав излучения.
Для цитирования: Искалиев К.И. Классификация облучательных установок переменного облучения растений /К.И. Искалиев, Е.П. Мокеев, О.А. Матвиенко, А.П. Моисеев // Повышение эффективной эксплуатации

электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-технической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

CLASSIFICATION OF IRRADIATION INSTALLATIONS FOR ALTERNATING PLANT IRRADIATION

Iskaliev Konstantin Ilyasovich[1], Mokeev Evgeniy Pavlovich[2], Matvienko Oleg Alexandrovich[3], Moiseev Alexey Petrovich [4]

[1,2,3,4] Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering. N.I. Vavilova, Saratov, Russia

[1] iskalievk@bk.ru https://orcid.org/0009-0007-7346-6273

[2] jenya.mokeev@yandex.ru https://orcid.org/0009-0009-3010-4664

[3] oleg01121997@yandex.ru https://orcid.org/0009-0007-1403-4075

[4] moiseevap-distant20-21@mail.ru https://orcid.org/0000-0001-5071-5766

Annotation. Energy savings in irradiation installations largely depend on the rational choice of the irradiation source and the implementation of a variable method of irradiating plants, which will also increase the productivity of the greenhouse.

Keywords: irradiation installation, method, greenhouse, spectral composition of radiation.

For citation: Iskaliev K.I. Classification of irradiation installations for alternating irradiation of plants /K.I. Iskaliev, E.P. Mokeev, O.A. Matvienko, A.P. Moiseev // Increasing the efficient operation of electrical equipment in agriculture: materials of the International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko / Ed. S.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Анализ современных тенденций развития отрасли защищенного грунта свидетельствует о том, что в настоящее время осветительная техника играет существенную роль в эффективности производства тепличной продукции.

В затратную часть, помимо капитальных затрат на приобретение и установку светового оборудования, входят существенные расходы на электроэнергию для облучения, составляющие значительную часть себестоимости производимой продукции. Поэтому экономия электроэнергии в облучательных установках во многом зависит от рационального выбора источника облучения и способа.

Материалы и методы. Облучательная установка для теплиц – это довольно капиталоемкая продукция, обновляемая, как правило, не чаще, чем через 10…15 лет. Основой любой облучательной установки является источник оптической энергии. К источникам излучения, используемым в растениеводстве защищённого грунта, предъявляется ряд требований [1,2,3]:

– используемые лампы должны иметь высокую энергетическую отдачу фотосинтетически активной радиации (ФАР);

– спектральный состав излучения источников должен соответствовать относительной спектральной чувствительности растений, т.е. отсутствие в потоке излучения ламп, составляющих угнетающе действующих на растения;

– энергетические характеристики источников должны обеспечивать минимальный расход электроэнергии, удовлетворяющий нормальному росту растений;

– источники излучения должны обладать определённой характеристикой распределения излучения в пространстве для создания совместно с соответствующей арматурой или без неё требуемых уровней и распределения облученности по облучаемой поверхности;

– они должны обеспечивать надёжность зажигания и безотказность работы в условиях высоких температур и влажности воздуха;

– иметь приемлемую стоимость и обеспечивать удобство и безопасность эксплуатации.

Выбор источников излучения связан с выбором облучателей [5,6,8]. В свою очередь, облучатели должны:

– обладать высокими КПД и кривыми светораспределения, создающими наиболее благоприятные условия (равномерность распределения потока);

– обеспечивать рациональное пространственное размещение относительно технологической поверхности, что приведёт к снижению потерь оптического излучения;

– соответствовать оптической электротехнологии, использующей различные способы облучения (прерывистый, переменный, импульсный и т.д.);

– предусматривать компенсацию реактивной мощности (поскольку коэффициент мощности индуктивных балластов не выше 0,5 вызывает возрастание токовой загрузки групповых и питающих сетей в два раза);

– обеспечивать использование устройств автоматического управления и регулирования потоками излучения ламп в зависимости от множества факторов, влияющих на вегетативные процессы растений.

Источники оптического излучения по принципу работы могут быть разделены на источники, принцип работы которых основан на тепловом излучении, газоразрядные и полупроводниковые. Все разнообразие источников искусственного излучения оценивается по техническим и эксплуатационным параметрам. К техническим относятся все электрические (номинальное напряжение, номинальная мощность, род питающего тока, номинальный ток), световые (спектральный состав, номинальный световой поток, световая отдача, эффективная отдача источника, эффективная отдача потока излучения, цветовая температура, общий индекс цветопередачи) и механические параметры (габаритные и установочные размеры, масса, для некоторых источников – пространственное расположение [4,5,7].

С точки зрения поиска энергосберегающих технологий существует необходимость проанализировать оптические электротехнологии с

применением переменного облучения (рис.1.), под которыми следует понимать технологии со следующими этапами преобразования:

– 1 этап – подача электроэнергии от источника к источнику излучения, используемого в облучательной установке;

– 2 этап – генерация оптического излучения в источнике излучения;

– 3 этап – использование технических средств, изменяющих параметры оптического излучения как во временном промежутке, так и в пространстве (объеме) теплицы;

– 4 этап – перераспределение потока оптического излучения в пространстве теплицы с использованием технических средств;

– 5 этап – перераспределение потока оптического излучения на рабочей поверхности с использованием технических средств и конструктивных особенностей стеллажных технологий;

– 6 этап – задание необходимого закона изменения потока во времени, по интенсивности излучения, по спектральному составу с целью обеспечения полезной реакции приемника облучения.

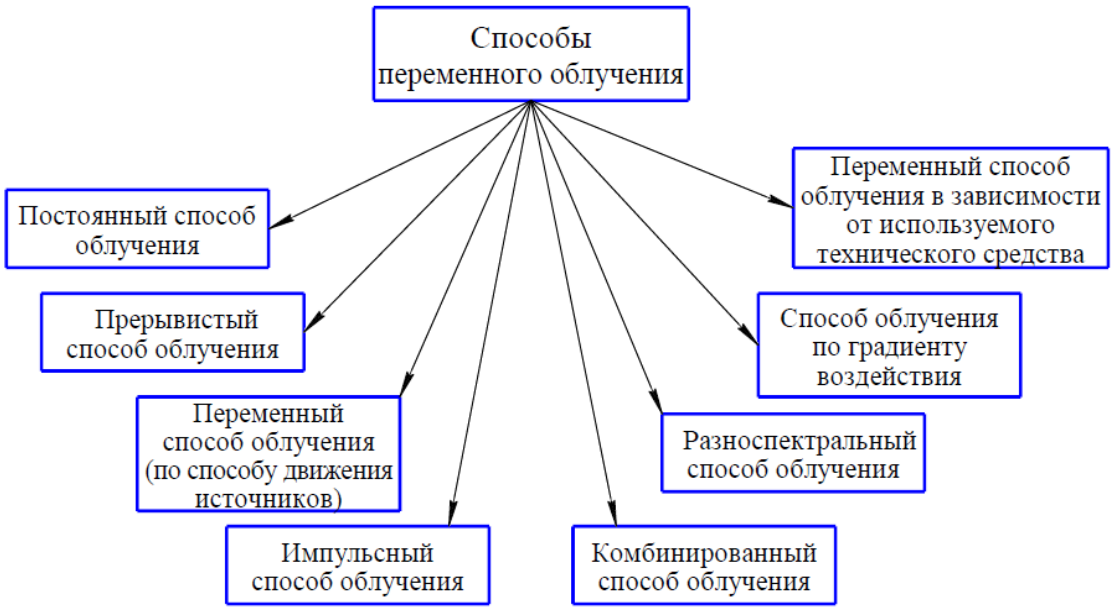


Рис.1 – Способы переменного облучения.

Переменный способ облучения имеет ряд преимуществ [2,3]:

– движение облучателей создает переменный световой режим, не приводящий к нарушениям физиологических функций растений, что обусловлено их способностью, сохранять относительно стабильное состояние при плавных изменениях интенсивности облучения. Резкие и длительные воздействия приводят к нарушению многих функций растения и к его гибели;

– повышается равномерность облучения, создается эффект объемного, рассеивающего, диффузного облучения, более благоприятного для растений;

– снижается тепловое давление на растения, поскольку в спектре излучения разрядных источников высокого давления значительную часть составляет тепловое излучение;

– применяя движущие облучатели, можно сократить количество ламп и сопутствующего светотехнического оборудования и т.д., тем самым сократить энергозатраты на облучение растений и затраты на технологическое обслуживание;

– отсутствуют частые включения и выключения ламп, что положительно влияет на срок службы и качество работы в течение всего времени эксплуатации.

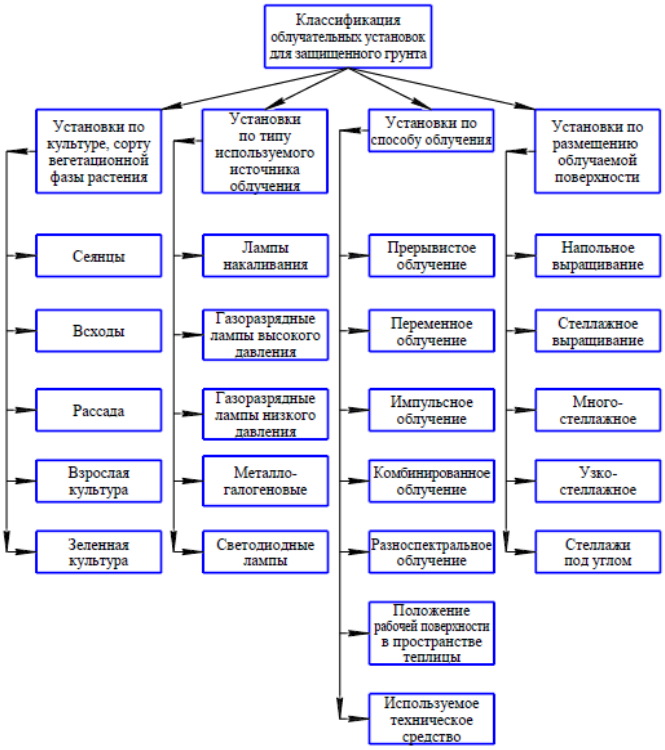


Рис.2 – Классификация облучательных установок переменного облучения растений

Существенным (отличительным) моментом в данной технологии являются технические средства, создающие переменное облучение, при помощи которых перераспределяется (формируется) в пространстве теплицы энергия оптического излучения (рис.2).

Заключение.Проведенный анализ существующих облучательных установок и способов управления ими в теплицах позволил установить, что применение микропроцессорных технических средств, например, программируемых логических контроллеров, позволит реализовать переменный способ облучения растений и повысить производительность теплицы.

Список источников

1. *Каргин, В.А.* Автоматизация систем управления технологическими процессами: учебное пособие / В.А. Каргин, А.П. Моисеев, А.В. Волгин, Л.А.

Лягина, Е.А. Четвериков. – Саратов: Амирит, 2018. – 177 с.
2. *Моисеев, А.П.* Электрооборудование технологий производства и обработки сельскохозяйственной продукции: учебное пособие / А.П. Моисеев, А.В. Волгин, Л.А. Лягина, В.А. Каргин. – ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ» – Саратов: Амирит, 2018. – 141 с.
3. *Моисеев, А.П.* Электротехнологическое оборудование в сельскохозяйственном производстве: учебное пособие / А.П. Моисеев, А.В. Волгин, В.А. Каргин, Л.А. Лягина. – ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ» – Саратов: Амирит, 2018. – 103 с.
4. *Лягина, Л.А.* Система автоматического управления процессом сушки растительного сырья / Л.А. Лягина, В.А. Каргин, А.П. Моисеев // Аграрный научный журнал, № 7, 2017. – С.78-82.
5. *Четвериков, Е.А.* Микроволновое и инфракрасное излучение в технологиях сушки продукции растительного происхождения: Монография / Е.А. Четвериков, А.П. Моисеев, Л.А. Лягина. – ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ». – Саратов: Амирит, 2016. – 186 с.
6. *Четвериков, Е.А.* Оценка целесообразности сушки обмотки линейного электромагнитного двигателя полем СВЧ / Е.А. Четвериков, К.М. Усанов, В.А. Каргин, А.П. Моисеев. – Аграрный научный журнал, Саратов, №9, 2015 - с.60-62.
7. *Четвериков, Е.А.* Совершенствование способов возбуждения электромагнитного поля СВЧ-диапазона в установках сушки сельскохозяйственной продукции стационарного типа/ Е.А. Четвериков, А.П. Моисеев, Л.А. Лягина. – Аграрный научный журнал, Саратов, №6, 2016 - с.70-72.
8. *Четвериков, Е.А.* Совершенствование установки сушки растороппи за счет автоматизации процесса измерения влажности / Е.А. Четвериков, А.П. Моисеев, В.А. Каргин. – Аграрный научный журнал, Саратов, №7, 2015 - с.52-55.

© К.И. Искалиев, Е.П. Мокеев, О.А. Матвиенко, А.П. Моисеев 2023

Научная статья
УДК 681.515

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВНЕШНЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИ АДАПТИВНОМ УПРАВЛЕНИИ МЕХАТРОННЫМИ СИСТЕМАМИ В НЕДЕТЕРМИНИРОВАННЫХ УСЛОВИЯХ

Александр Викторович Карпов[1],
[1]Московский политехнический университет, г. Москва, Россия
avk1963@inbox.ru, https://orcid.org/0000-0002-6540-7595

Аннотация. Рассмотрено применение адаптивных автоматических систем к управлению недетерминированными технологическими процессами, которые

характерны, в частности, для сельскохозяйственных производств. Для адаптивного управления одностепенными мехатронными системами в недетерминированных условиях предложена беспоисковая система автоматического управления с прогнозированием внешней нагрузки. Приведены силовые и кинематические векторы моделей порядков $k = 0, 1, 2$. Показано, что управляющие системы данного типа позволяют параллельно совмещать свойства самонастройки и самоорганизации.

Ключевые слова: недетерминированные условия, адаптивные системы управления, прогнозирование внешнего воздействия, самонастройка, самоорганизация.

Для цитирования: Карпов А. В. Использование прогнозирования внешнего воздействия при адаптивном управлении мехатронными системами в недетерминированных условиях: материалы Международной научно-технической конференции имени Г. П. Ерошенко / Под ред. С. М. Бакирова - Саратов, ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023

Original article

USING EXTERNAL INFLUENCE PREDICTION IN ADAPTIVE CONTROL OF MECHATRONIC SYSTEMS IN NON-DETERMINISTIC CONDITIONS

Alexander Viktorovich Karpov[1],
[1]Moscow Polytechnic University, Moscow, Russia
avk1963@inbox.ru, https://orcid.org/0000-0002-6540-7595

Annotation. The application of adaptive automatic systems to the control of non-deterministic technological processes, which are typical, in particular, for agricultural production, is considered. For adaptive control of single-degree mechatronic systems under non-deterministic conditions, a search-free automatic control system with external load prediction is proposed. The force and kinematic vectors of models of orders k = 0, 1, 2 are given. It is shown that control systems of this type make it possible to simultaneously combine the properties of self-tuning and self-organization.

Key words: non-deterministic conditions, adaptive control systems, forecasting external influences, self-tuning, self-organization.

For citation: Karpov A. V. The use of forecasting external influences in the adaptive control of mechatronic systems in non-deterministic conditions: materials of the International Scientific and Technical Conference named after G. P. Eroshenko / Ed. C. M. Bakirov - Saratov, Vavilov University, 2023.

Введение. Применение обычных неадаптивных систем автоматического управления основано на использовании априорной информации о свойствах самого объекта управления (ОУ) и его связей с окружающей средой, т.е. рассчитано на детерминированные технологические процессы, характеризующиеся высоким уровнем поддержания технологических параметров. Это обычно свойственно основным технологическим операциям.

Однако использование даже замкнутых САУ малоэффективно в тех случаях, когда динамические свойства обратной связи не согласованы с динамическими свойствами ОУ. [1] Данные ситуации характерны для существенно недетерминированных технологических процессов, которым свойственны значительные не прогнозируемые заранее изменения параметров ОУ и внешней среды. Как правило, такая высокая степень неопределенности свойственна многим вспомогательным операциям. Недетерминированность характерна и для технологических процессов сельскохозяйственных производств, что обусловлено значительными колебаниями параметров из-за погодных факторов, а также сложностью самой области применения САУ – живых систем, которые во многих случаях обладают сложной реакцией на технологические воздействия.

Для организации автоматического управления недетерминированными такими объектами и процессами используют адаптивные автоматические системы управления (ААСУ), которые для достижения цели управления в условиях недостаточности априорной информации ОУ получают полный объем необходимых данных из рабочей информации, которая динамически генерируется уже в процессе управления.[2]

Постоянно возрастающая потребность в ААСУ вызвана необходимостью расширения области применения принципов автоматического управления на сложные недетерминированные технологические объектам и процессы (в том числе – в сельскохозяйственных производствах), в которых априорное получение всех их существенных характеристик и реакций на внешние воздействия практически невозможно реализовать. Участие человека в управлении в данных случаях обычно невозможно или затруднительно по техническим условиям, скорости необходимой реакции, качеству принимаемых решений.

Исходя из основных принципов функционирования ААСУ, они должны предусматривать практическую реализацию трех необходимых функций.

1. Идентификация. Извлечение и анализ необходимой рабочей информации при помощи отдельный блок системы – анализатора.

2. Синтез управляющего воздействия. Динамическая выработка управляющих воздействий на ОУ, которая обычно реализуется блоком-синтезатором на основе данных анализа рабочей информации.

3. Практическая реализация процесса управления. Передача синтезированных управляющих воздействий от синтезатора на управляющие устройства основного контура управления.

Исходя из необходимости дополнительного изучения ОУ при помощи подачи в него специальных поисковых сигналов в теории автоматического управления ААСУ подразделяют на две основных группы.

1. Беспоисковые ААСУ (сигналы не подаются). В зависимости от способа получения необходимой рабочей информации они подразделяются на:

а) системы с эталонной моделью, содержащие динамическую модель системы заданного качества (эталонную моделью),

б) системы с идентификатором – специальным блоком, анализирующим входные сигналы на ОУ и выходные сигналы, поступающие с него [3].

2. Поисковые ААСУ. Используется подача сигналов. По уровню реализации свойства приспосабливания ААСУ делят на:

а) самонастраивающиеся (СНС), в которых выполняются контролируемые изменения только параметров управления воздействий за счет специальных контуров самонастройки [4],

б) самоорганизующиеся (СОС), обеспечивающие автоматическое изменение алгоритма работы основной САУ (системы с переменной структурой),

в) системы с адаптацией в особых фазовых состояниях, в которых применяются особые режимы работы (автоколебания, скользящие режимы и др.) [5];

г) самообучающиеся, в которых приспособление к периодически повторяющимся условиям обеспечивается за счет их самообучения [6].

Как показывает практика, функции самонастройки и самоорганизации могут быть реализованы не только в поисковых, но и в беспоисковых ААСУ за счёт углублённой обработки получаемой рабочей информации.

Данный подход рассмотрен на примере управление перемещением в системах с одной степенью свободы по заданной траектории движения. Для этого рассмотрено управление вращением вала электродвигателя, на который по обобщенной координате φ наряду с движущими силами и силами полезного сопротивления действуют и существенные заранее не предсказуемые возмущающие силовые факторы.

Цель управления заключается в том, чтобы требуемая траектория вращательного движения вала $\varphi(t)$ на заданном временном отрезке $[t_н; t_к]$ была бы выполнена с максимально возможной точностью. Поскольку информация о реальной пройденной траектории задаётся совокупностью точек $P_i = (\varphi_i, t_i)$ на отрезке $[t_н; t_к]$, то для цели управления в этом случае можно использовать следующую экстремальную формулировку:

$$\left| \varphi(t_i) - \varphi_i \right| \to \min;\ t_i \in [t_н; t_к]. \qquad (1)$$

При управлении в недетерминированных условиях, и момент сопротивления, и момент инерции, которые приведены к валу, как правило, являются переменными величинами с непредсказуемым заранее законом изменения по времени.

Поскольку скорости изменения в механических процессах на несколько порядков ниже, чем скорости реализации цифровых вычислений, то для эффективного управления в рассмотренной задаче предложено использовать беспоисковую ААСУ с прогнозированием динамического изменения внешней нагрузки, которая моделируется степенной зависимостью от времени t. Поскольку суммарный приведенный момент от сил сопротивления и сил инерции, суммарно действующие на вал, рассчитываются (прогнозируются) на основе рабочей информации, полученной в предыдущие моменты движения, то

данный метод адаптивного управления назван управлением с прогнозированием внешней нагрузки [7].

Определим вывод основных формульных зависимостей для данного метода.

Материалы и методы. В работе рассмотрено адаптивное управление одностепенными объектами. В исследовании применялись методы теоретической механики и математического анализа.

Результаты исследования. Рассмотрим общую структуру предлагаемой модели, а также векторы, характеризующие модель для различных порядков, задающих степень её сложности.

Структура предлагаемой модели суммарной внешней нагрузки

Введём следующие обозначения.

1. Приведенный к валу суммарный момент сил сопротивления (представляющий собой сумму моментов от полезной нагрузки и от сил инерции) обозначим через $M_с$.

2. Момент движущих сил, создаваемых приводом обозначим через $M_д$.

Поскольку общий приведенный момент сил сопротивления M_c зависит, и от факторов, изменяющихся только по времени t , и от факторов, зависящих от $\varphi(t)$ (вязкое трение, инерционные нагрузки и др.), то суммарный момент сил сопротивления M_c в общем случае предложено представить в виде сложной функцией времени, зависящей как непосредственно от t, так и опосредованно - от $\varphi(t)$:

$$M_c = M_c(t; \varphi(t)). \quad (2)$$

В качестве модели внешней нагрузки порядка k предложено использовать вектор $\overline{M}^k$ средних значений всех частных производных функции $M_c(t; \varphi(t))$ по параметрам t, φ порядков от 0 до k, которые входят в разложение нагрузки в ряд Тейлора. Данный вектор назван вектором силовых характеристик модели порядка k (силовым вектором модели). Силовой вектор $\overline{M}^k$ в общем случае включает в себя:

1) постоянную составляющую, характеризующую усредненную величину внешней нагрузки, а также

2) производные порядка от 1 до k по параметрам, отражающие динамику изменения внешней нагрузки на валу.

С использованием силового вектора мгновенные значения $M_c(t; \varphi(t))$ могут быть представлены в виде скалярного произведения $\overline{M}^k$ и вектора $\overline{\varphi}^k(t)$ кинематических характеристик модели порядка k (**кинематического вектора**):

$$M_c(t, \varphi(t)) = \left(\overline{M}^k, \overline{\varphi}^k\right). \quad (3)$$

При этом кинематический вектор $\overline{\varphi}^k(t)$ имеет в общем случае компоненты, зависящие как отдельно от времени t и от функции поворота вала $\varphi(t)$, так и совместно от них.

По принципу д'Аламбера [8] в каждый момент движения выполняется равенство $M_с + M_д = 0$. Отсюда следует, что для преодоления расчётного значения $M_с$ к валу необходимо прикладывать движущий момент сил $M_д = -M_с$.

Силовые и кинематические векторы моделей обобщенной внешней нагрузки порядков $k = 0, 1, 2$

Из разложения обобщённой нагрузки в ряд Тейлора [9] порядков $k = 0, 1, 2$ с учётом её представления в форме (6) получены силовые и кинематические векторы в прямых моделях внешней нагрузки соответствующих порядков. Рассмотрим их.

$k = 0$. Разложение даёт следующие векторы:

$$M^0(t) = \{M\};\ \overline{\varphi}^0(t) = \{1\}. \tag{4}$$

Данная модель имеет фиксированные компоненты силового и кинематического векторов и является наиболее простой по структуре и построению. Она отражает такую внешнюю нагрузку, у которой величины производных малы и они не проявляют себя в получаемой рабочей информации. Модель характерна для равномерного движения. По сравнению с моделями более высоких порядков простейшая модель (4) может быть рассчитана по данным обратной связи всегда.

$k = 1$. Разложение в ряд Тейлора даёт следующие векторы:

$$\overline{M}^1 = \left\{M; \frac{\partial M}{\partial \tau}; \frac{\partial M}{\partial \varphi}\right\};\ \overline{\varphi}^1(t) = \{1; \tau; \varphi'(\tau)\cdot\tau\}. \tag{5}$$

В модели первого порядка (5) в силовом и кинематическом векторах в дополнение к постоянным составляющим присутствуют первые производные по параметрам t; φ, позволяющие учесть составляющие обобщённой внешней нагрузки $M = M(t;\ \varphi(t))$, которые зависят от них. Такая модель вполне достаточна при управлении процессами, в которых является незначительным влияние ускорений их основных параметров (например, химическими, биологическими). Однако она не позволяет учесть нагрузки, пропорциональные второй производной по углу вращения, в рассматриваемых мехатронных системах, т.е. инерционные нагрузки, которые могут даже превышать полезную составляющую.

$k = 2$. Векторы модели имеют вид:

$$\overline{M}^2 = \left\{M; \frac{\partial M}{\partial \tau}; \frac{\partial M}{\partial \varphi}; \frac{\partial^2 M}{\partial \tau^2}; \frac{\partial^2 M}{\partial \tau \partial \varphi}; \frac{\partial^2 M}{\partial \varphi^2}\right\}.$$

$$\overline{\varphi}^2(t) = \left\{1; \tau; \varphi'\cdot\tau + \varphi''\cdot\tau^2; \frac{1}{2}\tau^2; \varphi'\cdot\tau^2; \frac{1}{2}(\varphi')^2\tau^2\right\}. \tag{6}$$

За счет учёта вторых производных по времени и управляемой координате модель более полно учитывает динамику поведения ОУ по сравнению с моделью порядка $k = 1$. Она наиболее точно отражает динамические процессы, поэтому ее построение и дальнейшее применение при управлении является предпочтительным. В то же время, при равномерных режимах работы, когда себя мало проявляют инерционные нагрузки, системы линейных уравнений, получаемые для второй модели, могут иметь нулевые определители, т.е. быть неинформативными. В этом случае необходимо понижать порядок модели.

Общий алгоритм построения модели внешней нагрузки

Рассмотрим общий подход к построению модели внешней нагрузки (в форме силового вектора) по рабочей информации – данным обратной связи.

Обозначим работу суммарных сил сопротивления на отдельных отрезках времени $[t_i; t_{i+1}]$ через A_{ci}. а работу двигателя – через $A_{дi}$.

В соответствии с законом сохранения механической энергии [10] для рассмотренных работ выполняется равенство

$$A_{ci} = A_{дi}. \qquad (7)$$

Его предложено принять для построения силового вектора внешней нагрузки по пройденным участкам траектории движения с использованием соответствующих значений напряжения и силы тока привода в моменты времени t_i. По ним определяются мгновенные значения мощности привода N_i: $I_i = I(t_i)$; $U_i = U(t_i)$; $N_i = N(t_i) = N(I_i; U_i)$, а затем – значения работ A_{ci}. Работа сил сопротивления A_{ci} может быть представлена с использованием выражения (3) в следующем виде

$$A_{ci} = \int_{t_i}^{t_{i+1}} (\overline{M}^k, \overline{\varphi}^k(t))\varphi'(t)dt \qquad (8)$$

.

На уже пройденной предыдущей части траектории $\{P_i = (\varphi_i, t_i)\}$ моменты времени t_i непосредственно извлекаются из точек P_i, т.е. функция поворота вала $\varphi(t)$ задана точечно для фиксированных значений t_i.

Поскольку коэффициенты силового вектора являются постоянными величинами, то интегральное представление работы сил сопротивления A_{ci} (8) дает для моделей нагрузки всех порядков линейные уравнения по силовому вектору модели $\overline{M}^k$, в котором коэффициенты вектора умножаются на интегралы от кинематических данных. По системам таких уравнений производится расчет компонент силового вектора $\overline{M}^k$.

Особенностью данных систем является то, что они могут иметь определители, близкие к нулю. Например, при использовании данных обратной связи по равномерному движению. Эта ситуация свидетельствует о том, что рабочие данные не содержат информации о высших производных силового вектора модели, т.е. она не адекватна анализируемому движению. В этом случае порядок модели k требуется понизить.

По рассчитанному силовому вектору $\overline{M}^k$ на последующей стадии движения требуемые значения движущего момента $M_д$ определяются следующим образом.

Вначале по желаемой траектории вращения вала $\varphi(t)$ рассчитываются значения кинематического вектора для последующих моментов движения.

Затем по ним с использованием силового вектора $\overline{M}^k$ производится расчет требуемых значений движущего момента $M_д$.

Заключение. Рассмотрены основные подходы к построению адаптивных систем управления техническими объектами и процессами, которые позволяют решать широкий круг реальных задач управления в недетерминированных условиях.

Для наиболее распространенной в мехатронике задачи управления перемещения объектом с одной степенью свободы в недетерминированных условиях предложено использовать беспоисковую ААСУ с прогнозированием внешней нагрузки.

Приведено теоретическое обоснование данного подхода, а также найден вид силового и кинематического векторов для моделей нагрузки порядков $k = 0, 1, 2$.

Таким образом, ААСУ на основе принципа прогнозирования внешней нагрузки, являясь беспоисковой по способу реализации основных функций адаптивности, позволяет одновременно реализовывать следующие свойства:

1) самонастраивающихся систем (СНС) – при расчете значений коэффициентов силового вектора $\overline{M}^k$ заданного порядка k, так и:

2) самоорганизующихся систем (СОС) – за счет изменения порядка k модели внешней нагрузки.

Предложенный метод адаптивного управления может быть применен для управления не только мехатронными системами, но и химическими, биологическими и другими объектами и процессами.

Список источников

1. Жмудь В.А. Адаптивные системы автоматического управления с единственным основным контуром. Автоматика и программная инженерия.№2, 2014, с. 106-122.

2. Нестеров С. А. Адаптивные системы управления: Конспект лекций. – СПб.: Факультет технической кибернетики СПбГПУ, 2005. – 90 с., ил.

3. “Системы адаптивного управления роботами” URL: https://xreferat.com/70/1227-1-sistemy-adaptivnogo-upravleniya-robotami.html (дата обращения 20.10.2020).

4. Зайцев Г. Ф. Теория автоматического управления и регулирования. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Выща шк. Головное изд-во, 1989.С. 387. (дата обращения 20.10.2020)

5. Теория автоматического управления: Учеб. для вузов по спец. «Автоматика и телемеханика». В 2-х ч. Ч. I. Теория линейных систем автоматического управления / Н. А. Бабаков, А. А. Воронов, А. А. Воронова и др.; под ред. А. А. Воронова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1986. с. 29.

6. Волков, В. Н. Нейросетевая идентификация электропривода постоянного тока. // Современные научные исследования и инновации. – Апрель, 2013 [Электронный ресурс].- Режим доступа: WWW.URL: http://web.snauka.ru/issues /2013/04/23648

7. Гданский Н. И., Карпов А. В., Марченко Ю. А. Адаптивное моделирование внешней нагрузки в недетерминированных системах на основе прогнозирования. Вестник Московского государственного университета приборостроения и информатики. Серия: Приборостроение и информационные технологии. 2012. № 38. С. 13-20.

8.Даламбер Ж. Динамика. Пер. с франц. – М.-Л.: Гостехтеориздат, 1950.

9. Ильин В. А., Садовничий В. А., Сендов Б. Х. Математический анализ, ч. 1, изд. 3, ред. А. Н. Тихонов. М.: Проспект, 2004
10. Сивухин Д. В. Общий курс физики. – М.: Наука, 1979.— Т.I. Механика. с.123-147, 520с.

© Карпов А.В., 2023

Научная статья
УДК 621.313.33

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ШНЕКОВОГО ТРАНСПОРТЕРА С ЛИНЕЙНЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

Иршат Рашитович Кафиев[1], Раушан Римович Нугуманов[2], Ильнур Хайдарович Хусаинов[3]
[1,2,3]Башкирский государственный аграрный университет, г. Уфа Россия
[1]kafiev02@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-2034-5260
[2]nugraush@rambler.ru, https://orcid.org/0000-0003-0163-9917
[3]il.husainov@yandex.ru

Аннотация. Данная статья посвящена разработке математической модели шнекового транспортера с линейным асинхронным двигателем в приводе. Математическая модель основана на равенстве суммы моментов сил, действующих на шнековый транспортер. Эта модель позволяет определить показатели качества работы линейного электропривода шнекового транспортера.
Ключевые слова: математическая модель, электропривод, линейный асинхронный двигатель, шнековый транспортер
Для цитирования: Кафиев И.Р. Математическая модель шнекового транспортера с линейным электроприводом / И.Р. Кафиев, Р.Р. Нугуманов, И.Х. Хусаинов // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-технической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под. ред. С.М. Бакирова. – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

MATHEMATICAL MODEL OF A LINEAR ELECTRIC SCREW CONVEYOR

Irshat Rashitovich Kafiev[1], Raushan Rimovich Nugumanov[2], Ilnur Khaidarovich Khusainov[3]
[1,2,3]Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia
[1]kafiev02@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-2034-5260
[2]nugraush@rambler.ru, https://orcid.org/0000-0003-0163-9917

[3]il.husainov@yandex.ru

Annotacion. This article is devoted to the development of a mathematical model of a screw conveyor with a linear asynchronous motor in the drive. The mathematical model is based on the equality of the sum of the moments of forces acting on the screw conveyor. This model allows you to determine the performance indicators of the linear electric drive of the screw conveyor.
Keywords: mathematical model, electric drive, linear asynchronous motor, screw conveyor
For citation: Kafiev I.R. Mathematical model of a linear electric screw conveyor / I.R. Kafiev, R.R. Nugumanov, I.H. Khusainov // Improving the efficient operation of electrical equipment in agriculture: Materials of the International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko. - Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Модернизация шнековых транспортеров в сельскохозяйственных предприятиях является актуальной задачей, поскольку такие системы играют важную роль в перевозке сыпучих материалов. Улучшение их функциональности и эффективности может принести несколько преимуществ:

- повышение производительности: модернизированные шнеки могут перевозить большей объем продукции в единицу времени, что помогает сельскохозяйственным предприятиям увеличить производительность и сократить затраты на транспортировку;
- снижение затрат: модернизация позволяет сократить энергозатраты на работу шнеков и уменьшить износ деталей, что ведет к снижению расходов на ремонт и обслуживание оборудования;
- автоматизация и управляемость: модернизированные шнековые транспортировки могут быть интегрированы в автоматизированные системы управления производством, что упрощает контроль и управление перевозкой материалов.

В настоящее время в качестве приводов для шнековых транспортеров широко используются вращающиеся асинхронные двигатели. Однако использование таких двигателей приводит к усложнению конструкции устройства из-за необходимости в ременных, клиновых передачах, редукторах и других компонентах для достижения низкой частоты вращения и плавной регулировки скорости [1].

Для преодоления перечисленных недостатков в приводах различных сельскохозяйственных технологических машин стали применять линейные асинхронные двигатели (ЛАД). Такие двигатели позволяют эффективно работать без необходимости использования ременных, клиновых передач и редукторов. Поэтому применение ЛАД позволяет упростить конструкцию устройства и обеспечить более надежную и эффективную работу техники в сельском хозяйстве [2, 3].

Данное исследование направлено на создание математической модели электропривода шнекового транспортера на базе ЛАД.

Материалы и методы. Схема шнекового транспортера электроприводом на базе ЛАД представлена на рисунке 1.

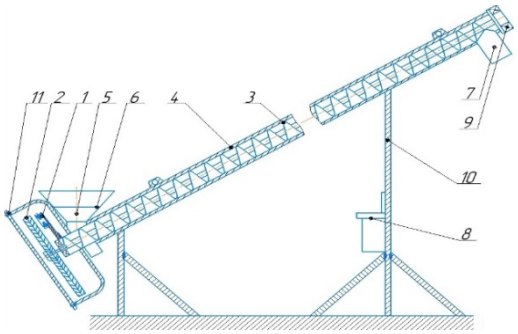


Рисунок 1 - Схема шнекового транспортера с ЛАД а приводе: 1 – индуктор ЛАД; 2 – вторичный элемент ЛАД, выполненный в виде двухслойного диска; 3 – шнек; 4 – корпус; 5 – загрузочное отверстие; 6 – фланец присоединительный; 7 – разгрузочное отверстие; 8 – тиристорный регулятор напряжения; 9 – подшипниковый узел; 10 – опорные ножки; 11 – защитная рамка для ЛАД

Результаты исследования. Предлагаемая математическая модель составлена из условия равенства моментов сил, действующий на шнековый транспортер. Она может быть представлена следующей математической зависимостью

$$J \cdot \frac{d\omega}{dt} = F \cdot R + F_{\text{ПКЭ}} \cdot R - F_{\text{тр.м}} \cdot R_1 \cdot k_{\text{пр}}, \quad (1)$$

где J - момент инерции вторичного элемента ЛАД, *кг·м²/с²;*

ω - угловая скорость вращения шнека, *1/с;*

F- сила, развиваемая ЛАД, без учета продольного краевого эффекта, *Н*;

R - расположение индукторов ЛАД от оси шнека, м;

$F_{\text{ПКЭ}}$ - сила продольного краевого эффекта в ЛАД, Н;

$F_{\text{тр.м}}$ - сила трения материала об стенки корпуса транспортера, Н;

R_1 – радиус шнека;

$k_{\text{пр}}$ – приведенный коэффициент.

Сила, развиваемая ЛАД без учета продольного краевого эффекта и сила продольного краевого эффекта определяются по формульным зависимостям приведенным в [4].

Сила трения материала об стенки определяется по зависимости

$$F_{\text{тр.м}} = R_T \cdot f, \quad (3)$$

где f - коэффициент трения материала о корпус питателя;

R_T - нормальная составляющая силы тяжести материала, Н.

$$R_T = G \cdot \cos\alpha, \quad (4)$$

где G - сила тяжести материала, находящегося в корпусе шнека, Н;

α - угол наклона оси шнека, град.

Заключение. Предложенную модель планируется использовать для определения показателей качества работы электропривода шнекового транспортера на базе ЛАД.

Список источников

1. Аипов, Р. С. Линейные электрические машины и линейные асинхронные электроприводы технологических машин: монография / Р.С.Аипов, А.В. Линенко. - Уфа: Башкирский ГАУ, 2013. - 308 с.

2. Линенко, А.В. Зерноочистительная установка с линейным электродвигателем / А.В. Линенко, М.Ф. Туктаров, С.В.Акчурин // Сельский механизатор.- 2014. - № 8 (66). - С. 24-25.

3. Устройство для измельчения: патент № 2546860 Российская Федерация, МПК B 02 C7/08, B 02 C7/16. / Р.С. Аипов, Р.Р. Нугуманов, А.В. Линенко. – № 2013153279/13; заявл. 29.11.2013; опубл. 10.04.2015 г., - Бюл. № 10. - 7 с.

4. Аипов, Р.С. Линейные электрические машины и приводы на их основе / Р.С. Аипов. - Уфа: Башкирский ГАУ, 2003. - 201 с.

© Кафиев И.Р. Нугуманов Р.Р., Хусаинов И.Х, 2023

Научная статья
УДК 621.313

АЛГОРИТМЫ РАБОТЫ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ОТКЛЮЧЕНИЙ И ОТКЛОНЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ НА ВВОДАХ СЕЛЬСКИХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Егор Дмитриевич Колчин[1], Оксана Владимировна Логачёва[2], Дмитрий Юрьевич Сохинов[3]

[1] Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов

[2] Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов

[3] Московский государственный университет пищевых производств, г. Москва

[1] dmitriy-v.1974@mail.ru https://orcid.org/0009-0005-5833-1747

[2] sgauoksana@mail.ru https://orcid.org/0009-0004-2906-3141

[3] dmitrysokhinov@gmail.com https://orcid.org/0009-0000-0030-8580

Аннотация. В статье рассмотрены алгоритмы работы системы мониторинга отключений и отклонения напряжения на вводах сельских потребителей, позволяющие автоматически определять, фиксировать и оповещать оперативный персонал о прерывании напряжения на различных участках электрической сети, его восстановлении, а также месте обрыва линии электропередачи.

Ключевые слова: электрическая сеть, продолжительность отключений, отклонения напряжения, алгоритм работы, мониторинг, надёжность электроснабжения, качество электроэнергии.

Для цитирования: Колчин, Е.Д. Алгоритмы работы системы мониторинга отключений и отклонения напряжения на вводах сельских потребителей / Е.Д. Колчин, О.В. Логачёва, Д.Ю. Сохинов // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-технической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

OPERATING ALGORITHMS OF THE SYSTEM FOR MONITORING OUTAGES AND VOLTAGE DEVIATIONS AT THE INPUT OF RURAL CONSUMERS

Egor Dmitrievich Kolchin[1], Oksana Vladimirovna Logacheva[2], Dmitry Yurievich Sokhinov[3]
[1] Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia
[2] Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia
[3] Moscow State University of Food Production, Moscow, Russia
[1] dmitriy-v.1974@mail.ru https://orcid.org/0009-0005-5833-1747
[2] sgauoksana@mail.ru https://orcid.org/0009-0004-2906-3141
[3] dmitrysokhinov@gmail.com https://orcid.org/0009-0000-0030-8580

Annotation. The article discusses algorithms for the operation of a monitoring system for outages and voltage deviations at the inputs of rural consumers, which make it possible to automatically determine, record and notify operational personnel about a voltage interruption in various sections of the electrical network, its restoration, as well as the location of a power line break.
Keywords: electrical network, duration of outages, voltage deviations, operating algorithm, monitoring, reliability of power supply, power quality.
For citation: Kolchin, E.D. Algorithms for the operation of the monitoring system for outages and voltage deviations at the inputs of rural consumers / E.D. Kolchin, O.V. Logacheva, D.Yu. Sokhinov // Improving the efficient operation of electrical equipment in agriculture: materials International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko / Ed. S.M. Bakirov - Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Для полноценной работы системы мониторинга отключений и отклонения напряжения на вводах сельских потребителей, диспетчерскую электросетевой организации необходимо оснастить интерфейсом и программным обеспечением, которые позволят принимать сигналы от устройства контроля количества и продолжительности отключений и отклонения напряжения (УККПОиОН), анализировать их, оповещать рабочий персонал о каких-либо сбоях в распределительной сети, а также автоматически

принимать решения для их устранения. Кроме того, во время отклонения напряжения выше или ниже допустимого уровня УККПОиОН отправляет информацию в ДЭК о величине этого отклонения с периодичностью в 1 минуту, что позволяет выявить причину искажения и произвести автоматическое регулирование напряжения [1].

В зависимости от сигналов, которые поступают с УККПОиОН, установленных в различных местах электрической сети, их комбинации и последовательности позволяют диспетчерской электросетевой компании точно и оперативно установить вид повреждения (аварийного режима) и причину, по которой оно произошло. Это позволяет значительно сократить время на получения информации о повреждении и время на поиск этого повреждения [6,8].

Материалы и методы. Программное обеспечение и интерфейс, установленные в ДЭК, подразумевают создание алгоритма работы системы мониторинга надёжности электроснабжения и качества электроэнергии (СМНиК), который позволит определять и анализировать сигналы, поступающие с УККПОиОН. Блок алгоритма работы СМНиК, отвечающего за введение исходных данных, таких как количество линий электропередач и количество потребителей, подключенных к ним изображен на рисунке 1. Запуск алгоритма происходит из блока 1 «Начало». После чего в блоке 2 вводится количество ЛЭП «число m», на которых установлены УККПОиОН. Далее алгоритм переходит к блоку 3, запускающий безусловный цикл. Количество циклов здесь будет зависеть от числа m, то есть от количества ЛЭП. Далее в блоке 4 устанавливается количество потребителей, подключенных к ЛЭП («число i»). Алгоритм устроен таким образом, что для каждой ЛЭП будет поочередно вводиться соответствующее ей количество потребителей. Таким образом, после введения количества ЛЭП и количества потребителей для каждой из них, безусловный цикл закончится и перейдет к блоку 5, который отвечает за мониторинг сигналов, поступающих от всех УККПОиОН [2].

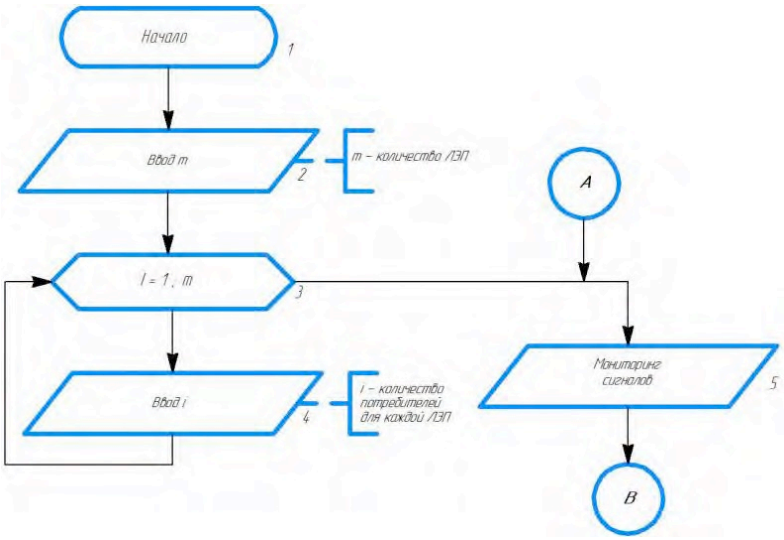


Рисунок 1 - Алгоритм работы СМНиК. Ввод исходных данных

На рисунке 2 изображено продолжение алгоритма работы СМНиК, отвечающего за индикацию в диспетчерской электросетевой компании (ДЭК) о прерывании напряжения на всех контролируемых участках. Этот блок алгоритма запускается после получения сигнала о прерывании напряжении «Начало $\delta U_{(-)} \geq 95\%$» (блок 6). После чего алгоритм начинает проверять всю систему на отключение напряжения на каждом контролируемом участке. Блок 7 проверяет ТП на прерывание напряжения и в случае появления сигнала задействует блок 8, который выводит сообщение в ДЭК «ТП обесточена», а также фиксирует в памяти начало прерывания напряжения на ТП». Далее алгоритм переходит к блоку 9. Если же условия блока 7 «Начало $\delta U_{(-)} \geq 95\% = 0$» соблюдется (то есть сигнал отсутствует), то алгоритм сразу переходит к блоку 9, не задействовав блок 8. Блок 9 запускает безусловный цикл, количество циклов которых будет соответствовать числу m, то есть количеству ЛЭП. Блок 10 проверяет первую ЛЭП на прерывание напряжения и в случае присутствия сигнала работает по аналогии с проверкой ТП на отключение. В процессе в ДЭК будет отображена информация «Линия 1 обесточена». Далее блок 12 запускает второй безусловный цикл для проверки каждого потребителя, подключенного к ЛЭП (в нашем случае для первой линии электропередачи). Блок 13 проверяет сигнал об отсутствии напряжения на каждом потребителе по аналогии с предыдущими проверками. Если алгоритм предусматривает автоматическое определение места обрыва ЛЭП, то в случае присутствия сигнала об отключении потребителя алгоритм после блока 13 запускает блок 31 (рис. 3). Если из алгоритма убрана эта функция, то алгоритм после блока 13 переходит к блоку 14 для отображения сообщения «Потребитель Sg обесточен» (для первого потребителя - «Потребитель S_1 обесточен»). Далее в блоке 15 происходит переход к следующему потребителю «g=g+1». То есть проверив первого потребителя, алгоритм переходит ко второму: g=1+1=2 через безусловный цикл 12. После окончания циклов блока 12, алгоритм переходит к следующей линии электропередачи через блок 16 «j=j+1». Закончив все циклы блок 9, алгоритм возвращается к мониторингу сигналов (блок 5, рис. 1).

Блок алгоритма работы СМНиК, отвечающий за автоматическое определение места обрыва ЛЭП, а также повышение информативности отображающейся информации в ДЭК, представлен на рисунке 3. Работа этого блока алгоритма запускается после проверки каждого потребителя на прерывание напряжения. В случае присутствия сигнала о начале прерывания напряжения на блоке 13 (приложение Д Рисунок Д.2), алгоритм проверяет сигнал на условие “g=1” (блок 31) для того, чтобы выявить первого потребителя, подключенного к ЛЭП. При соблюдении условия, алгоритм проверяет линию электропередачи на прерывание напряжение (блок 38). Это сделано для того, чтобы избежать ошибки, в результате которой алгоритм расценит срабатывание коммутационного аппарата ЛЭП как обрыв провода между этим коммутационным аппаратом и первым потребителем.

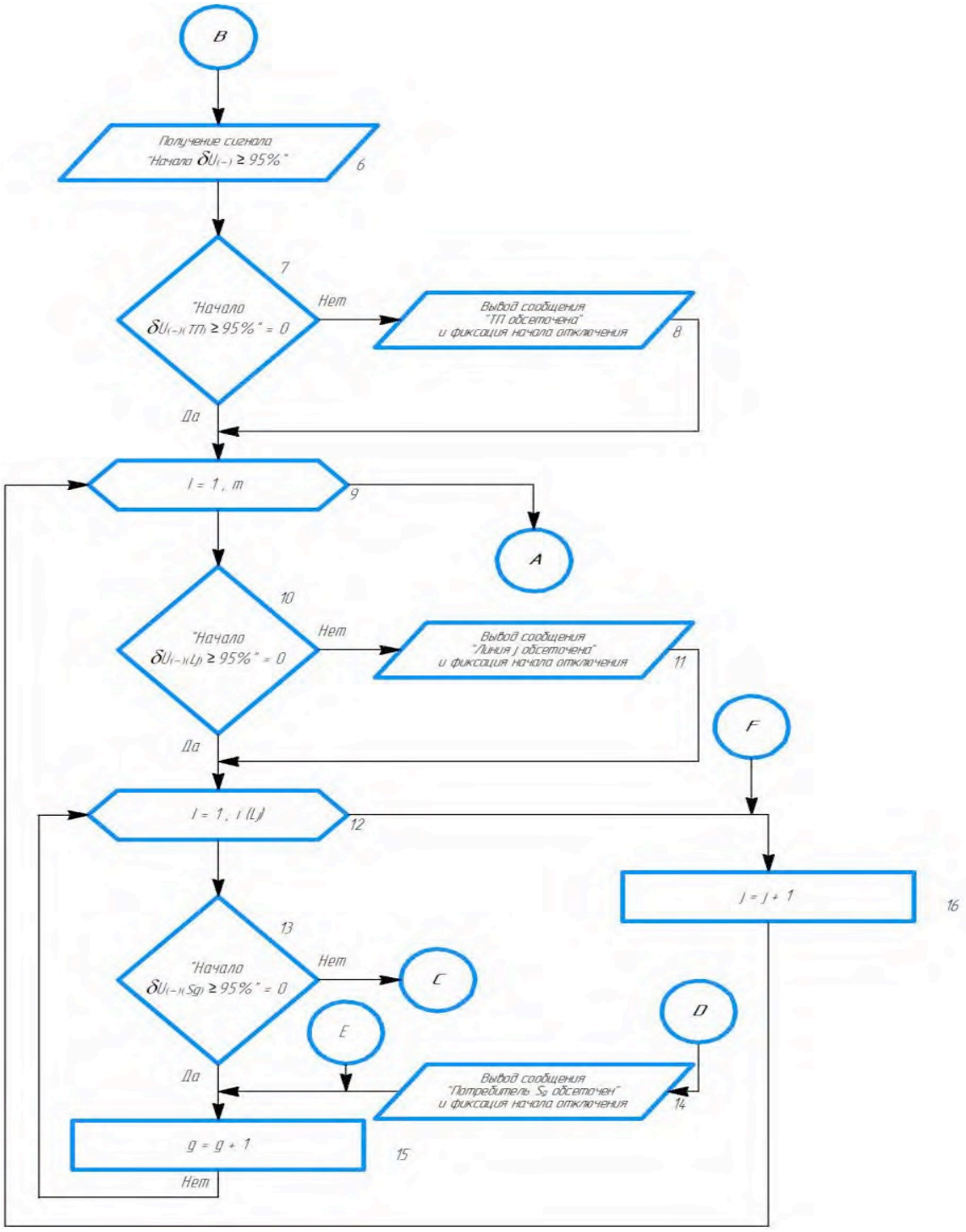


Рисунок 2 - Алгоритм работы СМНиК. Индикация прерывания напряжения

Если условие «Начало $\delta U_{(-)}$ Lj≥ 95% = 0» не выполнится (сигнал о прерывании присутствует), алгоритм вернется к блоку 16 (рис. 2) и начнет проверку следующей ЛЭП. [2] В случае невыполнения условия алгоритм запустит проверку на прерывание напряжения всех последующих потребителей, подключенных к той же ЛЭП. Если у какого-нибудь потребителя будет присутствовать напряжение, то проверка закончится, так как это будет свидетельствовать о не обрыве провода. Алгоритм перейдет к блоку 14. Если напряжение будет отсутствовать у всех потребителей, то алгоритм закончит

серию циклов блока 39 и перейдет к блоку 42, который отобразит в ДЭК информацию «Линия j оборвана между потребителем S_1 и распределительным устройством. Потребители S_1 (Lj) – Sg (Lj) обесточены».

Если условие блока 31 будет не соблюдено (то есть производится проверка не первого потребителя), то алгоритм перейдет к блоку 32, где «число g» запомнится в системе как «число a» «g=a». Далее алгоритм запустит безусловный цикл 33 для проверки последующих потребителей. Как и в предыдущем случае алгоритм остановит проверку на обрыв провода, если хотя бы у одного из потребителей будет напряжение. В случае если все потребители обесточены, цикл завершится и в ДЭК появится сообщение: «Линия j оборвана между потребителями S_a (L_j) и S_{a+1}(L_j). Потребители S_a (L_j) – S_g (L_j) обесточены».

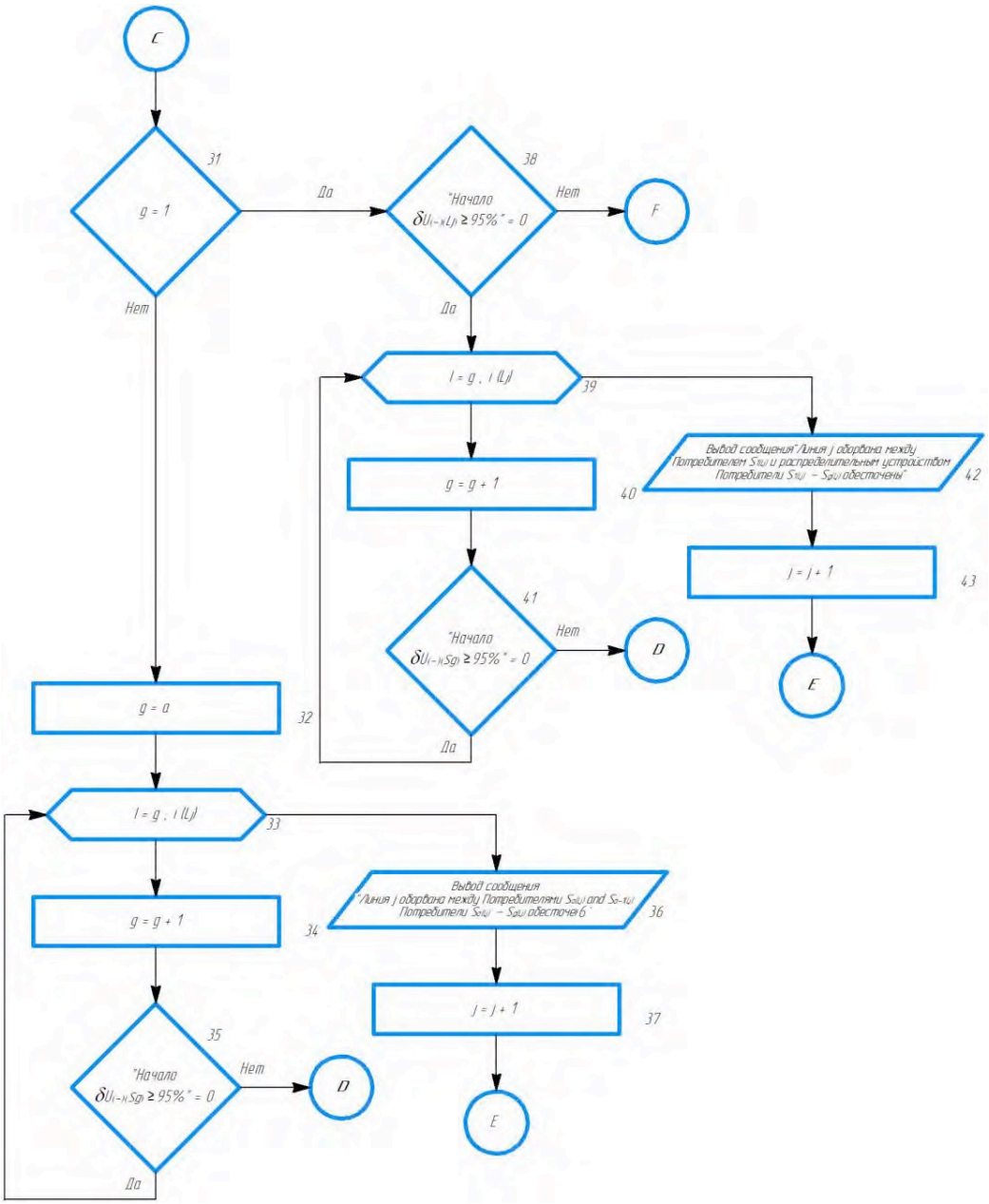


Рисунок 3 - Алгоритм работы СМНиК. Индикация обрыва ЛЭП

Результаты исследования. Таким образом, представленный алгоритм работы программного обеспечения, установленного в ДЭК, позволяет автоматически определять, фиксировать и оповещать оперативный персонал о прерывании напряжения на различных участках электрической сети (ввод НН ТП, ЛЭП, потребители), его восстановлении, а также месте обрыва линии электропередачи [3]. Разработка алгоритмов определения остальных видов и причин аварийных режимов должна составляться в соответствии с вышеописанными алгоритмами, расширяя и дополняя их.

Заключение. Определение конфигурации среднестатистической сельской электрической сети 0,38 кВ позволяет определить среднее количество используемых датчиков УККПОиОН, компоновку самой системы, а также подходящие каналы передачи данных, что в свою очередь необходимо при расчете экономического эффекта от внедрения системы.

На основе среднестатистической сельской электрической сети 0,38 кВ был разработан алгоритм работы устройства контроля количества и продолжительности отключений и отклонения напряжения. Алгоритм позволяет точно определять все возможные аварийные режимы: прерывание напряжения, отклонение напряжение ниже и выше допустимого уровня, перегрузку и короткое замыкание во внутренней сети потребителя, фиксировать факт и период их появления, а также отправлять эту информацию в диспетчерскую электросетевой организации. Алгоритм позволяет ДЭК выявить закономерность появления аварийных режимов работы электросети (например, отправка сигнала о неселективном срабатывании коммутационного аппарата, питающую ЛЭП, произошедшей из-за КЗ во внутренней сети потребителя) [5, 7]. Алгоритм работы программного обеспечения СМНиК на серверах ДЭК осуществляется на примере представленного алгоритма, позволяющего определять прерывание напряжения на различных участках электрической сети, его восстановление, а также место обрыва ЛЭП. Алгоритм автоматически фиксирует и оповещает оперативный персонал о всех прописанных в нём видах и причинах аварийных режимов.

Список источников

1. Виноградов, А. В. Система контроля надежности электроснабжения и качества электроэнергии в электрических сетях 0,38 кВ / А.В. Виноградов, М.В. Бородин, А.В. Виноградова, А.О. Селезнева, В.Е. Большев // Промышленная энергетика. – 2018. – №. 3. – С. 14-18. – EDN XOWAKD

2. Виноградов, А.В. Устройства и система мониторинга надежности электроснабжения и отклонения напряжения в электрических сетях 0,38 кВ / А.В. Виноградов, А.В. Виноградова, В.Е. Большев // Вестник НГИЭИ. – 2017. - № 11(78). – С. 69-81. – EDN ZWPRFZ

3. Колчин, Е. Д. Надежность функционирования электрических систем / Е.Д. Колчин, О. В. Логачёва, Д.Ю. Сохинов // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной. научно-практической

конференции с международным участием. / под общ. ред. С.М. Бакирова. – Саратов: Саратовский ГАУ, 2023 – С. 160-165. – EDN DZDXQK

4. Лошкарев, И. Ю. Стратегии технического обслуживания и ремонта асинхронных двигателей / И.Ю. Лошкарев, О.В. Логачева, А.В. Волгин // В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК, материалы VIII международной научно-практической конференции. – Саратов: Саратовский ГАУ, 2017 – С. 162-164. – EDN ZQZBIJ

5. Спиридонов, А.А. Прогнозирование технического состояния электрооборудования / А.А. Спиридонов, О.В. Логачева // В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК, материалы VII международной научно-практической конференции. – Саратов: Саратовский ГАУ, 2016 – С. 222-223. – EDN XGQPWH

6. Спиридонов, А.А. Стоимостный подход к капитальному ремонту электрооборудования / А.А. Спиридонов, О.В. Логачева // В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК, материалы VII международной научно-практической конференции. – Саратов: Саратовский ГАУ, 2016 – С. 219-221. – EDN XGQPVX

7. Спиридонов, А.А. К вопросу оптимизации надежности электрических систем / А.А. Спиридонов, О.В. Логачева // В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК, материалы VII международной научно-практической конференции. – Саратов: Саратовский ГАУ, 2016 – С. 266-268. – EDN UEEIRV

8. Сохинов, Д. Ю. Надежность функционирования электрических систем / Д.Ю. Сохинов, О. В. Логачёва // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы X Междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. В. А. Трушкина. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2019 – С. 208-211. – EDN NRSOCS.

@ Колчин Е.Д., Логачёва О.В., Сохинов Д.Ю., 2023

Научная статья
УДК 642.5:004.77

РАЗРАБОТКА СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЦИФРОВЫМ АВТОМАТИЗИРОВАННЫМ (РОБОТИЗИРОВАННЫМ) УСТРОЙСТВОМ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПИЩИ С FDM ТЕХНОЛОГИЕЙ 3D ПЕЧАТИ И ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Надежда Петровна Кондратьева[1], Роман Геннадьевич Большин[2], Рамис Зульфатович Ахатов[3]

[1,3] Удмуртский ГАУ, г. Ижевск
[2] РГАУ-МСХА имени К.А Тимирязева, г. Москва
[1]aep_isha@mail.ru , https://orcid.org/0000-0002-1784-3560
[2] bolshin@rgau-msha.ru , https://orcid.org/0000-0001-5268-0464

[3] ramis.ahatov@gmail.com , https://orcid.org/0009-0003-0472-9229

Аннотация. В статье приводится данные по разработке электрической схемы управления цифровым автоматизированным (роботизированным) устройством приготовления пищи с FDM технологией 3D печати и лазерным излучением. Обзор разработок в области 3D печати еды показал, что практически все устройства, разработанные за рубежом и в РФ, в настоящее время, используют уже готовые к употреблению ингредиенты, или печатают на жарящих поверхностях, то есть фактически выполняют роль декорирования (оформления), а не приготовления продуктов питания. Предлагаемое цифровое автоматизированное (роботизированное) устройство существенно снижает финансовые затраты на потребляемую электроэнергию и позволяет повысить качество выпускаемой пищевой продукции.
Ключевые слова: приготовления пищи с технологией FDM, 3D печать, лазерное излучение, схема управления цифровым автоматизированным (роботизированным) устройством
Для цитирования: Кондратьева, Н.П. Разработка схемы управления цифровым автоматизированным (роботизированным) устройством приготовления пищи с FDM технологией 3D печати и лазерным излучением / Н.П. Кондратьева, Р. Г. Большин, Р. З. Ахатов // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-технической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

DEVELOPMENT OF A CONTROL SCHEME FOR A DIGITAL AUTOMATED (ROBOTIC) FOOD COOKING DEVICE WITH FDM 3D PRINTING TECHNOLOGY AND LASER RADIATION

Nadezhda Petrovna Kondrateva[1], Roman Gennadievich Bolshin[2], Ramis Zulfatovich Akhatov[3]
[1,3] Udmurt State Agrarian University, Izhevsk
[2] RGAU-MCXA named after K.A Timiryazev, Moscow

Annotation. The article provides data on the development of an electrical control circuit for a digital automated (robotic) food preparation device with FDM 3D printing technology and laser radiation. A review of developments in the field of 3D food printing showed that almost all devices developed abroad and in the Russian Federation currently use ready-to-eat ingredients, or are printed on frying surfaces, that is, they actually serve as decoration (decoration), and not food preparation. The proposed digital automated (robotic) device significantly reduces the financial costs of consumed electricity and makes it possible to improve the quality of food products.

Keywords: cooking with FDM technology, 3D printing, laser radiation, digital automated (robotic) device control circuit
For citation: Kondrateva, N.P. Development of a control circuit for a digital automated (robotic) food preparation device with FDM 3D printing technology and laser radiation / N.P. Kondrateva, R. Z. Akhatov, R. G. Bolshin // Improving the efficient operation of electrical equipment in agriculture: materials International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko / Ed. S.M. Bakirov - Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Обзор разработок в области 3D печати еды показал, что практически все устройства, разработанные за рубежом и в РФ, в настоящее время, используют уже готовые к употреблению ингредиенты, или печатают на жарящих поверхностях, то есть фактически выполняют роль декорирования (оформления), а не приготовления продуктов питания [3, 4, 8].

Для приготовления к употреблению продуктов используются стандартные методы: это пароварки, жарящие поверхности, печи и т.п., в которых происходит обработка теплом объема продукта одновременно до готовности. Основной недостаток этих способов – более сильное воздействие на продукт снаружи и слабое внутри, что приводит к неравномерной готовности конечного продукта. На приготовление определенного объема продукта тратится большое количество времени и энергии. Например, для приготовления 1 кг курицы в кипящей воде требуется примерно 60 мин., а ели курицу нарезать частями, то время варки уменьшается и для куска сырой курицы объемом менее 1мм^3 потребуются секунды! Такая зависимость справедлива практически для всех продуктов.

С учетом развития научно-технического процесса можно разработать алгоритмы приготовления, пищи для автоматизированного приготовления различных блюд [2, 3, 5]. Приготовление пищи - есть алгоритм действий с определенными для каждого из блюд продуктами питания: подготовка, обработка (включая механическую, химическую и термическую). В настоящее время мы знакомы с автоматизированными процессами приготовления пищи и напитков, эти установки предназначены для приготовления определенного продукта (блюда) и не имеют конструктивной возможности приготовления иного. Например, кофемашина.

Для создания автоматизированного устройства можно использовать существующую FDM технологию программируемой 3D печати с интегрированными устройствами точечной термообработки. Технология FDM или FFF подразумевает создание объектов при помощи послойного нанесения расплавленного материала (в нашем случае термически обработанного ингредиента). FDM дословно расшифровывается - fused deposition modeling или технология послойного наплавления. В технологии **FDM к**ак только сопло достигнет необходимой температуры, нить (ингредиент) подается в экструдер и в сопло для нагрева. Экструдер прикреплен к 3-осевой системе, которая позволяет ему перемещаться в направлениях X, Y и Z.

Учитывая вышеизложенное, разработка автоматизированного устройства, в котором по заданной программе или алгоритму для приготовления конечного блюда реализуется смешивание различных очень мелкого размера ингредиентов, термическая обработка «до готовности» эффективной температурой для каждого ингредиента, является актуальной задачей.

Автоматизированное устройство предлагается создать на базе станка с числовым программным управлением, реализующим аддитивные операции, 3D принтер для послойной печати, с добавлением дополнительных функций цифрового управления световыми – лазерными излучателями. В качестве материала печати используются «сырые» продукты питания – инградиенты в состоянии пасты, которую можно дозировать по специальному алгоритму.

Технология FDM и 3D позиционирование экструдера, позволит наносить ингредиенты послойно с толщиной слоя от 0,1 мм. Слой ингредиента подвергается термической обработке источником излучения – лазером по заданной программе- алгоритму, то есть выдерживаются необходимые дозы излучения при определённой длины волны, диаметр точки воздействия и т.д. После заверения работы с текущим слоем, наносится следующий слой и проводится его обработка. FDM технология печати позволяет использовать несколько ингредиентов одновременно, если оборудование имеет несколько экструдеров (по аналогии с цветными 3D принтерами), таким образом можно создавать готовые к употреблению блюда различных вкусов.

В качестве источником энергии, для приготовления продукта можно использовать когерентный источник света – лазер, так как он обеспечивает быстрый нагрев в точке [6, 7, 9]. Чем меньше точка лазера, тем он больше энергии концентрирует. Например, если нагревать продукт сверх маленького объема -0.1мм^3 то потребуется очень малое время работы лазера.

Цель работы является разработка электрической схемы формирования вторичных цифровых источников питания на 5 В и 3,3 В для управления цифрового автоматизированного (роботизированного) устройства для приготовления пищевых продуктов, выполненное на основе FDM технологий 3D печати, с применением лазерного излучения для непосредственной термической обработки.

Материалы и методы. В настоящее время существует технология 3D печати, которая позволяет создавать объемные объекты послойно от 0,05 мм толщиной, и как правило экструдеры бывают от 0.1-0.2 мм диаметром. По заложенному алгоритму экструдер движется в плоскости, и наносит филамент последовательно на плоскость. При размещении слоев друг на друга получается объемный объект. Если в устройстве использовать вместо филамента фарш, и предусмотреть его термическую обработку, то получится готовая котлета.

В принципильную электрическую схему управления 3D принтером для еды входит три блока, один из них - схема формирования источников питания [1, 10, 11].

На рисунке 1 и 2 приведены схемы формирования вторичных источников питания.

Для работы всей схемы требуется два вторичных напряжения: 5 В и 3,3 В. Формирование 5 В происходит при помощи преобразователя постоянного тока D1. Подключение преобразователя выполенен согласно технической документации производителя. Для того, чтобы получить выходное напряжение 5 В расчитали сопротивления делителя напряжения R3 и R4: по формуле (1):

$$R_3 = R_4 * \left(\frac{U_{\text{вых}} - 0{,}8}{0{,}8}\right), \quad (1)$$

где $U_{\text{вых}}$ – требуемое выходное напряжение, R_4 – занчение резистора согласно рекомендациям производителя, R_3 – расчетное занчение сопротивления.

$$R_3 = 51 * 10^3 * \left(\frac{5 - 0{,}8}{0{,}8}\right) = 269 \text{ кОм}.$$

Исходя из расчетов был выбран резистор на 270 кОм из ряда E24.

Расчет индуктивного элемента производился по формуле (2):

$$L = \left(\frac{U_{\text{вх}} - U_{\text{вых}}}{I_{\text{вых}} * 0{,}3}\right) * \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вх}} * f}, \quad (2)$$

где $U_{\text{вх}}$ – напряжение входное, $I_{\text{вых}}$ – требуемый выходной ток, f – частота работы преобразователя.

$$L = \left(\frac{24 - 5}{3{,}5 * 0{,}3}\right) * \frac{5}{24 * 600 * 10^3} = 6{,}28 \text{ мкГн}.$$

По расчетам индуктивного элемента индуктивность получилось 6,28 мкГн, производитель рекомендует использовать с определенным запасом. Поэтому в принципиальной электричекой схеме был выбран на 10 мкГн.

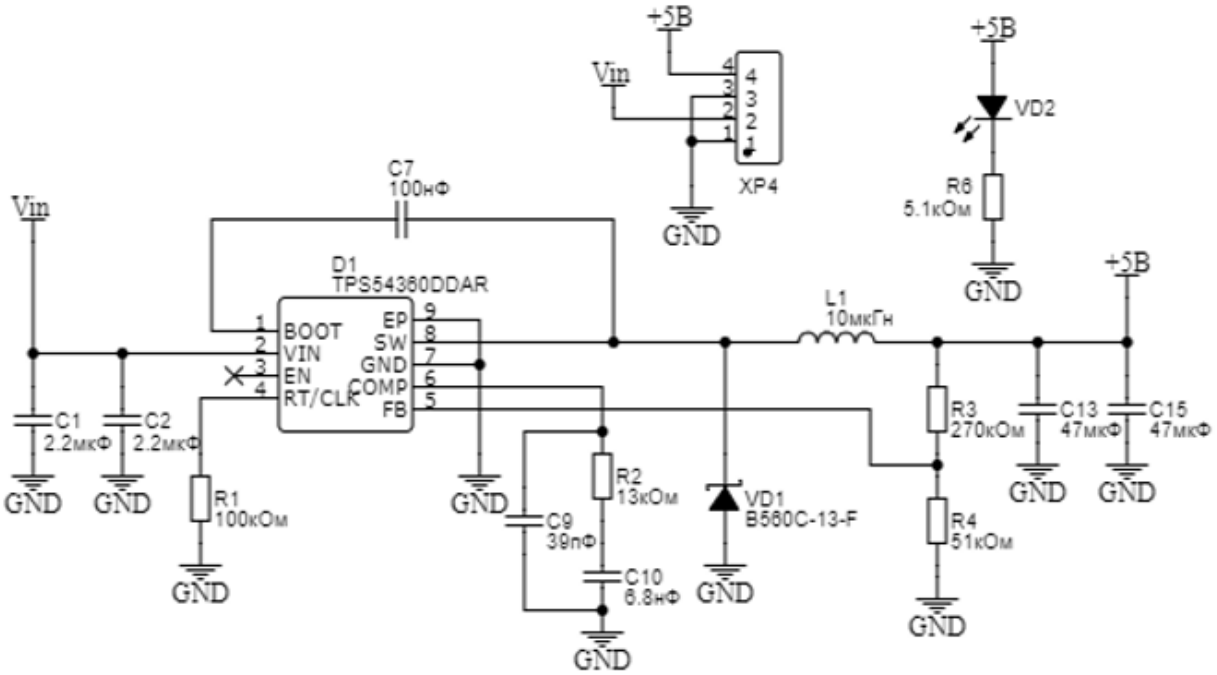


Рисунок 1. Схема формирования вторичных источника питания на 5 В

К разъему XP4 подключается входное и выходное напряжение. А светодиод VD2 необходим для индикации о наличии выходного напряжения 5 вольт.

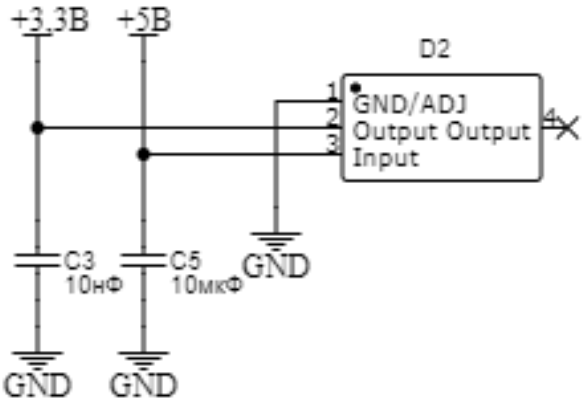


Рисунок 2. Схема формирования вторичных источника питания на 3,3 В

Формирование 3,3 В происходит из пяти вольт линейным преобразователем D2. Это напряэения необходим для электропитания микроконтроллера DD1.

Результаты исследования. Используя стандартные методы приготовления невозможно приготовить блюдо из мельчайших частиц (кроме каш). Цифровое автоматизированное (роботизированное) устройство для приготовления пищевых продуктов, выполненное на основе FDM технологий 3D печати, с применением лазерного излучения для непосредственной термической обработки позволяет «собрать» блюдо из продуктов сверх малого объема с одинаковой степени готовности на любой толщине. Цифровое автоматизированное (роботизированное) устройство для приготовления пищевых продуктов позволяет готовить пищу без учета квалификации персонала, уменьшить численность персонала, задействованного в приготовления пищи для организаций общепита. Предлагаемое цифровое автоматизированное (роботизированное) устройство существенно снижает финансовые затраты на потребляемую электроэнергию и позволяет избежать ошибок, допускаемых при приготовлении пищи стандартными способами, тем самым повышая качество выпускаемой пищевой продукции.

Заключение.

1. Разработана электрическая схема формирования вторичных цифровых источников питания на 5 В и 3,3 В для управления цифровым автоматизированным (роботизированным) устройством для приготовления пищевых продуктов, выполненное на основе FDM технологий 3D печати, с применением лазерного излучения для непосредственной термической обработки.

2. Для получения выходного напряжения 5 В расчетным путем прлучили сопротивления делителя напряжения равное 269 кОм. С учетом рекомендаций производителя выбираем резитор 270 кОм из ряда Е24

3. По расчетам индуктивного элемента индуктивность получилось 6,28 мкГн, С учетом рекомендаций производителя выбираем с запасом 10 мкГн.

Список источников

1. Ахатов, Р. З. Моделирование микроконтроллеров в программной среде MULTISIM / Р. З. Ахатов, А. А. Штин // Информационные технологии в науке, промышленности и образовании. Всероссийская научно-техническая конференция. Отв. ред. К. Ю. Петухов. Ижевск, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия 2020. С. 321-326
2. Большин, Р.Г. Применение цифровых технологий при выращивании зеленого корма на гидропонике / Краснолуцкая М.Г., Большин Р.Г. // Состояние, проблемы и перспективы развития аграрной науки на современном этапе. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Чебоксары, 2020. С. 274-280.
3. Волков, М. Д. Разработка алгоритма управления пищевым 3D-принтером / М. Д. Волков // Научные труды студентов Ижевской ГСХА. Сборник статей. Отв. за выпуск Н.М. Итешина. Ижевск, 2022. С. 1088-1092.
4. Волков, М. Д. Разработка аппаратного модуля для управления пищевым 3D-принтером / М. Д. Волков // Научные труды студентов Ижевской ГСХА. Отв. за выпуск Н.М. Итешина. Ижевск, 2022. С. 1092-1096.
5. Кондратьева, Н.П. Эффект синергизма для управления посевными качествами семян люцерны изменчивой с элементами нейросети для контроля дозы УФО / Кондратьева Н.П., Ахатов Р.З., Большин Р.Г., Краснолуцкая М.Г., Духтанова Н.В., Селунский В.В., Нетёсов С.В. // АгроЭкоИнфо. 2023. № 5 (59).
6. Кондратьева, Н.П. Цифровое средство автоматизации для реализации энергоэффективного режима облучения микрочеренков сливы садовой в культуре in vitro / Кондратьева Н.П., Ахатов Р.З., Большин Р.Г., Краснолуцкая М.Г., Селунский В.В // Светотехника. 2023. № 5. С. 32-37.
7. Кондратьева, Н.П. Использование цифровых технологий для эффективного управления электротехнологическими облучательными установками / Кондратьева Н.П., Шогенов Ю.Х., Зиганшин Б.Г., Ахатов Р.З. // Техника и оборудование для села. 2022. № 4 (298). С. 40-43.
8. Спиридонов, А. Б. Пищевые 3D-принтеры / А. Б. Спиридонов, Т. С. Копысова, М. Д. Волков // Технологические тренды устойчивого функционирования и развития АПК. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной году науки и технологии в России. Ижевск, ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА2021. С. 173-181.
9. Kondrateva, N. Determination of the effective operating hours of the intermittent lighting system for growing vegetables / Kondrateva N., Bolshin R., Krasnolutskaya M., Shishov A., Filatov D., Ovchukova S., Mikheev G // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Сер. "International AgroScience Conference, AgroScience 2021" 2021. С. 012004.
10. Kondrateva, N.P. Digital automation of energy-efficient in vitro irradiation of orchard plum micro cuttings / Kondrateva N.P., Akhatov R.Z., Bolshin R.G., Krasnolutskaya M.G., Selunskiy V.V. // Light & Engineering. 2023. Т. 31. № 6. С. 57-64.

11. Ovchukova, S. A. Digital technologies for the implementation of intelligent diagnostics of the insulation of power supply systems with insulated neutral in operating mode / Ovchukova S.A., Kondrateva N.P., Shishov A.A.// Advances of Machine Learning in Clean Energy and the Transportation Industry. Сер. "Computer Science, Technology and Applications" New York, 2021. С. 49-56

© Кондратьева Н.П., Большин Р.Г., Ахатов Р.З., 2023

Научная статья
УДК 628.94:004

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ СИСТЕМА ОБЛУЧЕНИЯ РАСТЕНИЙ НА ГИДРОПОНИКЕ С ЭЛЕМЕНТАМИ СПЕЦИАЛЬНОГО ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Надежда Петровна Кондратьева[1], Рамис Зульфатович Ахатов[2], Роман Геннадьевич Большин[3], Петр Михайлович Уманский[4], Мария Геннадьевна Краснолуцкая[5]

[1,2] Удмуртский ГАУ, г. Ижевск
[3,4] РГАУ-МСХА имени К.А Тимирязева, г. Москва
[5] ЧОУ ДПО «УНИЦ «Омега», г. Ижевск
[1]aep_isha@mail.ru , https://orcid.org/0000-0002-1784-3560
[2] ramis.ahatov@gmail.com , https://orcid.org/0009-0003-0472-9229
[3] bolshin@rgau-msha.ru , https://orcid.org/0000-0001-5268-0464
[4] umanskiy@rgau-msha.ru , https://orcid.org/0000-0001-8109-4026
[5] maria-aep@mail.ru , https://orcid.org/0000-0002-8951-4686

Аннотация. В статье приводится данные по разработке энергоэффективной системы облучения растений на гидропонике с элементами специального искусственного интеллекта. В качества исследуемой культуры выбрана клубника. Применение энергоэффективной системы облучения растений позволяет поддерживать требуемый фотопериод, спектр излучения и за счет этого повышать продуктивность культуры и экономить финансовые расходы на потребление электроэнергии.

Ключевые слова: энергоэффективной системы облучения растений, гидропоника, специальный искусственный интеллект

Для цитирования: Кондратьева, Н.П. Энергоэффективная система облучения растений на гидропонике с элементами специального искусственного интеллекта / Н.П. Кондратьева, Р. З. Ахатов, Р. Г. Большин, П. М. Уманский, М. Г. Краснолуцкая // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной

научно-технической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

ENERGY-EFFICIENT SYSTEM FOR IRRADIATION OF HYDROPONIC PLANTS WITH ELEMENTS OF SPECIAL ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Nadezhda Petrovna Kondrateva[1], Ramis Zulfatovich Akhatov[2], Roman Gennadievich Bolshin[3], Pyotr Mikhailovich Umansky[4], Maria Gennadievna Krasnolutskaya[5]

[1.2] Udmurt State Agrarian University, Izhevsk

[3.4] RGAU-MCXA named after K.A Timiryazev, Moscow

[5] CHOU DPO "UNITs "Omega", Izhevsk

Annotation. The article provides data on the development of an energy-efficient system for irradiating plants in hydroponics with elements of special artificial intelligence. Strawberry was chosen as the crop under study. The use of an energy-efficient plant irradiation system makes it possible to maintain the required photoperiod and radiation spectrum and thereby increase crop productivity and save financial costs on energy consumption.

Keywords: energy-efficient plant irradiation systems, hydroponics, special artificial intelligence

For citation: Kondrateva, N.P. Energy-efficient system for irradiating plants in hydroponics with elements of special artificial intelligence / N.P. Kondrateva, R. Z. Akhatov, R. G. Bolshin, P. M. Umansky, M. G. Krasnolutskaya // Improving the efficient operation of electrical equipment in agriculture: materials International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko / Ed. S.M. Bakirov - Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. На цели облучения в защищенном грунте расходуется до 30% потребляемой электроэнергии [6, 7, 8]. Поэтому снижение финансовых затрат на облучение является актуальной задачей. В настоящее время широко используется метод гидропонного выращивания растений, например, клубники, позволяющий получать высокие и качественные урожаи (рисунок 1).



а) б)

Рисунок 3 Выращивание клубники в вертикальных (а) и стеллажных (ю) гидропонных теплицах

Клубничный вкус является одним из основных в линейке вкусов очень многих видов продукции, начиная от выпечки и заканчивая соками и мороженым. Помимо вкусовых качеств клубника обладает целым спектром полезных свойств и минеральных элементов, т. к. она богата железом, медью, марганцем, бором, кобальтом, калием, кальцием, фтором, магнием. Эта ягода помогает при гипертонии, атеросклерозе и других заболеваниях сердечно-сосудистой системы, содержит лимонную, хинную, яблочную, салициловую, янтарную и другие кислоты, витамины А, В, С, Р, РР, что помогает для быстрого восстановления после физических нагрузок, вирусов. Клубника является низкокалорийным продуктом и содержит не более 41 ккал на 100 грамм поэтому она популярна у поклонников здорового питания и здорового образа жизни в целом.

Гидропонный метод выращивания клубники имеет следующие преимущества: 1) ускоренный рост растений, которые получают все необходимые им питательные вещества из раствора; 2) отсутствие вредителей; 3) получение экологически чистой продукции [3].

Формирование урожая клубники невозможно без использования дополнительного облучения светодиодными источниками излучения., т. к. при низкой облучённости (недостатке света) клубника становится менее сладкой. В виду того, что клубника является аккумулятивным приемником света, то очень важно поддерживать требуемой фотопериод, который для плодоношения должен быть в пределах 12-13 часов, а для получения для крупных урожаев - не меньше 18 часов при температуре дневное время 23 - 25^{0}С, а ночью - 16 - 19^{0}С.

Материалы и методы. На рисунке 2 приведен алгоритм работы специального искусственного интеллекта. управляющего энергоэффективной системой облучения гидропонных теплиц. После запуска программы идет процесс инициализации, при котором микроконтроллером определяются все элементы ввода: кнопки для изменения спектра облучения, цифровой люксметр для измерения степени облученности (освещенности), а также высокоточных часов реального времени.

На следующем этапе происходит проверка времени фотопериода требуемого для облучения растений. Согласно блок схеме микроконтроллер утром включает облучательные установки, а вечером выключает. Далее специальный искусственный интеллект проверяет уровень облученности и сравнивает его с естественной освещённостью. При определенном значении естественной освещённости (облученности) происходит отключение энергоэффективной системы облучения растений [3, 4, 5]. Последнее условие настройка спектра, при настройке можно изменить спектр излучения, меняя степень освещенности красного и синего цвета [1, 3, 4]. Энергоэффективная система облучения растений на гидропонике с элементами специального искусственного интеллекта выполняет проверку каждых условий за определенный период [9, 10].

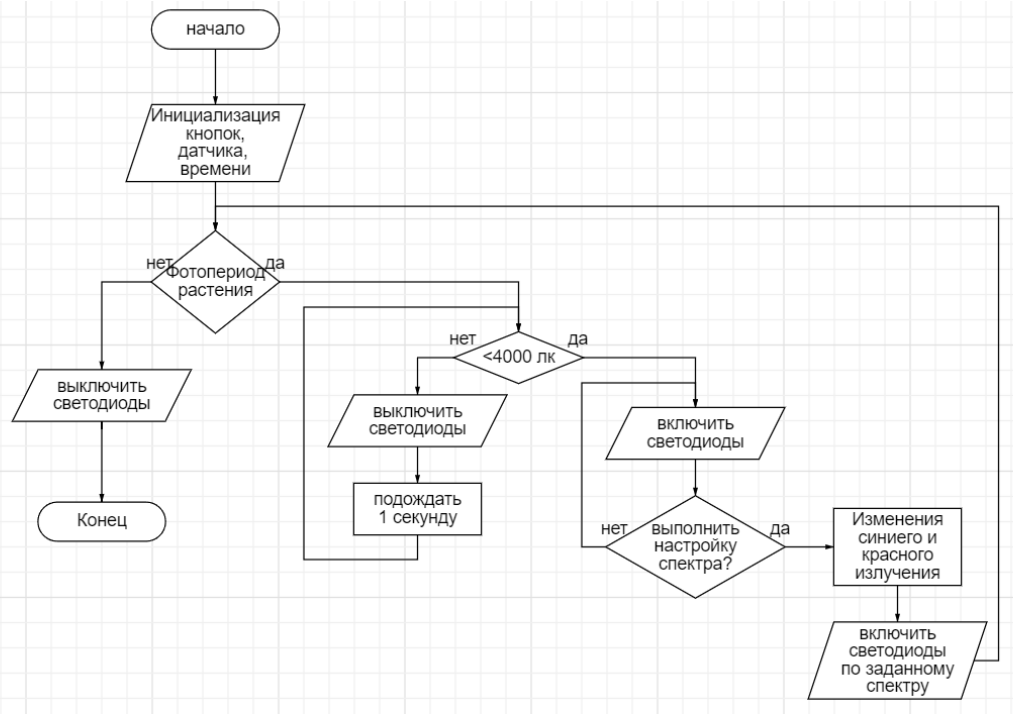


Рисунок 4 Алгоритм работы энергоэффективной системы облучения растений на гидропонике с элементами специального искусственного интеллекта

На рисунке 3 показана принципиальная электрическая схема управления энергоэффективной системы облучения растений на гидропонике с элементами специального искусственного интеллекта.

Электропитание всей схемы осуществляется 12 вольтовым источником постоянного тока. Для питания микросхем требуется напряжение ниже и поэтому использован линейный стабилизатор напряжения 7805.

Основным элементом является микроконтроллер Atmega 328 (DD1). Кнопки SB1 и SB2 подключаются к микроконтроллеру и служат для изменения степени освещения синих и красных светодиодов.

Датчик освещенности D7 имеет обозначение BH1750 передает показания степени освещенности (облученности) по последовательной шине I2C. Контроллер принимает данные освещенности каждую секунду, с погрешностью в 1 люкс.

Для того чтобы микроконтроллер понимал время, используется микросхема D6 маркировкой DS3231. Также, как и датчик степени освещенности данные часов передаются в контроллер по шине I2C. Для того чтобы эти два устройства не путались в данных, программно задается адрес каждому устройству.

Управление светодиодами производится с помощью токовых драйверов D1 - D3, которые задают ток для питания светодиодов. Также драйвера поддерживают внешнее управление, что реализовано в этой схеме. Третий вывод микросхемы подключен к микроконтроллеру для задания интенсивности излучения и включения и выключения светодиодов.

Светодиоды подключаются в разъемы XP1-XP3 соответствующего цвета.

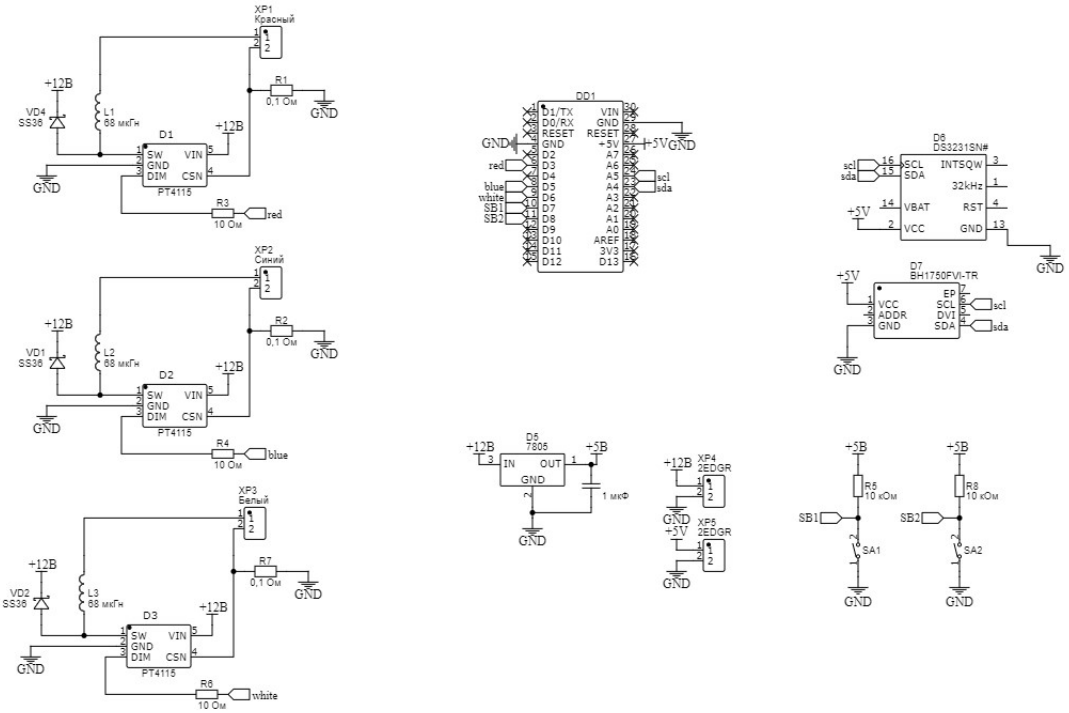


Рисунок 3. Принципиальная электрическая схема энергоэффективной системы облучения растений на гидропонике с элементами специального искусственного интеллекта

Результаты исследования. Энергоэффективная система облучения растений на гидропонике с элементами специального искусственного интеллекта позволяет поддерживать требуемый фотопериод и этим управлять урожайность культуры: при фотопериоде 16 час. клубника зацветает через 10 дней, плодоносит через 35 дней, а при фотопериоде 8 час. клубника зацветает через 14 дней, плодоносит через 49 дней.

Заключение. Гидропонная система — это проверенная технология, обеспечивающая высокую урожайность клубники, т. к. с одного куста можно собрать до 2.5 кг. ягод. В защищенном грунте до 95% урожайности формируется за счет энергии излучения светодиодных облучателей. Поэтому необходимо использовать предлагаемую энергоэффективную систему облучения растений на гидропонике с элементами специального искусственного интеллекта, позволяющую регулировать спектр излучения, фотопериод и рационально использовать электрическую энергию, получая при этом до 45 кг клубники с 1 кв. м. или 450 тонн с 1 га.

Список источников

1. Белов, Е.Л. Исследование влияния монохромного освещения на рост и развитие редиса / Белов Е.Л., Белов В.В., Ларкин С.В. // Вестник Чувашского государственного аграрного университета. 2023. № 1 (24). С. 95-101.

2. Беляков М.В., Ефременков И.Ю. Разработка технологического процесса и устройства дистанционного контроля спелости семян // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2022. Т. 69. № 2 (47). С. 12-19.

3. Большин, Р.Г. Новые подходы к облучению растений, выращиваемых на гидропонике / Кондратьева Н.П., Большин Р.Г., Краснолуцкая М.Г., Долганов К.Ю., Беляков И.В., Попугаев А., Горшков З. // Агротехника и энергообеспечение. 2019. № 3 (24). С. 61-71.

4. Большин, Р.Г. Применение цифровых технологий при выращивании зеленого корма на гидропонике / Краснолуцкая М.Г., Большин Р.Г. // Состояние, проблемы и перспективы развития аграрной науки на современном этапе. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Чебоксары, 2020. С. 274-280.

5. Кондратьева, Н.П. Эффект синергизма для управления посевными качествами семян люцерны изменчивой с элементами нейросети для контроля дозы УФО / Кондратьева Н.П., Ахатов Р.З., Большин Р.Г., Краснолуцкая М.Г., Духтанова Н.В., Селунский В.В., Нетёсов С.В. // АгроЭкоИнфо. 2023. № 5 (59).

6. Кондратьева, Н.П. Цифровое средство автоматизации для реализации энергоэффективного режима облучения микрочеренков сливы садовой в культуре in vitro / Кондратьева Н.П., Ахатов Р.З., Большин Р.Г., Краснолуцкая М.Г., Селунский В.В // Светотехника. 2023. № 5. С. 32-37.

7. Кондратьева, Н.П. Использование цифровых технологий для эффективного управления электротехнологическими облучательными установками / Кондратьева Н.П., Шогенов Ю.Х., Зиганшин Б.Г., Ахатов Р.З. // Техника и оборудование для села. 2022. № 4 (298). С. 40-43.

8. Kondrateva, N. Determination of the effective operating hours of the intermittent lighting system for growing vegetables / Kondrateva N., Bolshin R., Krasnolutskaya M., Shishov A., Filatov D., Ovchukova S., Mikheev G // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Сер. "International AgroScience Conference, AgroScience 2021" 2021. С. 012004.

9. Kondrateva, N.P. Digital automation of energy-efficient in vitro irradiation of orchard plum micro cuttings / Kondrateva N.P., Akhatov R.Z., Bolshin R.G., Krasnolutskaya M.G., Selunskiy V.V. // Light & Engineering. 2023. Т. 31. № 6. С. 57-64.

10. Ovchukova, S. A. Digital technologies for the implementation of intelligent diagnostics of the insulation of power supply systems with insulated neutral in operating mode / Ovchukova S.A., Kondrateva N.P., Shishov A.A.// Advances of Machine Learning in Clean Energy and the Transportation Industry. Сер. "Computer Science, Technology and Applications" New York, 2021. С. 49-56

© Кондратьева Н.П., Ахатов Р.З., Большин Р.Г., Уманский П.М., Краснолуцкая М. Г., 2023

Научная статья
УДК 621. 313

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ С ВИЭ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Кожевников Александр Александрович[1], Юлия Викторовна Иванкина[2]
Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия
[1] alex27071986@mail.ru http://orcid.org/0009-0005-9291-1913
[2] Lexsi2007@mail.ru http://orcid.org/0009-0005-8424-0582

Аннотация. В статье рассмотрены основные вопросы оценки надежности работы альтернативных электроустановок в условиях эксплуатации. Рассмотрена применяемая в настоящее время система допускового контроля эксплуатационных параметров элементов системы. Показано, что оценка параметров электрической системы с помощью допускового контроля снижает достоверность контроля и не дает полной картины надежности элементов системы.
Ключевые слова: электрическая система, элемент системы, допусковый контроль, вероятность безотказной работы, плотность вероятности отказов.
Для цитирования: Кожевников, А. А. Оценка надежности систем с ВИЭ в условиях эксплуатации / А. А. Кожевников, Ю. В. Иванкина // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-технической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

ASSESSMENT OF RELIABILITY OF SYSTEMS WITH RES IN OPERATING CONDITIONS

Alexander Alexandrovich Kozhevnikov[1], Yulia Viktorovna Ivankina[2]
Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia
[1] alex27071986@mail.ru http://orcid.org/0009-0005-9291-1913
[2] Lexsi2007@mail.ru http://orcid.org/0009-0005-8424-0582

Annotation. The article discusses the main issues of assessing the reliability of alternative electrical installations under operating conditions. The currently used system of tolerance control of operational parameters of system elements is considered. It is shown that assessing the parameters of an electrical system using

tolerance control reduces the reliability of control and does not provide a complete picture of the reliability of system elements.

Key words: electrical system, element of the system, admitted control, probability of faultness work, density of probable faults.

For citation: Kozhevnikov, A. A. ASSESSMENT OF THE RELIABILITY OF RENEWABLE ENERGY SYSTEMS UNDER OPERATING CONDITIONS / A. A. Kozhevnikov, Yu. V. Ivankina // Improving the efficient operation of electrical equipment in agriculture: Materials of the International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko / Edited by C.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Современное электрооборудование представляет с собой достаточно сложную систему, состоящее из многих электрических и механических элементов, в том числе и электроустановки с ВИЭ. Надежность электрической системы в целом является функцией надежности отдельных элементов. В теории надежности для оценки электрических систем ее представляют в виде последовательно соединенных элементов, при котором отказ одного какого – либо элемента влечет за собой отказ всей системы в целом. Этому условию удовлетворяет большинство электрооборудование. Тогда надежность электрической системы представляет с собой произведение вероятности безотказной работы элементов, входящих в эту систему, т.е.

$$P_c(t) = P_1(t)\, P_2(t) \cdots P_n(t) = \prod_{i=1}^{n} P_i(t) \qquad (1)$$

где $P_1(t)$, $P_2(t) \cdots P_n(t)$ – вероятности безотказной работы элементов системы.

Таким образом, надежность работы в целом электрической системы оценивается надежностью работы ее элементов, входящих в эту систему.

Материалы и методы. Работоспособность элементов системы оценивается соответствующими электрическими параметрами. Для большинства элементов системы допуски параметра элемента односторонние $(x + \Delta)$. Для оценки надежности электрических систем в условиях эксплуатации по допусковому контролю измеряется величина параметра, характеризующего работоспособность элемента системы и к измеренной величине прибавляют значение нормативного допуска по этому параметру. Полученное значение сравнивают с данными, предусмотренные в нормативной документации. Результаты измерений можно свести к трем вариантам:

1. Измеренный параметр элемента системы с учетом допуска на этот параметр меньше или равно параметру, приведенному в нормативной документации, т.е. $h_{изм} + \Delta \leq h_{доп}$. (рис.1,а) С – величина избытка измеренного параметра до величины допустимого значения. Такое соотношение параметра элемента системы указывает, что элемент системы работоспособен и его параметр не выходит за пределы нормативного допуска и имеет избыток определяющего параметра (c).

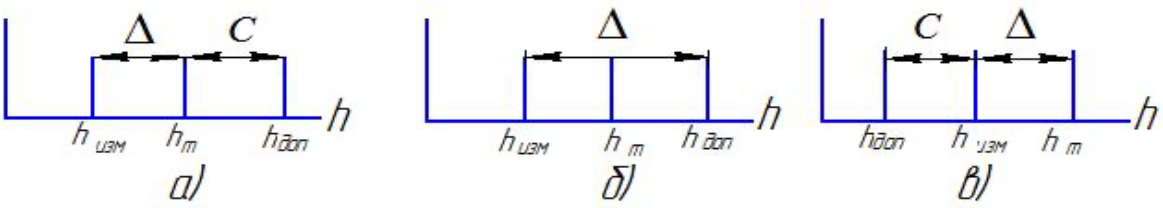


Рисунок 1 - Принцип допускового контроля работоспособности элемента электрической системы

2. Измеренный параметр элемента системы меньше допустимой величины параметра, но с учетом допуска (Δ) превосходит ее значение, т.е. $h_{изм} + \Delta > h_{доп}$ (рис.1,б). Такое состояние параметра элемента указывает на то, что в целом система не пригоден к дальнейшей эксплуатации и требует устранение причин, вызывающих это превышение.

3. Измеренный параметр элемента системы даже без учета допуска на этот параметр превосходит допустимые значения, т.е. $h_{изм} > h_{доп}$ (рис.1,в). Такое состояние элемента указывает на прекращение дальнейшей эксплуатации в целом системы и выполнение соответствующего ремонта, предусмотренного нормативной документацией.

Таким образом, исправность элемента электрической системы и работоспособность его в условиях эксплуатации является избыток определяющего параметра этого элемента (С), т.е. разность параметра элемента между допустимым значением и измеренным параметром с учетом допуска на этот параметр ($C=h_{доп}–h_{изм}+\Delta$). Он является случайной величиной и характеризует состояние элемента системы в каждый момент времени.

Модель определения состояния элементов электрической системы методом допускового контроля приведена на рис.2.

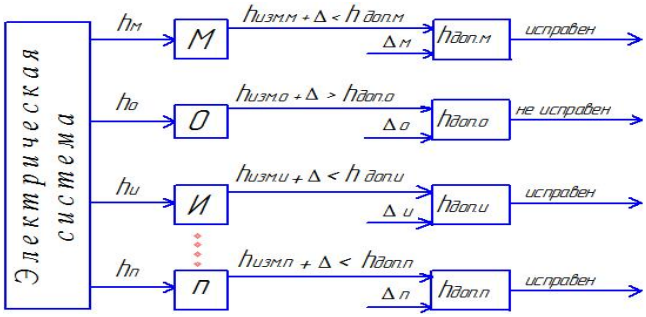


Рисунок 2 - Модель определения состояния электрической системы

На рисунке приняты следующие обозначения: $h_м$, $h_о$, $h_и \cdots h_n$ – параметры магнитопровода, обмотки, изоляции и n-го элемента электрической системы; М, О, И ⋯ n – элементы системы: магнитопровод, обмотка, изоляция и n-ый элемент системы; $h_{доп.м}$, $h_{доп.о}$, $h_{доп.и} \cdots h_{доп.n}$ – допустимые параметры магнитопровода, обмотки, изоляции и n–го элемента системы в соответствии с требованиями нормативной документации; $\Delta_м$, $\Delta_о$, $\Delta_и \cdots \Delta_n$– допуски на параметры элементов системы: магнитопровода, обмотки, изоляции и n-го элемента.

Для поддержания работоспособности электрических систем с ВИЭ в условиях эксплуатации проводятся техническое обслуживание и ремонт с определенной периодичностью. Сроки проведения этих мероприятий нормированы. Так, текущие ремонты трансформаторов проводятся не реже 1 раза в три года, а электродвигателей – 1 раз в два года. В объем работ текущего ремонта входят проведение необходимых испытаний и измерений параметров системы. При нахождении основных параметров, определяющие работоспособность элементов системы на границе нормативного допуска, метод допускового контроля «не замечает» снижение надежности элементов системы и система считается работоспособной до следующих плановых измерений. При выходе хотя бы одного из параметров за пределы допуска через какое-то время после проведения измерений, система будет находится в состоянии неисправности и считается не работоспособной до наступления следующей плановой проверки.

Результаты исследования. Целью данной работы является оценка надежности электрических систем с ВИЭ в условиях эксплуатации с параметрами элементов на границе нормативного допуска. Количественной оценкой надежности электрической системы в процессе эксплуатации являются показатели безотказности: вероятность безотказной работы P(t), плотность вероятности отказов f(t). В условиях эксплуатации они зависят от объективных и субъективных факторов и носят случайный характер. Для оценки, анализа и выявления зависимости параметров надежности элементов электрической системы на границе допусковых норм используем интегральную и дифференциальную функции случайных величин.

Определим вероятность появления отказа элемента системы в интервале времени t_1–t_2. По допусковым параметрам в данном интервале времени элемент системы исправен (c>0) и пригоден к дальнейшей эксплуатации (рис.1, а). Вероятность появления отказа носит случайный характер, поэтому для количественного анализа используем интегральную и дифференциальные функции. Вычислим вероятность появления отказа элемента системы в интервале времени $t_1+\Delta t$. Вероятность отказа элемента в этом интервале равна:

$$\boldsymbol{P\,(t_1 \le c \le t_1 + \Delta\, t) = F\,(t_1 + \Delta\, t) - F\,(t_1)} \qquad (2)$$

Если $\Delta t \to 0$, то в пределе получим плотность вероятности отказа в этом интервале:

$$f(t) = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{F(t + \Delta t) - F(t_1)}{\Delta t} \qquad (3)$$

или

$$\boldsymbol{f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = F^{\bullet}(t)} \qquad (4)$$

На рисунке 2 приведена зависимость плотности вероятности отказа и вероятности безотказной работы в период, когда избыток параметра элемента системы составляет c>0, т.е. $h_{изм}+\Delta<h_{доп}$. Площадь F(t) (рис. 2,в) характеризует вероятность отказа элемента системы за рассматриваемый промежуток времени Δt и определяется выражением

$$F(t) = \int_{t_1}^{t_2} f(t)dt \qquad (5)$$

Как видно из рис. 3(в), ожидаемые отказы элемента системы в основном приходится на период времени от t_1 до t_2 и наибольшая плотность отказов ожидается к концу окончания избытка параметра С. Уменьшение вероятности безотказной работы до значения P(t)=0. указывает на наступление отказа элемента системы и невозможности его дальнейшей эксплуатации, а величина Т характеризует наработку элемента системы до появления отказа. Вероятность безотказной работы элемента в интервале времени t_2–t_3, когда измеряемый его параметр с учетом допуска $h_{изм}+\Delta$ равен допустимой величине параметра $h_{доп}$, заданной нормативной документацией, определяется выражением.

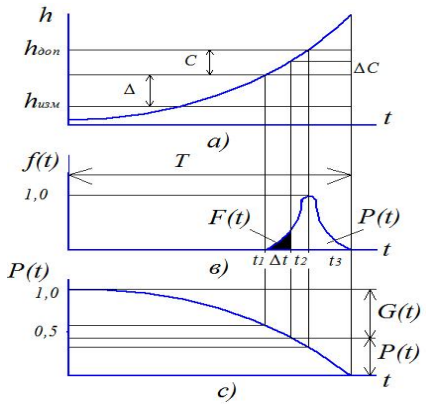


Рисунок 3 - Кривые изменения параметра элемента системы h, плотности вероятности отказов f(t), вероятности безотказной работы P(t) от времени работы электрической системы t

$$P(t_2,t_3) = \frac{P(t_3)}{P(t_2)} \qquad (6)$$

или вероятность отказа в этом интервале

$$G(t_2,t_3) = 1 - \frac{1-G(t_3)}{1-G(t_2)}, \qquad (7)$$

где $P\ (t_2, t_3)$, $G(t_2, t_3)$ - вероятность безотказной работы и вероятность отказа в момент времени соответственно t_2 и t_3.

Заключение. Нахождение параметра элемента электрической системы с ВИЭ, определяющего работоспособность системы ниже нормативного допуска, не гарантирует ее безотказную работу. Имеется реальная вероятность появления отказов отдельных элементов системы и отказ работоспособности системы в целом. Причем по мере приближения к параметру допуска, вероятность отказов увеличивается. Для рациональной организации эксплуатации систем с ВИЭ с параметрами элементов, находящихся на границе допусковых норм, необходим более тщательный надзор за каждым элементом электрической системы и постоянный контроль за ее режимом работы, а также уменьшить периодичности проведения планового технического обслуживания и ремонта электрических систем.

Список источников

1. Естаулетов, А. А. Оценка состояния электрооборудования с точки зрения надежности / А. А. Естаулетов, Ю. В. Иванкина // Актуальные проблемы энергетики АПК : Материалы XIII Национальной научно-практической конференции с международным участием, Саратов, 29–30 апреля 2022 года. – Саратов: Амирит, 2022. – С. 48-51. – EDN ZTSWJD.

2. Иванкина, Ю.В. Повышение надежности системы электроснабжения в сельском хозяйстве / Ю.В. Иванкина, Д.П. Нестуев // В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК Материалы IX международной научно-практической конференции. Под общ. ред. Трушкина В.А. - Саратов: ООО «ЦеСАин», 2018. - С. 46-48.

3. Спиридонов, А.А. Прогнозирование технического состояния электрооборудования / А.А. Спиридонов, О.В. Логачёва // В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК. Под редакцией Трушкина В.А. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2016. - С. 222-223.

4. Иванкина, Ю.В. Повышение надежности эксплуатации асинхронных электродвигателей в сельском хозяйстве / Ю.В. Иванкина, М.А. Левин, Д.Д. Акишин //В сборнике: АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ АПК материалы VIII международной научно-практической конференции. - Саратов: ООО «ЦеСАин», 2017. - С. 93-96.

© Кожевников А.А., Иванкина Ю.В., 2023

Научная статья
УДК 631.22

ПУТИ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ, СВЯЗАННЫХ С УТИЛИЗАЦИЕЙ ОТХОДОВ ПТИЦЕФАБРИК И ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ФЕРМ

И.О. Коннов [1], С.В. Аникеев [2], С.И. Богданов [3]
[1,2,3]ФГБОУ ВПО Волгоградский государственный аграрный университет
[1]igor-konnov@yandex.ru, ORCID iD: 0009-0002-1129-3286
[2] anikeevvlg@yandex.ru
[3] bsi@mail.ru

Аннотация. Приводятся предложения для решения проблем с утилизацией отходов птицефабрик и животноводческих ферм с целью предупреждения экологических проблем.

Ключевые слова: утилизация отходов, животноводческая ферма, проблемы птицефабрик, экология

Для цитирования: Коннов, И.О. Утилизация отходов птицефабрик и животноводческих ферм / И.О. Коннов, С.В. Аникеев, С.И. Богданов //

Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-технической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

WAYS TO SOLUTION ENVIRONMENTAL PROBLEMS ASSOCIATED WITH THE DISPOSAL OF WASTE FROM POULTRY FARMS AND ANIMAL FARMS

I.O. Konnov [1], S.V. Anikeev [2], S.I. Bogdanov [3]
[1,2,3]FGBOU VPO Volgograd State Agrarian University
[1]igor-konnov@yandex.ru, ORCID iD: 0009-0002-1129-3286
[2] anikeevvlg@yandex.ru
[3] bsi@mail.ru

Annotation. Proposals are given for solving problems with the disposal of waste from poultry and livestock farms in order to prevent environmental problems.
Key words: waste disposal, livestock farm, problems of poultry farms, ecology
For citation: Konnov, I.O. Recycling of waste from poultry farms and livestock farms / I.O. Konnov, S.V. Anikeev, S.I. Bogdanov // Increasing the efficient operation of electrical equipment in agriculture: materials of the International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko / Ed. S.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Агропромышленный комплекс (АПК) – это совокупность предприятий и производств, являющийся наиболее важной отраслью хозяйства, занимающийся обеспечением населения продовольствием и сырьем для промышленности. Как и большинство производств, сельское хозяйство оказывает колоссальное влияние на экологическую ситуацию на планете и зачастую не самое полезное [1]. В настоящее время вопрос об изменении климата на планете и экологической обстановке становится более серьезно. Существует множество факторов, оказывающих пагубное воздействие на окружающую среду [3]. Хотелось бы обратить особое внимание на борьбу с выбросами и отходами - переработку отходов продукции птицеводства и животноводства.

Материалы и методы. Многие знают, что традиционно отходы производств птицеводства и животноводства попросту утилизируют в котлах-утилизаторах, что оказывает негативное влияние для природы в целом [2]. Многие годы инженеры совместно с учеными ведут работу над совершенствованием процесса утилизации [4]. Изучив ряд предложений по переработке отходов для получения полезных ресурсов, стоит отметить наиболее перспективный вариант реализации переработки, например: Линия по переработке отходов животного происхождения, производителем которой является Российская компания ООО «Экорм» г.Челябинск. Она представляет

собой комплекс оборудования для измельчения отходов, смешивания с растительным наполнителем, экструдированием и термообработкой с дальнейшей фасовкой полученного продукта для последующей транспортировки, который используется в качестве корма для птиц и животных [5]. С поставленными задачами система справляется весьма продуктивно.

Результаты исследования. Совершенствование электрооборудования с целью повышения энергоэффективности сельскохозяйственного производства взаимосвязано с автоматизацией технологических процессов. Так как рассмотренная система не имеет автоматизированных систем – следует предложение по повышению эффективности процессов переработки, а именно:

1) измельчение – предусмотреть систему обеззараживания сырья и оборудования, ультрафиолетовыми излучателями, что позволит упростить процесс чистки при обслуживании, а также предотвращению попадания бактерий и вирусов в последующие узлы.

2) смешивание – предусмотреть дозирующую систему, которая позволит соблюдать пропорции производимого корма от показателей объема и влажности, что позволит сократить людские трудозатраты.

3) экструдирование и термообработка – после внедрения системы обеззараживания сырья – температурный режим может быть снижен до 60-70 ℃ для сохранения максимального количества питательных веществ в готовой продукции, напомним, что в рассматриваемой системе процесс термообработки происходит при 100 ℃.

4) процесс фасовки может быть автоматизирован путем внедрения конвеерной системы распределения готового продукта по фасующим устройствам различной формы упаковки и объема.

Выводы. Совершенствование электрооборудования путем автоматизирования процессов переработки субпродуктов и сырья, подлежащих утилизации на птицефабриках и животноводческих фермах позволяет:

-увеличить объемы переработки сырья, а следовательно, и выпускаемой продукции;

-свести к минимуму воздействие отходов на экологический фон.

Список источников

1. Белюченко И.С., Мельник О.А. Сельскохозяйственная экология. Учебное пособие. – Краснодар: Изд-во КГАУ, 2010. - 297 с.

2. Третьяков, Н. П. Переработка продуктов птицеводства / Н.П. Третьяков, Б.Ф. Бессарабов // М.: Агропромиздат, 1985. -287с.

3. Тишлер В. Сельскохозяйственная экология. - М., Колос, 2001.

4. Шашков, М. С. Технология переработки продукции птицеводства: учебно-методическое пособие / М. С. Шашков, А. И. Портной. – Горки : БГСХА, 2018 – 194 с.

5. Переработка отходов животного происхождения. Режим доступа https://ecorm.ru

©Коннов И.О., Аникеев С.В., Богданов С.И., 2023

Научная статья
УДК 315.322.365

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ЗЕРНОВОЙ ПРОДУКЦИИ

Кочетов Владислав Андреевич[1], Четвериков Евгений Александрович[2], Пяткин Александр Александрович[3]
[1,2,3]Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия
[1]vladislav8121@gmail.com https://orcid.org/0009-0003-3133-4011
[2]mechanik200420042004@gmail.com https://orcid.org/0000-0002-6155-4301
[3]pytkinaa@mail.ru

Аннотация. Данная статья рассматривает разнообразные методы измерения влажности зерновой продукции. От традиционных методов, таких как взвешивание и высушивание, до современных технологий, включая использование электрических и микроволновых методов. Авторы анализируют преимущества и недостатки каждого метода, освещают актуальные тенденции в области измерения влажности зерна. Статья предоставляет читателю обзор современных подходов к определению влажности зерновой продукции, что может быть полезным как для профессионалов в сельском хозяйстве, так и для исследователей, занимающихся хранением и обработкой сельскохозяйственной продукции
Ключевые слова: влагометрия, влажность зерна, сушка зерна.
Для цитирования: Кочетов В.А., Четвериков Е.А. Методы измерения влажности зерновой продукции/ В.А.Кочетов // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-практической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова. - Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

METHODS FOR MEASURING THE MOISTURE CONTENT OF GRAIN PRODUCTS

Kochetov Vladislav Andreevich[1], Chetverikov Evgeniy Aleksandrovich[2], Pytkin Aleksandr Aleksandrovich[3]
[1,2,3]Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after. N.I. Vavilova, Saratov, Russia
vladislav8121@gmail.com https://orcid.org/0009-0003-3133-4011
[2]mechanik200420042004@gmail.com https://orcid.org/0000-0002-6155-4301
[3]pytkinaa@mail.ru

Annotation. This article examines various methods for measuring the moisture content of grain products. From traditional methods such as weighing and drying to

modern technologies including the use of electrical and microwave methods. The authors analyze the advantages and disadvantages of each method and highlight current trends in the field of grain moisture measurement. The article provides the reader with an overview of modern approaches to determining the moisture content of grain products, which can be useful both for professionals in agriculture and for researchers involved in the storage and processing of agricultural products
Key words: moisture testing, grain moisture, grain drying.
For citation: Kochetov V.A., Chetverikov E.A. Methods for measuring the moisture content of grain products / V.A. Kochetov // Increasing the effective operation of electrical equipment in agriculture: materials of the International Scientific and Practical Conference named after G.P. Eroshenko / Ed. CM. Bakirov. - Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Влажность зерновой продукции является ключевым параметром, влияющим на ее хранение, качество и коммерческую ценность. Эффективное управление влажностью играет решающую роль в предотвращении потерь урожая, сохранении продукции и обеспечении стабильности аграрного сектора[3,4,6]. В свете этого, методы измерения влажности зерновой продукции приобретают особую важность, поскольку точность и надежность этих методов непосредственно влияют на принятие обоснованных решений в сельском хозяйстве и зерноперерабатывающей промышленности. В данной научной статье мы рассмотрим современные методы измерения влажности зерновой продукции и их оссобенности.

Материалы и методы. Все методы измерения влажности твердых и сыпучих веществ делятся на две категории:

Прямые. Количество влаги в материале определяется непосредственно, путем его разделения на воду и сухое вещество. Косвенные. Наличие влаги узнается путем измерения какой-либо физической величины, числовое значение которой связано с количеством воды в материале.

В первую категорию измерения влажности [7] твердых и сыпучих материалов входят способы: высушивание, дистилляционные, экстракционные и химические. Наиболее распространенным является метод воздушно-тепловой сушки (термогравиметрический), описанный в ГОСТ 13586.5-2015. Суть его заключается в том, что навеску измельченного зерна взвешивают, а затем высушивают в специальном шкафу при температуре 130 град С в течение 40 мин. После этого – охлаждают в эксикаторе (без доступа влаги из атмосферы) и снова взвешивают. Влажность зерна определяют по формулам, исходя из полученных значений масс, и выражают в процентах. Достоинство метода заключается в его высокой точности. Недостатки – длительный процесс, необходимость наличия сушильного шкафа и вспомогательного оборудования, а также квалифицированного лаборанта. Для ускорения сушки материала, могут применяться инфракрасные лучи или токи высокой частоты.

При дистилляционном методе материал нагревают в сосуде с жидкостью, которая с водой не смешивается (минеральное масло и др.). В процессе нагрева,

из сосуда выделяются пары этой жидкости с парами воды, содержащейся в исследуемом материале. Их отводят через холодильник в мерный сосуд, где пары воды конденсируются, после чего остается измерить их вес или объем. Эта технология не слишком точная, допускаются ошибки, в том числе, систематические.

В экстракционных методах влага из исследуемого материала извлекается с помощью водопоглощающей жидкости (например, спирта). После этого надо определить числовые значения физических характеристик полученного экстракта, таких как температуры замерзания или кипения, показателя преломления, плотности или других, зависящих от содержания в нем воды.

В основу химических методов положена обработка исследуемого образца таким реагентом, который вступает в реакцию только с содержащейся в материале влагой. Процентное содержание воды определяется по количеству образовавшегося в результате реакции конечного продукта. Самыми популярными в данной категории являются газометрический (карбидный) способ и технология с использованием реактива Фишера.

Косвенные методы

К косвенным методам относятся механические, физические и другие. В ходе механических измеряют характеристики, которые зависят от количества влаги в материале. Например, определяют сопротивление пшеничного зерна раздавливанию. Или усадку материала под давлением поршня, сопротивление деформации или вдавливанию конуса и прочие. Механические технологии отличаются простотой исполнения и низкой точностью результатов, поэтому большого распространения они не получили.

Намного шире используются физические методы. В ходе их проведения, влажность материала преобразуется в другую величину, более удобную для измерения. Все они относятся к двум категориям: электрические и неэлектрические. В первом случае измеряются электрические параметры образца, зависящие от количественного содержания влаги. Во втором – другие характеристики.

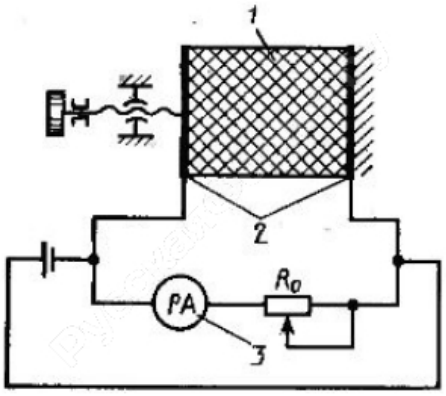


Рисунок 5-Кондуктометрический метод измерения влажности

Среди неэлектрических технологий наиболее популярными являются способы, в основу которых положено применение или изучение:

- Теплофизических характеристик вещества.
- Акустических свойств материала.
- Нейтронов и гамма-лучей (радиометрические методы), рентгеновского излучения.
- Магнитного ядерного резонанса.

- Инфракрасного излучения и видимого света (спектральные способы).

В группе электрических методов самыми популярными являются кондуктометрический и диэлькометрический (емкостный). Кроме них, есть и другие, основанные на изучении прочих характеристик влагосодержащих веществ – электростатического заряда, ЭДС гальванический пары и т.д. Но их распространенность крайне низкая.

При определении влажности кондуктометрическим методом, меряется электрическое сопротивление исследуемого вещества, которое зависит от содержания в нем воды. Пробу материала 1 располагают между электродами 2 преобразователя. Амперметр 3 показывает силу проходящего через образец тока. Резистор R0 нужен для того, чтобы точно выставить аппарат на нулевую отметку. Первые приборы, работающие по этому способу, определяли влажность сыпучих веществ в диапазоне от 2% до 20%. Выше было проблематично, так как, с ростом влажности, снижается чувствительность. Ниже – тоже, по причине трудности измерения значительных сопротивлений.
При диэлькометрическом методе емкостный влагомер служит для измерения в большом диапазоне частот диэлектрических свойств материала. При этом, работа на сверхвысоких частотах имеет некоторые существенные отличия, из-за чего ее иногда рассматривают, как отдельный способ.

Основные компоненты сухого зерна – слабо полярные или неполярные. Их диэлектрическая проницаемость невысокая. Например, у жиров она составляет 3,5, у клетчатки – 6,5, у крахмала – 10. Вода, наоборот, является веществом сильно поляризованным, у нее данный параметр равен 81 (при 18 град С). Поэтому, наличие в зерне влаги значительно изменяет его диэлектрическую проницаемость когда зерно сухое, оно диэлектрик, когда влажное, оно проводник. Для определения содержания воды, достаточно измерить емкость конденсатора, между пластинами которого размещен исследуемый материал.

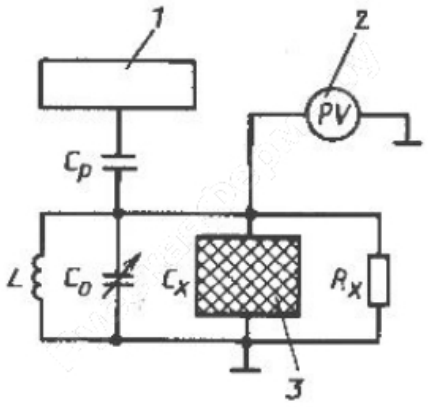


Рисунок 6 Диэлькометрический метод измерения влажности

Резонансный контур влагомера состоит из конденсатора переменной емкости СХ и катушки индуктивности L. Для получения резонанса, настраивается конденсатор С0. С помощью такого контура, определяется емкость преобразователя и, соответственно, диэлектрические потери. Вольтметр 2 служит для индикации резонанса. От генератора 1 колебательный контур отделен конденсатором СР.

Если влажность исследуемого материала 3 увеличивается, то, соответственно, изменяется емкость преобразователя. Чтобы восстановить

симметричное положение, следует емкость конденсатора С0 изменить на такую величину, чтобы общая емкость контура вновь стала равна первоначальной. Разница между начальным и конечным положением ручки конденсатора С0 покажет содержание влаги в зерне.

У диэлькометрического метода есть один минус – емкость образца зависит не только от влажности, а еще и от химического состава. Поэтому, для каждого материала в комплекте прибора должна быть «своя» градуированная шкала.

Результаты исследования. В заключении нашей научной статьи, посвященной методам измерения влажности зерновой продукции, мы приходим к выводу, что разнообразие доступных методов предоставляет широкий выбор для сельскохозяйственных производителей и исследователей. Каждый из рассмотренных методов обладает своими уникальными преимуществами и особенностями, подчеркивая важность правильного выбора в зависимости от конкретных потребностей и условий.

Прямой метод, например, как термогравиметрический выделяется своей высокой точностью измерений, что делает его идеальным для точных измерений. В то время как электрические методы обеспечивают оперативность и удобство использования на практике, что может быть критически важным в условиях сельского хозяйства.

Важно подчеркнуть, что выбор оптимального метода измерения влажности зерновой продукции должен учитывать специфику конкретного производства, экономические факторы и требования к точности измерений. Наши исследования направлены на предоставление обширного обзора и анализа различных методов, чтобы помочь принимающим решения в сельскохозяйственной сфере сделать информированный выбор и оптимизировать процессы измерения влажности для повышения эффективности и качества производства.

Заключение. Исследование методов измерения влажности зерновой продукции представляет собой важный этап в развитии сельскохозяйственной и зерноперерабатывающей отраслей. Мы обсудили разнообразие существующих методов, предоставив анализ их преимуществ, ограничений и перспектив развития. Отмечено, что точное и надежное измерение влажности становится ключевым фактором для оптимизации процессов хранения и обработки зерновой продукции.

Современные технологии, такие как использование электронных и радиочастотных методов, предоставляют новые возможности для более точного контроля влажности. Однако необходимо продолжить исследования и разработки с целью дальнейшего улучшения точности методов измерения, а также их адаптации к различным условиям хранения и типам зерновой продукции.

Представленные в данной статье результаты не только акцентируют внимание на важности правильного измерения влажности зерна, но и подчеркивают необходимость совершенствования технологий в этой области.

Успешное развитие и применение современных методов измерения влажности сыграет ключевую роль в устойчивом управлении зерновыми ресурсами и обеспечении продовольственной безопасности в будущем.

Список источников

1. Четвериков Е.А., Шестаев А.Е. Обоснование параметров сушки зерна микроволновым полем // Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы IX Международной научно-практической конференции. – Саратов, 2018. С. – 29-30.

2. Морозов С.М., Реут В.А. Электродинамическое моделирование СВЧ установок // Теория и практика современной науки 2016 № 12(18).

3. Volgin A.V., Kargin V.A., Chetverikov E.A., Moiseev A.P., Lagina L.A. Improving the efficiency of convective grain drying by using low-intensity RF radiation IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 954 (1), 2022, 012017 .

4. Ганеев И.Р., Тагирова А.А., Каримов Х.Т., Масалимов И.Х. Влияние режимов сушки с применением СВЧ-нагрева на ферментативную активность, энергию прорастания и всхожесть семян рапса // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2021. № 1 (57). С. 92-98.

5. Горелов М.В., Бастрон Т.Н. Установка для предпосевной обработки и сушки семян СВЧ-энергией // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020.№ 3 (83). С. 195-198.

6. Ганеев И.Р., Каримов Х.Т., Масалимов И.Х. Исследование режимов сушки семян подсолнечника в СВЧ-установке непрерывного действия // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2017. № 2 (42). С. 67–72.

7. Кокорев А.В., Логачёв А.В., Заплетина А.В. Анализ установок для предпосевной обработки семян овощных культур ЭМП СВЧ // Инновационные тенденции развития российской науки: матер. X Междунар. науч.-практич. конф. молодых учёных, посвящ. Году экологии и 65-летию Красноярского ГАУ. Красноярск, 2017. С. 121–124.

8. Бастрон А.В., Василенко А.А., Горелов М.В. Обработка семян СВЧ-энергией //Сельский механизатор. 2017. № 4. С. 14 –15.

© Кочетов В.А., Четвериков Е.А.,Пяткин А.А. 2023

Научная статья
УДК 315.322.365

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МИКРОВОЛНОВОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ ВЛАЖНОСТИ ЗЕРНОВОЙ ПРОДУКЦИИ В ПОТОКЕ

Кочетов Владислав Андреевич[1], Четвериков Евгений Александрович[2], Пяткин Александр Александрович[3]
[1,2,3]Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

[1]vladislav8121@gmail.com https://orcid.org/0009-0003-3133-4011
[2]mechanik200420042004@gmail.com https://orcid.org/0000-0002-6155-4301
[3]pytkinaa@mail.ru

Аннотация. Научная статья представляет собой обоснование оптимальных параметров микроволнового измерителя влажности, применяемого для анализа зерновой продукции в потоке. Исследование включает в себя тщательный анализ электромагнитных характеристик и параметров измерительного устройства с целью максимизации точности и эффективности оценки влажности зерновой массы. Результаты работы предоставляют ценные рекомендации по выбору оптимальных настроек микроволнового измерителя для точного и надежного мониторинга влажности зерна в потоковых условиях, что имеет важное значение для сельскохозяйственных и продовольственных отраслей
Ключевые слова: влагометрия, влажность зерна, сушка зерна.
Для цитирования: Кочетов В.А., Четвериков Е.А. Обоснование параметров микроволнового измерителя влажности зерновой продукции в потоке/ В.А.Кочетов // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-практической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

JUSTIFICATION OF THE PARAMETERS OF A MICROWAVE MOISTURE METER FOR GRAIN PRODUCTS IN A FLOW

Kochetov Vladislav Andreevich[1], Chetverikov Evgeniy Aleksandrovich[2], Pytkin Aleksandr Aleksandrovich[3]

[1.2.3]Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after. N.I. Vavilova, Saratov, Russia
vladislav8121@gmail.com https://orcid.org/0009-0003-3133-4011
[2]mechanik200420042004@gmail.com https://orcid.org/0000-0002-6155-4301
[3]pytkinaa@mail.ru

Annotation. The scientific article presents a substantiation of the optimal parameters of a microwave moisture meter used for the analysis of grain products in a stream. The study includes a thorough analysis of the electromagnetic characteristics and parameters of the measuring device in order to maximize the accuracy and efficiency of estimating grain moisture content. The results provide valuable guidance for selecting optimal microwave meter settings for accurate and reliable grain moisture monitoring under flow conditions, which is important for the agricultural and food processing industries.

Key words: moisture testing, grain moisture, grain drying.
For citation: Kochetov V.A., Chetverikov E.A. Justification of the parameters of a microwave moisture meter for grain products in a stream / V.A. Kochetov // Increasing the effective operation of electrical equipment in agriculture: materials of the International Scientific and Practical Conference named after G.P. Eroshenko / Ed. CM. Bakirov Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Сельское хозяйство и продовольственная промышленность являются ключевыми секторами экономики, обеспечивая население необходимыми продуктами. В данном контексте, эффективное управление производственными процессами, особенно в сфере хранения и обработки зерновой продукции, представляет существенное значение для обеспечения продовольственной безопасности. Одним из важных аспектов контроля качества зерна является определение его влажности, что является определяющим фактором для хранения и переработки.

В данном контексте микроволновые измерители влажности зерна [2,4,6] в потоке привлекают все большее внимание исследователей и практиков. Однако, для достижения максимальной эффективности и точности таких измерений необходимо обоснованное определение параметров микроволнового измерителя. Настоящая научная статья посвящена исследованию и обоснованию оптимальных параметров микроволнового измерителя влажности зерновой продукции в потоке. Анализ этих параметров играет решающую роль в разработке высокоточных и надежных методов измерения влажности зерна, что в конечном итоге способствует повышению эффективности производства и качества зерновой продукции [7].

Материалы и методы. Влагомер зерна — это устройство, измеряющее процент влажности в культурах после уборки и во время хранения, и в семенах при их закладке. Такой контроль помогает избавиться от ряда проблем:

- Порча зерна, его набухание, развитие бактерий и плесневых грибов.
- Самосогревание зерна, высокая вероятность пожара на элеваторе.
- Снижение натуры и сыпучести зерна, его прорастание.
- Непригодность для дальнейшей переработки.
- Понижение класса пшеницы, потеря вкусовых свойств.
- Переход зерна в разряд фуражного.

Если изучить предложение на рынке влагомеров для экспресс-анализа, то можно выделить основные параметры, которые интересуют пользователя. Это точность, количество калибровок и цена.

- Самые высокие показатели по всем пунктам у влагомеров со встроенными тензовесами. Погрешность до 0,3% в то время, как у моделей без такой функции погрешность может достигать до 0,5%. Количество калибровок может составлять до 450 штук, нужные шкалы загружаются через интернет. Такие влагомеры представлены только импортными производителями.
- Влагомеры без встроенных тензовесов всегда нужно сначала регулировать. В начале сезона образцы отправляются в лабораторию, и

настройки корректируются по показателям сушильного шкафа. Поскольку в них не учитывается масса, то по мелкому зерну показания будут завышены, а по-крупному, наоборот, занижены. Поэтому у такого влагомера всегда должна быть возможность подстройки шкалы под конкретное зерно.

- Нужно обращать внимание на диапазон измерения. В России зерновые и масличные культуры возделывают в разных климатических зонах и условиях. Возможность прибора измерять влажность зерна при очень низкой и очень высокой влажности продукта может оказаться определяющей при выборе прибора.
- Нужно определить дополнительные функции, которые необходимы. Сейчас многие влагомеры зерна обладают определенным набором опций. Например, они могут сохранять результаты измерений, рассчитывать среднюю величину результатов замера, производить температурную компенсацию.

Сохранение и усреднение результатов измерений полезно при большом количестве замеров, а температурная компенсация увеличивает точность показаний, поэтому для экспресс-влагомера очень актуальна.

Данная статья предлагает различные варианты влагомеров с их оссобенностями и характеристикой:

Влагомер Wile 55 - один из самых популярных и распространенных влагомеров среди российских фермеров. Запрограммирован на 16 наиболее распространенных культур. Идеален для пшеницы. Представляет собой цилиндрический аппарат с отсеком для пробы и цифровым дисплеем, где выводятся результаты анализа, меню настроек прибора. Устройство отличается прочным корпусом и не занимает много места. Диапазон измерений – от 5% до 35%, в зависимости от типа культуры.



Рисунок 1 Влагомер Wile 55

Измеряемые культуры: пшеница, ячмень, гречиха, рапс, подсолнечник, кукуруза, бобы, рис, овёс, рожь, сорго, горох, соевые бобы, просо, семена льна, горчица, мука пшеничная, мука ржаная, отруби.

Дополнительно по заказу поставляется влагомеры с калибровками на: кофе, арахис, и яичный порошок.

Преимущества: Возможность получения точных измерений при различной температуре окружающей среды. Влагомер измеряет окружающую температуру и температуру зерна, после чего учитывает разность этих температур при измерении, что обеспечивает точные показания в любых условиях.

Вычисление усредненного значения. Влагомер может измерить содержание влаги в нескольких пробах, после чего вычислить среднее значение, что

позволит получать наиболее достоверные результаты, так как влажность зерна может отличаться в разных частях хранилища. Для этого в нём имеется память на 99 результатов измерения.

Недостатки: Прибор зарекомендовал себя с хорошей стороны. В основном причиной поломок служит ненадлежащее использование. Например, если слишком сильно закручивать крышку, она быстро ломается.

Влагомер зерна Wile 65

Это модификация 55-го Вайла с возможностью подключения внешнего термодатчика. Также в отличие от своего предшественника Wile 65 имеет алфавитно-цифровой дисплей на русском языке.



Рисунок 2 Влагомер зерна Wile 65

Измеряемые культуры**:** пшеница, ячмень, гречиха, рапс, подсолнечник, кукуруза, бобы, рис, овес, рожь, сорго, горох, соевые бобы, просо, семена льна, горчица, мука пшеничная, мука ржаная, отруби. Дополнительно по заказу поставляются влагомеры с калибровками на кофе, арахис и яичный порошок.

Преимущества: Небольшие размеры и вес. Прибор легко носить с собой и достать в любой момент для оперативных замеров. Интуитивное русифицированное меню. Даже новичок легко разберется, как проводить измерения и считывать показания.

Точно измеряет влажность 16 видов культур. В память прибора занесены данные о 16 видах зерновых, масличных и бобовых культур, что позволяет получить наиболее точный результат замера в соответствии с особенностями каждого вида. Память на серию замеров + расчет усредненного значения. Когда Вы делаете серию замеров, они сохраняются в памяти, а прибор выдает уже готовый усредненный результат измерений.

Ручная калибровка. Если заводская калибровка вас не устраивает, можете откорректировать работу измерителя так, как вам нужно.



Рисунок 3 Влагомер зерна He lite Pfeuffer

При подключении внешнего термодатчика (приобретается отдельно) может измерять не только влажность, но и температуру, тем самым обеспечивая максимальный контроль за состоянием зерна (термодатчик в комплект не входит).

Измеритель влажности зерна Wile 65 укомплектован удобным чехлом для переноски.

Недостатки: Передняя панель съёмная, что часто приводит к обламыванию защелок на ней с дальнейшим её разбалтыванием.

Крышка отсека для батарейки прикручивается винтом, и если винт открутить полностью, то гайка от него частенько проваливается внутрь, и хорошо, если она там ничего не «коротнёт».

Корпус дюралевый, и иногда если плата индикации плохо закреплена, то она может коротить на корпус.

Влагомер зерна He lite Pfeuffer

Немецкий влагомер с предельной точностью. Высшая степень точности подтверждена институтом метрологии Госстандарта России. Удобный в применении, надежная конструкция. Образец пробы размельчается специальными дисками-ножами и одновременно приводится в однородное состояние.

Измеряемые культуры: овес, пшеница, ячмень, рожь, гречиха, просо, сорго, кукуруза, горох, подсолнечник, рапс, соевые бобы, лен, горчица, рис.

Преимущества*:* Высокая точность измерения (на уровне 0,4%). Калибровка на российском зерне.

Широкий диапазон измерений. Простое меню. Надежный принцип измерения - технология размола образца. Расчет среднего значения. Возможность калибровки. Обновление калибровок - бесплатно. Непревзойденный дизайн. Недостатки: По истечении нескольких лет работы может возникнуть проблема – при запуске включается подсветка индикации и далее влагомер не реагирует на нажатие клавиш.

Влагомер зерна Wile 78



Рисунок 4 Влагомер зерна Wile 78

Этот влагомер работает с зерном и семенами. В прибор встроены жернова, перемалывающие зерно в однородную массу. Точность от этого выигрывает. Дизайн изделия не просто более стильный, но лучше приспособлен под эргономику руки, крышка овальной формы легко открывается и плотно закрывается без усилий, прибор имеет интерактивный ЖК-дис более понятным. Для большей точности при измерении учитывается температура воздуха, зерна, а также вид измеряемой культуры, который можно выбрать в настройках.Измеряемые культуры: пшеница, рожь, ячмень, овес, гречиха, просо, сорго, кукуруза, подсолнечник, горох, соевые бобы, райграс, лен(семена), горчица, рис необрушенный, тритикале, фасоль, клевер белый, клевер красный, тимофеевка, овсяница луговая, рыжик, рапс.



Рисунок 5 Влагомер зерна Фауна-М

Преимущества:Небольшие размеры и вес. Прибор нетрудно носить с собой и можно легко достать в любой момент для оперативных замеров.

Расчет усредненного значения. Когда вы делаете серию замеров, ВСЕ они учитываются и прибор выдает усредненный результат измерений, который высчитывает автоматически (средний результат еще точнее, чем единичные замеры, особенно если нужно проверить влажность большой партии зерна).

Интуитивное русифицированное меню. Измеритель разработан для широкого круга пользователей и снабжен полностью русифицированным, интуитивно понятным меню, поэтому измерять с ним влажность очень удобно. Даже новичок легко разберется, как проводить измерения и считывать показания.

Ручная калибровка. Если заводская калибровка Вас не устраивает, можете откорректировать работу измерителя так, как Вам нужно. Всего прибор позволяет внести более 20 калибровок, разработанных специально для различных стран.

Недостатки: При использовании Wile 78 в сложных условиях пружина часто теряет свои свойства, а потому потребуется калибровка этого приспособления, подгонка электронной части агрегата под новую пружину. Замена элемента требует использования специальных инструментов и навыков, что обеспечит точность показателей в дальнейшем.

Влагомер зерна Фауна-М Влагомер «Фауна-М» отградуирован на 17 наименований зерновых и масличных культур. Этот перечень может быть расширен до 20 или заменен другими культурами по желанию потребителя при заказе прибора. Потребитель может и самостоятельно, руководствуясь инструкцией по эксплуатации, сделать градуировку новых культур по специально введенной для этого в прибор шкале условных единиц. Режим работы устанавливается одной кнопкой, прибор диагностирует разряд батареи, автоматически вводит компенсацию по температуре и усредняет результаты 2-5 последних замеров.

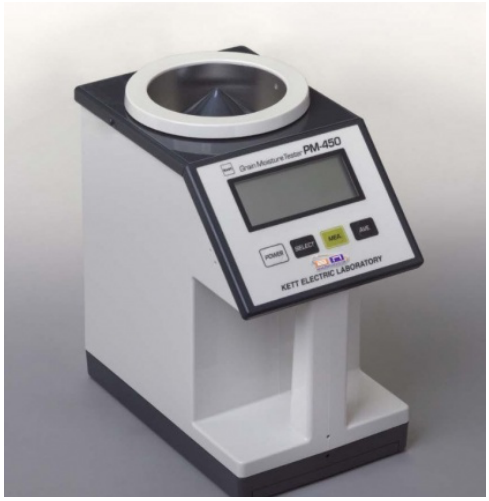


Рисунок 6 Влагомер зерна РМ-450

Измеряемые культуры: пшеница, рожь, ячмень, овёс, гречиха, рапс, подсолнечник, кукуруза, рис, горох, соевые бобы, просо, лён, горчица, тритикале, клевер.

Преимущества*:* Удобный, герметичный, ударопрочный корпус, изготовленный из пластмассы, разрешенной для контакта с пищевыми продуктами.

Автоматическое отключение питания при завершении измерения.

Прочный, красивый и удобный футляр для хранения и переноски прибора. Коррекция значений градуировки на ± 4% позволяет подстраивать значение влажности по каждой зерновой культуре, используя показания сушильного шкафа.

Цена значительно ниже конкурентов.

Недостатки: Может иметь небольшие колебания по точности. Есть модификация Фауна-МЛ (лабораторный), его точность ощутимо выше. Но для него необходима ровная поверхность стола, поэтому в полевых условиях использовать его проблематично.

Влагомер зерна РМ-450

Японский влагомер с большим набором функций. Засыпного типа, имеет встроенные весы, определяет натуру и учитывает ее при расчете процента влажности. Выдает результат измерения через 2-3 сек. с точностью 0,3%. Не требует предварительного измельчения пробы. Память прибора способна хранить до 26 видов зерновых культур.

Измеряемые культуры*:* пшеница, ячмень, кукуруза, соевые бобы, рапс, рожь, овес, сорго, подсолнечник, рис, фундук, гречиха, арахис, черный перец, маш, фасоль, горох, горчица, кофе, пшеничная мука.

Преимущества:

Усреднение данных измерений производится одним нажатием кнопки. Практически для всех культур диапазон измерений составляет от 6 до 30%; для зерновых культур диапазон расширяется: от 6 до 47%.Определение натуры зерна, г/л.

Автоматическое введение поправки по температуре. Возможность смещения градуировок от -5,9% до 5,9%.Возможность подключения принтера для распечатки полученных данных. Индикация разряда батареек. Автоматическое отключение питания.



Рисунок 7 Влагомер зерна Farmpro

Недостатки*:* Относительно высокая цена.

- Влагомер зерна Farmpro

Влагомер зерна FarmPro - измеритель влажности повышенной точности ±0.25%, размольная камера, калибровки на 16 популярных зерновых культур, корректировка калибровок, усреднение показаний, русифицированное меню, ударопрочный корпус, батарейное питание.

Измеряемые культуры*:* овес, пшеница, ячмень, рожь, клевер, сорго, кукуруза, рапс, горох, подсолнечник, соя, гречиха, рис, просо, лен, мука пшеничная, овсяница красная, овсяница луговая, манка/макароны.

Преимущества: Основным преимуществом электронного влагомера для зерна Фармпро является его универсальность. Он отлично справляется с анализом влажности не только зерновых культур, но и сена, растений семейства бобовых, семян, макаронных изделий.

Анализ можно производить везде: на поле, в хранилище, в лаборатории, на току. Прибор имеет легкий вес и не требует специальной подготовки при его использовании. Доступная цена. Высокая точность измерений (до десятых).



Рисунок 8 Влагомер зерна Unimeter Digital

Недостатки: В двух случаях: если камера заполнена не полностью, или крышка "не докручена", не получиться достигнуть уровня гомогенизации при измельчении зерна и погрешность может увеличиться.

- Влагомер зерна Unimeter Digital

Прибор с одновременным размолом и сжатием пробы. Благодаря технологии размола влагомер Unimeter Digital обеспечивает высокую точность измерений. По факту, погрешность полученного результата не превышает 0,2 - 0,5%. Также у него решена проблема слабой крышки - она металлическая.

Измеряемые культуры*:* пшеница, ячмень, овес, рожь, гречиха, тритикале, кукуруза, подсолнечник, рапс, сурепица, фасоль, бобы, горох, лен, горчица, рис, просо, полба, тмин, клевер, райграс, мятлик, овсяница, тимофеевка, пшеничная мука.

Преимущества:Легкочитаемый ЖК-дисплей;

Автоматическое усреднение результатов нескольких измерений; Возможность внесения поправки к заводским калибровкам ±10%; Емкость для отбора проб зерна встроена в крышку влагомера; Кейс, кисточки для очистки измерительного цилиндра и 9 В батарейка входят в комплект поставки; Измерение температуры.



Рисунок 9 Влагомер-натуромер зерна Wile 200

Недостатки: Надежная и простая конструкция, вероятность поломки стремится к нулю. К недостаткам можно отнести минус, присущий всем влагомерам с диэлькометрическим методом измерения. Результат зависит не только от влажности, а еще и от химического состава. Поэтому, для каждого материала должна быть «своя» градуированная шкала.

- Влагомер-натуромер зерна Wile 200

Финский влагомер со встроенными весами и термометром. Прибор с помощью высвечивающихся на дисплее указаний направляет пользователя на получение точных результатов. Влагомер оснащён запатентованной передвигаемой рукоятью (скобой) для выравнивания пробы зерна. Не требует измельчения и сжатия пробы. Все калибровки в Wile 200 сделаны по образцам зерна из России, точность данного прибора на российских культурах высокая.



Рисунок 10 Влагомер зерна Farmpoint

Измеряемые культуры*:* пшеница, рожь, ячмень, овес, гречиха, просо, сорго, кукуруза, подсолнечник, горох, соевые бобы, рапс, сурепица, лен, горчица, рис необрушенный, тритикале, пшеница дурум.

Преимущества: Определение натуры зерна. Определение температуры зерна. Отличный дизайн с большим ЖК-дисплеем. USB Совместимость. Ввод поправки ±10% по каждой культуре.

Недостатки*:* Основное требование – ровная горизонтальная поверхность, что в полевых условиях не очень удобно.

Влагомер зерна Farmpoint

FarmPoint — это удобный, переносной прибор с русскоязычным меню. Оперативно и точно определяет процент влаги в зерновых сельскохозяйственных культурах. Заводскими настройками заложен широкий перечень измеряемых зерновых культур. Конструктивно предусмотрено изменение калибровки, согласно требованиям отдельного клиента. Кроме цельных зерновых культур прибор работает с переработанным продуктом. С пшеничной мукой, с манкой.

Измеряемые культуры: овес, пшеница, ячмень, рожь, клевер, сорго, кукуруза, рапс, горох, подсолнечник, соя, гречиха, рис, просо, лен, мука пшеничная, овсяница красная, овсяница луговая, манка.



Рисунок 11 Влагомер-масломер ВМЦЛ-12М

Преимущества: Измерительный цилиндр из полированного алюминия. Противоударный пластиковый кейс. Сертификация в РФ. Корпус изготовлен из ударопрочного ABS пластика. Сжатие измеряемого образца в измерительном цилиндре. Поставляется с удобной наплечной сумкой.

Недостатки: Требует регулярной замены щёток, ремонта загрузочного механизма и дополнительных настроек температурных и весовых характеристик.

Влагомер-масломер ВМЦЛ-12М

Это стационарный лабораторный влагомер, предназначенный для измерения влажности семян подсолнечника. Имеет встроенные весы и измеряет массу. Также анализирует параметр масличности. Под заказ может настраиваться на рапс. Выдает результат за 5 секунд.

Важное преимущество устройства — анализ цельных семян, без размола и предварительной подготовки, что сокращает затраты времени и дает возможность обойтись минимальным комплектом оборудования.



Рисунок 12 Влагомер зерна GRANOMAT Pfeuffer

К недостаткам можно отнести отсутствие возможности измерять влажность других культур и ограниченная мобильность – в поле влагомер использовать нельзя.

Влагомер зерна GRANOMAT Pfeuffer

Влагомер цельного зерна стационарного типа высокой точности для элеваторов и операторов зерна. С помощью Granomat можно проверять все без исключения виды зерна, бобовые, масличные культуры, кукурузу и солод. Память прибора охватывает до 200 различных

калибровок. Измерение осуществляется полностью автоматически. Определяет влажность, натуру и температуру зерна.
Преимущества: Встроенное печатающее устройство. Полная автоматика.
Большой объём пробы 600 мл. Широкий список калибровок, можно измерять все виды культур.
Недостатки:
Работает от сети и подходит только для лаборатории. Высокая стоимость.
Это профессиональный анализатор с соответствующей точностью и ценой.
Влагомер зерна mini GAC
Особенно рекомендуется для измерения подсолнечника и кукурузы. Основная особенность – использование калибровок от стационарных влагомеров серии ГАК 2100, ГАК 500 (эти калибровки основаны на 25 летнем опыте компании). Работает быстро и прост в эксплуатации. Измеряет влажность и натурную массу.



Рисунок 13 Влагомер зерна GRANOMAT Pfeuffer

Измеряемые культуры:
пшеница, ячмень, кукуруза, соевые бобы, рапс, рожь, овес, сорго, подсолнечник, рис, фундук, гречиха, арахис, черный перец, маш, фасоль, горох, горчица, кофе, сахар, резанная морковь, сухари, различные хлопья, солод, отруби, леденцы, различные корма, мамалыга, лук порей, чечевица, мясокостная мука, рыбная мука, папаин, макароны, дрожжи.
Преимущества: Упрощенное управление благодаря наличию интерфейса на основе меню. Избавление от необходимости предварительного взвешивания благодаря наличию встроенных весов. Отсутствие громоздких резьбовых крышек, которые могут вызывать повреждение зерна и образование маслянистого осадка.
Измерение более 450 видов зерна и продуктов. Удобство загрузки калибровок с накопителя USB.Проверки горячего и холодного зерна с температурой 32–122 °F.
Получение точных результатов измерений в самых разнообразных условиях благодаря автоматической температурной компенсации.



Рисунок 14 Влагомер зерна Суперпро (Superpro)

Недостатки: Влагомер засыпного типа, поэтому нужно строго следить за объемом исследуемого образца. Отклонения, как в большую, так и в меньшую сторону, могут повлиять на результат.
Влагомер зерна Суперпро (Superpro)

Влагомер Superpo — это портативный электронный прибор, предназначен для экспресс-анализа влажности зерна в лабораторных и полевых условиях. Его используют при уборке, хранении, переработке, для оценки состояния зерна в момент послеуборочной обработки, в ходе сушки, на токах, при размещении зерна в хранилищах и при увлажнении перед помолом.
Влагомер работает со многими видами зерна, семян трав без предварительного измельчения. Диапазон измерения влажности: от 5 до 50% с точностью 0,3%.
Базовая настройка приборов имеет следующие калибровки: овес, пшеница, ячмень, рожь, клевер, сорго, кукуруза, рапс, горох, подсолнечник, соя, гречиха, рис, просо, лен, мука пшеничная, овсяница красная, овсяница луговая, манка/макароны.

Преимущества: Опция ручного размола для повышения точности измерений. Высокое качество прибора: жернова выполнены из закаленной стали, а корпус — из ударопрочного ABS пластика. Температурная компенсация.Автоматическое усреднение нескольких измерений. Автоматическое отключение электропитания. Индивидуальная подстройка заводских калибровок. Надежный противоударный пластиковый кейс.
Недостатки: Заявленная точность определяется в нормальном диапазоне влажности при использовании усреднения и калибровки.

Результаты исследования. В заключении нашего исследования можно подчеркнуть важность оптимального подхода к подбору устройства для анализа влажности в зерновой массе. В нашем исследовании мы предоставили обоснование оптимальных параметров микроволнового измерителя влажности, с особым акцентом на выборе влагомера для анализа зерновой продукции в потоке. Тщательный анализ электромагнитных характеристик и параметров измерительного устройства позволил выделить ключевые факторы, влияющие на точность и эффективность оценки влажности зерновой массы.

Выбор оптимального влагомера играет решающую роль в достижении высокой точности измерений. Результаты нашего исследования предоставляют ценные рекомендации для принятия обоснованных решений при выборе влагомера, учитывая особенности потоковых условий и требования к мониторингу влажности зерна. Эти рекомендации могут быть весьма полезными для сельскохозяйственных и продовольственных предприятий, стремящихся к повышению эффективности производства и обеспечению высокого качества зерновой продукции.
Таким образом, наше исследование не только расширяет научное понимание проблемы, но также предоставляет практические рекомендации, способствующие правильному выбору влагомера и повышению эффективности контроля влажности зерна в потоковых условиях сельскохозяйственного производства.

Заключение. Сельское хозяйство и продовольственная промышленность являются ключевыми секторами экономики, обеспечивая население необходимыми продуктами. В связи с этим, эффективное управление производственными процессами, особенно в области хранения и обработки

зерновой продукции, играет существенную роль в обеспечении продовольственной безопасности. Одним из важных аспектов контроля качества зерна является определение его влажности, так как это определяющий фактор для хранения и переработки. Микроволновые измерители влажности зерна в потоке привлекают все большее внимание исследователей и практиков. Однако для достижения максимальной эффективности и точности таких измерений необходимо обоснованное определение параметров микроволнового измерителя. Анализ этих параметров играет решающую роль в разработке высокоточных и надежных методов измерения влажности зерна, способствуя повышению эффективности производства и качества зерновой продукции.

Влагомеры зерна являются важным устройством для контроля процента влажности в культурах после уборки и во время хранения, а также в семенах при их закладке. Контроль влажности помогает избежать порчи зерна, его набухания, развития бактерий и плесневых грибов. Также он предотвращает самосогревание зерна, вероятность пожара на элеваторе, снижение натуры и сыпучести зерна, его прорастания, непригодности для дальнейшей переработки, понижения класса пшеницы и потери вкусовых свойств. Поэтому при выборе влагомера необходимо обратить внимание на такие параметры, как точность, количество калибровок и стоймость.

Таким образом, выбор оптимальных параметров микроволнового измерителя влажности зерновой продукции в потоке играет важную роль в обеспечении эффективности производства и качества зерновой продукции. Определение влажности зерна является неотъемлемым процессом контроля качества, особенно при хранении и переработке. Поэтому разработка высокоточных и надежных методов измерения влажности зерна с использованием микроволновых измерителей значительно способствует повышению эффективности и качества продовольственной промышленности.

Список источников

1. Четвериков Е.А., Шестаев А.Е. Обоснование параметров сушки зерна микроволновым полем // Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы IX Международной научно-практической конференции. – Саратов, 2018. С. – 29-30

2. Морозов С.М., Реут В.А. Электродинамическое моделирование СВЧ установок // Теория и практика современной науки 2016 № 12(18).

3. Volgin A.V., Kargin V.A., Chetverikov E.A., Moiseev A.P., Lagina L.A. Improving the efficiency of convective grain drying by using low-intensity RF radiation IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 954 (1), 2022, 012017

4. Ганеев И.Р., Тагирова А.А., Каримов Х.Т., Масалимов И.Х. Влияние режимов сушки с применением СВЧ-нагрева на ферментативную активность, энергию прорастания и всхожесть семян рапса // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2021. № 1 (57). С. 92-98.

5. Горелов М.В., Бастрон Т.Н. Установка для предпосевной обработки и сушки семян СВЧ-энергией // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020.№ 3 (83). С. 195-198.

6. Ганеев И.Р., Каримов Х.Т., Масалимов И.Х. Исследование режимов сушки семян подсолнечника в СВЧ-установке непрерывного действия // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2017. № 2 (42). С. 67–

7. Кокорев А.В., Логачёв А.В., Заплетина А.В. Анализ установок для предпосевной обработки семян овощных культур ЭМП СВЧ // Инновационные тенденции развития российской науки: матер. X Междунар. науч.-практич. конф. молодых учёных, посвящ. Году экологии и 65-летию Красноярского ГАУ. Красноярск, 2017. С. 121–124.

8. Бастрон А.В., Василенко А.А., Горелов М.В. Обработка семян СВЧ-энергией //Сельский механизатор. 2017. № 4. С. 14 –15.

© Кочетов В.А., Четвериков Е.А., Пяткин А.А. 2023

Научная статья
УДК 004.5

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ЗРЕЛОСТИ ПЛОДОВ ТОМАТА

Кравченко Ростислав Александрович[1], Кротов Игорь Владимирович[2], Сохинов Дмитрий Юрьевич[3]
[1,2,3] ФГБОУ ВО "Российский биотехнологический университет", г. Москва, Россия
[1] kravchenkora@mgupp.ru, https://orcid.org/0009-0000-3058-2118
[2] gor_@bk.ru, https://orcid.org/0000-0003-3411-4033
[3] Sohinovdju@mgupp.ru, https://orcid.org/0009-0000-0030-8580

Аннотация. В статье приводится экономический обзор развития тепличного хозяйства Российской Федерации для подтверждения целесообразности будущего исследования. Рассмотрены перспективы использования автономного мобильного интеллектуального комплекса для мониторинга зрелости плодов томата в защищенном грунте.

Ключевые слова: интеллектуальный комплекс, степень зрелости, БПЛА
Для цитирования: Кравченко Р.А. Перспективы использования автономного мобильного интеллектуального комплекса для мониторинга зрелости плодов томата в защищенном грунте / Р.А. Кравченко, И.В. Кротов, Д.Ю. Сохинов // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-технической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

AN AUTOMATED SYSTEM FOR MONITORING THE MATURITY OF TOMATO FRUITS.

Kravchenko Rostislav Aleksandrovich[1], Krotov Igor Vladimirovich[2], Dmitry Yurievich Sokhinov[3]
[1,2,3] Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Russian Biotechnological University, Moscow, Russia
[1] kravchenkora@mgupp.ru, https://orcid.org/0009-0000-3058-2118
[2] gor_@bk.ru, https://orcid.org/0000-0003-3411-4033
[3] Sohinovdju@mgupp.ru, https://orcid.org/0009-0000-0030-8580

Annotation. The article provides an economic overview of the development of the greenhouse industry in the Russian Federation to confirm the feasibility of future research. The prospects for using an autonomous mobile intelligent complex for monitoring the maturity of tomato fruits in protected soil are considered.
Keywords: intelligent complex, degree of maturity, UAV
For citation: Kravchenko R.A. Prospects for using an autonomous mobile intelligent complex for monitoring the maturity of tomato fruits in protected soil / R.A. Kravchenko, I.V. Krotov, D.Y. Sokhinov. // Increasing the effective operation of electrical equipment in agriculture: materials of the International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko / Ed. CM. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Согласно Доктрине продовольственной безопасности РФ, уровень самообеспечения овощами и бахчевыми культурами в стране должен составлять не менее 90% [1].

В последние годы в России наблюдается активное развитие тепличного хозяйства, что связано с рядом факторов, включая увеличение спроса на свежие овощи, растущую конкуренцию на внутреннем и внешнем рынках, а также государственную поддержку отрасли.

Материалы и методы. За последние 13 лет совокупный среднегодовой темп

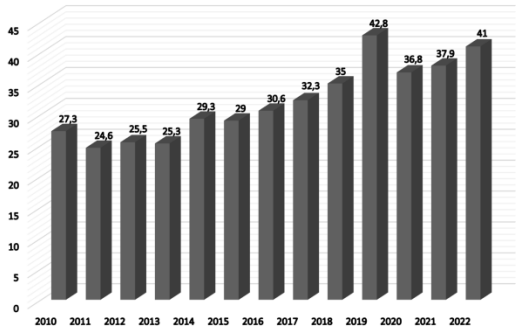


Рисунок 1 Площадь защищенного грунта в Российской Федерации, млн

роста составил 3%, а площадь защищенного грунта, по информации Института конъюнктуры аграрного рынка (ИКАР), в 2022 году превысила 41 млн $м^2$ (рис.1) [4].

С увеличением площади промышленных тепличных комплексов, растут и объемы собираемой продукции, что позволяет снизить зависимость от импорта, создать новые рабочие места и способствовать экономическому развитию регионов. ИКАР оценивает урожай 2022 года в 1,602 млн. тонн овощей, что больше предыдущего года на 5,6%, а среднегодовой темп роста равен 8% (рис.2) [5].

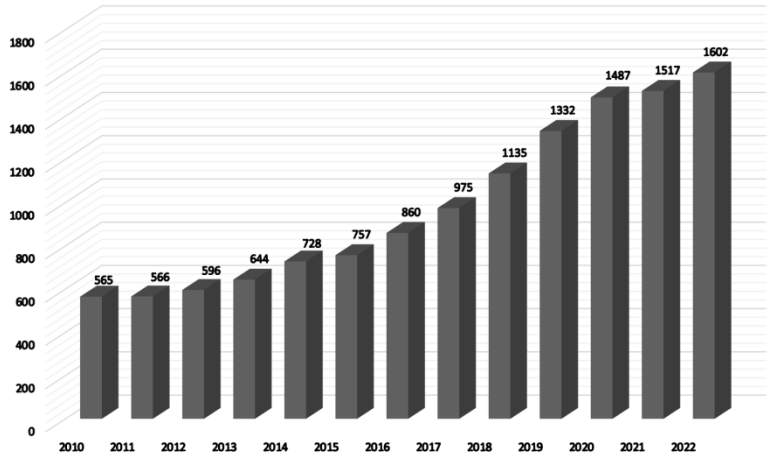


Рисунок 2 Валовой сбор овощей защищённого грунта в РФ, тыс. тонн

Производственная структура от году к году остается стабильной, без значительных изменений. Выращивание в 2022 году тепличных огурцов оценивается в 885,7 тыс. тонн (+5,3% к предыдущему году), томатов – в 668,4 тыс. тонн (+6%). Производство «прочих» культур (зелени, баклажанов и перца) достигнет 48,5 тыс. тонн (рис.3) [4,5].

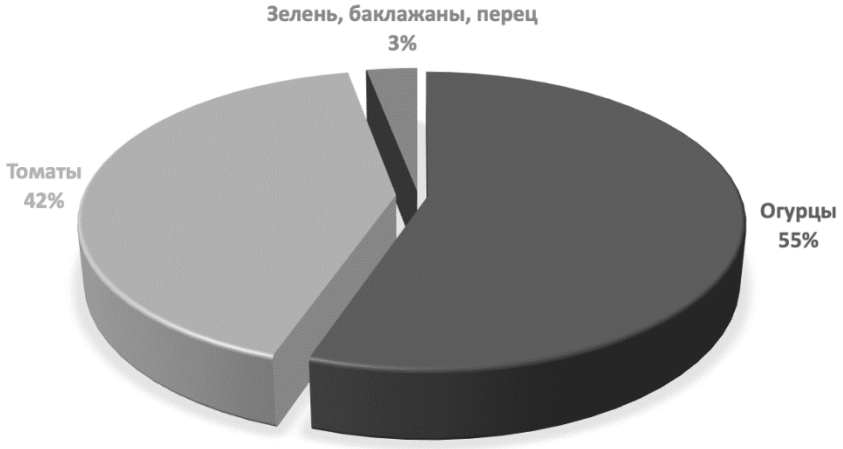


Рисунок 3 Производственная структура 2022г в РФ, в проц.

Как видно из графика, томаты занимают второе место среди возделываемых культур в закрытом грунте, несмотря на то что процесс их выращивания является сложным.

Контроль зрелости томатов в закрытом грунте играет важную роль в сельском хозяйстве. Определение оптимального времени сбора томатов обусловлено следующими факторами:

- Определение степени зрелости позволяет собирать томаты в такой период вегетации, при котором во время транспортировки и процесса его дозаривания продукт на полке магазина будет иметь самую выгодную цену как для производителя, так и для покупателя.
- Контроль зрелости поможет оптимизировать использование ресурсов: уменьшить количество персонала, путем распределения рабочего времени на технологические операции, тем самым снизить себестоимость продукции, при этом максимально сохранить плоды.
- Сбор томатов в оптимальной степени зрелости может повысить их коммерческую ценность и удовлетворить требования рынка. В противном случае, они будут забракованы или проданы по сниженной цене, что приведет к снижению экономических результатов предприятия.

Для того чтобы предложить методы контроля зрелости томатов в процессе их выращивания, необходимо изучить методики оценки и существующие средства контроля. Способы определения зрелости томатов, можно разделить на два способа: инструментальный и визуальный (антропогенный).

К первым относятся: метод Романовской спектроскопии, люминесцентные методы, методы технического зрения, метод гиперспектральной реализации и др [2].

Перечисленные методы используются для сортировки собранных томатов на цветовые группы и требуют создания специальных условий для оценки зрелости плодов, ввиду чего не подходят для контроля зрелости в процессе выращивания. Второй способ полностью субъективен, зависит от цветовосприятия человеческого глаза, а значит не может служить достоверной оценкой степени зрелости. Однако, используя шкалу цветов А.С. Бондарцева, имеющую более 100 оттенков, можно унифицировать и систематизировать определение стадии развития плодов томата на основе их окраски. В. А. Гудковский, Д. В. Акишин, А. В. Сутормина составили универсальную шкалу зрелости, которая позволила сопоставить результаты цветовой оценки по Бондарцеву с содержанием эндогенного этилена в плодах, тем самым совместив простоту визуальных методов с объективной оценкой физиологического состояния плодов [3].

Результаты исследования. Для масштабирования процесса контроля и оценки степени зрелости плодов томата в промышленных тепличных комплексах, перспективным является использование беспилотного летательного аппарата (БПЛА) с видеокамерой (рис.4) [6].

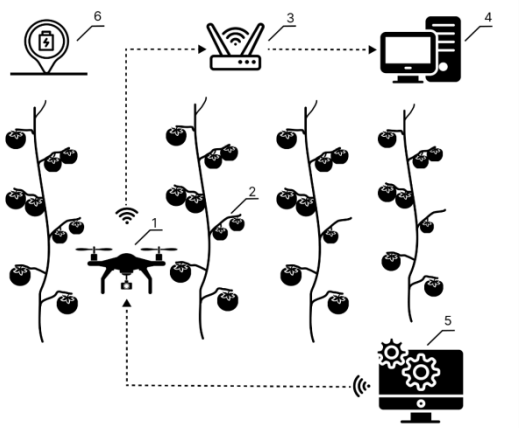


Рисунок 4 Структурная схема системы автоматического контроля зрелости плодов томата 1- БПЛА, 2- кусты томатов, 3- Wi-Fi роутер, 4- панель оператора, 5- ПК для корректировки и настройки БПЛА, 6- место зарядки БПЛА.

Дрон 1 осуществляет облет теплицы по ранее известной траектории, установленная на нем камера производит съемку с заданной частотой [8]. Полученные изображения по сети Wi-Fi 3 передаются на установленный в теплице сервер 4, где происходит их обработка с помощь сверточной нейронной сети (НС), обученной по результатам исследования В.А. Гудковского [9]. После первичной обработки, на панель оператора 4 выводится информация о количестве плодов томата в 3 цветовых группах в каждом ряду [7]. Сотрудник, на основе данной информации распределяет обслуживающий персонал– сборщиков, согласно сформулированным рекомендациям. Таким образом, появляется возможность распределить трудовые ресурсы так, чтобы максимально сохранить продукцию и получить от ее реализации наибольшую экономическую выгоду.

Заключение. Использование беспилотного летательного аппарата с установленной видеокамерой, обработкой изображений сверточной нейронной сетью на основе шкалы цветов А.С. Бондарцева позволит эффективно управлять трудовыми ресурсами тепличного хозяйства, а также повысить экономическую эффективность предприятия.

Список источников

1. Доктрина продовольственной безопасности РФ. – Утверждена Указом Президента Российской Федерации от 01 января 2020 г. № 20.

2. Абделхамид М.А., Судник Ю.А. Технологические методы оценки зрелости томатов // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2020. Т. 67. N2(39). С. 93-98. DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-2-93-98.

3. Гудковский В.А., Акишин Д.В., Сутормина А. В. Об использовании нового способа определения степени зрелости плодов томата в селекционной, научной и практической работе // Вестник МичГАУ, №5, 2013- 67с.

4. Демо-версия Отчета «Тепличный бизнес России-2022. Итоги отрасли за 2021 год. Прогнозы развития овощеводства в защищенном грунте в 2022 – 2025 годы» Дата выхода: 30 июня 2022 г.

5. ГК «Интерагро» Рынок овощей защищённого грунта в России: итоги 2022 года и перспективы развития. // Гавриш N2-2023

6. Структура информационной системы контроля качества мяса в холодильной цепи / Р. Л. Федосьин, В. А. Каргин, Е. А. Назойкин, И. Э. Свиридов // Современные проблемы автоматизации технологических процессов и производств : сборник научных докладов научно-практической конференции с международным участием, посвященной 100-летию со дня рождения Игоря Константиновича Петрова, Москва, 11 октября 2023 года. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2023. – С. 310-314. – EDN OHBCCB.

7. Анализ и выбор нейронной сети для оценки качества яблок / Д. Ю. Сохинов, В. В. Кишко, И. В. Каверзин, А. В. Сармаев // Современные проблемы автоматизации технологических процессов и производств : сборник научных докладов научно-практической конференции с международным участием, посвященной 100-летию со дня рождения Игоря Константиновича Петрова, Москва, 11 октября 2023 года. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2023. – С. 297-301. – EDN ODGJNE.

8. Каргин, В. А. Перспективы внедрения систем компьютерного зрения для оценки качества нанесения маркировки / В. А. Каргин, А. В. Щербаков // Современные проблемы автоматизации технологических процессов и производств : сборник научных докладов научно-практической конференции с международным участием, посвященной 100-летию со дня рождения Игоря Константиновича Петрова, Москва, 11 октября 2023 года. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2023. – С. 212-216. – EDN FFKJZG.

9. Разработка и оценка нейронной сети для оценки качества яблок / В. А. Каргин, Д. Ю. Сохинов, В. В. Кишко, И. В. Каверзин // Современные проблемы автоматизации технологических процессов и производств : сборник научных докладов научно-практической конференции с международным участием, посвященной 100-летию со дня рождения Игоря Константиновича Петрова, Москва, 11 октября 2023 года. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2023. – С. 205-211. – EDN YJCSJC.

© Кравченко Р.А, Кротов И.В., Сохинов Д.Ю., 2023

Научная статья
УДК 612.014.464

ОБРАБОТКА ОЗОНОМ ГРУППЫ ПЧЕЛИНЫХ УЛЬЕВ

Лоза Андрей Александрович
Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина,
г. Краснодар, Россия
el-mash@kubsau.ru

Аннотация. В статье приводится информации о сложившейся ситуации в пчеловодстве. В частности о проблеме лечения пчел антибиотиками. Показаны отрицательные стороны данного способа и наиболее перспективный вариант решения данной проблемы с помощью применения экологически чистого способа – озонирования пчелиных ульев. Приведена принципиальная электрическая схема, на базе микроконтроллера позволяющая проводить точную обработку ульев с разным количеством рамок.
Ключевые слова: пчеловодство, антибиотики, бактериальные заболевания, озон, пчелиные ульи.
Для цитирования: Лоза А.А. Обработка озоном группы пчелиных ульев / А.А. Лоза // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-практической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова . - Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

OZONE TREATMENT OF A GROUP OF BEE HIVES

Loza Andrey Alexandrovich
Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russia
el-mash@kubsau.ru

Annotation. The article provides information about the current situation in beekeeping. In particular, about the problem of treating bees with antibiotics. The negative sides of this method are shown and the most promising solution to this problem is using an environmentally friendly method – ozonation of bee hives. A schematic electrical diagram based on a microcontroller is shown, which allows for precise processing of beehives with a different number of frames.
Keywords: beekeeping, antibiotics, bacterial diseases, ozone, bee hives.
For citation: Loza A.A. Ozone treatment of a group of bee hives / A.A. Loza // Improving the efficient operation of electrical equipment in agriculture: materials of the International Scientific and Practical Conference named after G.P. Eroshenko / Edited by S.M. Bakirov . - Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Отрасль пчеловодства в России переживает не лучшие времена. Количество пчелосемей сокращается, что приводит к нехватке насекомых для опыления культур сельскохозяйственного назначения. Среди факторов влияющих отрицательно на динамику отрасли можно выделить следующие. Это, во-первых человеческий фактор, связанный с антропогенным влиянием. Сюда можно отнести обработку полей химикатами, из-за которых гибнут пчелы. Во-вторых, погодные условия. Особенно для пчел чувствительны колебания температур в зимне-весенний период, т.к. в таких случаях их организм испытывает большую нагрузку, связанную с переработкой корма. В третьих серьёзной угрозой пасеке являются болезни пчел. И если пчеловод может лишь отчасти повлиять на первые 2 фактора, то для решения

вопросов заболеваемости пчел на сегодняшний день у пчеловодов есть большой выбор в способах и методах их профилактики и лечения. Но зачастую лечение пчел заключается в применении антибиотиков, что таит в себе в первую очередь опасность попадания лекарственных средств в продукты пчеловодства, а в месте с ними в организм человека. Но есть и другая проблема, связанная с привыканием болезнетворных организмов к антибиотикам. Так, например, одной из распространенных на пасеках болезней является нозематоз. Это болезнь взрослых пчел вызываемая микроспоридиями *Nosema apis*. Экономический ущерб от данной болезни велик. Продукция меда снижается на 35-50%, прирост семей – на 58-75%, смертность пчел возрастает в 2-3 раза. При поражении около 60% пчел семья не дает никакой продукции [1]. Основным лекарственным средством против этой болезни ранее был антибиотик фумагиллин. Современные исследования показали, что в настоящее время он не помогает справиться с данной болезнью. Причем выяснилось, что через время после обработки данным лекарственным препаратом в пчелиных семьях количество спор выше, чем в необработанных инфицированных [22]. В настоящее время для лечения пчел от нозематоза используется в основном другие антибиотики Ноземат и Ноземацид. И никто не дает гарантий, что и к ним постепенно не приспособятся паразиты *Nosema apis*. Уже сейчас появляются данные, подтверждающие бесполезность, и даже ухудшение ситуации на пасеках в Германии при использовании Ноземата, Фумидила-Б и других подобных препаратов [3]. Другие распространенные бактериальные болезни пчел, такие как аскосфероз, американский и европейский гнильцы также лечатся различными антибиотиками.

Материалы и методы. Сложившаяся ситуация приводит к поиску пчеловодами экологически чистых способов профилактики и лечения заболеваний пчел. Одним из наиболее перспективных на наш взгляд среди них является использование озона на пасеке. Данный газ является сильным окислителем, он не вызывает привыкания и с его помощью можно эффективно бороться, как с бактериальными, так и с вирусными заболеваниями. Внедрению озонных технологий в пчеловодстве посвящено множество научно-исследовательских работ. Так, например, уже не одно десятилетие этой проблемой занимаются в Кубанском ГАУ [4, 5]. Учеными данного университета определены необходимые концентрации для профилактики и лечения бактериальных заболеваний пчел. Одним из рекомендованных режимов обработки является режим, при котором концентрация подаваемого в ульи озона составляет 50 мг/м^3, а время обработки 30 минут. Но, несмотря на постоянное совершенствование перспективной технологии в пчеловодстве, ещё существует ряд проблем затрудняющих ее применение. Одной из них является отсутствие сведений об обработке группы ульев.

Результаты исследования. Зачастую на пасеке не всегда все улья одинаковы. Они могут различаться, как по объему, так и по количеству рамок в них. Это приводит к тому, что при одновременной их обработке, ульи с меньшим количеством рамок могут получить дозу озона гораздо большую, чем

ульи с большим количеством рамок. Последние и вовсе могут недополучить необходимую дозу. Для этого нами предлагается использовать систему автоматизированного управления подачей озона в ульи. Принципиальная схема такой системы показана на рисунке 1.

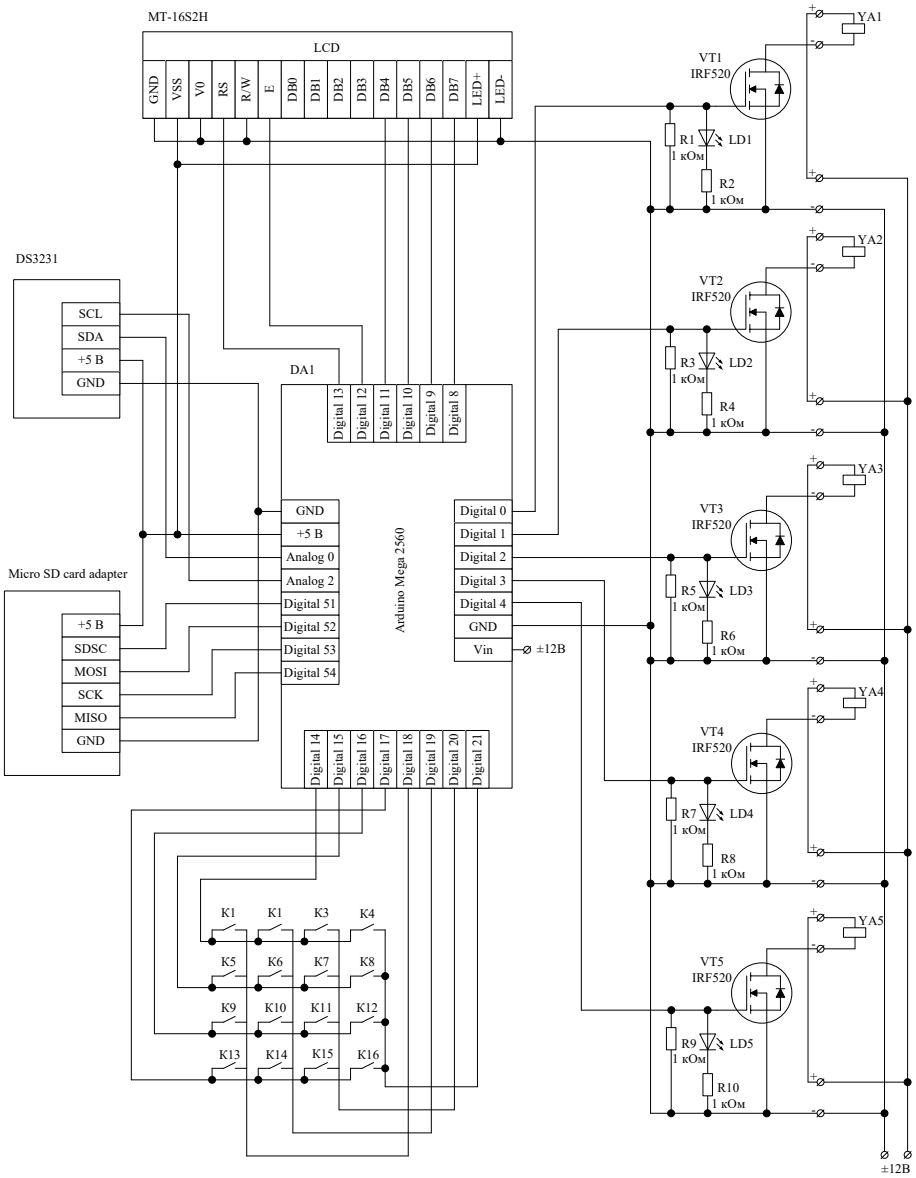


Рисунок 1 – Принципиальная электрическая схема системы подачи озона для группы ульев

Заключение. В основе работы схемы лежит использование микроконтроллера, в память которого перед обработкой закладывается информация о количестве рамок в обрабатываемых ульях. Согласно полученным данным микроконтроллер рассчитывает требуемое время обработки для каждого улья и в нужный момент отключает их путём подачи сигнала на силовые ключи VT1-VT5, которые отключают питание клапанов YA1-YA5 установленных на трубопроводах подающих озон в ульи.

Внедрение такой системы на пасеке позволит точно проводить обработку ульев озоном. Уменьшит затраты энергии ранее уходившие на избыточную обработку ульев с меньшим количеством рамок. Причем отключение ульев по времени позволяет пчеловоду не находится в зоне проведения обработки.

Список источников

1. Гробов О.Ф. Болезни и вредители медоносных пчел: Справочник / О.Ф. Гробов, А.М. Смирнов, Е.Т. Попов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 335 с: ил.
2. Никакого устойчивого действия [Электронный ресурс] // Сайт журнала «Пчеловодство». URL: https://beejournal.ru/deutsches-bienen/1890-nikakogo-ustojchivogo-dejstviya (Дата обращения: 05.11.2023).
3. Кашковский, В. Г. Лечение пчелиных семей без лекарств, или зоотехнический метод борьбы с болезнями пчел / В. Г. Кашковский, А. А. Плахова // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2021. – № 2(59). – С. 115-124.
4. Овсянников Д.А. Технология стимуляции электроозонированием весеннего развития пчелиных семей: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.02 / Овсянников Дмитрий Алексеевич; ФГБОУ ВО КГАУ им. И.Т. Трубилина; науч. рук. Д.А. Нормов. — Краснодар, 2004. — 169 с.
5. Николаенко С.А. Параметры системы стабилизированного электроозонирования ульев при лечении бактериозов пчел: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.02 / Николаенко Сергей Анатольевич; ФГБОУ ВО КГАУ им. И.Т. Трубилина; науч. рук. Д.А. Овсянников. — Краснодар, 2010. — 175 с.

© Лоза А.А. 2023

Научная статья
УДК 621.311

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГАЗОПОРШНЕВЫХ УСТАНОВОК КАК ОСНОВНОГО ИСТОЧНИКА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Юлия Викторовна Лыжина[1], Сакен Койшыбаевич Шерьязов[2]
[1,2] Южно-Уральский государственный аграрный университет, г. Челябинск, Россия
[1] iulya.lijina@yandex.ru, https://elibrary.ru/author_items.asp
[2] sakenu@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматриваются современная ситуация при подключении новых крупных сельскохозяйственных объектов к сетям электроснабжения, возникающие при этом проблемы, а также способы их решения.

Ключевые слова: газопоршневая установка, электроснабжение, когенерация.
Для цитирования: Лыжина Ю.В. Использование газопоршневых установок как основного источника электроэнергии на сельскохозяйственных

предприятиях в современных условиях / Ю.В. Лыжина, С.К. Шерьязов // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-технической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

USE OF GAS PISTON PLANTS AS THE MAIN SOURCE OF ELECTRICITY IN AGRICULTURAL ENTERPRISES UNDER MODERN CONDITIONS

Julia Viktorovna Lyzhina[1], Saken Koyshybaevich Sheryazov[2]
[1,2] South Ural State Agrarian University, Saratov, Russia
[1] iulya.lijina@yandex.ru, https://elibrary.ru/author_items.asp
[2] sakenu@yandex.ru

Annotation. The article examines the current situation when connecting new large agricultural facilities to power supply networks, the problems that arise, as well as ways to solve them.
Keywords: gas-piston units, electricity supply, cogeneration.
For citation: Lyzhina J.V. Use of gas piston plants as the main source of electricity in agricultural enterprises under modern conditions / J.V. Lyzhina, Sheryazov S.K. // Improving the efficient operation of electrical equipment in agriculture: materials International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko / Ed. S.M. Bakirov - Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение.В настоящий момент топливно-энергетический комплекс России переживает кризисное состояние. Основное проявление кризиса заключается в том, что обыденным явлением становится нарушение и перебои снабжения отдельных регионов и потребителей топливом, электрической и тепловой энергией.

Аналитики спрогнозировали рост цен на электричество для промышленности. Как ожидает регулятор, после 2023 года рост цены замедлится из-за снижения платежей по ДПМ ТЭС. После 2025 года рост цен вновь ускорится из-за запуска новых инвестпрограмм в энергетике: в европейской части и на Урале среднегодовые темпы роста составят 4,7%, а одноставочная цена достигнет 3,8 тыс. руб. за 1 МВт•ч к 2030 году. Также тарифы повысятся и на природный газ. С 2022 года цены вырастут сразу на 5% вместо запланированных ранее 3%, в 2023 и 2024 годах — на 4% [1].

В последние годы ощущается кризис в электроснабжении, так все чаще осложняется получение технических условий на подключение к электрическим сетям крупных потребителей. Все чаще проектировщики сталкиваются с тем, что сроки выполнения проекта по ТУ сокращают или дополняют различными условиями в виде этапности подачи необходимой мощности или

дополнительными затратами в виде выполнения выносов сетей, получения сервитутов на земельные участки для сетей и т.д. Все это осложняет введение в эксплуатацию новых объектов, увеличивают капитальные затраты, а в большей части случаев при дальнейшей их эксплуатации [2].

Удорожание электроэнергии, а также трудности при подключении объекта заставляет искать пути более быстрого подключения и выгодного потребления. Одним из таких способов является развитие распределенной генерации [3, 4].

Материалы и методы.Распределенная генерация предполагает установка генераторов вблизи потребителей с целью снижения затрат на передачу электрической и тепловой энергии. При этом в качестве источников могут служить традиционное топливо в виде природного газа или возобновляемой энергии [5-8]. Не исключено совместное использование традиционных и возобновляемых источников энергии [9].

Выработка электрической и тепловой энергии в одном месте или на базе одной установки снижает затраты на энергоснабжение и повышает ее энергоэффективность. Установка собственной генерации с системой когенерации является наиболее перспективным решением.

Для решения поставленной задачи предлагается потребителю полностью отказаться от получения электроэнергии из централизованных сетей электроснабжения и производить генерацию электроэнергии непосредственно на своей территории. Осуществить данное решение возможно с помощью газопоршневой установки (ГПУ), при этом мы оптимизируем свои финансовые средства, получаем независимость от централизованного источника электро- и теплоснабжения.

На данный момент ГПУ активно используются в схемах энергоснабжения крупных объектов. Их используют чаще всего как основной источник тепловой энергии или как дополнительный источник электроэнергии, подключая её параллельно с электрическими сетями. Эти решения эффективны, имеют свои преимущества, но не всегда реализуют полностью потенциал установки. В большинстве случаев связанно это с тем, что тепловой энергии требуется больше, чем электроэнергии, и анализ проектной документации различных объектов показал, что эта разница может достигать 25-40%.

Исходя из изложенных выше данных, предлагаем использовать установку, как основной источник электроэнергии, полностью обеспечивая ей нужды производства в электрической энергии. Для соблюдения условий электроснабжения для потребителей 1 и 2 категории электроснабжения в схему предлагаем включить минимум 2 установки (в зависимости от потребностей потребителя, установок может быть большее количество).

Для обеспечения тепловой мощностью потребителя, предлагаем использовать выделяющиеся при работе установки тепло, на подогрев воды для отопления, а недостаток тепла компенсировать с помощью котлов, работающих на природном газе. Данным решением мы предлагаем потребителю полностью исключить ввод централизованных сетей электроснабжения, тем самым

обеспечить независимость, также существенно снизить потери при передаче энергии и улучшить ее качество, а значит, и повысить коэффициент использования энергии топлива.

Помимо этого, в результате внедрения когенерационных установок возможно обеспечения потребителя недорогим теплом без дополнительного, затратного строительства новых теплотрасс.

Потенциальными объектами для применения когенерационных установок в России выступают промышленные, сельскохозяйственные производства, больницы, объекты жилищной сферы, газоперекачивающие станции, компрессорные станции, котельные и т. д.

Применение установок с технологией когенерации позволяет эффективно сократить затраты энергии и потери, без реконструкции сетей. Автономная работа когенерционной установки позволяет обеспечить потребителей электроэнергией с устойчивыми параметрами по частоте и по напряжению, тепловой энергией со стабильными параметрами по температуре.

Когенерационная установка хорошо вписывается в электрическую схему, как для отдельных потребителей, так и в группу потребителей. Они компактны и экологически безопасны. В зависимости от требований заказчика и условий установки могут использоваться различные исполнения установки, с совершенно любым видом топлива в различном климате и местности. Приближенность источников к потребителям позволяет значительно снизить потери при передаче энергии и улучшить ее качество, а значит, и повышает энергоэффективность и возможность полностью заменить централизованные электрические сети.

У данного решения есть только один недостаток. Зависимость от наличия газопроводов и поставки необходимого объема газа. Но при этом в приоритете местность, где электрическая сеть либо плохо развита, либо сильно загружена.

Рассмотрим карты сетей и проведем их анализ, чтобы выяснить какие области будет выгодно рассматривать для использования там газопоршневых установок. Рассмотрев карту сетей электроснабжения России, можно выделить следующие участки:

1) Участок с высоким энергопотреблением. К таковому относится европейская часть страны, где проходит наибольшее количество сетей;

2) Участок со средним потреблением. Это северноевропейская часть страны – Кольский полуостров, Архангельская область; Ханты-мансийский автономный округ, Алтай. На этом участке заселенность городов меньше, следственно, сокращается потребляемая мощность, а также расстояние между населенными пунктами больше;

3) Участок с низким потреблением. Это практически вся Сибирь и Дальний восток, где маленькое население и очень большое расстояние между населенными пунктами.

Также была рассмотрена карта газификации страны, на которой можно выделить следующие участки:

1. Газифицированные. 2.Негазифицированные.

Рассмотрим наиболее распространенную ситуацию, когда мы применяем ГПУ на природном газе, тогда преимущественными районами ее применения будут газифицированные участки с низким или средним электропотреблением, где очень большая удаленность населенных пунктов друг от друга. Покажем на карте эти участки:



Рисунок 1 – Зоны перспективного использование когенерации и мини-ТЭЦ в России

В выделенных зонах расположено большое количество промышленных предприятий, крупные производители сельскохозяйственной продукции, производства сферы ЖКХ, дополнительное использование газопоршневых установок на крупных предприятиях в этих районах может разгрузить и оптимизировать централизованные сети электроснабжения и дать возможность подключения новых малых потребителей.

Результаты исследования. При применении нашего решения в энергоснабжения потребителя, выгоду получают все. Потребитель экономит на покупке электроэнергии и тепла, поставщики электрической и тепловой энергии получают возможность продавать свои услуги, на освободившихся ветках большему количеству потребителей, с минимальными вложениями.

Окупаемость капитальных вложений в когенерационную установку происходит быстрее окупаемости средств, затраченных на подключение к электрическим и тепловым сетям, обеспечивая тем самым устойчивый возврат инвестиций. Чем выше будет показатель вырабатываемой электрической мощности предприятием, тем будет быстрее происходить возврат вложенных средств.

Список источников:

1. Аналитики спрогнозировали рост цен на электричество для промышленности.
https://www.rbc.ru/business/11/05/2021/609a031a9a7947ffad1c5e92?from=copy

2. Шерьязов С.К., Пятков А.В. Анализ видов и причин повреждений трансформаторов 10/0,4 кВв сельских электрических сетях. Материалы LIII Международной научно-технической конференции «Достижения науки –

агропромышленному производству».Ч.3.–Челябинск: ЧГАА, 2014.– С. 320 – 325.

3. Шерьязов С.К., Мажкенова А.С. Возобновляемые источники энергии и правовое регулирование для их развития. Сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции «Приоритетные направления развития энергетики в АПК». КГСХА, Курган. 2018. - С. 165-171.

4. Бастрон А.В., Шерьязов С.К. Энергообеспечение потребителей с использованием возобновляемых источников энергии. учебное пособие / Красноярск, 2019. – 118 с.

5. Sheryazov S.K., Ptashkina-Girina O.S. Estimation of Renewable Energy Resources for Heat Supply Systems. В сборнике: 2017 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2017 - Proceedings. electronic edition. 2017. С. 8076239.

6. Шерьязов С.К., Исенов С.С., Искаков Р.М., Кайдар А.Б. Основные типы ветротурбин-генераторов в системе электроснабжения. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23. № 5. С. 24-33.

7. Sheryazov S.K., Ptashkina-Girina O.S., Nizamutdinova N.S. Technological and Economic Evaluation of the System of Heat Supply with the Usage of Renewable Sources of Energy. International Multi-Conference on Industri-al Engineering and Modern Technologies. Publisher: IEEE - 2019.

DOI: 10.1109/FarEastCon.2018.8602526.

8. Шерьязов С.К., Васенев В.В., Телюбаев Ж.Б Пути повышения эффективности биогазовой установки. Инновации в сельском хозяйстве. Федеральный агроинженерный центр ВИМ. –М.: 2018. № 3 (28). С. 238-252.

9. Шерьязов С.К. Исследование системы комплексного энергоснабжения с использованием возобновляемых источников. Вестник КрасГАУ. Вып. 5. 2008. - С. 302 – 305.

©Лыжина ЮВ., Шерьязов С.К., 2023

Научная статья
УДК 631.365.3/4:633.88

ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ

Людмила Александровна Лягина[1], Анна Алексеевна Ванина[2]
[1,2]Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия
[1]llyagina@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-9521-6266
[2]anna281098@mail.ru,https://orcid.org/0009-0005-3721-6328

Аннотация:Правильное расположение силового оборудования может способствовать повышению энергоэффективности. Это предполагает рассмотрение распределения нагрузки и близости к зонам, требующим климат-контроля. Оптимальное размещение снижает потребление энергии и обеспечивает эффективное использование ресурсов.
Ключевые слова: Электронагрев в сельском хозяйстве, силового оборудования, насосные агрегаты.
Для цитирования:Лягина Л.А. Оптимизация размещения энергетического оборудования для регулирования температуры и влажности в защищенном грунте/ Л.А. Лягина, А.А. Ванина //Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV национальной конференции с международным участием/ Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF USING VARIOUS METHODS OF GREENHOUSE HEATING

Lyudmila Alexandrovna Lyagina[1], Anna AlekseevnaVanina
[1,2]Saratov State Agrarian University N.I. Vavilova, Saratov, Russia
[1]llyagina@mail.ru,https://orcid.org/0000-0001-9521-6266
[2]anna281098@mail.ru, https://orcid.org/0009-0005-3721-6328

Annotation. Proper placement of power equipment can help improve energy efficiency. This involves considering load distribution and proximity to areas requiring climate control. Optimal placement reduces energy consumption and ensures efficient use of resources
Keywords: Electric heating in agriculture, power equipment, pumping units.
For citation: Lyagina L.A. Optimization of the placement of energy equipment for regulating temperature and humidity in protected ground / L.A. Lyagina, A.A. Vanina // Current problems of energy in the agro-industrial complex: materials of the XIV national conference with international participation / Ed. CM. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. В защищенных грунтах, таких как теплицы, размещение силового оборудования играет решающую роль в обеспечении оптимального контроля температуры и влажности. Эффективное расположение энергетического оборудования не только обеспечивает единообразие условий окружающей среды, но также способствует повышению энергоэффективности и общей производительности [3].

Стратегическое размещение силового оборудования, такого как вентиляторы, обогреватели и увлажнители воздуха, имеет важное значение для поддержания сбалансированного поля температуры и влажности. Размещение этих устройств в ключевых местах защищенного грунта помогает смягчить

изменения условий окружающей среды, способствуя последовательному росту и развитию сельскохозяйственных культур.

Материалы и методы. В сооружениях защищенного грунта силовыми потребителями электроэнергии являются: насосные группы узлов управления системы отопления, орошения растений, испарительного охлаждения и увлажнения воздуха, электродвигатели систем зашторивания и вентиляции, технологическое оборудование растворного узла минеральных удобрений, передвижные механизмы, система электрооблучения растений, осветительное оборудование системы дежурного освещения. Питающие и распределительные электрические сети выполняют кабелем с изоляцией повышенной прочности, прокладываемым в лотках и по строительным конструкциям [3].

В таких объектах, как теплицы, расход и давление жидкости изменяются непрерывно в течение суток, максимальный расход наблюдается в утренние и вечерние часы, минимальный – в ночные часы. Электропривод насосных установок системы отопления и примерный суточный график водопотребления теплицы представлен на рисунке 1.

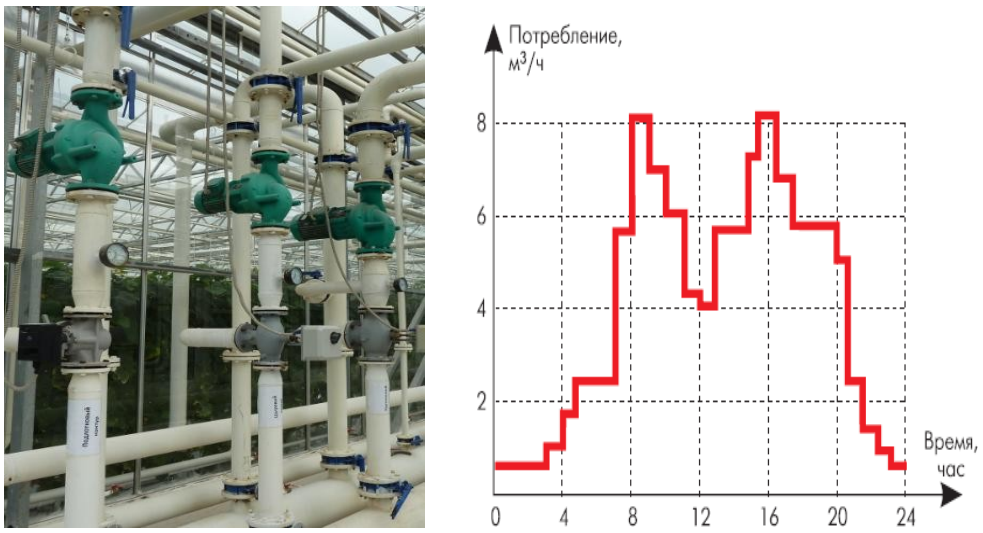


Рисунок 1 - Электропривод насосных установок и график водопотребления

При работе насосной установки на аккумулирующую емкость регулирование режима работы осуществляется включением насосного агрегата при снижении уровня воды до заданного нижнего значения и отключением при достижении заданного верхнего значения. Если насосная установка состоит из нескольких агрегатов, режим его работы отличается тем, что задается по несколько верхних и нижних уровней, при достижении которых изменяется число работающих агрегатов. С увеличением водопотребления частота включений агрегатов будет увеличиваться, так как объем жидкости в резервуаре расходуется быстрее.

Без использования аккумулирующей емкости с ростом водопотребления подачу приходится увеличивать. При уменьшении водопотребления подача воды и давление должны быть уменьшены. Приведение в соответствие водопотребления и подачи осуществлялось до настоящего времени изменением

числа работающих насосных агрегатов или изменением степени открытия задвижек на напорных линиях насосов и насосных установок.

Число включений - отключений насосных агрегатов при этом может достигать 40…50 раз в сутки. Для агрегатов большой мощности такое количество включений не доступно, поэтому в насосных установках мощностью выше 150 кВт вместо этого применялось дросселирование потока воды задвижкой. До сих пор самым распространённым способом регулирования производительности таких объектов является использование задвижек или регулирующих клапанов, но сегодня доступным становится частотное регулирование асинхронного двигателяэлектропривода насосов в защищенном грунте за счет поддержания давления илирегулирования производительности [1].

Перспективность частотного регулирования асинхронного двигателя электропривода насосов в защищенном грунте представлено на рисунке 2. Большинство современных ЧП построено по схеме двойного преобразования. Они состоят из следующих основных частей: звена постоянного тока (неуправляемого выпрямителя); силового импульсного инвертора; системы управления. Звено постоянного тока состоит из неуправляемого выпрямителя и фильтра. Переменное напряжение питающей сети преобразуется в нем в напряжение постоянного тока.

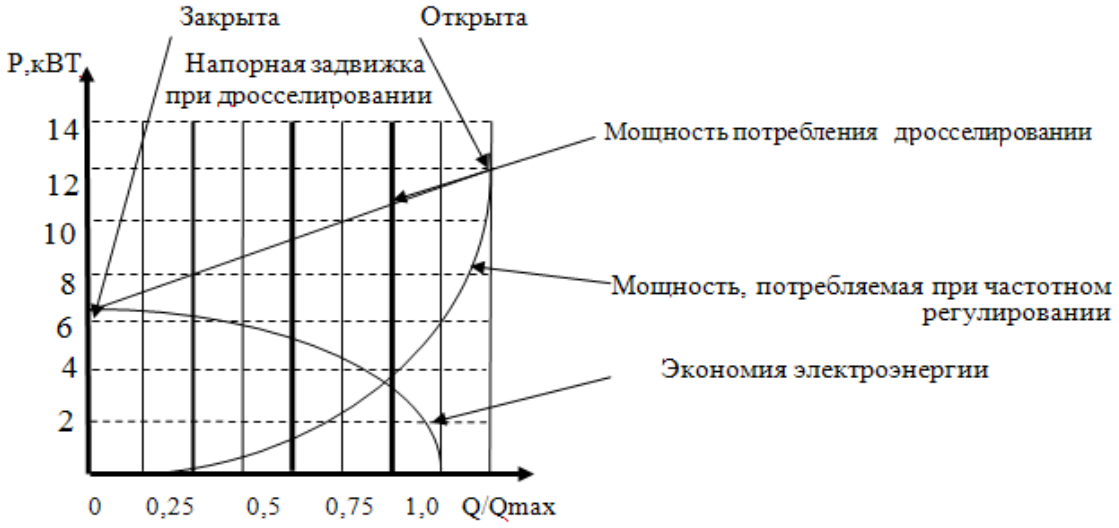


Рисунок 2 - Потребление мощности при различных способах регулирования скорости вращения насосов

Силовой трехфазный импульсный инвертор состоит из шести транзисторных ключей. Каждая обмотка ЭД подключается через соответствующий ключ к положительному и отрицательному выводам выпрямителя. Инвертор осуществляет преобразование выпрямленного напряжения в трехфазное переменное напряжение нужной частоты и амплитуды, которое прикладывается к обмоткам статора ЭД [1,2].

Частотно регулируемый электропривод насосных агрегатов в защищенном грунте состоит из неуправляемого диодного силового выпрямителя В, автономного инвертора АИН, системы управления широтно-

импульсной модуляции, системы автоматического регулирования САР, дросселя LB и конденсатора фильтра СВ (рисунок 3).

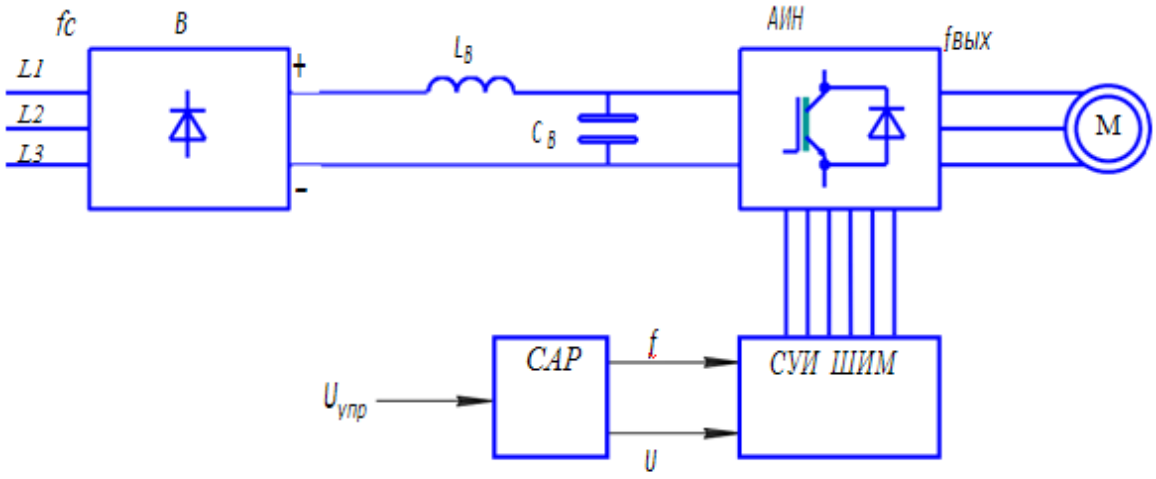


Рисунок 3 - Упрощенная схема автономного инвертора с ШИМ

Современные инверторы выполняют на основе полностью управляемых силовых полупроводниковых приборов – запираемых GTO–тиристоров, либо биполярных IGBT-транзисторов с изолированным затвором (рисунок 4).

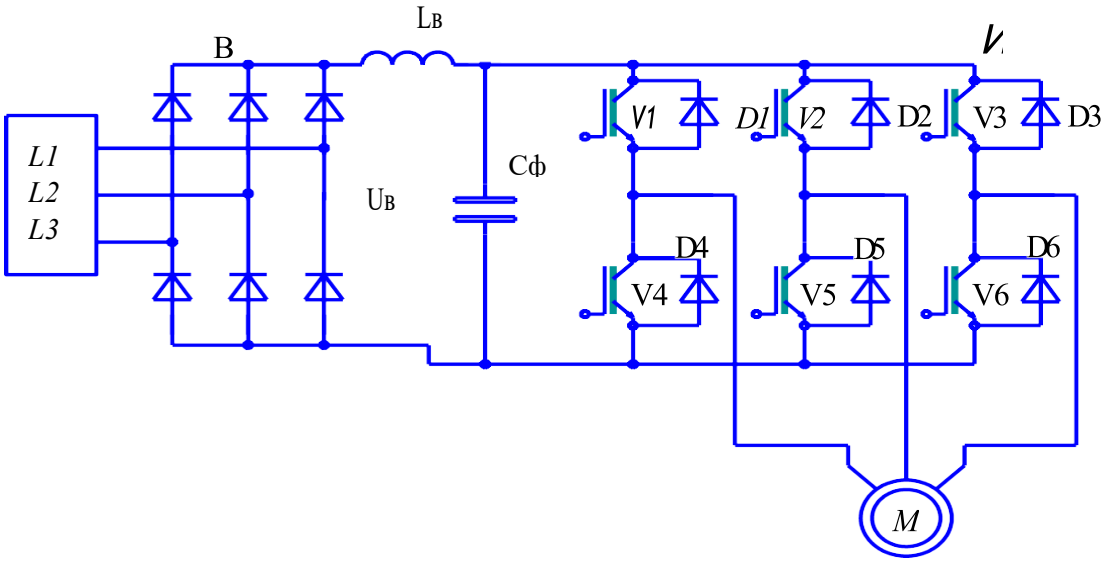


Рисунок 4 - Трехфазная мостовая схема автономного инвертора на IGBT-транзисторах: И – трехфазный мостовой инвертор; В – трехфазный мостовой выпрямитель; Сф – конденсатор фильтра.

В выходных каскадах инвертора в качестве ключей используются силовые IGBT-транзисторы. По сравнению с тиристорами они имеют более высокую частоту переключения, что позволяет вырабатывать выходной сигнал синусоидальной формы с минимальными искажениями.

Схема состоит из входного емкостного фильтра Сф и шести IGBT-транзисторов V1…V6 включенными встречно-параллельно диодами обратного тока D1…D6. За счет поочередного переключения вентилей V1…V6 по алгоритму, заданному системой управления, постоянное входное напряжение

Uв преобразуется в переменное прямоугольно-импульсное выходное напряжение. Через управляемые ключи V1…V6 протекает активная составляющая тока асинхронного ЭД, через диоды D1…D6 – реактивная составляющая тока АД [4].

Особенности эксплуатации насосных станций заключаются в следующем. Автономная насосная станция не требует для обеспечения своей работы постоянного присутствия обслуживающего персонала. Его роль сводится к периодическим проверкам и профилактическим мероприятиям, признанным выявить и предупредить возможные неисправности в работе станции до момента их появления. Автоматическое управление насосными агрегатами также обеспечивает уменьшение числа аварийных ситуаций вызванных влиянием человеческого фактора.

Заключение. Оптимизация размещения энергетического оборудования в защищенном грунте является важнейшим аспектом контроля температуры и влажности. Стратегическое позиционирование не только способствует созданию единых условий окружающей среды, но также повышает энергоэффективность и облегчает техническое обслуживание. Тщательно продумывая структуру воздушного потока и распределение нагрузки, производители могут обеспечить идеальный климат для выращивания сельскохозяйственных культур, минимизируя при этом потребление энергии.

Список источников

1. Владыкин, И.Р. Размещение измерительных преобразователей для контроля температуры и влажности в теплицах [Текст] // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - №12. - 2020. - С.10 - 11.

2. Владыкин, И.Р. Расстановка измерительных преобразователей для контроля температурно-влажностных полей [Текст] / И.Р. Владыкин, Н.П.Кондратьева // Труды 5-й Международной научно-технической конференции “Энерго-обеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве”. Часть 2. – М.: ВИЭСХ, 2021. – С.142 - 146.

3.Лягина, Л.А. Оценка эффективности использования различных методов обогрева теплиц/ Л.А. Лягина, А.А. Ванина // Материалы XIV Национальной научно.-практ. конф. с международным участием, Актуальные проблемы энергетики АПК// ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, 2023.

4.Бондарь, В.А. Исследование температурных полей и устранение краевого температурного эффекта с помощью дополнительного электрообогрева в зимних блочных теплицах [Текст] / В.А. Бондарь // Автореф. дис. канд. техн. наук, 2017. –С.18.

© Лягина Л.А., Ванина А.А., 2023

Научная статья
УДК 631.365.3/4:633.88

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ТЕПЛОВЫХ СЕТЯХ

Людмила Александровна Лягина[1], Иван Сергеевич Тяпаев[2]
[1,2]Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия
[1] llyagina@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-9521-6266
[2] ivan.tyapaev@mail.ru, https://orcid.org/0009-0002-1054-5218

Аннотация. Рассмотрены вопросы энергосбережения в системах теплоснабжения. Дана классификация современных теплоизоляционных материалов. Проведен анализ работ, посвященных изучению вопроса применения термоизолирующей краски в качестве тепловой изоляции трубопроводов тепловых сетей.
***Ключевые слова*:** энергосбережение, тепловая изоляция, тепловые сети.
Для цитирования: Лягина Л.А. Энергосбережение в тепловых сетях / Л.А. Лягина, И.С. Тяпаев // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-технической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article
ENERGY SAVING IN HEATING NETWORKS

Lyudmila Alexandrovna Lyagina[1], Ivan Sergeevich Tyapaev[2]
[1,2]Saratov State Agrarian University N.I. Vavilova, Saratov, Russia
[1] llyagina@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-9521-6266
[2] ivan.tyapaev@mail.ru, https://orcid.org/0009-0002-1054-5218

Annotation. The issues of energy saving in heat supply systems are considered. The classification of modern thermal insulation materials is given. The analysis of works devoted to the study of the use of thermal insulation paint as thermal insulation of pipelines of heating networks is carried out.
Keywords: energy saving, thermal insulation, thermal networks.
For citation: Lyagina L.A. Energy saving in heating networks/ L.A. Lyagina, I.S. Tyapaev // Improving the efficient operation of electrical equipment in agriculture: materials International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko / Ed. S.M. Bakirov - Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Повышение эффективности использования энергетических ресурсов и энергосбережение становятся в настоящее время одними из приоритетных направлений общественной политики России. Производственные мощности постоянно растут, при этом наблюдаются

прогнозируемый дефицит первичных энергоресурсов и недостаток прироста электро- и теплогенерирующих мощностей.

Суровые климатические условия России предопределяют теплоснабжение, как наиболее топливоёмкую и в тоже время неэффективную отрасль топливно-энергетического комплекса.

Материалы и методы. Тепловые потери являются важным показателем работы теплопроводов, который характеризует эффективность расходования топливно-энергетических ресурсов, степень воздействия на окружающую среду, а также техническое состояние самих трубопроводов.

Потери при передаче и распределении тепловой энергии в сетях складываются из:

– потерь тепловой энергии, обусловленных потерями теплоносителя;

– потерь тепловой энергии вследствие теплопередачи через изоляционные конструкции.

Значительное количество теплоты теряется с нормативными утечками теплоносителя: технологические сливы средствами автоматизации, потери через не плотности в арматуре, трубопроводах и другие утечки сетевой воды, возникающие в процессе эксплуатации. Особый интерес вызывает определение потерь в трубопроводах.

Теплоизоляция труб отопления способствует выполнению ряда функций: она способствует повышению КПД отопительной системы и уменьшению потерь тепла по пути продвижения теплоносителя. Применение теплоизоляции защищает металлические конструкции от выделения конденсата и снижает процесс коррозии. При возникновении случаев застоя жидкости в трубах, жидкость не замерзает, соответственно не происходит повреждение коллекторов [1].

Многообразие утеплителей дает возможность подобрать именно такой, который лучше всего подойдет для определённого места использования.

Результаты исследования. Материалы строительные для теплоизоляции приведены на рисунке 1.

В настоящее время в России имеются современные технические и конструктивные решения, позволяющие значительно повысить надежность и экономичность тепловых сетей.

К достоинствам энергосберегающих красок относят [1,2]:

– невысокую стоимость компонентов;

– низкую стоимость работ по нанесению;

– высокое значение адгезии;

– механическую прочность;

– антигрибковые и противоплесневые свойства;

– влаго- и паронепроницаемость покрытия;

– устойчивость к ультрафиолетовому излучению;

– хорошую колеруемость пигментами.

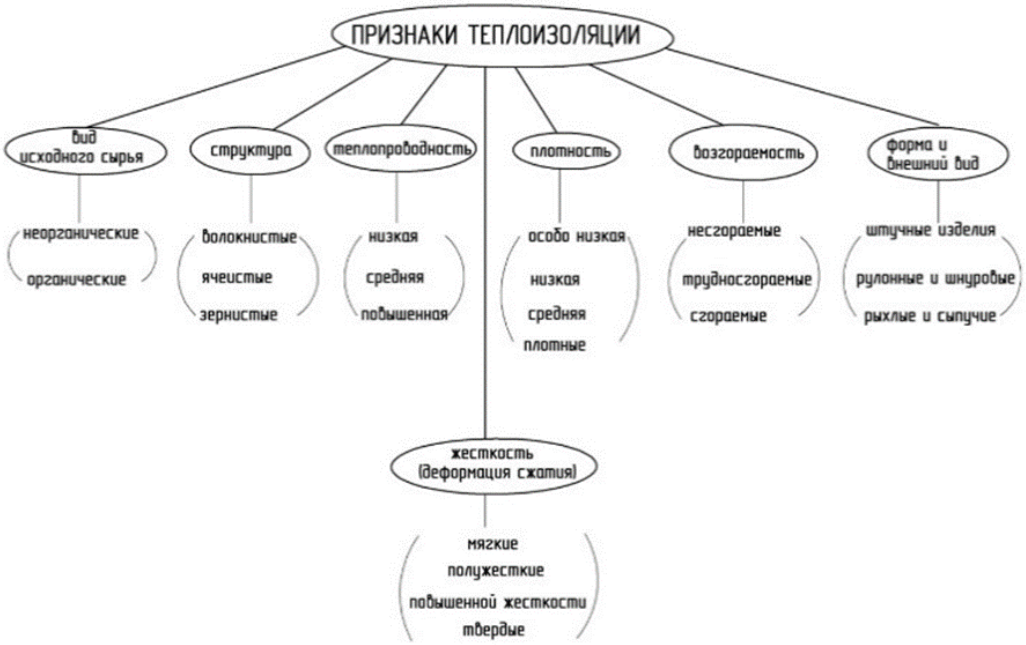


Рисунок 1 Признаки теплоизоляции

Классификация теплоизоляционных материалов для труб отопления представлена на рисунке 2.

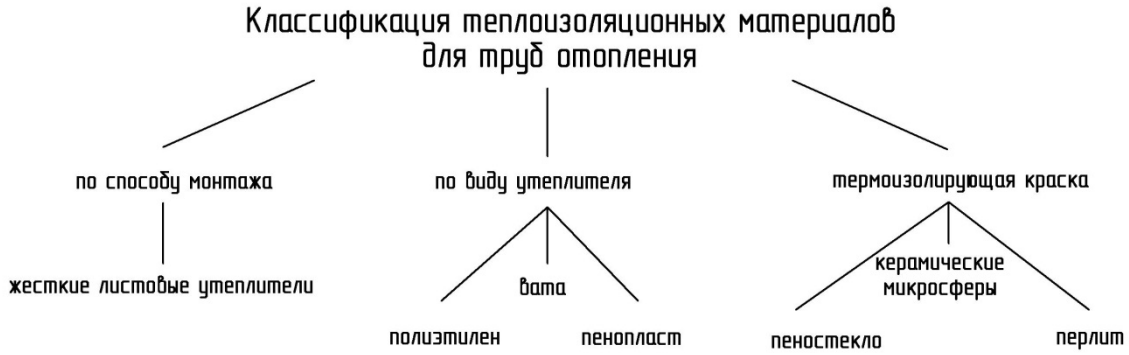


Рисунок 2 Классификация теплоизоляционных материалов для труб отопления

Заключение. Таким образом, только комплексный подход к рациональному использованию тепловой изоляции объектов несет в себе значительные резервы экономии топливно-энергетических ресурсов.

Список источников

1. Зинченко, Д. В. Энергосбережение в центральных тепловых пунктах / Д. В. Зинченко. –Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2023. –№ 7 (454). –С. 15-16.

2. Кузнецов, Г.Ф. Тепловая изоляция/ Г.Ф. Кузнецов, В.И. Бельский, В.П. Горбачев/ 4-е изд. –М.: Стройиздат, 1985. 421 с.

© Лягина Л.А., Тяпаев И.С., 2023

Научная статья
УДК 631.365.3/4:633.88

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ КОМБИНИРОВАННОЙ СУШКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ КОНТРОЛЛЕРОВ

Людмила Александровна Лягина[1]
[1]Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия
[1] llyagina@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-9521-6266

Аннотация. В настоящей статье приведены некоторые результаты разработки автоматизации локальной системы управления процессом сушки растительного сырья. Рассмотрены процессы измельчения растительного сырья для ускорения процесса сушки.
***Ключевые слова*:** измельчение, сушка растительного сырья, теплота, программируемый логический контроллер.
Для цитирования: Лягина Л.А. Энергосбережение в тепловых сетях / Л.А. Лягина// Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-технической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

IMPROVEMENT OF THE CONTROL SYSTEM FOR THE PROCESS OF COMBINED DRYING OF VEGETABLE RAW MATERIALS USING PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLERS

Lyudmila Alexandrovna Lyagina[1]
[1]Saratov State Agrarian University N.I. Vavilova, Saratov, Russia
[1] llyagina@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-9521-6266

Annotation. This article presents some results of the development of automation of a local control system for the drying process of vegetable raw materials. The processes of grinding vegetable raw materials to accelerate the drying process are considered.
Keywords: grinding, drying of vegetable raw materials, warmth, programmable logic controller.
For citation: Lyagina L.A. Energy saving in heating networks/ L.A. Lyagina// Improving the efficient operation of electrical equipment in agriculture: materials International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko / Ed. S.M. Bakirov - Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Одной из важнейших задач сельскохозяйственного производства является получение продовольственной продукции растительного происхождения, к которой относятся зернобобовые культуры, овощи, фрукты и др. Длительное хранение многих видов растений в натуральном виде в обычных условиях невозможно и требует применения переработки, например, измельчения, сушки [1,2].

Процессы измельчения широко распространены в пищевых производствах, а также и сельском хозяйстве.

Наряду с естественными способами сушки, широко используются искусственные способы с помощью специальных сушильных установок. Это требует больших затрат электрической или тепловой энергии от сжигания топлива. При этом не всегда удается добиться требуемых показателей продукта.

Поэтому совершенствование способа системы автоматического управления процессом сушки растительного сырья является актуальной задачей.

Материалы и методы. Процесс измельчения характеризуется многими факторами. От характеристик материала зависит способ разрушения, а следовательно, и применяемое оборудование. Связь структурно-механических свойств материалов и рекомендуемых методов измельчения представлены в таблице 1.1

Таблица 1 – Рекомендуемый способ измельчения материалов различных видов

Способ измельчения	Раздавливание	Изгиб	Раскалывание	Удар	Истирание
Вид материала	Твердый и хрупкий	Твердый и вязкий	Хрупкий средней твердости	Вязкий средней твердости	Волокнистый с клеточной структурой
Тип машины	Валковые дробилки	Траво-, корнерезки	Дисковые мельницы, валки	Молотковые мельницы	Шаровые, вибрационные мельницы

При выборе типа машины следует учитывать преимущественный способ измельчения, а также получаемую дисперсность измельченного материала.

Предлагается валковая дробилка для измельчения (одновременном сжатии и сдвиге) растительной массы. Различная скорость вращения валков позволяет повысить эффективность захвата частиц измельчаемого материала и производительность дробилки [3].

Комбинированные способы сушки применяются с целью повышения экономичности процесса и снижения расхода электроэнергии.

Считаем, что эффективно и необходимо использовать сочетание комбинированного подвода теплоты. Когда ИК - нагрев материала сочетается с конвективным способом удаления влаги из него.

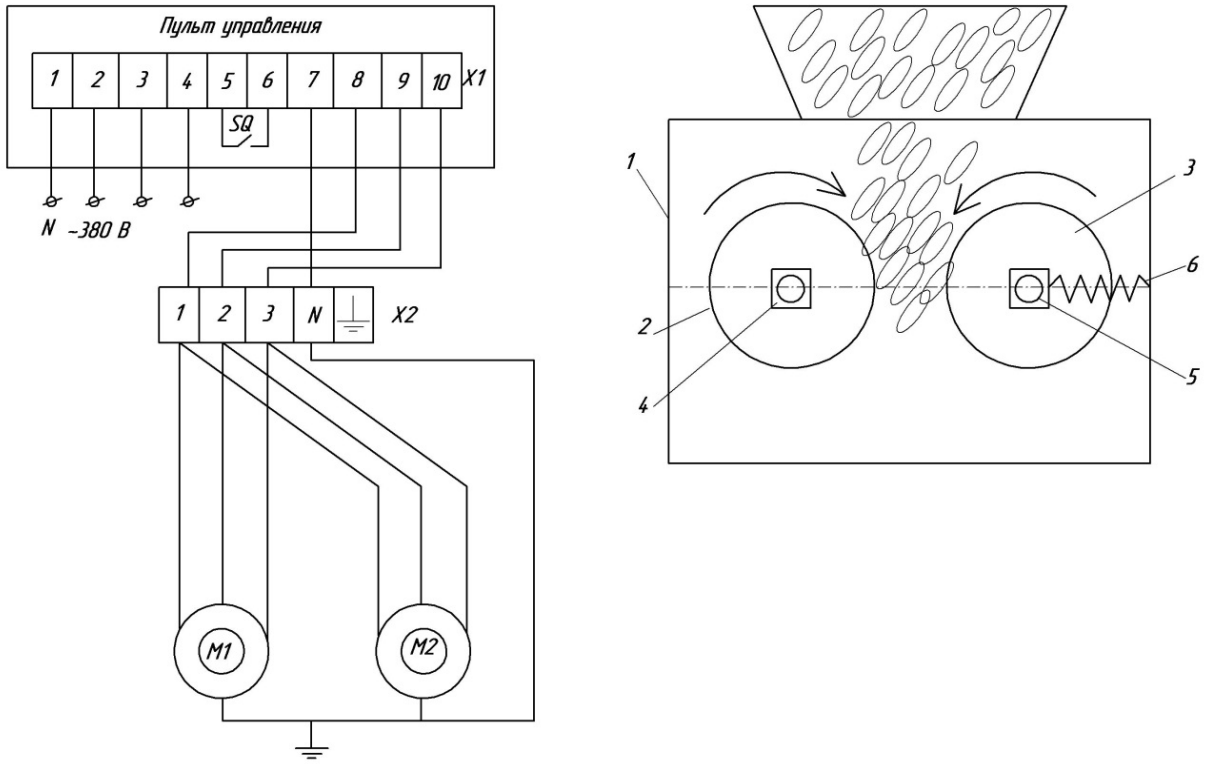


Рисунок 1 – Принципиальная электрическая и технологическая схемы валковой дробилки: 1 – корпус; 2 – подвижный валок; 3 – неподвижный валок; 4,5 –подшипники; 6 – пружина; М1…М2 – электродвигатель; SQ – концевой выключатель; Х1…Х2 – колодка клеммная

При сушке инфракрасным излучением возможности передачи энергии материалу достаточно велики и скорость сушки определяется не только скоростью передачи теплоты, но и в значительной мере скоростью перемещения влаги в продукте. При этом максимальная температура продукта не вызывает изменений его молекулярной структуры. Поэтому необходимо провести исследования в этой области и определить рациональное сочетание подвода тепловой энергии ИК-излучения и конвективной теплоты к сушимому продукту [2].

Результаты исследования. Предлагается система автоматического управления (САУ) циклами сушки растительного сырья, выполненная на базе программируемого логического контроллера.

Функциональная схема САУ процессом сушки материала растительного происхождения представлена на рисунке 2.

Запуск технологического процесса осуществляется с помощью кнопки «*Pusk*» 16. Программируемый логический контроллер 19 реализует алгоритм управления операциями сушки, циклограммы которого представлены на рисунке 3.

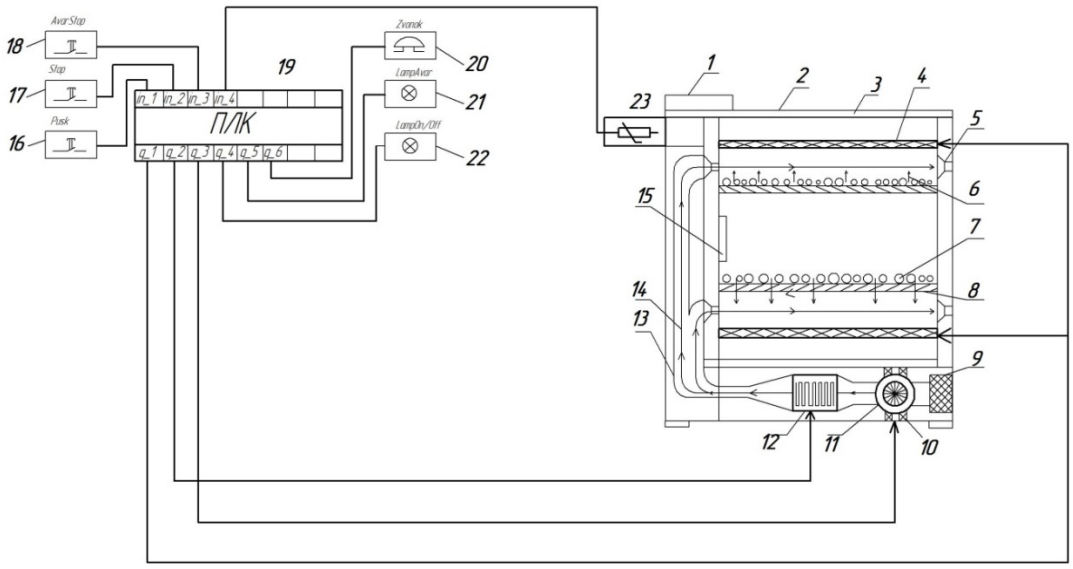


Рисунок 2 – Функциональная схема системы автоматического управления Процессом сушки растительного сырья: 1 – органы управления; 2 – корпус сушильной установки; 3 – теплоизоляция; 4 – ИК-нагревательные элементы; 5 – воздушные каналы; 6 – перемещение влаги; 7 – сушимый материал; 8 – решетчатый контейнер; 9 – фильтрующий элемент; 10 – антивибрационная подушка; 11 – центробежный вентилятор; 12 – электрокалорифер; 13 – воздуховод; 14 – воздушный поток; 15 – измерительный блок; 16 – кнопка запуска процесса сушки; 17 – кнопка остановки процесса сушки; 18 – аварийная кнопка «Стоп»; 19 – программируемый логический контроллер; 20 – звуковая сигнализация «Авария»; 21 – световая сигнализация «Авария»; 22 – световая сигнализация включения; 23 – термодатчик

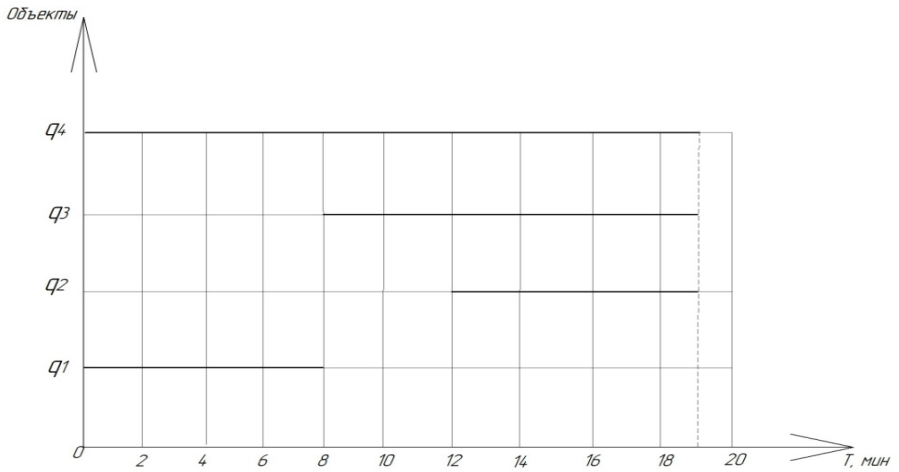


Рисунок 3 – Временные циклограммы процесса сушки растительного материала: q_1 – ИК-нагреватели; q_2 – нагревательный элемент; q_3 – вентилятор; q_4 – световая сигнализация включения

Технология сушки растительного сырья представляется следующим образом. В течение восьми минут происходит прогрев продукта ИК-нагревателями 8 (*q*_1). Далее осуществляется одиннадцатиминутный цикл продува сырья воздухом с использованием вентилятора 5 (*q*_3). Через 12 минут от начала процесса сушки включается нагревательный элемент 3 (*q*_2) и подогретым воздухом в течение 7 минут удаляется выделенная из продукта

влага за пределы сушильного шкафа. Девятнадцатиминутный цикл заканчивается отключением всех процессов. Через одну минуту цикл повторяется (рис. 3). В течение всего времени выполнения цикла операций включена световая сигнализация 17 (q_4).

Заключение. Таким образом, предлагаемая программная система автоматического управления процессом сушки с использованием ПЛК позволит:

– повысить качество конечного высушенного растительного материала, ввиду точного соблюдения временных циклов операций;

– заменить одним устройством любое необходимое количество отдельных элементов релейной автоматики, что повышает надежность САУ.

Список литературы

1.Лягина, Л.А. Повышение экологичности и эффективности сушки растительного сырья электронагревателем/ Л.А Лягина, А.В. Волгин, Е.А. Четвериков, В.В. Белов, А.П. Моисеев/ Известия Международной академии аграрного образования, 2018. – № 38.

2.Лягина, Л.А. Система автоматического управления процессом сушки растительного сырья/Л.А. Лягина, В.А. Каргин, А.П. Моисеев Аграрный научный журнал, 2017. –№7.

3.Лягина, Л.А. Классификация оборудования измельчения растительного сырья/ Л.А. Лягина, О.С. Морозова/ Материалы VIII междунар. науч.-практ. конф., Актуальные проблемы энергетики АПК.– Саратов: ООО «ЦеСАин», 2017. – С.165.

© Лягина Л.А. 2023

Научная статья
УДК 621.313

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОДОГРЕВА ВОЗДУХА ПТИЧНИКА

Матвиенко Олег Александрович[1], Волгин Андрей Валерьевич[2], Мокеев Евгений Павлович[3], Моисеев Алексей Петрович[4].
[1,2,3,4]Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

[1] oleg01121997@yandex.ru https://orcid.org/0009-0007-1403-4075
[2] saratov-79@list.ru https://orcid.org/0000-0002-6189-9457
[3] jenya.mokeev@yandex.ru https://orcid.org/0009-0009-3010-4664
[4] moiseevap-distant20-21@mail.ru https://orcid.org/0000-0001-5071-5766

Аннотация. Системы автоматического контроля обеспечивают получение информации о состоянии объекта и режиме его работы. Контролю подлежат величины, необходимые для осуществления пуска, наладки и ведения технологического процесса.
Ключевые слова: автоматизация, функциональная схема, структурная схема, термодатчик.
Для цитирования: О.А. Матвиенко. Система автоматического регулирования подогрева воздуха птичника / О.А. Матвиенко, А.В. Волгин, Е.П. Мокеев, А.П. Моисеев // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-технической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

SYSTEM OF AUTOMATIC CONTROL OF POULTRY HOUSE AIR HEATING

Matvienko Oleg Alexandrovich[1], Volgin Andrey Valerievich[2], Mokeev Evgeniy Pavlovich[3], Moiseev Alexey Petrovich [4]
[1,2,3,4] Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering. N.I. Vavilova, Saratov, Russia
[1] oleg01121997@yandex.ru https://orcid.org/0009-0007-1403-4075
[2] iskalievk@bk.ru https://orcid.org/0009-0007-7346-6273
[3] jenya.mokeev@yandex.ru https://orcid.org/0009-0009-3010-4664
[4] moiseevap-distant20-21@mail.ru https://orcid.org/0000-0001-5071-5766

Annotation. Automatic control systems provide information about the state of the object and its operating mode. The quantities necessary for the start-up, adjustment and maintenance of the technological process are subject to control.
Keywords: automation, functional diagram, block diagram, temperature sensor.
For citation: Matvienko O.A. System of automatic control of poultry house air heating / O.A. Matvienko, F.V. Volgin, E.P. Mokeev, A.P. Moiseev // Increasing the efficient operation of electrical equipment in agriculture: materials of the International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko / Ed. S.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Информацию о состоянии объекта и режиме его работы обеспечивают системы автоматического контроля. Для осуществления пуска, наладки и ведения технологического процесса контролю подлежат соответствующие величины. Такие системы и устройства являются разомкнутыми с односторонним направлением воздействий от управляемого объекта к контрольно-измерительным приборам. Выбор контролируемых параметров выбирается так, чтобы при минимальном числе они давали наиболее полное представление о контролируемом процессе.

Материалы и методы. Кратко прокомментируем и проиллюстрируем примером особенности основных этапов разработки и исследования автоматических систем. Рассмотрим систему автоматического регулирования подогрева воздуха птичника, используемую в переходный период времени года.

Для нагревания теплоносителя – воздуха – применена электрокалориферная установка. Заданные значения температуры: внутри помещения θ_0=20 ºС (пределы 18…22 ºС), снаружи – $\theta_{нар}$=0…10 ºС.

Проектирование автоматических систем начинают с выбора управляемых, регулируемых и контролируемых величин. В рассматриваемом примере регулируемая величина – температура воздуха θ_0 в помещении. Автоматизация технологического процесса состоит в автоматической стабилизации значения θ_0 в управляемом объекте – птицеводческом помещении, являющемся статическим объектом с самовыравниванием.

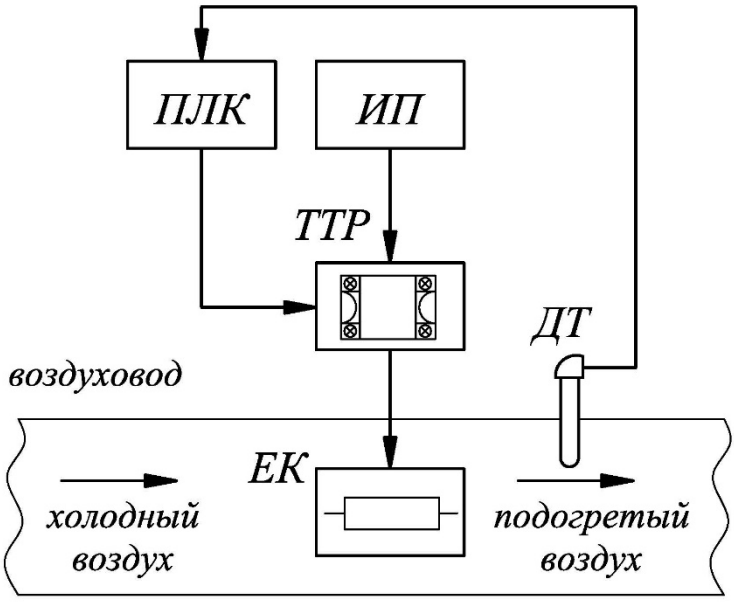


Рисунок 1 – Функциональная схема системы регулирования температуры воздуха: ПЛК – программируемый логический контроллер; ИП – источник питания; ТТР – твердотельное реле; ДТ – термодатчик; ЕК – электрокалориферная установка

На рисунке 1 представлена функциональная схема системы регулирования температуры воздуха в птицеводческом помещении. Питание нагревательных элементов ЕК электрокалорифера производится от источника переменного тока ИП через твердотельное реле ТТР. Управление твердотельным реле ТТР осуществляется от аналогового выхода программируемого логического контроллера ПЛК. Сигнал обратной связи по температуре формируется термодатчиком ДТ [1,2,3].

В качестве регулирующего органа, осуществляющего управляющие воздействия на объект, используется электрокалориферная установка. Возмущающее воздействие на объект управления оказывает отток теплоты θ_n из помещения через вытяжную вентиляцию, ворота, строительные конструкции и др.

Точность поддержания регулируемой величины ±5 %.

При выборе рационального принципа регулирования и структурной схемы необходимо учесть режим САР (статический или динамический), зависящий от соотношения интервалов времени $\tau_в$ между двумя последовательными возмущениями и времени переходного процесса T в объекте [1,2,3]. При $\tau_в \geq T$ имеет место статический режим работы системы; если $\tau_в$ и T соизмеримы, устанавливается динамический режим; при очень интенсивных возмущениях и $\tau_в < T$ объект становится неуправляемым по выбранному входу.

Так как резкие перепады внешних температур для переходного периода года не характерны, будем считать возмущающие воздействия на рассматриваемый объект неинтенсивными и, положив $\tau_в$ и T соизмеримыми, примем динамический режим действия проектируемой САР. Поскольку необходима точная стабилизация температуры, с учетом [4,5], целесообразно применить пропорциональную систему автоматического управления по отклонению регулируемой величины.

Основными элементами структурной схемы САР, представленной на рисунке 2 являются объект управления ОУ; регулирующий орган РО; элемент сравнения, формирующий сигнал рассогласования в соответствии с заданным $\theta_{зад}$ и действительным значениями температуры в объекте; чувствительный элемент – датчик Д, контролирующий температуру воздуха в средней зоне объекта ОУ.

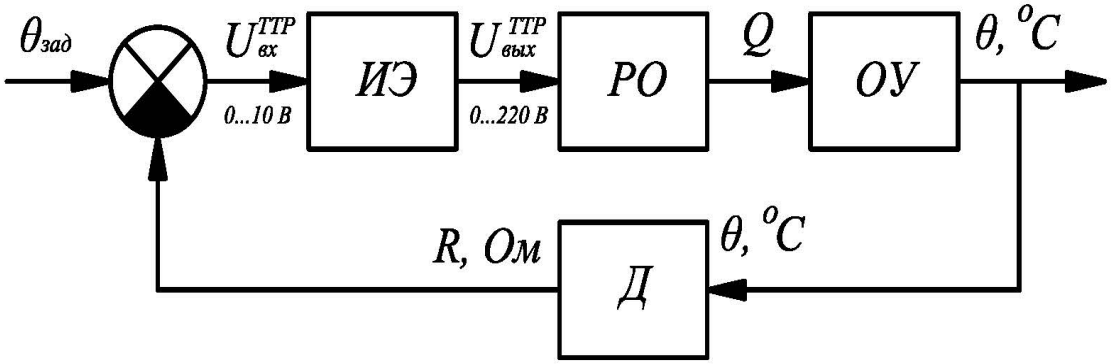


Рисунок 2 – Структурная схема системы регулирования температуры воздуха: ИЭ – исполнительный элемент (твердотельное реле); РО – рабочий орган (электрокалориферная установка); ОУ – объект управления (птицеводческое помещение); Д – датчик (терморезистор)

Системы автоматизации технологических процессов и объектов в сельском хозяйстве рекомендуется выполнять с использованием серийно выпускаемых приборов [6,7].

Оценить правильность предварительного выбора принципа регулирования и основных элементов САР можно лишь после изучения свойств и характеристик отдельных элементов и системы в целом.

Заключение. Проведенная структурная схема, позволяет оценить взаимодействие элементов САР температуры воздуха в птичнике.

Список источников

1. *Каргин, В.А.* Автоматизация систем управления технологическими процессами: учебное пособие / В.А. Каргин, А.П. Моисеев, А.В. Волгин, Л.А. Лягина, Е.А. Четвериков. – Саратов: Амирит, 2018. – 177 с.
2. *Моисеев, А.П.* Электрооборудование технологий производства и обработки сельскохозяйственной продукции: учебное пособие / А.П. Моисеев, А.В. Волгин, Л.А. Лягина, В.А. Каргин. – ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ» – Саратов: Амирит, 2018. – 141 с.
3. *Моисеев, А.П.* Электротехнологическое оборудование в сельскохозяйственном производстве: учебное пособие / А.П. Моисеев, А.В. Волгин, В.А. Каргин, Л.А. Лягина. – ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ» – Саратов: Амирит, 2018. – 103 с.
4. *Лягина, Л.А.* Система автоматического управления процессом сушки растительного сырья / Л.А. Лягина, В.А. Каргин, А.П. Моисеев // Аграрный научный журнал, № 7, 2017. – С.78-82.
5. *Четвериков, Е.А.* Микроволновое и инфракрасное излучение в технологиях сушки продукции растительного происхождения: Монография / Е.А. Четвериков, А.П. Моисеев, Л.А. Лягина. – ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ». – Саратов: Амирит, 2016. – 186 с.
6. *Четвериков, Е.А.* Оценка целесообразности сушки обмотки линейного электромагнитного двигателя полем СВЧ / Е.А. Четвериков, К.М. Усанов, В.А. Каргин, А.П. Моисеев. – Аграрный научный журнал, Саратов, №9, 2015 - с.60-62.
7. *Четвериков, Е.А.* Совершенствование способов возбуждения электромагнитного поля СВЧ-диапазона в установках сушки сельскохозяйственной продукции стационарного типа/ Е.А. Четвериков, А.П. Моисеев, Л.А. Лягина. – Аграрный научный журнал, Саратов, №6, 2016 - с.70-72.

© О.А. Матвиенко, А.В. Волгин, Е.П. Мокеев, А.П. Моисеев 2023

Научная статья
УДК 621.644

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСЧЕТНОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ В СЕЛЬСКОМ НАСЕЛЕННОМ ПУНКТЕ

Меликов Даниил Иззетович[1], Демченко Мария Станиславовна[2], Липкович Игорь Эдуардович[3]
[1,2,3]Азово-Черноморский инженерный институт - филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный аграрный университет» в г. Зернограде

[1]melikov_zm@mail.ru, https://orcid.org/0009-0006-8084-4124
[2]24Marija04@mail.ru, https://orcid.org/0009-0007-5217-7456
[3]lipkovichigor@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-2526-9412

Аннотация. В статье рассматривается газораспределительная сеть сельского населенного пункта. Определены оптимальные параметры газопроводов и материальная характеристика. При определении диаметров учтены требования по нормативным потерям давления.
Ключевые слова: диаметр, газ, потери давления, расход.
Для цитирования: Меликов Д.И. Использование расчетной модели системы газоснабжения для оптимизации газораспределительных сетей в сельском населенном пункте / Д.И. Меликов, М.С. Демченко, И.Э. Липкович // Повышение эффективности эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-технической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

USE OF THE CALCULATION MODEL OF THE GAS SUPPLY SYSTEM FOR OPTIMIZATION OF GAS DISTRIBUTION NETWORKS IN RURAL SETTLEMENTS

Melikov Daniil Izzetovich[1], Demchenko Maria Stanislavovna[2], Lipkovich Igor Eduardovich[3]
[1,2,3] Azov-Black Sea Engineering Institute-branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Don State Agrarian University" in Zernograd, Russia
[1]melikov_zm@mail.ru, https://orcid.org/0009-0006-8084-4124
[2]24Marija04@mail.ru, https://orcid.org/0009-0007-5217-7456
[3]lipkovichigor@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-2526-9412

Annotation. The article discusses the gas distribution network of a rural settlement. The optimal parameters of the gas pipelines and the material characteristics are determined. When determining the diameters, the requirements for regulatory pressure losses are taken into account.
Keywords: diameter, gas, pressure loss, flow rate**.**
For citation: Melikov D.I. Using the calculation model of the gas supply system for optimization of gas distribution networks in rural settlements / D.I. Melikov, M.S. Demchenko, I.E. Lipkovich // Improving the efficiency of electrical equipment operation in agriculture: Proceedings of the International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko / Ed. S.M. Bakirov - Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. При монтаже оборудования трубопроводов газораспределительных сетей, как население, так и предприятия сталкиваются с завышенной стоимостью проектных и строительных работ. Это связано с тем, что диаметры труб газопроводов изначально увеличены с целью повышения безопасности работы. Помимо этого, в настоящий момент при проектировании газовых сетей используется подход, что все объекты газоснабжения обеспечиваются энергоносителем от одного газорегуляторного пункта, а сам ГРП выбирается в зависимости от требуемой на данном участке сети пропускной способности.

Особенно остро это ощущается в сельских населенных пунктах при низкой плотности населения и значительной протяжённости газопроводов. В связи с этим возникает необходимость в определении оптимальных размеров труб при соблюдении нормативных потерь давления.

В работах О.Н. Медведевой [1,2,3] рассмотрены вопросы оптимизации газораспределительных сетей при сочетании рациональных диаметров трубопроводов, требуемых расходов газа и допустимых потерь давления.

Материалы и методы. Рассмотрим использование предлагаемой методики на примере газораспределительных сетей центральной части Березанского сельского поселения Выселковского района Краснодарского края. Схема газовой сети приведена на рисунке 1.

По предлагаемой методике на данном этапе рассчитываются оптимальные потери давления и оптимальные диаметры ответвлений и магистралей. [1]

Оптимальные потери давления в головной магистрали определяем по формуле

$$\Delta P_{гм}^{opt} = \frac{\Delta P_{н}}{1+\left(\frac{\left(Q_{отв}^{ср}\right)^{0,368}\cdot\left(l_{отв}\right)^{1,21}}{\left(Q_{ср}^{гм}\right)^{0,368}\left(l_{гм}\right)^{1,21}}\right)^{-1,21}}, \qquad (1)$$

где $\Delta P_{н}$ – нормативные потери давления газа в распределительной сети, принимаем $\Delta P_{н}$=1300Па [4];

$Q_{ср}^{гм}$ и $Q_{ср}^{отв}$ –средние расходы газа в головной магистрали и ответвлениях, $\frac{м^3}{ч}$;

$l_{гм}$ и $l_{отв}$ – протяженность головной магистрали и ответвления, м.

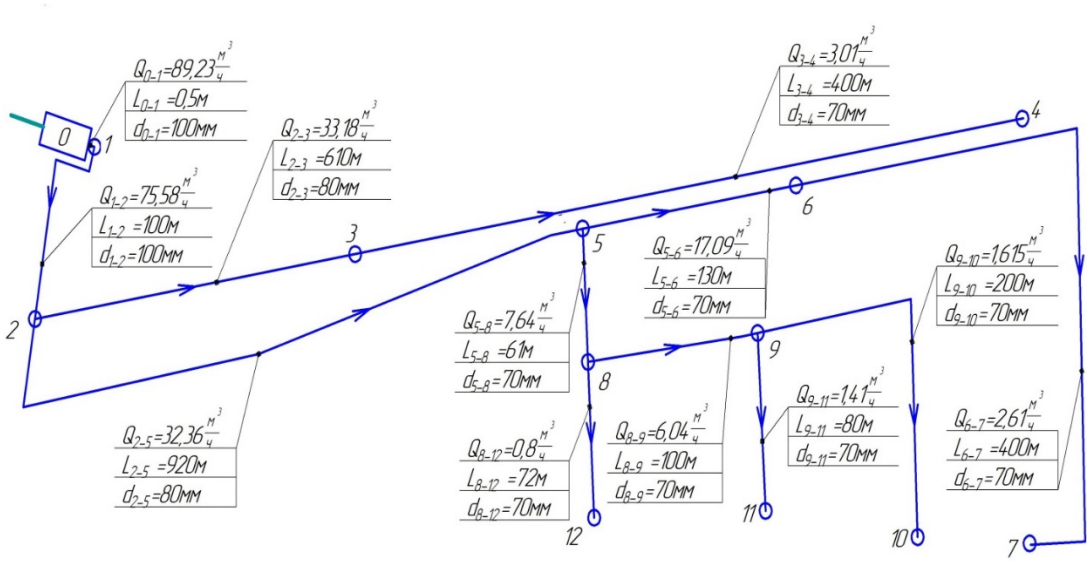


Рисунок 1 – Схема расчетной газовой сети

Результаты исследования. Оптимальные диаметры головной магистрали и ответвления, определяемые по формулам:

$$d_{гм}^{opt} = \alpha_0^{0,21} \cdot \left(Q_{ср}^{гм}\right)^{0,368} \cdot \left(\frac{\frac{1}{4} \cdot \sqrt{\frac{S \cdot n}{q}}}{\Delta P_{гм}^{opt}} \right)^{0,21} \qquad (2)$$

$$d_{отв}^{opt} = \alpha_0^{0,21} \cdot \left(Q_{ср}^{отв}\right)^{0,368} \cdot \left(\frac{\frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{S \cdot n_0}{q}} \cdot \sqrt{\frac{n}{n_0}} - 1}{\Delta P_н - \Delta P_{гм}^{opt}} \right)^{0,21} \qquad (3)$$

где α_0 – коэффициент пропорциональности, зависящий от состава газа, для газопроводов природного газа можно принять $\alpha_0 = 20{,}8 \frac{Па \cdot см^{4,75}}{м \cdot (м^3/ч)^{1,75}}$ [1];

$\Delta P_н$ –нормативные потери давления газа в распределительной сети, *Па*;

$\Delta P_{гм}^{opt}$ – оптимальные потери газа в головной магистрали, *Па*;

n – количество квартир (зданий), снабжаемых от одного ГРП, n=141кв.;

n_0 – количество квартир в одном газифицируемом здании, n_0=1кв.;

S – коэффициент заселенности квартир (зданий), при количестве потребителей равном 514, S=0,97;

q – плотность населения газоснабжаемой территории, чел./м^2. Для сельской системы газоснабжения от ГРП при многорядном характере застройки принимаем $q=6 \cdot 10^{-4}$ чел./м^2 [2].

Средние расходы газа головной магистрали и ответвлений в соответствие с расчетной схемой (рисунок 1) были определены по следующим формулам:

$$Q_{ср}^{гм} = \frac{Q_{0-1} \cdot l_{0-1} + Q_{1-2} \cdot l_{1-2} + Q_{2-5} \cdot l_{2-5} + Q_{5-6} \cdot l_{5-6} + Q_{6-7} \cdot l_{6-7}}{l_{0-1} + l_{1-2} + l_{2-5} + l_{5-6} + l_{6-7}} \quad (4)$$

$$Q_{ср}^{отв} = \frac{Q_{2-3} \cdot l_{2-3} + Q_{3-4} \cdot l_{3-4} + Q_{5-8} \cdot l_{5-8} + Q_{8-12} \cdot l_{8-12} + Q_{8-9} \cdot l_{8-9} + Q_{9-11} \cdot l_{9-11} + Q_{9-10} \cdot l_{9-10}}{l_{2-3} + l_{3-4} + l_{5-8} + l_{8-12} + l_{8-9} + l_{9-11} + l_{9-10}} \quad (5)$$

С учетом данных, представленных на рисунке 1, получили оптимальные потери давления в головной магистрали, которые составили $\Delta P_{гм}^{opt} = 1060{,}5\,\text{Па}$.

По результатам расчетов оптимальный диаметр головной магистрали и оптимальный диаметр ответвлений соответственно получатся $d_{гм}^{opt} = 94{,}48\,\text{см}$ и $d_{отв}^{opt} = 28{,}35\,\text{см}$.

После определения оптимальных диаметров рассчитываем материальную характеристику сети по следующей формуле [3]

$$M = \sum (d_{гмi} \cdot l_{гмi} + d_{отвi} \cdot l_{отвi}) \quad (6)$$

Фактически, используя схему, получаем следующую материальную характеристику сети M=232,01м^2, при использовании полученных оптимальных значениях диаметров головной магистрали и ответвлений эта величина составляет 203,8 м^2.

Заключение. Таким образом, металлоёмкость фактической конструкции газораспределительных сетей на 12% больше, рассчитанной при оптимальных параметрах. При этом следует отметить, что от одного ГРП снабжаются газом 141 объект, в то время как согласно проведенным исследованиям [1,2] оптимальное количество объектов при рассматриваемой плотности населения и характере застройки поселения составляет 120 усадебных зданий.

Следовательно, при проектировании газовой сети необходимо предварительно определить такие оптимальные параметры как диаметры и длины газопроводов, число ГРП и, исходя из этих данных, проводить работы по проектированию газовых сетей.

Список источников

1. Медведева, О.Н. Моделирование и оптимизация распределительных систем газоснабжения сетевым природным газом/ О.Н. Медведева //Архитектура и строительство России. – 2009. –№ 12. – С. 18-25

2. Медведева, О.Н. Повышение эффективности функционирования распределительных систем газоснабжения / О.Н. Медведева // Научно-технический вестник Поволжья. 2011. № 2. С. 135-138.

3. Медведева, О.Н. Выбор трассировки газопровода на плане газоснабжаемой территории / О.Н. Медведева // Научный вестник

Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2010. № 3 (19). С. 60-67.

4. СП 42-101-2003 «Общие положения по проектированию и строительству газораспределительных систем из металлических и полиэтиленовых труб». [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/1200032042

© Меликов Д.И., Демченко М.С., Липкович Л.И., 2023

Научная статья
УДК 621.313

ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫМ РЕЖИМОМ ОБЛУЧАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Моисеев Алексей Петрович[1], Искалиев Константин Ильясович[2], Мокеев Евгений Павлович[3], Матвиенко Олег Александрович[4]
[1,2,3,4]Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия
[1] moiseevap-distant20-21@mail.ru https://orcid.org/0000-0001-5071-5766
[2] iskalievk@bk.ru https://orcid.org/0009-0007-7346-6273
[3] jenya.mokeev@yandex.ru https://orcid.org/0009-0009-3010-4664
[4] oleg01121997@yandex.ru https://orcid.org/0009-0007-1403-4075

Аннотация. Для исследования динамических свойств системы автоматического регулирования составлена структурная схема на основе функциональной, выбраны основные технические средства автоматизации и определены передаточные функции отдельных звеньев и системы в целом.
Ключевые слова: облучательная установка, САР, динамические свойства, структурная схема.
Для цитирования: Моисеев А.П. Исследования динамических свойств системы автоматического регулирования температурным режимом облучательной установки /А.П. Моисеев, К.И. Искалиев, Е.П. Мокеев, О.А. Матвиенко// Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-технической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

RESEARCH OF THE DYNAMIC PROPERTIES OF THE SYSTEM FOR AUTOMATIC CONTROL OF THE TEMPERATURE REGIME OF AN IRRADIATION INSTALLATION

Moiseev Alexey Petrovich[1], Iskaliev Konstantin Ilyasovich[2], Mokeev Evgeniy Pavlovich[2], Matvienko Oleg Alexandrovich[2]
[1,2] Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering. N.I. Vavilova, Saratov, Russia
[1] moiseevap-distant20-21@mail.ru https://orcid.org/0000-0001-5071-5766
[2] iskalievk@bk.ru https://orcid.org/0009-0007-7346-6273
[3] jenya.mokeev@yandex.ru https://orcid.org/0009-0009-3010-4664
[4] oleg01121997@yandex.ru https://orcid.org/0009-0007-1403-4075

Annotation. To study the dynamic properties of the automatic control system, a block diagram was drawn up based on the functional one, the main technical means of automation were selected and the transfer functions of individual links and the system as a whole were determined.
Keywords: irradiation installation, ATS, dynamic properties, block diagram.
For citation: Moiseev A.P. Research of the dynamic properties of the automatic temperature control system of an irradiation installation / A.P. Moiseev, K.I. Iskaliev // Increasing the efficient operation of electrical equipment in agriculture: materials of the International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko / Ed. S.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Использование оптических электротехнологий с применением переменного облучения представляется эффективным, так как переменный световой режим не приводит к нарушениям физиологических функций растений; повышает равномерность облучения и создает эффект объемного, рассеивающего, диффузного облучения, более благоприятного для растений и др.

При этом в спектре излучения разрядных источников высокого давления значительную часть составляет тепловое излучение, что может привести к повреждению растений от теплового воздействия облучательной установки ОУ. Поэтому важным является снижение теплового давления на растения [7]. Таким образом разработка проекта локальной САР температурным режимом облучательной установки представляется актуальным.

Материалы и методы. Для обеспечения переменного облучения (рисунок 1) облучательная установка ОУ имеет возможность осуществлять возвратно-поступательное перемещение в вертикальном направлении. Скорость ее перемещения зависит от вида растений, этапов их развития и высоты, времени суток, температуры на поверхности растений и др. и задается оператором ОП при программировании логического контроллера ПЛК.

Обратная связь по температуре воздуха у поверхности растений осуществляется с помощью термодатчика, подающего сигнал на аналоговый вход программируемого логического контроллера ПЛК. В зависимости от

температуры ПЛК формирует сигнал управления исполнительным элементом ИЭ (например, шаговым электродвигателем), осуществляющим управление скоростью и направлением вертикального перемещения облучательной установки.

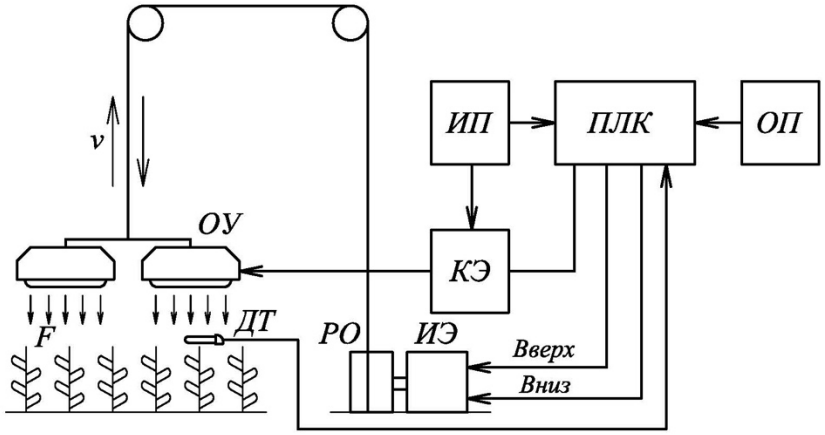


Рисунок 1 – Функциональная схема системы управления температурным режимом облучательной установки

Так как рассматриваемая система автоматического регулирования является локальной, то есть составной частью программной и стабилизирующей автоматизированной системы управления облучательной установки важным является расчет и выбор основных элементов САР, составление математической модели элементов и системы в целом, определение параметров настройки регулятора и определение устойчивости [5,6].

Для исследования динамических свойств системы автоматического регулирования необходимо составить структурную схему на основе функциональной (рис.1); выбрать основные технические средства автоматизации и определить передаточные функции отдельных звеньев и системы в целом.

На рисунке 2 представлена структурная схема САР температурным режимом облучательной установки. В качестве объекта управления (ОУ) выступает температура воздуха возле поверхности растений θ_0, на которую оказывает регулирующее воздействие исполнительный элемент (ИЭ) – шаговый двигатель [1], – и рабочий орган (РО) – устройство, регулирующее высоту подвеса облучательной установки. В зависимости от сигнала обратной связи (ОС) – датчика – исполнительный элемент с рабочим органом производит управление высотой подвеса ОУ.

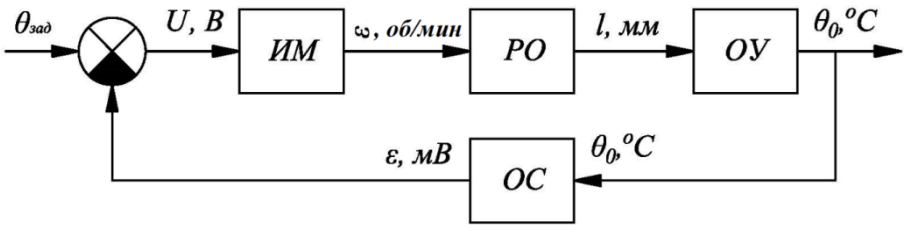


Рисунок 2 – Структурная схема САР температурного режима облучательной установки

С учетом опыта проектирования и методик расчета и исследования технических средств [4,5,6] были выбраны основные элементы автоматики для управления температурным режимом облучательной установки.

Динамические свойства элементов системы описываются следующими дифференциальными уравнениями [1]:

– объект управления:

$$T_1 \frac{\mathrm{d}\theta_0}{\mathrm{d}t} + \theta_0 = k_1 l \,, \tag{1}$$

где k_1, T_1 – коэффициент передачи и постоянная времени объекта управления; θ_0 – температура воздуха у поверхности растений; l – величина перемещения облучательной установки;

– исполнительный элемент ИЭ:

$$T_2^2 \frac{\mathrm{d}^2\omega}{\mathrm{d}t^2} + T_3 \frac{\mathrm{d}\omega}{\mathrm{d}t} + l = k_2 U \,, \tag{2}$$

где k_2, T_2^2, T_3 – коэффициент передачи и постоянные времени исполнительного механизма; l – перемещение облучательной установки; U – напряжение питания исполнительного элемента (шагового электродвигателя);

– рабочий орган РО

$$T_4 \frac{\mathrm{d}l}{\mathrm{d}t} + l = k_3 \omega, \tag{3}$$

где k_3, T_4 – коэффициент передачи и постоянная времени рабочего органа;

– обратная связь (термодатчик – термопара)

$$T_5 \frac{\mathrm{d}\varepsilon}{\mathrm{d}t} + \varepsilon = k_4 \theta_0, \tag{4}$$

где k_4, T_5 – коэффициент передачи и постоянная времени датчика; ε – термоЭДС.

Для упрощения исследования динамических свойств и характеристик звеньев структурной схемы (рис. 2) воспользуемся преобразованием Лапласа. Перепишем дифференциальные уравнения (1)-(4) в алгебраической форме [1,2,3]:

$$(T_1 p + 1)\theta_0(p) = k_1 l(p), \tag{5}$$

$$(T_2^2 p^2 + T_3 p + 1)\omega(p) = k_2 U(p), \tag{6}$$

$$(T_4 p + 1)\theta_0(p) = k_3 l(p), \tag{7}$$

$$(T_5 p + 1)\varepsilon(p) = k_4 \theta_0(p) \,, \tag{8}$$

где p – оператор дифференцирования (оператор Лапласа).

Определим передаточные функции звеньев системы с учетом численных значений [1]:

– передаточная функция объекта управления

$$W_{ОУ} = \frac{\theta_0(p)}{l(p)} = \frac{k_1}{T_1 p + 1}, \quad (9)$$

– передаточная функция исполнительного элемента

$$W_{ИМ} = \frac{\omega(p)}{U(p)} = \frac{k_2}{T_2^2 p^2 + T_3 p + 1}, \quad (10)$$

– передаточная функция рабочего органа (теплообменника)

$$W_{РО} = \frac{l(p)}{\omega(p)} = \frac{k_3}{T_4 p + 1}, \quad (11)$$

– передаточная функция обратной связи (датчика)

$$W_{ОС} = \frac{\varepsilon(p)}{\theta_0(p)} = \frac{k_4}{T_5 p + 1}. \quad (12)$$

По рекомендациям, изложенным в [1,3], запишем передаточные функции с учетом численных значений:

$$W_{ОУ} = \frac{1,2}{23p + 1}, \quad (13)$$

$$W_{ИМ} = \frac{0,002}{0,06p^2 + 0,02p + 1}, \quad (14)$$

$$W_{РО} = \frac{10}{20p + 1}, \quad (15)$$

$$W_{ОС} = \frac{10}{0,3p + 1}. \quad (16)$$

На рисунке 3 представлена структурная схема системы регулирования с учетом передаточных функций (13)-(16).

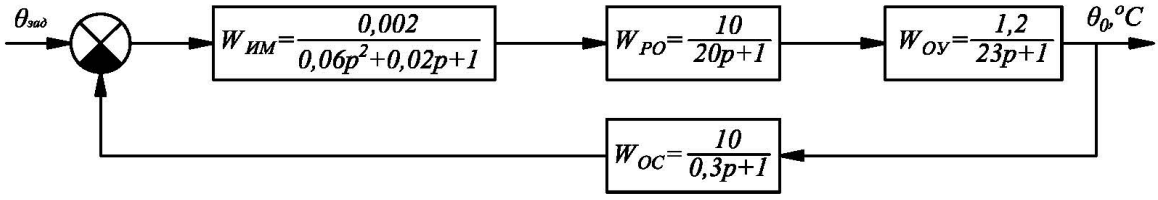


Рисунок 3 – Структурная схема САР температурного режима облучательной с учетом передаточных функций звеньев.

Для определения общего уравнения САР воспользуемся правилом нахождения передаточной функции всей системы при встречно-параллельном соединении звеньев [1], которая будет иметь вид:

$$W(p) = \frac{W_{ИМ}(p) W_{РО}(p) W_{ОУ}(p)}{1 + W_{ИМ}(p) W_{РО}(p) W_{ОУ}(p) W_{ОС}(p)}. \quad (17)$$

Заключение. По приведённой функциональной схеме системы управления температурным режимом облучательной установки, разработана

структурная схема САР с учетом передаточных функций звеньев, позволяющая исследовать в дальнейшем динамические свойства.

Список источников

1. *Каргин, В.А.* Автоматизация систем управления технологическими процессами: учебное пособие / В.А. Каргин, А.П. Моисеев, А.В. Волгин, Л.А. Лягина, Е.А. Четвериков. – Саратов: Амирит, 2018. – 177 с.
2. *Моисеев, А.П.* Электрооборудование технологий производства и обработки сельскохозяйственной продукции: учебное пособие / А.П. Моисеев, А.В. Волгин, Л.А. Лягина, В.А. Каргин. – ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ» – Саратов: Амирит, 2018. – 141 с.
3. *Моисеев, А.П.* Электротехнологическое оборудование в сельскохозяйственном производстве: учебное пособие / А.П. Моисеев, А.В. Волгин, В.А. Каргин, Л.А. Лягина. – ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ» – Саратов: Амирит, 2018. – 103 с.
4. *Лягина, Л.А.* Система автоматического управления процессом сушки растительного сырья / Л.А. Лягина, В.А. Каргин, А.П. Моисеев // Аграрный научный журнал, № 7, 2017. – С.78-82.
5. *Четвериков, Е.А.* Микроволновое и инфракрасное излучение в технологиях сушки продукции растительного происхождения: Монография / Е.А. Четвериков, А.П. Моисеев, Л.А. Лягина. – ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ». – Саратов: Амирит, 2016. – 186 с.
6. *Четвериков, Е.А.* Оценка целесообразности сушки обмотки линейного электромагнитного двигателя полем СВЧ / Е.А. Четвериков, К.М. Усанов, В.А. Каргин, А.П. Моисеев. – Аграрный научный журнал, Саратов, №9, 2015 - с.60-62.
7. *Четвериков, Е.А.* Совершенствование способов возбуждения электромагнитного поля СВЧ-диапазона в установках сушки сельскохозяйственной продукции стационарного типа/ Е.А. Четвериков, А.П. Моисеев, Л.А. Лягина. – Аграрный научный журнал, Саратов, №6, 2016 - с.70-72.

© А.П. Моисеев, К.И. Искалиев, Е.П. Мокеев, О.А. Матвиенко 2023

Научная статья
УДК 621.313

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ МОЛОКА

Моисеев Алексей Петрович[1], Волгин Андрей Валерьевич[2]
[1,2]Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия
[1] moiseevap-distant20-21@mail.ru https://orcid.org/0000-0001-5071-5766
[2] saratov-79@list.ru, https://orcid.org/ 0000-0002-6189-9457

Аннотация. В статье рассмотрено воздействие УФ-излучения на тонкие слои молока с помощью специального устройства, определено время перекачивания молока с модуля УФ и ИК-излучения.
Ключевые слова: облучательная установка, спектральный состав излучения, первичная обработка молока.
Для цитирования: Моисеев А.П. Совершенствование устройства для первичной обработки молока /А.П. Моисеев, А.В. Волгин // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-технической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

DEVELOPMENT OF A DEVICE FOR MILK PROCESSING

Alexey Petrovich Moiseev [1], Andrey Valerievich Volgin[2]
[1,2] Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering. N.I. Vavilova, Saratov, Russia
[1] moiseevap-distant20-21@mail.ru https://orcid.org/0000-0001-5071-5766
[2] saratov-79@list.ru, https://orcid.org/ 0000-0002-6189-9457

Annotation. The article considers the effect of UV radiation on thin layers of milk using a special device, and determines the time of pumping milk from the UV and IR radiation module.
Keywords: irradiation unit, spectral composition of radiation, primary milk treatment
For citation: Moiseev A.P. Development of a device for milk processing / A.P. Moiseev, A.V. Volgin // Improving the efficient operation of electrical equipment in agriculture: materials of the International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko / Edited by S.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023

Введение. К числу широко распространенных и энергоемких процессов первичной обработки молока относится термообработка. В процессе тепловой обработки в зависимости от температуры и продолжительности воздействия изменяются коллоидные физико-химические и биологические, органолептические и технологические свойства молока и отдельных его компонентов. В результате молоко приобретает специфические вкус, запах и цвет, изменяются его вязкость, кислотность, поверхностное натяжение, окислительно-восстановительный потенциал, способность сливок к отстаиванию, казеина к коагуляции и сычужному свертыванию [1-3].

Материалы и методы. Режимы тепловой обработки выбираются так, чтобы достигнуть высокой степени уничтожения микроорганизмов, разрушения ферментов и наименьшего изменения свойств молока и его компонентов.

Традиционно применяемый метод пастеризации - нагрев молока в трубчатых и пластинчатых теплообменниках паром или горячей водой через стенку, разделяющую потоки молока и теплоносителя. Этому способу присущи два недостатка. Первый из них состоит в том, что разделяющая стенка и тонкий пристенный (пограничный) слой молока для обеспечения процесса теплопередачи должны иметь более высокую температуру, чем основной поток. Перегрев пограничного слоя вызывает коагуляцию белков молока и пригорание их к более горячей стенке, что ведет к снижению питательных и вкусовых качеств пастеризованного молока, ухудшению теплопередачи и увеличению эксплуатационных затрат. Второй недостаток состоит в том, что потребность в промежуточном теплоносителе требует привязки пастеризационной установки к специальной котельной, либо теплосети, это требует значительного увеличения энергозатрат и сужает возможности первичной обработки молока непосредственно на фермах [3, 4].

Согласно теоретическим и экспериментальным исследованиям для традиционных способов пастеризации (на теплообменниках) существует функциональная связь между температурой пастеризации и необходимым временем выдержки при этой температуре (рисунок 1). Это связано с тем, что в силу статистического характера процесса теплового воздействия, остается непроработанная часть продукта. Если время обработки недостаточно для полного прогрева до заданной температуры пастеризации, то в нем сохраняется вредная микрофлора, что снижает эффективность обработки. Увеличение времени прогрева имеет следствие не только разрушение микрофлоры, но и разрушение и нежелательную трансформацию ценных биологических компонентов (белки, витамины, ферменты), в результате чего питательная и вкусовая ценность обрабатываемого продукта снижается.

Данные отечественных и зарубежных исследователей [2, 5] указывают на то, что процесс пастеризации, основанных на применении теплообменников требует значительных выдержек при температуре пастеризации, сопровождается ухудшением натуральных свойств молока. Так имеются сведения, что даже при температуре пастеризации 75 °С и 85-87 °С разрушается аскорбиновая кислота, тиамин, рибофлавин.

Наиболее удобным и выгодным для обработки представляются УФ- и ИК- области спектра электромагнитных волн. УФ - область спектра, обладая большой бактерицидной эффективностью, характеризуется небольшой проникающей способностью в молоко и, кроме того, в результате взаимодействия может образовываться озон. Это накладывает требования к конструкции аппарата, заключающиеся в необходимости применения мер по формированию тонкого слоя продукта и нейтрализации эффекта, оказываемого озоном. При воздействии ИК излучения обеспечивается передача энергии непосредственно от источника излучения к обрабатываемой жидкости при отсутствии контакта между ними. При ИК - излучении плотность теплового потока на поверхности материала значительно больше (в 20-100 раз), чем при конвективной обработке. В зависимости от свойств облучаемого материала и

температуры излучателя, от которого зависит длина волны, ИК лучи способны проникать в толщу материала. При повышении температуры излучателя повышается плотность энергии излучения, а длина волны, соответствующая максимальной плотности энергии, уменьшается.

Кратковременное воздействие ИК-излучения с высокой плотностью одновременно по всей толщине и площади тонкого слоя жидкости создает необходимые условия для ликвидации токсичной и балластной микрофлоры, позволяя сохранить полезные биологические и физико-химические компоненты (белки, витамины, ферменты), определяющие питательные и органолептические свойства продукта [3].

В результате взаимодействия электромагнитных волн с облучаемым веществом происходит поглощение энергии. Энергетическое состояние молекул обусловлено энергетическими уровнями в электронной оболочке атомов, колебательным и вращательным движением атомов внутри молекулы. Энергия, сообщенная квантами электромагнитного излучения веществу, изменяет энергетическое состояние его молекул и превращается в тепло. Исследование поглощающей способности материалов при воздействии электромагнитных волн различной длины показывает, что при поглощении ИК-лучей происходят изменения только в колебании или вращении атомных групп. При поглощении квантов более высокой энергии, например, излучения в видимой области спектра, в молекулярной структуре происходят более глубокие изменения, выражающиеся в отрыве электронов от атомных групп, при поглощении УФ возможно расщепление молекул на атомы.

Результаты исследования. Использование УФ излучателя в составе пастеризационной установки налагает дополнительные требования к выбору его спектра и конструкции самой установки с тем, чтобы предотвратить или уменьшить влияние жесткого излучения до уровня ($\lambda. > 200$ нм), обеспечивающего необходимое качество жидкого продукта соответствующего действующим ГОСТам (использовать трубки из легированного кварца) [3].

Для исследования воздействия УФ-излучения на тонкие слои молока было спроектировано и создано специальное устройство для обработки молока УФ-излучением (рис. 1), определения времени перекачивания молока с модуля УФ и ИК-излучения (использовался готовый модуль ИК-пастеризации 2) и производительности установки. Эффективное воздействие УФ-излучения для уничтожения бактерий этой лампой находится в области $\lambda = 254$ нм ($\lambda_{мах}$-253,7 нм). В экспериментальном устройстве УФ-пастеризатора используется импульсная лампа.

Исследованы электрические и радиометрические (таблица 1) характеристики бактерицидной лампы НД мощностью 145 Вт с комплектом (лампа + ЭПРА). Определена величина УФ-облученности $Е_{бк}$ в зоне С радиометром ТКА УФ-АВС на поверхности кварцевого чехла $Е_{бк} = 8,1$ Вт/м^2.

Особенностью УФ-излучателя является его компактность, многофункциональность и технологичность, позволяющая легко вписываться в существующие линии по переработке сельскохозяйственных пищевых продуктов.

Исследование электрических характеристик бактерицидных и комплекта (лампа +ЭПРА) проводились на установке.

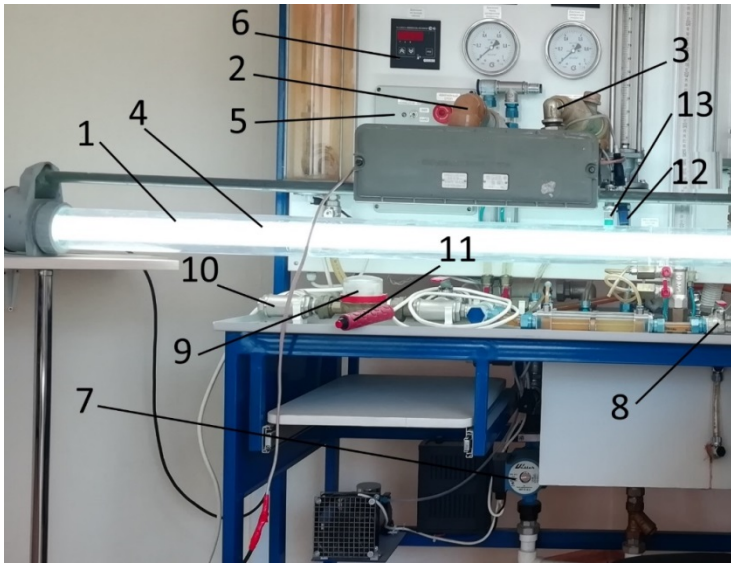


Рисунок 1. Экспериментальная установка (модель) управления процессом УФ-излучения 1-герметичный корпус, 2–входной трубопровод, 3–выходной трубопровод, 4–лампа трубчатого типа, 5–блок питания, 6–блок управления, 7–насос, 8–вентиль, 9–расходомер, 10–фотоэлектрический датчик, 11–клапан с электромагнитным приводом, 12–кварцевое окно, 13–датчик УФ-излучения.

Таблица 1 - Электротехнические параметра лампы

U_c	$P_{ламп+ЭПРА}$,Вт	УФ-С, Вт/м^2	$I_Р$,А	$P_А$,	cosφ
220	1000	8,1	1,23	1000	0,96

Примечание: межэлектродное расстояние бактерицидной лампы НД - 77 см; диаметр внешнего кварцевого стекла -2,5 см; площадь облучаемой поверхности S= 605 см^2.

Из таблицы 1 можно определить эффективный бактерицидный поток $Ф_{бк}$ экспериментального УФ-пастеризатора молока:

$$Ф_{бк} = E_{бк}\ S = 8{,}1 \cdot 6{,}05 = 49\ Вт.$$

Заключение. Применение УФ и ИК излучения расширяет спектр лучистого воздействия, что позволяет проводить наиболее полную первичную обработку молока.

Список источников

1. Кузьмичев А. В. Комбинированный способ пастеризации молока инфракрасным и ультрафиолетовым излучением /Летаев С. А., Малышев В. В., Тихомиров Д. А.//Труды 7-й Международной научно-технической конференции «Энергосберегающие технологии в животноводстве и стационарной энергетике. Ч.3-М., ВИЭСХ,2010. - С.255-261.

2. Лукьянович П. А. Ультрафиолетовая обработка молока./П. А. Лукьянович, А. В. Марков // Молочная промышленность.- 2000.- №10.-С.45-46.

3. Летаев С. А. Экспериментальные исследования при различных режимах

пастеризации молока УФ и ИК-излучениями /Малышев В. В.//Материалы 7-й международной научно-практической конференции. С-Петербург, 17-19 мая, т.3 2011. С. 238-243.

4. Летаев С. А. / Интегральная обработка молока УФ и ИК-излучением.// Сельский механизатор - 2011. - № 5.- С. 30-31.

5. Лукьянович П. А. Ультрафиолетовая обработка молока./П. А. Лукьянович, А. В. Марков // Молочная промышленность.- 2000.- №10.-С.45-46.

© Моисеев А.П., Волгин А.В. 2023

Научная статья
УДК 628.931

МЕТОДИКА РАСЧЕТА И ВЫБОРА ТОКООГРАНИЧИВАЮЩЕГО РЕЗИСТОРА СИСТЕМЫ ПЛАВНОГО ПУСКА ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ, НАГРУЗКОЙ КОТОРОЙ ВЫСТУПАЮТ ИМПУЛЬСНЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

Дмитрий Алексеевич Никитин[1], Оксана Николаевна Чурляева[2]
[1,2]Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия
[1]sain@ro.ru
[2]oksana.churlyaeva@mail.ru https://orcid 0009-0003-7472-0465

Аннотация: Статья посвящена методики расчета и выбора токоограничивающего резистора системы плавного пуска, для электрической сети, нагрузкой которой выступают импульсные источники питания.
Ключевые слова: Плавный пуск, токоограничивающий резистор, емкость, пусковой ток, реле задержки, теплоемкость, время пуска.
Для цитирования: Никитин Д.А. Методика расчета и выбора токоограничивающего резистора системы плавного пуска для электрической сети, нагрузкой которой выступают импульсные источники питания / Д.А. Никитин, О.Н. Чурляева // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-технической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

THE METHOD OF CALCULATION AND SELECTION OF A CURRENT-LIMITING RESISTOR OF A SOFT-START SYSTEM FOR AN ELECTRIC NETWORK, THE LOAD OF WHICH IS SWITCHING POWER SUPPLIES

Dmitry Alekseevich Nikitin[1], Oksana Nikolaevna Churlyaeva[2]
[1,2]Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia
[1]sain@ro.ru
[2]oksana.churlyaeva@mail.ru / orcid 0009-0003-7472-0465
Annotation. The article is devoted to the method of calculation and selection of a current-limiting resistor of a soft-start system for an electric network, the load of which is switching power supplies.
Keywords: Soft start, current limiting resistor, capacitance, inrush current, delay relay, heat capacity, start-up time.
For citation: Nikitin D.A. The method of calculation and selection of a current-limiting resistor of a soft-start system for an electric network, the load of which is switching power supplies / D.A. Nikitin, O.N. Churlyaeva // Improving the efficient operation of electrical equipment in agriculture: materials International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko / Ed. S.M. Bakirov - Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. В качестве источников питания разрабатываемого устройства для поддержания стабильного светового потока [1;2] предлагается использовать импульсные источники питания постоянного тока.

Импульсные источники питания имеют множество преимуществ перед линейными: широкий диапазон входного напряжения; нечувствительны к качеству входного напряжения; имеют меньшие габариты и массу; позволяют получить стабилизацию выходного напряжения и тока; имеют защиту от перегрузки; энергоэффективные (КПД достигает 98%). Одним из главных недостатков является наличие больших пусковых токов.

Материалы и методы. Наличие больших пусковых токов вызвано конструктивной особенностью импульсных блоков питания. В начальный момент запуска они для сети образуют практически короткое замыкание, которое может приводить к срабатыванию токовой защиты в автоматических выключателях. Это связанно с тем, что в импульсных блоках питания после выпрямителя ток поступает на конденсаторы, которые в разряженном состоянии представляют для цепи питания нагрузку с коротким замыканием.

Решением данной проблемы является применение в конструкции импульсных блоков питания системы, которая ограничивает пусковые токи: NTS термисторы; системы плавного пуска; корректоры коэффициента мощности. Так как проектируемое устройство подразумевается использоваться в промышленных тепличных комплексах, то количество единовременно запускающийся импульсных блоков может исчисляться в десятках единиц, что может привести к появлению значительных пусковых токов в сети.

Для решения данной проблемы предлагается использовать внешнюю систему плавного пуска. Электрическая принципиальная схема предлагаемой системы плавного пуска представлена на рисунке 1.

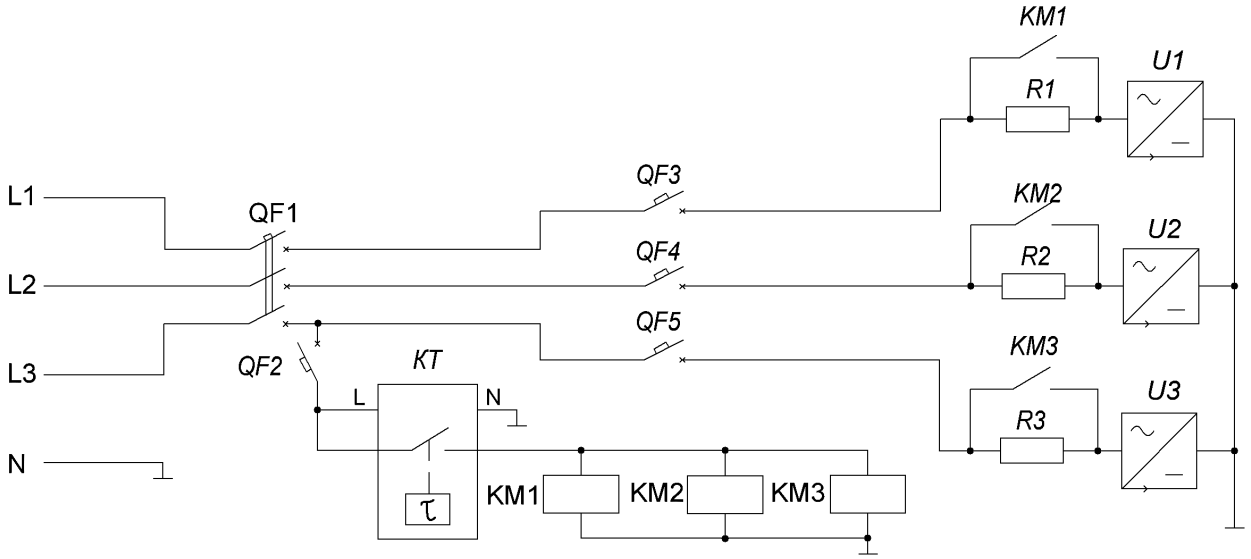


Рисунок 1- Электрическая принципиальная схема системы плавного пуска.

Через автоматический выключатель QF1, QF3, QF4, QF5 и токоограничивающие резисторы R1-R3 напряжение поступает на соответствующие группы импульсных блоков питания U1 – U3. Через автоматический выключатель QF2 напряжение подается на реле задержки КТ. Когда реле задержки подаст напряжение на катушки контакторов КМ1-КМ3, рабочие контакты контакторов зашунтируют соответствующие токоограничивающие резисторы.

Результаты исследования. Методика расчета и выбора токоограничивающего резистора системы плавного пуска.

Определим емкость одной группы по следующей формуле:

$$C_{ГР} = C_{БП} \cdot N_{БП},$$

где $C_{БП}$ – емкость входного конденсатора блока питания, Ф.

Для определения $C_{БП}$ принимаем, что 1Вт выходной мощности блока питания соответствует 1мФ емкости входного конденсатора. Из стандартного ряда электролитических конденсатов выбираем наиболее подходящие значение емкости.

Выбор сопротивления токоограничивающего резистора заключается в том, чтобы ток во время пуска системы не превышал номинальный ток автоматического выключателя, питающего группу данных емкостей, а мощность, выделяемая на токоограничивающем резисторе, не превышала максимально допустимую температуру резистора при многократных запусках системы плавного пуска.

Номинал резистора определится по формуле:

$$R_П = U_Ф / I_Н,$$

где $U_Ф$ – фазное напряжение, В; $I_Н$ – номинальный рабочий ток фазы, А.

Полученное значение сопротивления принимают ближайшему значению согласно стандартному ряду резисторов в большую сторону.

Пусковой ток определяется определим по формуле:

$$I_П = U_Ф / R_П.$$

Определим время полного заряда батареи конденсаторов:

$$\tau_{min} = 3 \cdot R_П \cdot C_{ГР}.$$

Определим мощность, выделяемую на пусковом резисторе:

$$P_{RП} = I_П^2 \cdot R_П.$$

Определим, на сколько градусов нагреется пусковой резистор за время равное $\tau_П$:

$$T_{RП} = \frac{\tau_П \cdot P_{RП}}{(c_1 \cdot m_1) + (c_n \cdot m_n)} + T_a\ ,$$

где $\tau_П$ – время пуска, с; c – теплоемкость материала, $\frac{Дж}{кг \cdot °C}$; m – масса материала, г; T_a – наибольшая температура окружающей среды, °С.

Время пуска необходимо выбрать таким образом, чтобы оно было максимально близко к полученному значению τ_{min}. При этом необходимо соблюсти следующие условия:

$$\tau_П \geq \tau_{min};$$

$$T_{RП} \leq T_{RM},$$

где T_{RM} – максимальная рабочая температура резистора, °С.

Выбор остальных компонентов схемы производится согласно действующим НТД.

Заключение: Представленная методика позволяет рационально выбрать токоограничивающий резистор плавного пуска в электрических сетях, в роли нагрузки которых выступают импульсные источники питания.

Список источников

1. Никитин Д.А. Устройство для поддержания стабильного светового потока в теплице / Д.А. Никитин, О.Н. Чурляева // Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы XIII Национальной научно-практической конференции с международным участием / Под общ. ред. Трушкина В.А. – Саратов: Амирит, 2022. – 208 с.

2. Никитин Д.А. Разработка электрических принципиальных схем устройства для поддержания стабильного светового потока в теплице / Д.А. Никитин, О.Н. Чурляева // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023. – 326 с.

3. Мэк Р. Импульсные источники питания. Теоретические основы проектирования и руководство по практическому применению / Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2008.-272 с.

4. Кашкаров А.П. Импульсные источники питания: схемотехника и ремонт. - М.: ДМК Пресс, 2012. - 184 с.

©Никитин Д.А., Чурляева О.Н., 2023

Научная статья
УДК 631.371: 620.9(075.8)

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ ОБРАБОТКИ НА ВЫХОД БИОГАЗА

Наумова Ольга Валерьевна[1]
[1]ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов, Россия
[1]uunaumov@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-2000-5733

Аннотация. В статье обобщаются факторы, влияющие на выход биогаза и представлена математическая модель теоретического описания микробиологического процесса сбраживания органического субстрата, позволяющая учесть все факторы, влияющие на интенсивность роста микроорганизмов и выход биогаза.
Ключевые слова: биогаз, математическая модель, органический субстрат, метантенк, концентрация, электрический разряд.
Для цитирования: Наумова О.В. Математическая модель воздействия высоковольтной обработки на выход биогаза / О.В. Наумова // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-технической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Scientific article

A MATHEMATICAL MODEL OF THE IMPACT HIGH-VOLTAGE TREATMENT FOR BIOGAS OUTPUT

Olga Valeryevna Naumova [1]
[1]Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, Russia
[1] uunaumov@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-2000-5733

Annotation. The article summarizes the factors affecting the biogas yield and presents a mathematical model for the theoretical description of the microbiological process of fermentation of an organic substrate, which allows taking into account all factors affecting the growth rate of microorganisms and the yield of bio-gas.
Keywords: biogas, mathematical model, organic substrate, methane tank, concentration, electric discharge.
For citation: Naumova O.V. Mathematical model of the effect of high-voltage treatment on biogas output / O.V. Naumova // Improving the efficient operation of electrical equipment in agriculture: Materials of the International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko / Edited by C.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. В статье решается теоретическая задача о влиянии электрического разряда на интенсификацию процесса выхода биогаза и повышения содержания в нем метана. На выход биогаза влияет множество физических факторов, которые можно разделить на управляемые и неуправляемые. К числу управляемых отнесем кислотность среды (pH) и гранулометрический состав субстрата, напряжение, частоту и скважность электрических импульсов.

Остальные факторы отнесем к неуправляемым, но для эффективного процесса брожения их параметры необходимо поддерживать на уровнях, обеспечивающих нормальный биотехнологический процесс: температура субстрата $t = 25$ °C; соотношение куриного помета и воды $1 \div 2{,}2$; качество подготовки органического вещества и т.д [6,7].

В конструкции традиционной биогазовой установки присутствует метантенк, перемешивающее устройство, утеплитель, подогреватель. Процесс сбраживания отходов может колебаться в зависимости от температуры наружного воздуха от 20 до 45 суток.

Автором статьи предлагается усовершенствованная конструкция биогазовой установки, включающая систему электродов для периодического осуществления электрического разряда. Так как органические отходы содержат жидкость, то осуществление электрического разряда в водной среде вызывает электрогидравлический эффект, разрушающий крупные частицы и способствующий интенсификации процесса сбраживания и сокращению сроков переработки органических отходов [3-5, 8-11].

Особенностью конструкции разрядного устройства является применение нескольких пар электродов (2-3 пары), расположенных на разной высоте внутри метантенка. Причем, электроды срабатывают не одновременно, а друг за другом, создавая мощный электрогидравлический удар, охватывающий весь объем органических отходов. При использовании одной пары электродов такой эффект был бы невозможен.

На рисунке 1 представлена структурная схема объекта изучения.

Новизной исследования является создание математической модели микробиологического процесса сбраживания органического субстрата, позволяющая учесть все факторы, влияющие на интенсивность роста микроорганизмов и выход биогаза. Показателем эффективности работы биогазовой установки является скорость сбраживания, объем и интенсивность выхода биогаза [1].

Результаты исследования. Для метантенка с произвольным объемом V_c, ограниченного поверхностью f баланс хода реакции определится переносом вещества вследствие молекулярной диффузии, конвекции, а также изменением концентрации вещества в объеме V водного субстрата. В виду того, что молекулярная диффузия описывается законом Фика, перенос вещества через элементарную поверхность рассчитывается следующим образом [1]:

$$DgradC \cdot \vec{n} df \,, \qquad (1)$$

где $\boldsymbol{D}$ – коэффициент молекулярной диффузии; $\boldsymbol{C}$ – концентрация вещества; $\vec{\boldsymbol{n}}$ – единичный вектор нормали к поверхности.

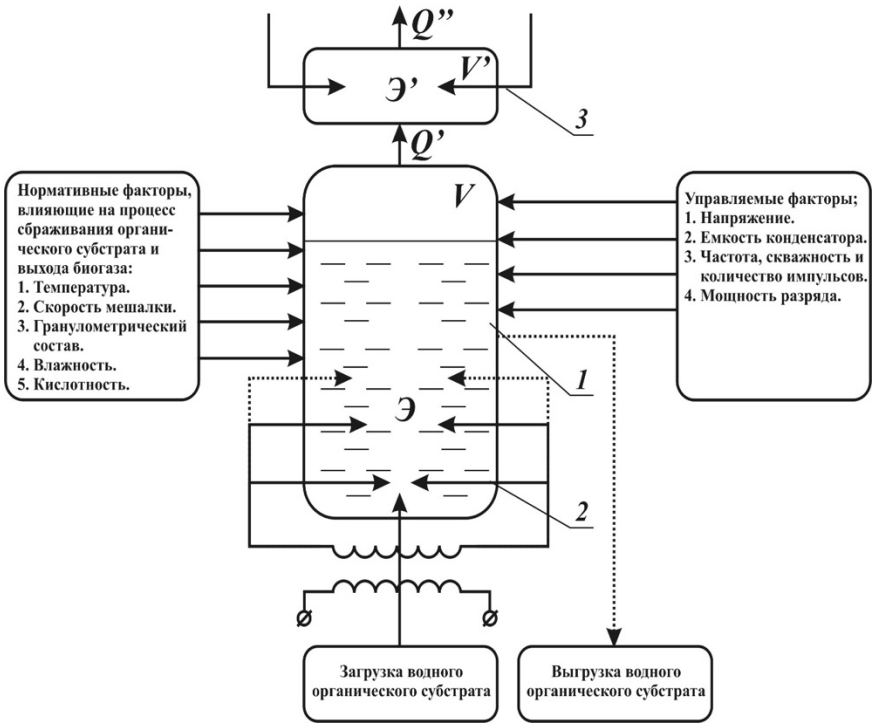


Рисунок 1 - Структурная схема объекта изучения: 1 – метантенк, объемом $\boldsymbol{V}$, 2 – система электродов с изменяющимся зазором, $\boldsymbol{Э}$, 3 – дополнительный газовый разрядник для высоковольтной обработки биогаза, объемом $\boldsymbol{V'}$ и с электродами $\boldsymbol{Э'}$.

В результате определенных допущений и математических преобразований уравнение (1) принимает следующий вид:

$$\boldsymbol{div(DgradC) = R(C)} \qquad (2)$$

Приведенное уравнение описывает процесс сбраживания в метантенке в трех направлениях, математическое описание которого вызывает сложности.

Для теоретического рассмотрения процессов анаэробного сбраживания выделим элементарный объем метантенка (рисунок 2), в котором коэффициент молекулярной диффузии меняется во времени и остается постоянным в пространстве.

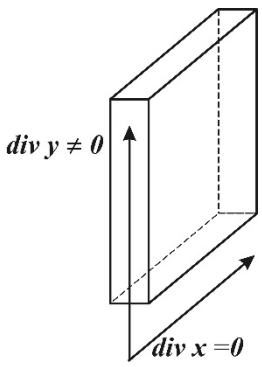


Рисунок 2 - Элементарный объем метантенка.

Принимая вышесказанное допущение, уравнение (2) можно записать следующим образом:

$$\frac{\partial}{\partial y}\left(D\frac{\partial C}{\partial y}\right)=\frac{\partial D}{\partial y}\cdot\frac{\partial C}{\partial y}+D\frac{\partial^2 C}{\partial y^2}=R(C) \qquad (3)$$

В работах автора [2-6] приведены результаты исследований по влиянию электрического разряда на концентрацию микроорганизмов, отвечающих на интенсификацию процесса сбраживания органических отходов: при традиционном способе - $8\cdot10^7$, а при воздействии высоковольтной обработки - $9\cdot10^8$ КОЕ в 1 мл.

Выход газа Q зависит от концентрации $Q=f(C)$, которая, в свою очередь, является функцией от энергии, сообщаемой субстрату электрическим разрядом, следовательно $C=f(E)$. Отсюда можно предположить, что если концентрация возрастет, то выход газа увеличивается.

Так как диффузия принимается постоянной в пространстве, то уравнение (3) примет вид:

$$D\frac{\partial^2 C_Г}{\partial y^2}=Q_t \qquad , \qquad (4)$$

где $C_Г$ – концентрация газа по высоте метантенка, л/м^3; Q_t – скорость выхода биогаза, л/ч.

Из вышеизложенного следует, что равномерное распределение концентрации микроорганизмов, а также ее увеличение по высоте метантенка влияет на скорость и объем получаемого биогаза. Следовательно, для получения большего количества биогаза, необходимо сконструировать систему электродов, создающих ударную волну в направлении выхода биогаза. Поэтому расположение электродов по высоте метантенка и их последовательное срабатывание, позволит увеличить выход биогаза в 3-5 раз по сравнению с традиционной технологией.

При осуществлении электрогидравлического воздействия, существует еще одна проблема – загрязнение электродов. При осуществлении последовательной серии разрядов, электрогидравлический эффект решает и эту проблему, электроды самоочищаются, а также субстрат под воздействием электрической энергии перемешивается, следовательно, мешалку можно не использовать, что упрощает конструкцию.

Скорость выхода биогаза при традиционной технологии описывается уравнением:

$$D\frac{\partial^2 C_{Г1}}{\partial y^2}=Q_{t1}, \qquad (5),$$

а при использовании электротехнологии определяется по выражению:

$$D\frac{\partial^2 C_{Г2}}{\partial y^2}=Q_{t2} \qquad (6).$$

Для осуществления процесса сбраживания, необходимо поддерживать температуру внутри метантенка в пределах 25-30 °С, что возможно в зимнее

время года, только при использовании нагревателя. На нагрев биомассы тратится значительное количество энергии. В конструкции традиционной биогазовой установки нагрев осуществляется за счет получаемого биогаза. При использовании предлагаемой системы электродов – нагрев будет осуществляться за счет электрогидравлического эффекта, который в жидкости сопровождается значительным выделением тепла. Следовательно, утеплив установку снаружи, можно не встраивать традиционный нагреватель в конструкцию.

Концентрация биогаза зависит от площади поверхности метанообразующих бактерий. Метанобразующие бактерии зарождаются в процессе анаэробного сбраживания. Однако, обратившись к эмпирическим данным, установлено, что площадь поверхности микроорганизмов в субстрате, подвергнутом обработке электрическим разрядом в 2,5 раза больше, чем в субстрате не прошедшем обработку. Предположим, что концентрация биогаза зависит от подведенной энергии $C_Г = f(E)$ и скорость выхода биогаза $Q = f(C_Г)$.

Зависимость концентрации от подведенной энергии при известном способе определяется выражением: $C_{(y)} = E_1^m(y)$

Тогда, выражения (5) и (6) примут вид:

$$D\frac{\partial^2(E_1^m(y))}{\partial y^2} = Q_{t1}, \text{ и} \tag{7}$$

$$D\frac{\partial^2(E_2^m(y))}{\partial y^2} = Q_{t2} \tag{8},$$

где E_1^m, E_2^m - энергии, подведенные к субстрату, при традиционном способе и с использованием электротехнологии, соответственно, Вт;

Q_{t1}, Q_{t2} - скорости выхода биогаза, соответственно, по традиционной и предлагаемой технологии, л/ч.

После элементарных преобразований выражений (7) и (8) получаем:

$$Dm(m-1)E_1^{m-2}(y) = Q_{t1} \tag{9}$$

$$Dm(m-1)E_2^{m-2}(y) = Q_{t2} \tag{10}$$

Энергия, которую необходимо сообщить субстрату, для повышения выхода биогаза, определяется по выражению:

$$E_2^{m-2} = E_1^{m-2} \cdot \frac{Q_{t2}}{Q_{t1}}, \text{ где } m > 2 \tag{11}$$

Заключение. Таким образом, установили, что для получения большего количества биогаза, необходимо подвести энергию в несколько раз большую, чем по известной технологии. Электрический разряд обеспечивает подведение необходимой энергии на начальном этапе анаэробного сбраживания, что позволяет сократить время сбраживания, интенсифицировать выход биогаза и увеличить его количество.

Список источников

1. Амерханов Р.А. Оптимизация сельскохозяйственных энергетических установок с использованием возобновляемых видов энергии. М.: Колос. 2000. С. 159-238.
2. Спиридонова Е.В. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата наук Разработка технологии и оборудования для переработки биоорганических отходов на основе электрического разряда. Саратов. 2003.
3. Спиридонова Е.В. Оборудование для переработки биоорганических отходов. / Е.В. Спиридонова, О.В. Аблова, Б.П. Чесноков, А.И. Кирюшатов // Вопросы совершенствования систем теплогазоснабжения и вентиляции. Саратов, 2002. С. 83-86.
4. Спиридонова Е.В. Влияние электрического разряда на работу биогазовой установки. / Е.В. Спиридонова, О.В. Наумова, Б.П. Чесноков // Научно-технические проблемы совершенствования и развития систем газоэнергоснабжения. сб. науч. тр.. М-во образования Рос. Федерации, Сарат. гос. техн. ун-т. Саратов, 2004. С. 36-39.
5. Спиридонова Е.В. Применение электротехнологии при переработке биоорганики. / Е.В. Спиридонова, Б.П. Чесноков, О.В. Наумова, Г.П. Ерошенко //Проблемы электроэнергетики. межвузовский научный сборник. Министерство образования Российской Федерации, Саратовский государственный технический университет. Саратов, 2004. С. 270-273.
6. Наумова О.В. Перспективы совершенствования технологии сбраживания биоорганических отходов / О.В. Наумова, Б.П. Чесноков, С.С. Абрамов, Е.В. Спиридонова // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня рождения профессора Кобы В.Г. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова". 2011. С. 254-256.
7. Наумова О.В. Совершенствование электроимпульсной технологии при получении биогаза из органических отходов / О.В. Наумова // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова. Саратов, 2005
8. Спиридонова Е.В. Электроимпульсная обработка органических отходов в сельском хозяйстве. / Е.В. Спиридонова, О.В. Наумова, Г.П. Ерошенко, Б.П. Чесноков // Электро- и теплотехнологические процессы и установки. межвузовский научный сборник. Саратов, 2005. С. 21-24.
9. Чесноков Б.П. Исследование процесса анаэробного сбраживания птичьего помета при воздействии высоковольтного разряда / Б.П. Чесноков, А.А. Немова, Т.Ю. Карпова, О.В. Наумова, В.С. Мавзовин // Научная жизнь. 2018. № 1. С. 56-61.

10. Патент на изобретение RU 2552072 C1 Способ обезвреживания органических отходов животноводства, свиноводства и птицеводства. Чесноков Б.П., Вашенков Е.Г., Щербаков А.А., Наташкин М.И., Наумова О.В., Ковалева С.В., 10.06.2015. Заявка № 2014105785/13 от 17.02.2014.

11. Спиридонова Е.В. Биогазовые технологии - альтернатива переработки биоорганических отходов / Е.В. Спиридонова, О.В. Наумова, И.Ю. Рябов // Современные технологии в строительстве, теплоснабжении и энергообеспечении. Материалы международной научно-практической конференции. ФГБОУ ВО "Саратовский ГАУ им.Н.И.Вавилова", кафедра "Строительство и теплогазоснабжение". 2015. С. 208-211.

© Наумова О.В. 2023.

Научная статья
УДК 621.3.076.5

ДОСТИЖЕНИЕ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Нургелди Аразгелдиевич Нургелдиев[1]
[1]Туркменский сельскохозяйственный институт г. Дашогуз, Туркменистан
nurgeldiyev@mail.ru https://orcid.org/0009-0006-7054-5729

Аннотация. В данной статье мы рассмотрели роль электроэнергетики в сельском хозяйстве и ее применение в различных сферах. Мы также обсудили вызовы и проблемы, с которыми сталкивается электроэнергетика в сельском хозяйстве, и рассмотрели перспективы ее развития. Электрификация сельского хозяйства играет важную роль в повышении эффективности и улучшении условий работы в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: электроэнергия, технологические процессы, результаты, эффективность, устойчивость, надежность, электрические машины, модификация, электроснабжение.

Для цитирования: Нургелдиев Н.А. Достижение электроустановок в сельском хозяйстве / Н.А. Нургелдиев // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-технической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

ACHIEVEMENTS OF ELECTRICAL INSTALLATIONS IN AGRICULTURE

Nurgeldi Arazgeldiyevich Nurgeldiyev
Turkmen agricultural institute, Dashoguz, Turkmenistan

nurgeldiyev@mail.ru https://orcid.org/0009-0006-7054-5729

Abstract. In this article, we examined the role of electricity in agriculture and its application in various fields. We also discussed the challenges and problems faced by the electricity sector in agriculture and examined the prospects for its development. Agricultural electrification plays an important role in increasing efficiency and improving working conditions in agriculture.
Keywords: electricity, technological processes, results, efficiency, stability, reliability, electrical machines, modification, power supply.
For citation: Nurgeldiyev N.A. Achievements of electrical installations in agriculture / N.A. Nurgeldiyev // Improving the efficient operation of electrical equipment in agriculture: materials International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko / Ed. S.M. Bakirov - Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. В сельской местности по электрическим сетям получают электроэнергию преимущественно сельскохозяйственные потребители, объекты мелиорации и водного хозяйства, другие предприятия агропрома. Электрические нагрузки сетей создаются электроприемниками производственного и коммунально бытового назначения.

Электроприемники производственного назначения связаны с электрификацией технологических процессов в животноводстве, птицеводстве и полеводстве, производственных процессов на предприятиях по переработке продукции сельского хозяйства, ремонтных заводах и в мастерских, а коммунально-бытового назначения с электрификацией жилых и общественных зданий и сооружений [1].

В последние годы существенно изменился характер сельскохозяйственного производства. На современных животноводческих и птицеводческих предприятиях, особенно на крупных фермах и комплексах, появились новые потребители электроэнергии, например, установки для обеспечения микроклимата в помещениях.

Материалы и методы. Для дальнейшего развития и повышения эффективности сельского хозяйства в ряде районов страны электроэнергия применяется для теплоснабжения объектов производственного назначения; общая мощность электроустановок достигает 400 кВт в одном пункте. С возрастанием роли электроэнергии в сельскохозяйственном производстве повышается значение надежности электроснабжения как способности электрической сети в любой момент обеспечить электроэнергией присоединенных к ней потребителей.

Электротехническая служба сельхозпредприятия выполняет техническое обслуживание существующих, монтаж и наладку вновь вводимых в эксплуатацию электроустановок [2].

Основным в работе электротехнической службы совхоза или колхоза являются безотказная работа электроустановок и электрифицированного оборудования и надежное электроснабжение всех объектов и токоприемников

хозяйства. Это должно решаться электротехническим персоналом в условиях четкой деловой взаимосвязи с предприятием электрических сетей и органами Главгосэнергонадзора.

Эксплуатации и ремонта обеспечивают проведение плановых осмотров, технического ухода, текущего и капитального ремонтов с целью поддержания электроустановок и электрифицированного оборудования в надлежащем техническом состоянии.

Оперативное руководство по вопросам соблюдения лимитов электропотребления и лимитов нагрузки в часы максимума, а также аварийных ограничений и отключений нагрузки при недостатке мощности в энергосистеме осуществляется местным отделением Энергонадзора [3].

Результаты исследования. Для присоединения к электрическим сетям энергосистемы новых потребителей электроэнергии или для увеличения мощности действующих объектов энергоснабжающая организация должна дать сельхозпредприятию разрешение на основании заявки.

Заявка, подписанная руководителем, может быть подана непосредственно потребителем электроэнергии, его вышестоящей организацией или проектной организацией, осуществляющей проектирование электроснабжения объекта.

Надежность электроснабжения сельских потребителей в значительной мере зависит от схемы распределительных сетей 6-10 кВ, которая предопределяет возможности резервирования питания нагрузок и эффективность устанавливаемых в сети коммутационных аппаратов, устройств автоматики, определения места повреждения и др.

В электрических сетях сельскохозяйственного назначения повсеместно применяется, как правило, напряжение 380 V по четырехпроводной системе с глухозаземленной нейтралью [4].

Эксплуатация воздушных линий электропередачи заключается в поддержании их в технически исправном состоянии для обеспечения надежного электроснабжения потребителей путем проведения периодических осмотров, профилактических проверок и ремонта.

По характеру и свойствам окружающей среды животноводческие помещения делятся на два класса: с наличием химически активной среды (паров аммиака) – коровники, телятники, птичники, овчарни; сырые – к ормокухни, доильные залы, молочные и т. д.

В зависимости от класса помещения, конструктивных особенностей и возможных механических повреждений электропроводки в животноводческих помещениях выполняются: открытыми на изоляторах, на тросах тросовым проводом, кабелями и в винипластовых и стальных трубах; скрытыми под слоем штукатурки в пластмассовых и стальных трубах [5].

При этом необходимо соблюдать следующие требования: нельзя располагать электропроводку над стойлами и другими местами нахождения животных; по всей трассе прохождения открытых проводок не допускается размещать сено, солому и т. п.; электрические проводки не должны проходить транзитом через помещения животноводческих ферм.

В животноводческих и птицеводческих, а также сырых и особо сырых помещениях, в помещениях с химически активной средой электропроводки рекомендуется выполнять проводами с пластмассовой изоляцией.

Выключатели и предохранители устанавливают на распределительном щитке, который размещают в тамбуре или другом подсобном помещении или снаружи на расстоянии не более 1 м от ввода. Предохранители и автоматические выключатели можно расположить и на больших расстояниях от ввода [6].

При этом на опоре в начале вводного пролета следует установить грибообразные или обычные предохранители в защищенном от осадков, пыли ящике. На щитке с числом групп более трех должен быть установлен общий рубильник или другой отключающий аппарат для снятия напряжения со всей электрической проводки. В случае установки щитка на наружной стене он заключается в закрывающийся и запирающийся на замок несгораемый ящик.

При вводах в помещения с химически активной средой и пожароопасные через кровлю из горючих материалов предохранители и выключатели устанавливают до ввода в здание на наружной стене, в тамбуре или на ближайшей опоре ВЛ. Закрытые выключатели, корпус и ручка которых изготовлены из изолирующего материала, могут монтироваться в коридорах, тамбурах и других удобных для пользования местах на высоте 1,5-1,8 м от пола в рассечку фазного провода.

Осмотры и чистку оборудования в помещениях с нормальной средой следует производить не реже 1 раза в 6 мес, а в остальных помещениях (сырых, особо сырых, с химически активной средой и т. п.) - не реже 1 раза в 3 мес. При осмотрах щитков следует проверять прочность всех контактных соединении, нагрев отдельных частей, состояние защиты открытых токоведущих частей.

Любая электрическая сеть комплектуется аппаратами управления и аппаратами защиты, которые обеспечивают включения, переключения и выключения электрических цепей в нормальных и аварийных режимах.

Аппараты управления (рубильники, выключатели, контакторы, магнитные пускатели и т. п.) устанавливают в цепи каждого токоприемника, а также в узловых пунктах сети, где повседневно потребители включаются под нагрузку. Исключением являются токоприемники малой мощности (с аппаратом защиты до 15 А) и переносные мощностью до 0,5 кВт, включаемые в сеть с помощью штепсельных розеток.

Аппараты защиты (плавкие предохранители, автоматические выключатели и т. п.) устанавливают в местах присоединения токоприемников, а также на вводах в здания и в местах, где снижаются сечения проводников (в направлении от источника питания к потребителям). Групповую осветительную или силовую сеть защищают предохранителями на групповых щитках, которые располагают в центре нагрузок и размещают в местах, доступных для обслуживания [7].

Неавтоматические выключатели – это коммутационные аппараты, как правило, с ручным приводом, предназначенные для сравнительно редких

включений и отключений электрических цепей, а также для переключения участка цепи с одного источника питания на другой. Некоторые виды выключателей используются также для редких пусков и остановов электродвигателей. К неавтоматическим выключателям относятся рубильники и переключатели, пакетные выключатели.

Эксплуатацияне автоматических выключателей. Наиболее уязвимыми частями рубильников являются контактные поверхности соприкосновения ножей с губками. Контактные поверхности должны быть всегда чистыми, так как появление на них слоя окиси или грязи увеличивает сопротивление, что вызывает местный перегрев рубильника. В настоящее время в сельском хозяйстве применяются синхронные и асинхронные электрические машины [8].

Синхронные машины используются, как правило, в качестве генераторов переменного тока на электростанциях, а асинхронные - в качестве электродвигателей. Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором является основным и по существу единственным типом электродвигателя для привода машин и механизмов в сельском хозяйстве. При эксплуатации необходимо наблюдать за правильной загрузкой двигателя по показаниям амперметра.

Электрическое освещение не только используется в жилых, общественно-культурных и производственных помещениях совхозов и колхозов, но и. находит разнообразное применение непосредственно в сельскохозяйственном производстве.

В качестве примера можно привести использование электрического освещения в теплицах при выращивании рассады, овощей и цветов в зимнее время, для увеличения продолжительности светового дня в птичниках в осенне-зимнее время. Электрическими лампами ультрафиолетового излучения облучают животных и птиц, что предохраняет их от заболеваний и создает благоприятные условия для нормального развития [2].

Электрические лампы инфракрасного излучения применяют для сушки зерна и других сельскохозяйственных продуктов, обогрева и лечения молодняка животных и птиц, и других производственных целей.

Ультрафиолетовые излучения, источником которых в природных условиях является солнце, играют важную роль в биологических процессах. Их недостаток отрицательно сказывается на состоянии людей и животных.

Заключение. Природная ультрафиолетовая недостаточность может быть компенсирована излучениями искусственных источников. Различают несколько методов генерирования ультрафиолетовых излучений: метод температурного излучения, который используется в лампах накаливания; метод генерирования излучений через находящиеся в электрическом поле газы и пары металлов, который используется в ртутных и других газоразрядных лампах; метод генерирования излучений люминесценцией, который применяется, например, в эритемных и бактерицидных лампах.

Список источников*

1. *Прищеп*, Л. Г. Электрический привод и применение электроэнергии в сельском хозяйстве [Текст] : [Учеб. пособие для сел. проф.-техн. училищ] / Л. Г. Прищеп, П. А. Филаткин. - Москва : Высш. школа, 1967. - 204 с. : ил.; 22 см.

2. *Кирсанов*, В.В. Электрификация сельскохозяйственного производства / Кирсанов В.В., Иванов В.В. - М. : Колос, 1980. - 256 с. : ил. ; 20 см.3.

3. *Воробьев*, В. А. Практикум по электрооборудованию животноводческих ферм. - Москва : Высш. школа, 1980. - 271 с. : ил.; 20 см.

4. *Коломиец*, А. П. Электропривод и электрооборудование / А. П. Коломиец, Н. П. Кондратьева, И. Р. Владыкин. – М.: КолосС, 2008. – 328 с.

5. *Востриков*, А.С. Теория автоматического регулирования: Учеб. пособие / А.С. Востриков, Г.А. Французова. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006. – 368 с.

6. *Пашков*, Е.В. Электропневмоавтоматика в производственных процессах / Е.В. Пашков, Ю.А. Осинский, А.А. Четверкин: Под.ред. Е.В. Пашкова. – 2-е изд. Перераб. И доп. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2003. – 496 с.

7. Правила применения и испытания средств защиты, используемых в электроустановках ПО Союзтехэнерго / Минэнерго СССР. — 8-е изд. — М.: Энергоатомиздат, 1987. — 64 с.: ил.

8. *Андриевский*, Е. Н. Эксплуатация оборудования электросетей в сельской местности / Е. Н. Андриевский. - Москва : Энергия, 1980. - 97 с. : ил.; 20 см.

© Нургелдиев Н.А., 2023

Научная статья
УДК 621.316.925.1

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМИНАЛОВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ В КАЗАХСТАНЕ

Әбілғазиев Еркебұлан Нұрханұлы[1], Есқабыл Әли Бауыржанұлы[2]
[1,2]Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет,
г. Уральск, Казақстан
[1]abilgaziev.e@mail.ru https://orcid.org/0000-0003-2382-518X
[2]yab.yeskabyl@mail.ru

Аннотация: Релейная защита предназначена для быстрого обнаружения и отключения поврежденной части электросети, что помогает предотвратить распространение повреждений и минимизировать последствия аварии. На сегодняшний день в Казахстане используются терминалы релейной защиты от различных производителей. Принято заменять электромеханические реле новыми микропроцессорными клеммами. Различные стандарты, протоколы и протоколы связи затрудняют интеграцию и взаимодействие электроснабжения с терминалами РЗА в системе управления. Кроме того, качество и надежность устройств могут сильно различаться у разных производителей, что может повлиять на их производительность и долговечность.

Ключевые слова: релейная защита и автоматика, устройства, клеммы, производитель.
Для цитирования: Әбілғазиев Е.Н**.** Применение терминалов релейной защиты в Казахстане / Е.Н. Әбілғазиев, Ә.Б. Есқабыл // Повшение эффективной эсплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-технической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

APPLICATION OF RELAY PROTECTION TERMINALS IN KAZAKHSTAN

Abilgaziev Erkebulan Nurhanuly[1], Esqabyl Ali Bauyrjanuly[2]
[1,2] West Kazakhstan University of Innovation and Technology. Uralsk, Kazakhstan.
[1]abilgaziev.e@mail.ru https://orcid.org/0000-0003-2382-518X
[2]yab.yeskabyl@mail.ru

Annotation*:* Relay protection is designed to quickly detect and disconnect the damaged part of the power grid, which helps prevent the spread of damage and minimize the consequences of an accident. To date, relay protection terminals from various manufacturers are used in Kazakhstan. It is customary to replace electromechanical relays with new microprocessor terminals. Various standards, protocols and communication protocols make it difficult to integrate and interact power supply with RPA terminals in the control system. Also, keep in mind that the quality and reliability of devices can vary greatly from manufacturer to manufacturer, which can affect their performance and durability.
Keywords*:* relay protection and automation, devices, terminals, manufacturer.
For citation*:* Abilgaziev E.N. The use of relay protection terminals in Kazakhstan / E.N. Abilgaziev, A.B. Eskabyl // Increasing the effective operation of electrical equipment in agriculture: materials of the International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko / Ed. C.M. Bakirov - Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Релейная защита – это система, которая защищает электрические сети от повреждений, вызванных различными чрезвычайными ситуациями, такими как короткое замыкание, перегрузка и т. д. [1]. Релейная защита обеспечивает быстрое обнаружение и отключение поврежденного участка линии электропередачи, что предотвращает распространение дальнейших повреждений и сводит к минимуму возможные последствия аварии [2]. В случае повреждения действует на специальные разъемы питания, предназначенные для открытия токов неисправности. Релейная защита является основным видом электрической автоматики, без которой невозможно нормальное функционирование энергетических систем. Современные

защитные устройства могут быть основаны на схеме, включающей программируемый (микро) контроллер [3].

Сегодня в мире существует множество производителей релейной защиты. В то время как некоторые из них известны на международном уровне, другие являются местными компаниями. Среди крупнейших в мире производителей релейной защиты: ABB, Siemens, GE, Schneider Electric, Mitsubishi Electric, SEL (Schweitzer Engineering Laboratories), Eaton, Toshiba, Omicron, Areva (Таблица 1). Кроме того, есть и другие производители релейной защиты, в том числе многие малые и средние компании. Выбор конкретного производителя зависит от требований и технических характеристик проекта, а также от таких факторов, как наличие, цена и техническая поддержка оборудования.

Материалы и методы. В настоящее время в Республике Казахстан особое место отводится развитию энергетической отрасли страны, причем энергетическая отрасль развивается очень динамично: обновляются станции и подстанции, строятся новые установки, а также обновляются и модернизируются устройства релейной защиты и автоматики. На энергетических предприятиях Республики Казахстан нашли свое применение устройства релейной защиты и автоматики, выпускаемые следующими предприятиями: ТОО "ABB Automation"; Siemens (Германия) [4]; «Schneider Electric» (Франция), адаптировавшие устройства релейной защиты к условиям энергетических систем Казахстана; ОАО «СТК Механотроника»; ТОО «Реле»; «ЭКРА», ООО "Научно-производственное предприятие"; ЗАО «RSoft»; научно-производственное предприятие ЗАО "РАДИУС Автоматика" (Россия) и др.

Таблица 1 – Основные производители устройств РЗ

Название производителя	**Государство (город)**	**Сайт**	**Основные типы цифровых реле для защиты сети, трансформатор, электродвигатель**
Siemens	Германия	http://www.siemens.kz	SIPROTEC 7SJ62 SIPROTEC 7SA522 SIPROTEC 7UT612 7SJ 511, 7VT 512, 7UM 513
Киевприбор	Украина	http://kievpribor.com.ua/rus/download.htm	МРЗС 05; УЗА-10А.2(3)
Научно-производственное предприятие «ЗАО РАДИУС Автоматика»	Россия	http://www.rza.ru	Сириус-М Орион-М
ОАО«НТЦ» «Механотроника»	Россия	http://www.mtrele.ru	БМРЗ 04, БМРЗ 05, БМРЗ ДС
ОАО «Релематика» (прежнее название ОАО ИЦ «Бреслер»	Россия	https://relematika.ru	Микропроцессорные устройства РЗА серии» ТЭМП 2501", шкафы РЗА

Название производителя	Государство (город)	Сайт	Основные типы цифровых реле для защиты сети, трансформатор, электродвигатель
ОАО Научно-производственное предприятие «ЭКРА»	Россия	https://www.ekra.ru	Клеммы серии BE2502, шкафы серии ShE2607
ABB	Швеция	https://new.abb. com	REF54, REL52, RET 316, REM 542
ЗАО «РТСофт»	Россия	http://www.rtsoft.ru	Аварийная автоматика, ПТК Smart-ССПИ ТА
РЗА СИСТЕМС	Россия	http://rzasystems.ru	Фидерная защита ПС РЭК Астана
Schneider Electric	Франция	https://www. schneiderelectric.us/en	Micom P127, Micom P922, Micom P123, Micom P127
АО «Чебоксарский электроаппаратный завод»	Россия	https://www.cheaz.ru/ company/about/	ЭПЗ-1636 ЭПЗ-1643

Результаты исследования. Особое место среди производителей терминалов релейной защиты и автоматики занимают Siemens, ЭКРА. В Казахстане использовались два основных типа устройств релейной защиты: электромеханические и микропроцессорные реле. Существует постепенная замена старых электромеханических реле современными многофункциональными микропроцессорными устройствами релейной защиты [5]. На сегодняшний день ТОО «Бреслер Инжиниринг Центр», прежнее название ТОО «Релейматика», реализовало несколько крупных проектов в Республике Казахстан, в том числе: подстанции 220 кВ и 500 кВ. для южных межсистемных электрических сетей АО «KEGOC», АО «ЦАОЭК», Петропавловская ТЭЦ; АО «Жезказганская РЭК»; АО «Kazakhmys Energy», Балхашская ТЭЦ. Также официальный представитель в Казахстане ТОО «Trade House Bresler» реализовал проекты реконструкции наружных распределительных устройств 110 кВ «Петропавловской ТЭЦ» и реконструкции устройств релейной защиты и автоматики на понижающих подстанциях по всей республике [6].

За последнее десятилетие произошли качественные изменения в релейной защите из-за широкого распространения цифровых (микропроцессорных) технологий [7]. Вышесказанное обусловлено существенными преимуществами микропроцессорной релейной защиты по сравнению с электромеханической и электронной релейной защитой. Эти преимущества связаны:

– со значительным уменьшением количества используемых блоков и соединений, повышением надежности аппаратного обеспечения, уменьшением

веса и размеров устройств (одно микропроцессорное устройство обычно выполняет различные защитные функции, для реализации которых ранее требовалось несколько устройств) [8];

– возможностью значительного повышения работоспособности и сокращения обслуживающего персонала;

– расширением и улучшением качества защитных функций (чувствительность, селективность, статическая и динамическая стабильность работы);

– возможностью прямой регистрации процессов и событий, анализа убытков, произошедших в энергетической системе;

– принципиально новыми возможностями управления охраной и переноса информации с нее на географически удаленные уровни управления [9].

Одним из важных этапов развития микропроцессорной защиты в энергетической системе Казахстана стало внедрение шкафов на основе микропроцессорной релейной защиты и автоматизации серий ShE2710 и ShE111X. Научно-производственное предприятие ТОО "ЭКРА" осуществило поставку и регулирование шкафов ShE111X, РЗА оборудования станции Павлодарской ТЭЦ-3; оборудования релейной защиты и автоматики для оборудования подстанций ShE2710, Экибастузской ГРЭС-1 напряжением 330-750 кВ и ШЭ2607, оборудования релейной защиты и автоматики для оборудования подстанций напряжением 110-220 кВ [10]; ШЭ111X, РЗА оборудования Усть-Каменогорской ГЭС; ШЭ111X, РЗА оборудования Шульбинской ГЭС в 2015 году для станции; ShE2607, 2017 г. [11].

Заключение. Исходя из анализа, следует сделать вывод, что в Казахстане используются многие известные производители терминалов и средств релейной защиты, отвечающие всем требованиям современных стандартов. Многие производители клемм релейной защиты и автоматики являются результатом конкуренции на рынке электрических устройств. Конкуренция может способствовать развитию инноваций и новых технологий в производстве терминалов РЗА, а также снижению их стоимости. Однако это также может привести к различным стандартам, протоколам и протоколам связи, что затрудняет интеграцию и взаимодействие различных терминалов RSA в системе автоматического управления питанием. Также стоит отметить, что устройства разных производителей могут иметь разный уровень качества и надежности, что может повлиять на их производительность и долговечность.

Список источников

1. Булычев А.В. Релейная защита электроэнергетических систем: учебное пособие/ А.В. Булычев, В.К. Ванин, А.А. Наволочный, М.Г. Попов. – СанктПетербург: Издательство Политехникум. ун-та, 2008.

2. https://rza.org.ua/glossary/read/Nad-zhnost_114.html.

3. Чернобровов Н.В., Семенов В. А. «релейная защита энергосистем»: Прок. пособия техническим учебным заведениям. - М.: Энергоатимиздат, 1998.

4. https://siemens.com Официальный сайт компании «Siemens».

5. https://kegoc.kz Официальный сайт компании АҚ «KEGOC».
6. Шнеерсон Е.М. «Цифровая релейная защита» – М.: Энергоатомиздат,2007.
7. РД 153-34.0-04.418-98 «Типовое положение по услугам релейной защиты и электрической автоматики».
8. Федосеев А. М. "релейная защита энергосистем": учебник для вузов. - М.: "Энергия", 1976.
9. Павлов Г. М. "автоматизация энергосистем": учебное пособие / Г. М. Павлов. - Ленинград: Ленинградское издательство. ун-та, 1977.
10. https://gres1.kz официальный сайт компании ТОО «Экибастузская ГРЭС – 1» имени Булата Нуржанова.

© Әбілғазиев Е. Н., Ескабыл Ә. Б., 2023

Обзорная статья
УДК 621.577.2

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМ СБОРА НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ ГРУНТА ДЛЯ ПОДОГРЕВА ВОДЫ В КОРОВНИКАХ

Александр Александрович Павликов[1], Антон Павлович Ищенко[2], Антон Игоревич Кадухин[3]
[1,2,3] Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия
[1] Aleksandrpavlikov7@yandex.ru, https://orcid.org/0009-0009-9623-4752
[2] Familiename@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0003-3188-8199
[3] antonkaduhin@yandex.ru, https//orcid.org/0009-0007-4204-3366

Аннотация. В статье рассматриваются различные системы подогрева воды для поения КРС в животноводческих фермах. А также системы сбора низкопотенциальной энергии грунта для подогрева воды в поилках коровников в зимний период эксплуатации.
Ключевые слова: теплообмен, низкопотенциальная энергия, грунтовый теплообменник, коровники, водообеспечение, сельское хозяйство, крупный рогатый скот.
Для цитирования: Павликов А.А. Анализ возможности внедрения систем сбора низкопотенциальной энергии грунта для подогрева воды в коровниках / А.А. Павликов, А.П. Ищенко, А.И. Кадухин // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-технической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF INTRODUCING LOW-POTENTIAL GROUND ENERGY COLLECTION SYSTEMS FOR HEATING WATER IN COWSHEDS

Pavlikov Alexander Alexandrovich[1], Anton Pavlovich Ishchenko[2], Anton Igorevich Kadukhin[3]
Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia
[1]Aleksandrpavlikov7@yandex.ru, https://orcid.org/0009-0009-9623-4752
[2]Familiename@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0003-3188-8199
[3]antonkaduhin@yandex.ru, https//orcid.org/0009-0007-4204-3366

Annotation. The article discusses various water heating systems for drinking cattle in livestock farms. As well as systems for collecting low-potential ground energy for heating water in cowshed drinkers during the winter period of operation.
Keywords: heat transfer, low-potential energy, ground heat exchanger, cowsheds, water supply, agriculture, cattle.
For citation: Pavlikov A.A. Analysis of the possibility of introducing Low-potential Ground Energy Collection systems for heating water in cowsheds / A.A. Pavlikov, A.P. Ishchenko, A.I. Kadukhin // Improving the efficient operation of electrical equipment in agriculture: Materials of the International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko / Edited by C.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Технологические процессы в сельскохозяйственной отрасли требуют больших объемов электрической энергии, которая используется для работы систем отопления животноводческих помещений, обеспечения животных подогретой водой, тепловой обработки кормов и т.д.

На сегодняшний день, системы теплоснабжения, включающие и горячее водоснабжение, основаны на потреблении электрической энергии и органического топлива. Актуальным направлением энерго- и ресурсосбережения является внедрение практически неограниченных ресурсов возобновляемых природных источников низкопотенциального тепла (тепло воды подземных и поверхностных источников, грунта, воздуха и др.).

Здоровье и производительность крупного рогатого скота зависят не только от качества кормления, но и от уровня качества водоснабжения. Питьевая вода является одним из главных факторов, обеспечивающих здоровье и производительность КРС. Чтобы получить от коровы 1 кг молока требуется её обеспечить 3–4,5 л воды. Это условие должно выполняться для достижения высокой продуктивности животных. При недостаточном обеспечении питьевой водой коров, их производительность может значительно снизиться (на 8–40 %). Недостаток воды животные переносят плохо, возможно возникновение

нарушения пищеварения и замедление всасывания питательных веществ в кровь, ухудшение здоровья, снижение продуктивности.

Однако употребление холодной воды на постоянной основе может повлечь за собой негативные последствия для состояния КРС и может привести к переохлаждению, а как следствие, к нарушению функций желудочно-кишечного тракта. В то же время теплая вода медленно всасывается в желудочно-кишечном тракте, не утоляет жажду, животные становятся вялыми и восприимчивыми к простудным заболеваниям. Из источников [1,3,9] установлено, что оптимальная температура воды для поения животных составляет от 8 до 12 °С.

Материалы и методы. В животноводческих фермах применяют индивидуальные и групповые поилки. Индивидуальная поилка чаще всего состоит из чаши, клапана и нажимной педали, предназначенной для открывания и закрывания клапана. Тогда как групповые автопоилки выполняют из металла, реже пластмассы, корыта с подведенными к ним трубами водоснабжения. На данный момент существуют различные системы подогрева и поддержания необходимой температуры воды для поения КРС. Системы могут различаться в зависимости от количества поголовья в коровниках, климатических условий местности, на которой располагаются животноводческие помещения и т.д.

Основными видами подогрева воды в коровниках являются: использование электрических водонагревателей (рисунок 1), электрический подогрев в самих поилках. Системы подогрева, существующие на сегодняшний день, выполняют задачу по нагреву воды в коровниках, однако эти системы не лишены недостатков. Главным недостатком можно считать затраты на электроэнергию, использующуюся для работы нагревательных устройств.

На сегодняшний день ведутся исследования, направленные на сокращение потребления электрической энергии при подогреве воды для поения КРС Дулепова Ю.М., Капустин В. Н., Оболенский Н. В. Шупик М. В., Хазанов Е. Е., [1,2,3,4]. В их исследованиях описывается различные способы усовершенствования конструкций поилок и снижение энергозатрат для нагрева воды. Одним из перспективных способов снижения затрат — это использование низкопотенциальной теплоты, выделяющейся от КРС [1]. В источнике [4] дается анализ возможности использования в качестве источника энергию солнца.

Помимо этого, проводятся исследования снижения расхода электрической энергии для создания оптимальных условий в животноводческих помещениях за счет использования холода (тепла) земной толщи [7].

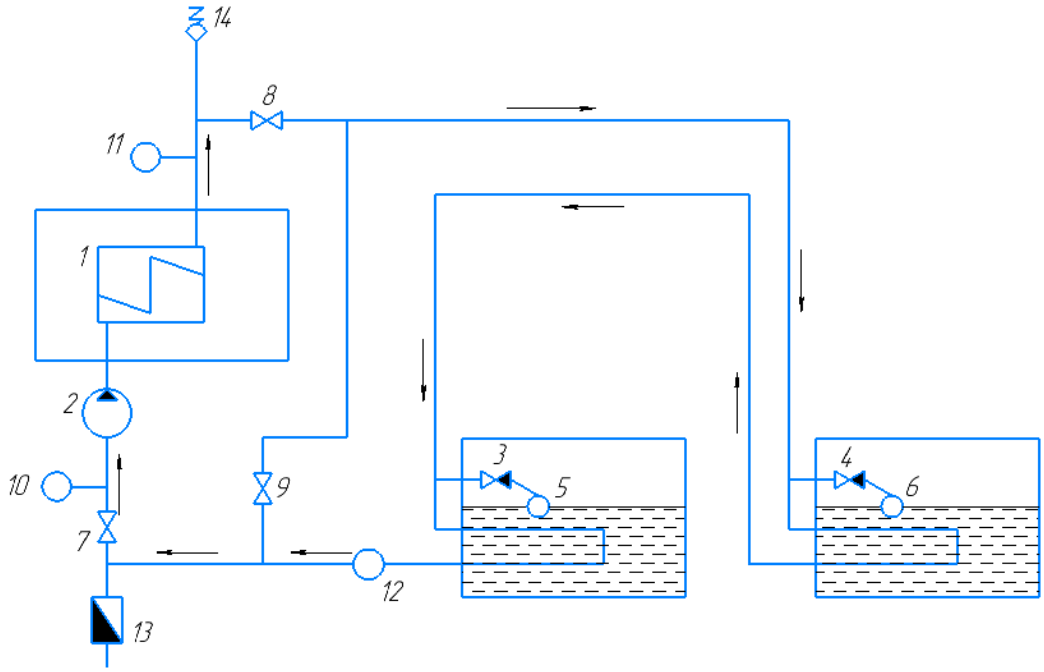


Рисунок 1 – Схема подогрева воды в групповых поилках:
1 – Подогреватель сетевой воды; 2 – Циркуляционный насос; 3,4 – Клапан; 5,6 – Поплавок; 7,8,9 – Кран шаровой; 10,11 – Термоманометр; 12 – Смотровое стекло; 13 – Обратный клапан; 14 – Воздушник.

Принцип работы представленной схемы на рисунке 1 состоит в следующем: вода из водопровода поступает через обратный клапан 13 и подается к циркуляционному насосу 2, который направляет её в подогреватель 1, в нём нагревается до необходимой температуры и направляется в поилки. Для поддержания постоянного уровня воды в поилке установлены поплавки 5 и 6, соединенные с клапанами 3 и 4, которые открываются при употреблении воды животными.

Оборудование, применяющееся на сегодняшний день для подогрева воды на фермах КРС, нуждается в модернизации, с целью снижения энергопотребления. Основным направлением модернизации является поиск новых способов поддержания необходимой температуры воды в поилках.

В геоклиматических условиях Российской Федерации наиболее стабильными и эффективными являются геотермальные теплонасосные системы теплоснабжения (ГТСТ), использующие в качестве источника низкопотенциальной теплоты повсеместно доступный источник – грунт.

Теплота грунтового массива может быть использована посредством нескольких различных способов. Основные виды устройств, позволяющие поглощать энергию из грунтового массива, которые чаще применяются на сегодняшний день, являются: горизонтальные грунтовые теплообменники, скважинные теплообменники (вертикальные и наклонные).

Системы, использующие теплообменник в грунте и предусматривающие извлечение из грунта только тепла, называются закрытыми, а системы, предусматривающие извлечение воды из земли, называются открытыми [5].

Горизонтальная схема размещения применяется с целью максимально уменьшить площадь земляных работ и обеспечить на небольшой площади достаточную поверхность контура. Данный метод эффективно может быть использован в том случае, если в распоряжении имеется достаточно большая площадь с отсутствием каких-либо построек.

Результаты исследования. Такая схема монтажа не очень перспективна и по сравнению с другими системами обладает малой эффективностью теплообмена, так как на глубине 1,5-2,5 метра почва имеет температуру всего 4-7^{o}C [6]. Из этого следует, что данный тип коллектора нуждается в больших по площади земляных работах и имеет малый низкотемпературный потенциал. Если расматривать применение таких систем в Саратовской области, то она не будет эффективно работать, так как глубина промерзания грунта находится в диапазоне 1,5-1,7 м.

Так как животноводческие комплексы располагаются в большинстве случаях вне города, необходимость в больших земельных площадях не является большой проблемой, в сравнении с малым низкотемпературным потенциалом, который характерен для данных схем. Не смотря на это, при проектировании таких систем следует учитывать:

- особенности ландшафта и характера грунтов;
- наличие близко расположенных водоёмов;

Вертикальная система предусматривает расположение коллектора в вертикальной скважине глубиной до 100 метров (рисунок 2) и использует систему труб в виде U-образного отвода 3, погружённого в скважину 2. Циркулируя по трубам, теплоноситель с глубины переносит теплоту земли к тепловому насосу 1. На рисунке 3 показана схема теплового насоса с грунтовым теплообменником. Принцип работы данной схемы заключается в следующем: теплоноситель поступает в U-образный теплообменник 2, в котором отбирает теплоту у грунтового массива. Затем циркуляционный насос 11 подает теплоноситель в тепловой насос 1. Расход теплоносителя определяется с помощью расходомера 8, температура теплоносителя в подающей и обратной линии – термометрами 12 и 13. Для контроля уровня давления установлен манометр 9.

Такой метод применяется при отсутствии возможности разместить теплообменник на большой площади, как, например, в случае горизонтальной закладки. Эффективность теплопереноса у этой схемы самая высокая, так как уже на глубине 10-50 метров от поверхности температура почвы составляет 8-13^{o}C. К плюсами данной системы можно отнести её дешевизну и компактность, а также быстроту процессов бурения [6].

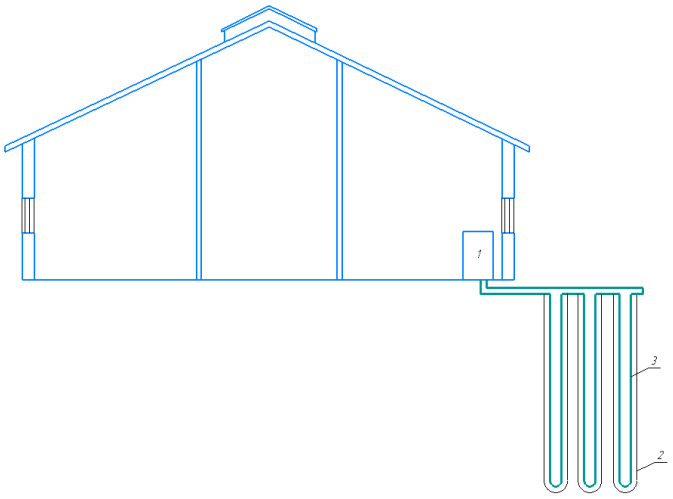


Рисунок 2 – Схема расположения вертикального грунтового теплообменника

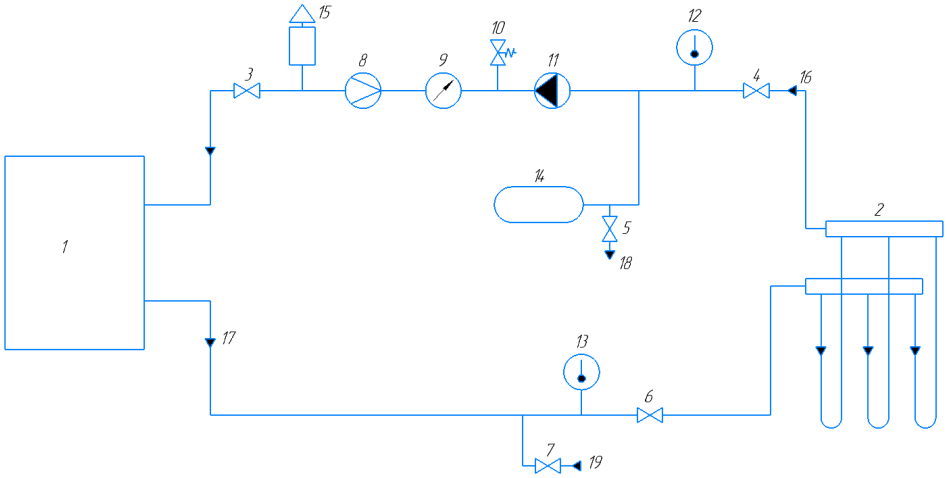


Рисунок 3 – Тепловой насос с грунтовым теплообменником:
1 – Тепловой насос; 2 – U-образные теплообменники; 3-7 – Краны шаровые; 8 – Расходомер; 9 – Манометр; 10 – Предохранительный клапан; 11 – Насос циркуляционный; 12, 13 – Термометры; 14 – Расширительный бак; 15 – Воздухоотводник; 16 – Подающая линяя; 17 – Обратная линия; 18 – Слив; 19 – Линия заполнения.

Стоит отметить, что подобные системы также не лишены недостатков. Основной проблемой многих видов грунтовых теплообменников является охлаждение грунта вокруг теплообменника при эксплуатации теплонасосных установок (ТНУ) и, как следствие, снижение эффективности ТНУ, особенно в зимний период эксплуатации.

Повышения эффективности работы ТНУ компрессионного типа с грунтовым горизонтальным теплообменником можно достичь за счет восстановления теплового баланса грунта в зоне грунтового теплообменника. Достигается это путем снабжения грунтового теплообменника аккумулятором тепловой энергии, помещенным в грунт в непосредственной близости от горизонтального теплообменника, и который используется для подогрева грунта, получающий в свою очередь энергию от солнечного коллектора [8].

Заключение. Использование для подогрева воды в групповых поилках теплонасосные системы теплоснабжения является актуальным направлением в

энергосбережении, так как цены на традиционные энергоносители и электричество растет. Но одним из главных условий применения их – это необходимость закладывать теплонасосные системы теплоснабжения уже на стадии проектирования коровника.

Поэтому дальнейшие исследования применения энергии грунта направлены на возможность увеличения эффективности теплообменных устройств путем изменения конструкции, исследованием режимов течения теплоносителя и т.д. в ближайшее время будет становиться популярным направлением.

Список источников

1. Дулепова Ю.М. Разработка и исследование энергосберегающего устройства для нагрева воды, работающего от теплоты крупного рогатого скота: дисс. …канд. техн. наук : 05.20.02 / Ю.М. Дулепова . – Княгинино, 2022 – 168 с.
2. Дулепова Ю.М. Анализ конструктивных особенностей устройства для нагрева воды, предназначенной для поения животных / Ю. М. Дулепова, А. А. Александрова // Техника и технологии в животноводстве. 2021. № 4 (44). С. 42–47.
3. Оболенский Н.В. Основные направления модернизации систем поения на фермах КРС / Н.В. Оболенский, А.В. Шевелев // Вестник НГИЭИ. 2016. №10 (65). С. 111-118.
4. Маслова (Александрова) А.А. Теоретические предпосылки создания солнечного водонагревателя [Текст] / А.А. Маслова (Александрова), М. М. Маслов / Вестник НГИЭИ. – 2017. – №4(71) – С. 67–76.
5. Методические рекомендации по использованию теплоты грунтового массива для теплохладоснабжения здания. Москва 2019.
6. Костенко С.А. Организация укладки подземного контура теплообменника при использовании низкотемпературной геотермальной системы для термостабилизации дорожного полотна на многоуровневых транспортных развязках/ С.А. Костенко, А.А. Пискунов, Н.А. Ганин // «Инновации и инвестиции». № 3. 2021. С. 307–313.
7. Тихомиров Д.А. Обогрев и охлаждение животноводческих помещений с использованием геотермальной и внепиковой энергии / Д. А. Тихомиров, С.С. Трунов // Агротехника и энергообеспечение. –2019. – № 1 (22). С. 86–96.
8. Сучилин В.А. Исследование эффективности грунтового горизонтального теплообменника бытового теплового насоса с помощью Comsol Multiphisics / В.А. Сучилин, А.С. Кочетков, Н.Н. Губанов // Вестник Евразийской науки, 2018 №2, https://esj.today/PDF/38SAVN218.pdf (доступ свободный).
9. Коршунов Б.П. Энергосберегающая комбинированная теплохолодильная система для молочных ферм / Б.П. Коршунов, Ф. Марьяхин, А.И. Учеваткин, А.Б .Коршунов, В.В. Иванов // Инновации в сельском хозяйстве. 2016. № 4 (19). С. 106–110

© Павликов А.А., Ищенко А.П., Кадухин А.И., 2023

Обзорная статья
УДК 621.565.93

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕПЛООБМЕНА В ПЛАСТИНЧАТЫХ И КОЖУХОТРУБНЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТАХ

Александр Александрович Павликов[1], Антон Павлович Ищенко[2], Антон Игоревич Кадухин[3]
[1,2,3] Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия
[1] Aleksandrpavlikov7@yandex.ru, https://orcid.org/0009-0009-9623-4752
[2] Familiename@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0003-3188-8199
[3] antonkaduhin@yandex.ru, https//orcid.org/0009-0007-4204-3366

Аннотация. В данной статье приводится аналитический обзор современных методов и устройств интенсификации теплообмена в теплообменном оборудовании различного назначения.
Ключевые слова: теплообмен, интенсификация, пластинчатые теплообменные аппараты, кожухотрубные теплообменные аппараты, теплоотдача, гидравлические сопротивления, теплоноситель.
Для цитирования: Павликов А.А. Анализ процесса интенсификации теплообмена в пластинчатых и кожухотрубных теплообменных аппаратах / А.А. Павликов, А.П. Ищенко, А.И. Кадухин // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-технической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

ANALYSIS OF THE PROCESS OF HEAT TRANSFER INTENSIFICATION IN PLATE AND SHELL-AND-TUBE HEAT EXCHANGERS

Pavlikov Alexander Alexandrovich[1], Anton Pavlovich Ishchenko[2], Anton Igorevich Kadukhin[3]
Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia
[1]Aleksandrpavlikov7@yandex.ru, https://orcid.org/0009-0009-9623-4752
[2]Familiename@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0003-3188-8199
[3]antonkaduhin@yandex.ru, https//orcid.org/0009-0007-4204-3366

Annotation. This article provides an analytical review of modern methods and devices for intensifying heat transfer in heat exchange equipment for various purposes.

Keywords: heat exchange, intensification, plate heat exchangers, shell-and-tube heat exchangers, heat transfer, hydraulic resistances, coolant.
For citation: Pavlikov A.A. Analysis of the process of heat transfer intensification in plate and shell-and-tube heat exchangers / A.A. Pavlikov, A.P. Ishchenko, A.I. Kadukhin // Improving the efficient operation of electrical equipment in agriculture: Materials of the International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko / Edited by C.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Теплообменные аппараты являются важной и неотъемлемой частью многих энергетических систем и установок, используемых различных отраслях производства. Применение подобных аппаратов широко распространено в теплоэнергетике, строительстве, технологических процессах сельского хозяйства и т. д.

Из всего многообразия видов теплообменных аппаратов наиболее распространенными являются пластинчатые и кожухотрубные теплообменники. Разработка и создание более эффективных теплообменных аппаратов позволяет обеспечить высокую экономию топлива, материалов и капиталовложений. Значительное влияние на улучшение данных показателей может оказать внедрение эффективных методов интенсификации теплообмена на стадии разработки и производства теплообменных аппаратов.

На сегодняшний день известно большое количество различных методов интенсификации теплообмена, заключающихся в изменении конструкции и геометрии поверхностей теплообмена (шероховатые и развитые поверхности), а также использовании различных добавок и примесей в теплоносителях [1].

Одним из перспективных способов повышения эффективности теплообменного оборудования является использование поверхностных интенсификаторов теплоотдачи в профилированных трубах. Среди профилированных труб выделяют кольцевую (рисунок 1,а) и спиральную накатку (рисунок 1,б).



а б

Рисунок 1 – Конструкция труб а) с кольцевой накаткой, б) со спиральной накаткой.

В работе [3] Яркаев М.З. исследовал гидравлические сопротивления и теплоотдачу каналов со сферическими выступами. После проведения экспериментальных исследований автором были определены влияние геометрических параметров на коэффициент гидравлических сопротивлений и

коэффициент теплоотдачи. Лабораторные исследования кожухотрубных теплообменных аппаратов, в которых использовались поверхностные интенсификаторы, показали, что использование данных интенсификаторов позволяет увеличить тепловую мощность от 37,5 до 200%.

Одним из главных недостатков, присущих данному способу интенсификации, можно назвать увеличение гидравлического сопротивления. Хоть автор и описывает условия, при котором рост гидравлического сопротивления будет минимальным, но полностью исключить этот рост нельзя.

Другим способом интенсификации теплообмена можно назвать нанесение систем сферических углублений на исходную гладкую поверхность (рисунок 2). Данный способ смотрится более предпочтительным по сравнению с вышеописанным, так как при использовании сферических углублений не происходит увеличения потерь на трения.

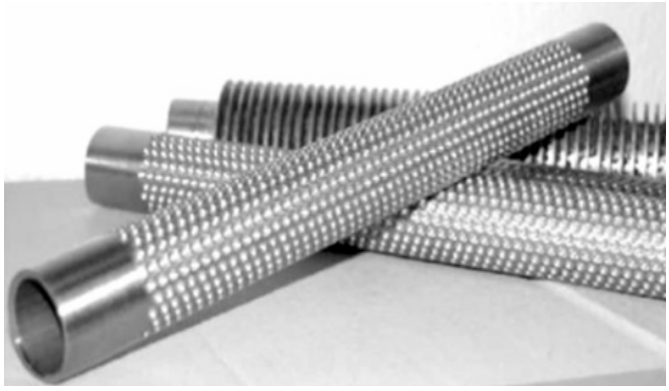


Рисунок 2 – Трубы со сферическими выемками

Исследования по использованию сферических углублений описывается в работе [4] Власенко А.С. В ходе экспериментальных исследований автором установлена зависимость увеличения коэффициента теплоотдачи от высоты каналов в теплообменном аппарате. Наличие лунок на стенках в каналах с высотой 8, 4 и 1,5 см увеличивает коэффициент теплоотдачи в 1,35, 1,8 и 2,25 раз соответственно, в сравнении с гладким каналом.

Самыми распространенными методами интенсификации теплообмена в пластинчатых теплообменных аппаратах являются: изменение геометрии поверхности теплообмена; применение механических турбулизаторов; использование твердых частиц в теплоносителе.

В своей работе [2] Саввин Н. Ю. исследует изменение геометрии поверхности теплообмена с целью интенсификации тепловых процессов. Для этих целей автором предложена оригинальная конструкция пластинчатого теплообменного аппарата [5].

По итогу лабораторных исследований с применением тепловизионного метода автором определено, что использование оригинальных пластин со сферическими углублениями позволяет увеличить эффективность теплообменного процесса за счет повышенной турбулизации теплоносителя.

После проведения промышленных испытаний пластинчатого теплообменного аппарата с повышенной турбулизацией теплоносителя автором

установлено, что коэффициент теплопередачи разработанного теплообменника выше в среднем на 5% при его работе в системе отопления, и на 4% - при работе в системе химводоочистки по сравнению с серийным теплообменником.

Дополнительно было установлено, что потери напора интенсифицированного теплообменного аппарата в греющем и нагреваемом контурах больше, чем у серийного в среднем на 3% и 4% соответственно.

Однако при этом наблюдается увеличение коэффициента теплопередачи, в среднем на 5%, что значительно улучшает теплообмен во всем аппарате, а также ведет к уменьшению числа гофрированных пластин на 10%, что снижает металлоёмкость аппарата и повышает экономические показатели.

Заключение. На основании проведенного анализа можно отметить, что в исследовании каждого автора достигается увеличение коэффициента теплопередачи, за счет использования различных методов интенсификации. Однако становится актуальным вопрос применения данных способов интенсификации совместно с другими – использование комбинированных способов интенсификации. Дальнейшие исследования также могут быть направленны на изучение возможности использования данных методов интенсификации в других теплообменных аппаратах и устройствах.

Список источников

1. Попов И.А. Физические основы и промышленное применение интенсификации теплообмена: Интенсификация теплообмена: монография / И.А. Попов, Х.М. Махянов, В.М. Гуреев; под общ. ред. Ю.Ф. Гортышова. – Казань: Центр инновационных технологий, 2009. – 560 с.

2. Савин Н. Ю. Совершенствование конструкции и метода расчета пластинчатого теплообменного аппарата с повышенной эффективностью: автореферат дисс. …канд. техн. наук : 2.1.3 / Саввин Никита Юрьевич. – Белгород, 2022 – 20 с.

3. Яркаев М. З. Теплогидравлическая эффективность профилированных каналов различной формы при ламинарном, переходном и турбулентном режимах печения теплоносителей: автореферат дисс. …канд. техн. наук : 01.04.14 / Яркаев Марсель Зафурович. – Казань, 2015 – 19 с.

4. Власенко А. С. Увеличение эффективности теплообменников посредством интенсификации теплообмена на поверхностях со сферическими углублениями: автореферат дисс. …канд. техн. наук : 05.14.04 / Власенко Алексей Сергеевич. – Москва, 2011 – 20 с.

5. Пат. № 199344 РФ. МПК F28F 3/00 Пластина теплообменника / Кущев Л.А., Саввин Н.Ю., Феоктистов А.Ю., Зинькова В.А., Алифанова А.И., Булгаков С.Б., Шаптала В.Г. // № 2020114112; заявл. 03.04.2020; опубл. 28.08.2020, Бюл. №25. 5 с.

© Павликов А.А., Ищенко А.П., Кадухин А.И., 2023

Научная статья
УДК 621.384.3-529:631.462+631.311.8

ПРОГРАММНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ПОЧВЫ И СУБСТРАТА В ТОНКОМ СЛОЕ ИК-ИЗЛУЧЕНИЕМ НА КОНВЕЙЕРЕ

Ирина Геннадиевна Поспелова[1], Иван Владимирович Возмищев[2], Елизавета Геннадьевна Трефилова[1]
[1]Удмуртский государственный аграрный университет, г. Ижевск, Россия
[2]Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, г. Ижевск, Россия
[1]pospelovaig@mail.ru, https://orcid.org/0009-0003-6458-9774
[2]vozm-ivan@yandex.ru
[1]lizatrefilova47@gmail.com

Аннотация. В статье приводится описание программы для ЭВМ, которая будет записана в программируемое реле и будет управлять процессом обеззараживания почвы и субстрата в тонком слое ИК-излучением на конвейере.
***Ключевые слова*:** программное управление, обеззараживание, ИК-излучение, почва и субстрат, конвейер, температура.
***Для цитирования*:** Поспелова И.Г., Возмищев И.В., Трефилова Е.Г. Программное управление процессом обеззараживания почвы и субстрата в тонком слое ИК-излучением на конвейере // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-технической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Scientific article

SOFTWARE CONTROL OF THE PROCESS OF DISINFECTION OF SOIL AND SUBSTRATE IN A THIN LAYER BY IR RADIATION ON A CONVEYOR

Irina Gennadievna Pospelova[1], Ivan Vladimirovich Vozmishchev[2], Elizaveta Gennadievna Trefilova[1]
[1]Udmurt State Agrarian University, Izhevsk, Russia
[2]Izhevsk State Technical University named after M.T. Kalashnikov, Izhevsk, Russia
[1]pospelovaig@mail.ru
[2]vozm-ivan@yandex.ru
[1]lizatrefilova47@gmail.com

Annotation. The article describes a computer program that will be written into a

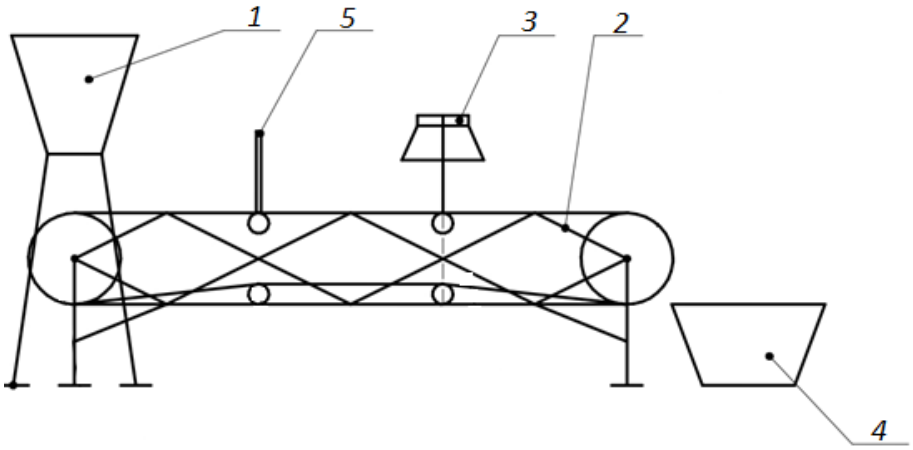
programmable relay and will control the process of disinfecting soil and substrate in a thin layer with IR radiation on a conveyor belt.

Key words: program control, disinfection, IR radiation, soil and substrate, conveyor, temperature.

For citation: Pospelova I.G., Vozmishchev I.V., Trefilova E.G. Program control of the process of disinfection of soil and substrate in a thin layer with IR radiation on a conveyor // Increasing the effective operation of electrical equipment in agriculture: materials of the International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko / Ed. C.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Внедрение программируемых реле (ПР) в процессы управления позволяют контролировать рассматриваемые параметры без остановки или частичного прерывания технологического процесса во время оценки полученных значений текущих параметров для формирования управляющих воздействий. ПР создаются для упрощения процесса во время решения сложных задач. Их функциональность и высокая производительность позволяет экономить время и деньги, затрачиваемые на решение конкретной технологической задачи [1].

Материалы и методы. Для управления процессом обеззараживания почвы и субстрата в тонком слое ИК-излучением на конвейере устройство (рисунок 1) оснащается программируемым реле (ПР-200), куда будет записана, разрабатываемая нами, программа для ЭВМ.



1 – бункер; 2 – лента конвейера; 3 – ИК горелка; 4 – бункер созревания почвосмеси; 5 – датчик температуры

Рисунок 1 – Схема устройства для обеззараживания ИК-излучением почвосмеси в тонком слое на конвейере

Результаты исследования. Подготовленная почвосмесь из бункера подачи (1) попадает на ленту конвейера (2) тонким слоем толщиной 1…3 см. Толщина регулируется зазором между лентой и планкой, предназначенной для выравнивания толщины слоя почвосмеси. Над

лентой конвейера установлена газовая ИК горелка (3) с регулируемой мощностью в пределах 4...10 кВт. Движение ленты конвейера должно обеспечивать прогревание почвосмеси до 100±5°С. Это контролируется датчиком температуры, который подает сигнал на электродвигатель конвейера и регулирует его движение. Обеззараженная почвосмесь с ленты конвейера ссыпается в бункер созревания(4).

Перед началом работы оператор устройства должен произвести замеры влажности и температуры, подготовленной почвосмеси или субстрата, значение которых будет введено в программу в качестве начальных параметров. Мощность ИК горелки и высота ее подвеса над лентой конвейера определяются экспериментально по результатам бактериального посева обработанной почвосмеси, затем устанавливаются как постоянные величины.

Программа для ЭВМ позволяет анализировать введенные параметры влажности, температуры почвосмеси задаваемые оператором перед началом работы, а затем контролировать температуру обеззараживания в слое почвосмеси датчиком температуры (5) пока та не нагреется до необходимой (100±5°С).

Термодатчик контролирует температуру слоя почвосмеси, если она достигнута информирует об этом программируемое реле, которое в свою очередь подает сигнал на частотный преобразователь. Частотный преобразователь задает скорость вращения двигателя мотор-редуктора, а следовательно увеличивает скорость движения ленты конвейера.

Заключение. Таким образом, применение программируемого реле (ПР-200) на примере управления процессом обеззараживания почвы и субстрата в тонком слое ИК-излучением на конвейере, позволит автоматизировать процесс и использовать установку энергоэффективнее.

Список источников

1. Валеев Р.А. Обоснование необходимости эксэргетического анализа преобразований энергии в сельскохозяйственном производстве / Валеев Р.А., Кондратьева Н.П. // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии, – 2014- №1. – С.12-13.

2. 2. Поспелова, И. Г. Способы обеззараживания почвы и субстрата в условиях защищенного грунта / И. Г. Поспелова, И. В. Возмищев // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения : Материалы XII Международной научно-практической конференции, посвященной 160-летию со дня рождения П.А. Столыпина, Ульяновск, 14–15 апреля 2022 года. Том 2022. – Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2022. – С. 453-457. – EDN ROIQEE.

3. Применение инфракрасного нагрева при обеззараживании почвы в защищенном грунте и механизм распространения тепла / П. В. Дородов, И. Г. Поспелова, И. В. Возмищев, И. В. Титов // Электротехнологии и

электрооборудование в АПК. – 2022. – Т. 69, № 2(47). – С. 59-64. – DOI 10.22314/2658-4859-2022-69-2-59-64. – EDN VTKZNA.

4. Поспелова, И. Г. К вопросу о способах обеззараживания почвы в защищенном грунте / И. Г. Поспелова, И. В. Возмищев, А. М. Ниязов // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2020. – Т. 67, № 3(40). – С. 45-49. – DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-3-45-49. – EDN NONPMR.

5. Применение ИК-излучения для нагрева почвы в качестве обеззараживания в защищенном грунте / И. Г. Поспелова, Т. А. Широбокова, И. В. Возмищев, И. В. Титов // Образование, наука и производство в XXI веке: современные тенденции развития : Материалы юбилейной Международной конференции, Могилев, 11–12 ноября 2021 года. – Могилев: Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования "Белорусско-Российский университет", 2021. – С. 154-155. – EDN QSURND.

6. Поспелова, И. Г. ИК-нагрев для обеззараживания почвы в защищенном грунте / И. Г. Поспелова, И. В. Возмищев // Развитие инженерного образования и его роль в технической модернизации АПК : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию подготовки инженеров-механиков Ижевской государственной сельскохозяйственной академией, Ижевск, 11–13 ноября 2020 года. – Ижевск: Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2021. – С. 158-160. – EDN HNENAG.

7. Поспелова, И. Г. Разработка энерго- ресурсосберегающих установок для обеззараживания почвы и субстрата / И. Г. Поспелова, И. В. Возмищев, И. Р. Владыкин // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2021. – Т. 68, № 4(45). – С. 3-8. – DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-3-8. – EDN PMPVMZ.

8. Поспелова, И. Г. Разработка экспериментальной установки для обеззараживания почвы ИК-излучением в защищенном грунте / И. Г. Поспелова, И. В. Возмищев // Наука без границ и языковых барьеров : Материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Орел, 27–28 апреля 2023 года. – Орел: Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина, 2023. – С. 346-350. – EDN OMIIOV.

9. Применение инфракрасного нагрева при обеззараживании почвы в защищенном грунте и механизм распространения тепла / П. В. Дородов, И. Г. Поспелова, И. В. Возмищев, И. В. Титов // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2022. – Т. 69, № 2(47). – С. 59-64. – DOI 10.22314/2658-4859-2022-69-2-59-64. – EDN VTKZNA..

10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022680067 Российская Федерация. Исследование температурного поля в почве при обеззараживании защищенного грунта : № 2022669324 : заявл. 20.10.2022 : опубл. 27.10.2022 / П. В. Дородов, И. Г. Поспелова ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия». – EDN BVWJHF.

© Поспелова И.Г., Возмищев И.В., Трефилова Е.Г., 2023

Научная статья
УДК 621.365.683.9

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ МНОГОЗОННЫХ ЭЛЕКТРОДНЫХ ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЕЙ-ДАТЧИКОВ ПРИ ИЗМЕНЕНИЯХ МАССОВОГО РАСХОДА ОБРАБАТЫВАЕМОЙ СРЕДЫ

Прищепов Михаил Александрович[1], Рутковский Иосиф Геннадьевич[2]
[1,2]Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь
[1]pma.eshp@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-5359-3861
[2]rutkovskii.informatics@bsatu.by, https://orcid.org/0000-0001-9634-5334

Аннотация. В статье приводится анализ использования многозонных электродных электронагревателей-датчиков в электронагревательных установках для нагрева сельскохозяйственных термолабильных сред. Информационный сигнал электродных электронагревателей-датчиков позволяет получать информацию не только по температуре в межэлектродном пространстве, но и контролировать отклонение режимов работы электронагревательных установок с электродными электронагревателями-датчиками от нормальных.
Ключевые слова: электронагрев, многозонный электродный электронагреватель-датчик, информационный сигнал, температура, моделирование, численный метод.
Для цитирования: Прищепов, М.А. Многофункциональные направления использования многозонных электродных электронагревателей-датчиков / М.А. Прищепов, И.Г. Рутковский // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-технической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

SIMULATION OF THE OPERATION OF MULTI-ZONE ELECTRODE ELECTRIC HEATERS-SENSORS WITH CHANGES IN THE MASS FLOW RATE OF THE TREATED MEDIUM

Prishchepov Mikhail Alexandrovich[1], Rutkouski Iosif Gennadievich[2]
[1,2]Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Republic of Belarus
[1]pma.eshp@gmail.com , https://orcid.org/0000-0002-5359-3861
[2]rutkovskii.informatics@bsatu.by, https://orcid.org/0000-0001-9634-5334

Annotation. The article provides an analysis of the use of multi-zone electrode electric heaters-sensors in electric heating installations for heating agricultural

thermolabile media. The information signal of electrode electric heaters-sensors allows you to receive information not only on the temperature in the interelectrode space, but also to control the deviation of the operating modes of electric heating installations with electrode electric heaters-sensors from normal ones.
Keywords: electric heating, multi-zone electrode electric heater-sensor, information signal, temperature, modeling, numerical method.
For citation: Prishchepov, M.A. Multifunctional directions of using multi-zone electrode electric heaters-sensors / M.A. Prishchepov, I.G. Rutkouski // Improving the efficient operation of electrical equipment in agriculture: materials International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko / Ed. S.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. В современном сельскохозяйственном производстве тепловая энергия широко применяется при стерилизации и пастеризации, сушке и подогреве различных сред, в системах горячего водоснабжения, отопления и микроклимата необходимых людям, животным и растениям. В технологических процессах, для получения тепловой энергии используется сжигание жидкого, твердого и газообразного органического топлива, а так же преобразование электрической энергии в тепловую. Потребление электрической энергии для тепловых нужд, с вводом в эксплуатацию Белорусской АЭС, существенно возрастает в связи с ее преимуществами при поддержании требуемой температуры, повышении равномерности и избирательности нагрева, а так же улучшении санитарно-гигиенических условий труда. Это способствует повышению противопожарной безопасности и снижению трудозатрат при эксплуатации нагревательного и отопительного оборудования, что особенно важно при постоянном сокращении обслуживающего персонала [1]. Автоматизация электронагревательных установок (ЭНУ) позволяет повысить качество обработки термолабильных сред и снизить расход электроэнергии. Для получения информационного сигнала (ИС) о температуре нагрева, в настоящее время, широко используются термопары и терморезисторы. Несмотря на то, что это наиболее современные датчики температуры, но заключенные в кожух, они имеют постоянную времени, которая сопоставима с инерционностью ЭНУ. Идеальный контроль температуры по объему нагреваемой среды происходит в электродном электронагревателе-датчике (ЭЭН-Д), в котором нагреватель одновременно является и датчиком температуры. ЭЭН-Д, при этом, может одновременно выполнять функции нагревателя и датчика температуры, поскольку нагреваемая среда термочувствительна, она существенно меняет свое сопротивление при изменении температуры, т.е. имеет значительный температурный коэффициент сопротивления [2, 3]. Кроме того, по сопротивлению межэлектродного пространства ЭЭН-Д можно контролировать аварийные и технологически недопустимые процессы в ЭНУ, в частности при отложениях на электродах.

Цель данной статьи – исследование работы многозонного ЭЭН-Д при отклонении режимов работы от нормальных.

Материалы и методы. Применение ЭЭН-Д (рис. 1) не исчерпывается областями использования в качестве нагревателя и датчика температуры. Результаты теоретических и экспериментальных исследований указывают на возможность выполнения ими такой функции, как защита ЭНУ при отклонении режимов работы от нормальных. Отклонение режимов работы ЭНУ с ЭЭН-Д от нормальных, как правило, приводит к изменению допустимой плотности тока на электродах. Превышение допустимой плотности тока на электродах может приводить к нарушению технологического процесса, перегреву обрабатываемой среды и лавинообразному росту отложений на электродах. Одной из наиболее распространенных причин нарушения нормальных условий работы – понижение величины массового расхода обрабатываемой среды, у проточного ЭЭН-Д, ниже допустимой величины. Указанная функция ЭЭН-Д требует теоретического обоснования.

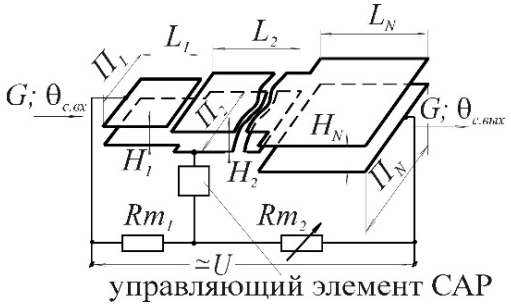


Рисунок 1 – Электротепловая схема ЭЭН-Д:
G – массовый расход обрабатываемой среды, кг/с; $\theta_{с.вх}$, $\theta_{с.вых}$ – температура на входе и на выходе ЭЭН, ЭЭН-Д, ºС; L_1, L_2, L_N – длина электродов на 1, 2, N-ой последовательно соединенной зоне ЭЭН-Д, м; N – количество последовательно соединенных зон (на единицу меньше количества электродов электродной системы ЭЭН-Д); H_1, H_2, H_N – межэлектродное расстояние на 1, 2, N-ой последовательно соединенной зоне ЭЭН-Д, м; $П_1$, $П_2$, $П_N$ – ширина электродов на 1, 2, N-ой последовательно соединенной зоне ЭЭН-Д, м; *Rm1, Rm2* – термонезависимые сопротивления измерительного моста ЭЭН-Д, Ом; U – напряжение питания, В; САР – система автоматического регулирования

Электротепловые процессы (ЭТП), происходящие в проточном многозонном ЭЭН-Д (рис. 1), описываются следующей системой уравнений [4, 5]:

$$\begin{cases} C_p \cdot p_c \cdot H_k \cdot П_k \cdot \dfrac{d\theta_c}{d\tau} + C_p \cdot G \cdot \dfrac{d\theta_c}{dx} = \dfrac{U_k^2 \cdot П_k \cdot \eta}{\rho_t(\theta_c) \cdot H_k}; \\ U_k = I \cdot R_k; \\ I = Cp \cdot G \cdot (\theta_{с.вых} - \theta_{с.вх}) / (\eta \cdot U); \\ U = \sum\limits_{k=1}^{N} U_k; \\ R_k = \int\limits_0^{L_k} \rho_t(\theta_c) dx \cdot \int\limits_0^{L_k} H_k dx / (\int\limits_0^{L_k} П_k dx \cdot L_k{}^2); \\ R = \sum\limits_{k=1}^{N} R_k. \end{cases} \quad (1)$$

где G – массовый расход обрабатываемой среды, кг/с; C_p – удельная теплоемкость обрабатываемой среды, Дж/(кг·°С); ρ_c – плотность обрабатываемой среды, кг/м^3; x – текущая координата длины ЭЭН-Д, м; θ_c – температура обрабатываемой среды, °С; τ – переменная по времени нагрева, с; H_k – межэлектродное расстояние на k-ой последовательно соединенной зоне ЭЭН-Д, м; $П_k$ – ширина электродов электронагревателя на k-ой последовательно соединенной зоне ЭЭН-Д, м; ρ_t – удельное сопротивление обрабатываемой среды, Ом·м; η – коэффициент полезного действия, о.е.; U – напряжение питания, В; U_k – напряжение на k-ой последовательно соединенной зоне, В; I – мгновенное значение полного тока электронагревателя, А; R_k – мгновенное значение сопротивления k-ой зоны ЭЭН-Д, Ом; L_k – длина k-ой зоны ЭЭН-Д, м; R – мгновенное значение полного сопротивления электронагревателя, Ом.

Расчет величины ИС ΔU в измерительной диагонали моста ЭЭН-Д (рисунок 1) проводится по выражению (2) [6]:

$$\Delta U = U \cdot R_{pr} \cdot \frac{Rm_3 \cdot Rm_2 - Rm_4 \cdot Rm_1}{Rm_{12} \cdot R_{pr} \cdot R + Rm_3 \cdot Rm_4 \cdot Rm_{12} + Rm_1 \cdot Rm_2 \cdot R}, \quad (2)$$

где R_{pr} – внутреннее сопротивление измерительного прибора, Ом; Rm_3, Rm_4 – термозависимые сопротивления ЭЭН-Д, образующие мостовую измерительную схему, Ом; $Rm_{12}=Rm_1+Rm_2$ – сумма термонезависимых сопротивлений мостовой измерительной схемы, Ом.

Решение дифференциального уравнения в частных производных системы (1) проводилось численно [7–9]. Для решения использовалась следующая конечно-разностная схема аппроксимации дифференциального уравнения:

$$C_p \cdot \rho_c \cdot H_{kl} \cdot П_{kl} \frac{\theta_l^{n+1} - \theta_l^n}{\tau_i} + C_p \cdot G \cdot \sigma \cdot \frac{\theta_{l+1}^{n+1} - \theta_{l-1}^{n+1}}{2 \cdot h} + C_p \cdot G \cdot (1-\sigma) \cdot \frac{\theta_{l+1}^n - \theta_{l-1}^n}{2 \cdot h} = \frac{U_{kl}^2 \cdot П_{kl} \cdot \eta}{\rho_t(\theta_c) \cdot H_{kl}}, \quad (3)$$

где θ_l^{n+1} – температура обрабатываемой среды на l – й секции, $n+1$ – м расчетном (текущем) шаге, °С; θ_l^n – температура обрабатываемой среды на l–й секции n–м расчетном (предыдущем) шаге, °С; θ_{l+1}^{n+1} – температура обрабатываемой среды на $l+1$ – й секции, $n+1$ – м расчетном (текущем) шаге, °С; θ_{l-1}^{n+1} – температура обрабатываемой среды на l-1 – й секции, $n+1$ – м расчетном (текущем) шаге, °С; θ_{l+1}^n – температура обрабатываемой среды на $l+1$ – й секции, n – м расчетном (предыдущем) шаге, °С; θ_{l-1}^n – температура обрабатываемой среды на l-1 – й секции, n – м расчетном (предыдущем) шаге, °С; σ – вещественный параметр, определяющий удельный “вес” предыдущего и текущего шага при расчете; h – величина шага по направлению x, м; τ_i – величина шага по времени x, с.

Для решения алгебраической системы уравнений, конечно-разностную схему (3) преобразуем к рекурентной формуле, обеспечивающей построение системы алгебраических уравнений с трехдиагональной матрицей:

$$\theta_{l-1}^{n+1} - \frac{2 \cdot \rho_c \cdot H_{kl} \cdot \Pi_{kl} \cdot h}{G \cdot \sigma \cdot \tau_i} \cdot \theta_l^{n+1} - \theta_{l+1}^{n+1} = -F_l^n, \quad (4)$$

где

$$F_l^n = \frac{\sigma - 1}{\sigma}\left(\theta_{l+1}^n - \theta_{l-1}^n\right) + \frac{2 \cdot \rho_c \cdot H_{kl} \cdot \Pi_{kl} \cdot h}{G \cdot \sigma \cdot \tau_i} \cdot \theta_l^n + \frac{2 \cdot U_{kl}^2 \cdot \Pi_{kl} \cdot h \cdot \eta}{\rho_t(\theta_c) \cdot H_{kl} \cdot C_p \cdot G \cdot \sigma}. \quad (5)$$

Производная по x аппроксимируется полусумой конечно-разностных соотношений на n-м и $(n+1)$-м расчетных слоях. В связи с нелинейностью уравнения, его решение, на каждом шаге, проводится итерационным методом. Строится итерационный процесс для уточнения параметров ($\rho_t(\theta_c)$, R, I, θ_c) в зависимости от температуры среды θ_t^{n+1}. Устойчивость итерационного процесса определяется по числу итераций, проводимых для достижения требуемой точности расчета. При числе итераций на текущем расчетном слое, которое превышает заданное их количества ($N_{max} \approx 7…10$), величину шага необходимо уменьшать в два раза, и проводить повторный расчет. В случае, когда необходимая точность расчета достигается за число итераций, которое меньшее минимального их числа ($N_{min} \approx 2…3$), то такой часчетный слой рассчитывается с шагом в 1,3 раза большим предыдущего. Если число итераций IM находится в интервале $N_{min} \le IM \le N_{max}$, то очередной $(n+1)$-ый слой рассчитывается с шагом n-го слоя. При соблюдении данного условия достигается высокая адекватность математической модели и реального процесса нагрева.

Расчет статических и динамических электротепловых характеристики ЭЭН-Д при нагреве обрабатываемой среды проводится по блок-схеме алгоритма приведенной на рисунке 2.

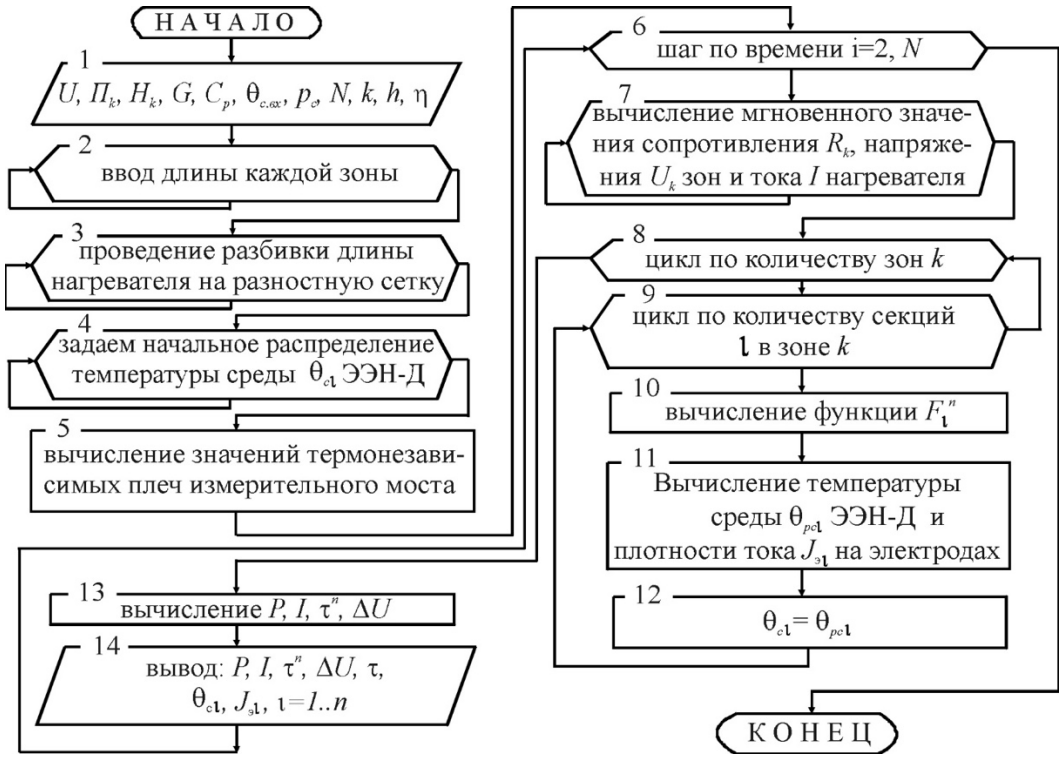
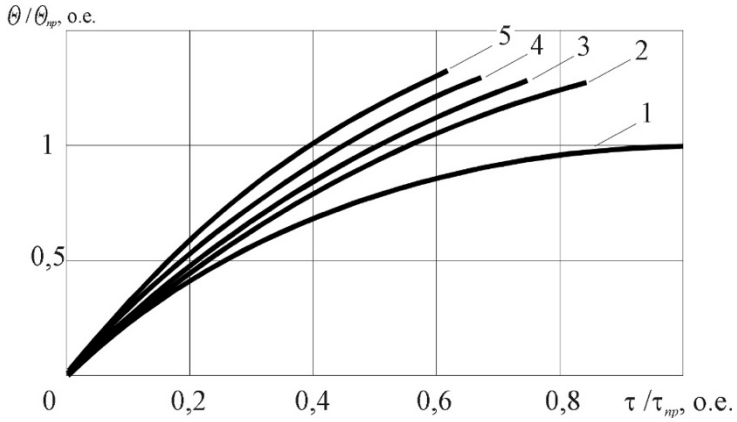


Рисунок 2. – Алгоритм расчета статических и динамических характеристик ЭЭН-Д

В приведенной блок-схеме алгоритма приняты следующие обозначения: P – мгновенное значение мощности электронагревателя, Вт; τ^n – текущее время расчета, с; θ_{cl} – температура обрабатываемой среды на l – й секции, $n+1$ – м расчетном (текущем) шаге, ^oC; θ_{pcl} – температура обрабатываемой среды на l – й секции, n – м расчетном (предыдущем) шаге, ^oC; i – переменная цикла шага по времени.

Результаты исследования. Расчеты проводились для различных величин массового расхода обрабатываемой среды (воды) G в пределах от величины расхода, для которой проектировался ЭЭН-Д $G_{пр}$, и до минимальной величины расхода, равной нулю, т.е. $G_{пр} \geq G \geq 0$. При этом определялись: время нагрева τ, величина ИС ΔU в измерительной диагонали моста ЭЭН-Д и распределение температуры по длине электродного электронагревателя во времени τ. На рис. 3, в относительных единицах, приведены сравнительные результаты изменения температуры обрабатываемой среды (воды) на выходе ЭЭН-Д, во времени её нагрева τ, относительно проектируемого режима работы ЭЭН-Д.



1 – G=0,002 кг/сек; 2 – G=0,0015 кг/сек; 3 – G=0,001 кг/сек;
4 – G=0,0005 кг/сек; 5 – G=0 кг/сек

Рисунок 3 – Графики относительного изменения температуры обрабатываемой среды (воды) $\theta/\theta_{пр}$ на выходе пятизонного ЭЭН-Д во время её нагрева $\tau/\tau_{пр}$ относительно проектируемого режима работы ЭЭН-Д:

C_p=4174 кДж/(кг·°С); ρ_c=1000 кг/м^3;G = 0,002 кг/сек; Н = 0,006 м; П = 0,04 м;
ρ_o = 37,9 Ом·м; α = -0,009 1/°С;L_1 = 0,161 м; L_2 = 0,126 м; L_3 = 0,119 м; L_4 = 0,114 м; L_5 = 0,11 м

За базовое время $\tau_{пр}$ принято время, в течении которого в ЭЭН-Д, температура обрабатываемой среды достигает на выходе нагревателя величины заданной требованиями технологического процесса. За базовую температуру $\theta_{пр}$ принята температура обрабатываемой среды на выходе ЭЭН-Д, обусловленная требованиями технологического процесса.

Анализ зависимостей $\theta/\theta_{пр}$ от $\tau/\tau_{пр}$ (рисунок 3) показывает, что при уменьшении массового расхода обрабатываемой среды, увеличиваются температура среды и уменьшается время её нагрева (рисунок 4). При этом, напряжение разбаланса моста ΔU, равное разбалансу моста при

проектируемом режиме работы, достигается так же за меньшее время (рисунок 5).

На рисунке 4 представлена зависимость изменения времени достижения τ температуры обрабатываемой среды $\theta_{пр}$ на выходе пятизонного ЭЭН-Д от величины массового расхода обрабатываемой среды G. График зависимости показывает, что при уменьшении величины массового расхода обрабатываемой среды G уменьшается и время τ достижения температуры $\theta_{пр}$, при этом зависимость имеет явно выраженный нелинейный характер.

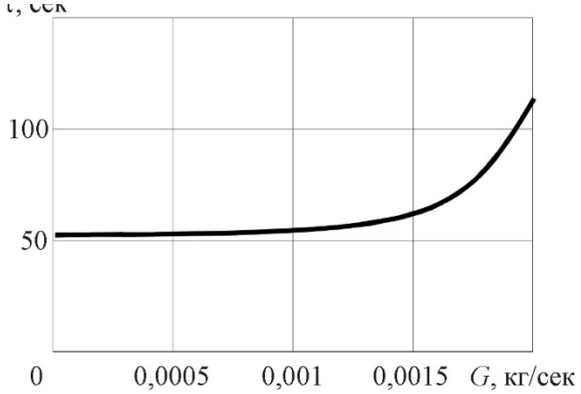
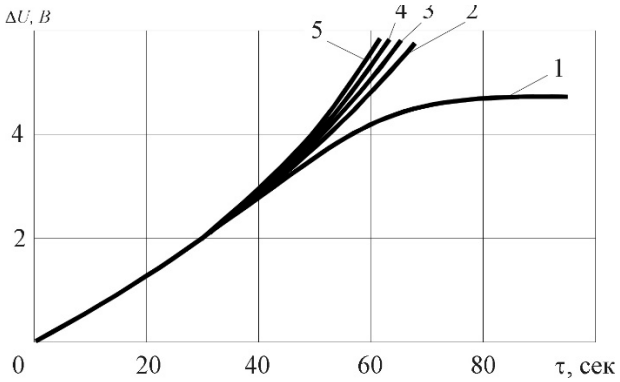


Рисунок 4 – Зависимость изменения времени достижения τ температуры обрабатываемой среды $\theta_{пр}$ на выходе пятизонного ЭЭН-Д от величины массового расхода обрабатываемой среды G при: $H = 0{,}006$ м, $П = 0{,}04$ м, $\rho_o = 37{,}9$ Ом·м, $\alpha = -0{,}009$ 1/°С, $L_1 = 0{,}161$ м, $L_2 = 0{,}126$ м, $L_3 = 0{,}119$ м, $L_4 = 0{,}114$ м, $L_5 = 0{,}11$ м

На рисунке 5 приведены зависимости изменения напряжения разбаланса моста ΔU пятизонного ЭЭН-Д во времени τ от величины массового расхода обрабатываемой среды G.



1 – G=0,002 кг/сек; 2 – G=0,0015 кг/сек; 3 – G=0,001 кг/сек; 4 – G=0,0005 кг/сек; 5 – G=0 кг/сек

Рисунок 5 – Зависимости изменения напряжения разбаланса моста ΔU пятизонного ЭЭН-Д во времени τ при: $H = 0{,}006$ м, $П = 0{,}04$ м, $\rho_o = 37{,}9$ Ом·м, $\alpha = -0{,}009$ 1/°С, $L_1 = 0{,}161$ м, $L_2 = 0{,}126$ м, $L_3 = 0{,}119$ м, $L_4 = 0{,}114$ м, $L_5 = 0{,}11$ м

Анализ графиков показывает, что при уменьшении величины массового расхода обрабатываемой среды G, напряжение разбаланса моста ΔU начинает

резко возрастать и достигает значений разбаланса моста, для проектируемого режима работы, за меньшее время нагрева τ.

Заключение. При снижении величины массового расхода обрабатываемой среды многозонного ЭЭН-Д увеличивается температура среды и уменьшается время её нагрева. При этом напряжение разбаланса моста ΔU, равное разбалансу моста при проектируемом режиме работы, достигается так же за меньшее время, имеющее явно выраженную нелинейную зависимость от изменения массового расхода среды. Кроме того, при уменьшении массового расхода обрабатываемой среды напряжение разбаланса моста ΔU резко возрастает и значительно превышает значение разбаланса для проектируемого режима работы.

Список источников

1. Кудрявцев, И.Ф. Электрический нагрев и электротехнология / И.Ф. Кудрявцев, В.А. Карасенко. – Минск : Колос, 1975. – 384 с.
2. Прищепов, М.А. К вопросу совершенствования непроточных электродных нагревателей-датчиков с зонированной плоскопараллельной электродной системой / М.А. Прищепов, И.Г. Рутковский // Агропанорама. №1. 2002. – С. 9–11.
3. Прищепов, М.А. Регулирование режимов тепловой обработки термолабильных сред при электродном нагреве / М.А. Прищепов, И.Г. Рутковский // Материалы Международной научно-технической конференции “Перспективы и направления развития энергетики АПК”./ БГАТУ – Мн., 2007. – С. 274–277.
4. Герасимович, Л.С. Математическое моделирование динамических характеристик секционированных проточных электродных электронагревателей / Л.С. Герасимович, М.А. Прищепов, И.Г. Рутковский // Проблемы развития энергетики и электрификации АПК: Сб. науч. тр. /БелНИИагроэнерго. – Минск, 1994. – С. 17–25.
5. Прищепов, М.А. Моделирование работы проточного электродного нагревателя / М.А. Прищепов, И.Г. Рутковский // Материалы Международной научно-технической конференции “Энергосбережение – важнейшее условие инновационного развития АПК”./ БГАТУ – Мн., 2019. – С. 180–182.
6. Прищепов, М. А. Основы термозависимого резистивного электронагрева в технологических процессах сельскохозяйственного производства / М. А. Прищепов. – Минск : БАТУ, 1999. – 295 с.
7. Турчак, Л.И. Основы численных методов / Л.И. Турчак. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 2002. – 300 с.
8. Годунов, С.К. Разностные схемы (введение в теорию) / С.К. Годунов, В.С. Рябенький. – М., 1977 г. – 440 с.
9. Берковский, Б.М. Разностные методы исследования задач теплообмена / Б.М. Берковский, Е.Ф. Ноготов. – Минск: Навука і тэхніка, 1976. – 144 с.

© Прищепов М..А., Рутковский И.Г., 2023

Научная статья
УДК 621.184.4

ЭКОНОМИЯ ТОПЛИВА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЭКОНОМАЙЗЕРА ДЛЯ ГАЗОВОГО КОТЛА В УСЛОВИЯХ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

Сергей Сергеевич Прокопенко[1], Сергей Викторович Панченко[2], Лариса Ивановна Вакуленко[3]
[1,2]Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, г. Зерноград, Россия
[3]АО «Зерноградские тепловые сети»
[1]prosev0913@gmail.com, https://orcid.org/0009-0004-8386-9322
[2]panchenkosergey@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-5361-2364

Аннотация. В статье были указаны основные причины потерь теплоты при работе котельного агрегата. Экономия энергетических ресурсов может быть достигнута путем использования экономайзера. Был проведен многофакторный машинный эксперимент по определению зависимости изменения расхода топлива от температуры наружного воздуха и площади теплопередающей поверхности экономайзера. Представлены результаты эксперимента в графическом виде и проведен их анализ.
Ключевые слова: теплоэнергетика, котельные установки, экономайзер, дымовые газы, утилизация теплоты, экономия ресурсов, топливо.
Для цитирования*:* Прокопенко С.С. Экономия топлива при использовании экономайзера для газового котла в условиях краснодарского края / С.С. Прокопенко, С.В. Панченко, Л.И. Вакуленко // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-технической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023

Original article

FUEL SAVING WHEN USING AN ECONOMIZER FOR A GAS BOILER IN THE CONDITIONS OF THE KRASNODAR REGION

Sergey Sergeevich Prokopenko[1], Sergey Viktorovich Panchenko[2], Larisa Ivanovna Vakulenko[3]
[1,2]Azov-Black Sea Engineering Institute FSBEI HE Donskoy State Agrarian University, Zernograd, Russia
[3]JSC "Zernograd Heating Networks"
[1]prosev0913@gmail.com, https://orcid.org/0009-0004-8386-9322
[2]panchenkosergey@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-5361-2364

Annotation. The article indicated the main causes of heat loss during operation of the boiler unit. Saving energy resources can be achieved by using an economizer. A multifactor machine experiment was carried out to determine the dependence of changes in fuel consumption on the outside air temperature and the area of the heat transfer surface of the economizer. The experimental results are presented in graphical form and analyzed.
Key words: heat power engineering, boiler plants, economizer, flue gases, heat recovery, resource saving, fuel.
For quotation: Prokopenko S.S. Fuel economy when using an economizer for a gas boiler in the Krasnodar region / S.S. Prokopenko, S.V. Panchenko, L.I. Vakulenko // Increasing the efficient operation of electrical equipment in agriculture: materials of the International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko / Ed. S.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023

Введение. Для получения тепловой энергии на сельскохозяйственных предприятиях, расположенных в южной части страны, используется, в основном, газообразное топливо. Основными потерями теплоты от котлов, работающих на природном газе, являются потери теплоты с уходящими газами, потери теплоты от химической неполноты сгорания и потери теплоты от наружного охлаждения. [1].

Коэффициент полезного действия (КПД) современных газовых котлов при хороших эксплуатационных условиях достигает значений свыше 90%. Достигается данный уровень в большей степени благодаря оптимизации процесса сгорания топлива и разработки более качественных теплоизоляционных материалов [2], а потери теплоты с уходящими газами в большинстве случаев остаются основными тепловыми потерями котла. Одним из наиболее эффективных способов сократить эти потери и, как следствие, дополнительно снизить потребление топлива для котельных установок, является утилизация теплоты уходящих газов с её последующим полезным использованием.

Материалы и методы. Температуру дымовых газов можно снизить, используя дополнительные «хвостовые» поверхности. Примерами таких поверхностей являются пароперегреватели, воздухоподогреватели, экономайзеры. Поскольку в рассматриваемой котельной используются водогрейные котлы небольшой мощности, то наиболее целесообразно будет для уменьшения потерь тепловой энергии с уходящими газами использовать экономайзер. Он представляет собой теплообменник, в котором вода используется в качестве теплоносителя, предварительно подогреваясь уходящими дымовыми газами перед подачей в котел.

Мощность экономайзера $Ф_{эк}$, *кВт*, определяется по формуле

$$Ф_{эк} = k_{ср} \cdot F \cdot \Delta t_{ср} \qquad (1)$$

где $k_{ср}$ – коэффициент теплопередачи, $\frac{Вт}{м^2 \cdot °C}$;

F – площадь поверхности нагрева экономайзера, $м^2$;

$\Delta t_{ср}$ – средний температурный напор, $°C$.

Коэффициента теплопередачи k, $\frac{Вт}{м^2 \cdot °C}$ определяется по формуле

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{газа}} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{вод}}} \quad (2)$$

где $\alpha_{газа}$ – коэффициент теплоотдачи для газа, $\frac{Вт}{м^2 \cdot °C}$;

δ – толщина стенки трубы, $м$;

λ – коэффициент теплопроводности материала, $\frac{Вт}{м \cdot °C}$;

$\alpha_{вод}$ – коэффициент теплоотдачи для воды, $\frac{Вт}{м^2 \cdot °C}$.

Таким образом, значение мощности экономайзера зависит от площади поверхности нагрева экономайзера, от коэффициента теплопередачи и от среднего температурного напора. Площадь поверхности экономайзера принимается по типоразмерному ряду данного оборудования. Средний температурный напор определяется по температурам дымовых газов и воды, которые зависят от температуры наружного воздуха. Коэффициент теплопередачи зависит от режима движения жидкостей, а также от их температур. Следовательно, тепловая мощность экономайзера находится в зависимости от площади теплопередающей поверхности экономайзера и температуры наружного воздуха.

Из рассчитанной по выражению (1) мощности экономайзера определяем расход топлива, необходимого для получения данного теплового потока.

Рассчитать экономию топлива ΔB, $м^3/с$, можно по формуле:

$$\Delta B = \frac{Ф_{эк}}{Q \cdot \eta} \quad (3)$$

где $Ф_{эк}$ – мощность экономайзера, $кВт$;

Q – теплота сгорания газа, для газа Бованенского месторождения, $Q = 58618{,}1$ $кДж/м^3$;

η – КПД котельного агрегата, принимался по данным режимной карты котельного агрегата.

Расчет проводились применительно к котельному агрегату тепловой мощностью 1638,8 кВт, установленному в котельной №26, МУП ТГП ТР «Тихорецктепло» Краснодарского края.

Так как площадь теплопередающей поверхности и температура наружного воздуха варьируются в довольно широких пределах, то было решено установить количественную зависимость экономии энергетического ресурса от этих двух факторов методом многофакторного планирования с использованием программы STATISTICA 10.

Уровни варьирования факторов были приняты из следующих соображений. Максимальная температура наружного воздуха составила 8°С, что соответствует началу отопительного периода. Минимальная температура

воздуха равняется расчетной температуре наружного воздуха для проектирования систем отопления. Для условий Краснодарского края эта величина равна 19℃ [3] Нулевой уровень варьирования фактора температуры определился как среднее этих двух величин.

Верхний и нижний уровень варьирования второго фактора соответствовал максимальной и минимальной площади теплопередающей поверхности типоразмерного ряда экономайзеров серии [4]. Числовое значение нулевого уровня было определено также как средняя величина максимальной и минимальной площадей.

По данным величинам составлена матрица для проведения машинного эксперимента

Таблица 1 – Матрица для проведения машинного многофакторного эксперимента по определению экономии топлива

№ строки	$t_{н.в}$, ℃	F, м^2
1	-5,5	113
2	8	60,25
3	-19	7,5
4	-19	60,25
5	8	113
6	-5,5	7,5
7	8	7,5
8	-19	113
9	-5,5	60,25

Результаты исследования. Результаты реализации многофакторного машинного эксперимента представлены в виде поверхности отклика на рисунке 1.

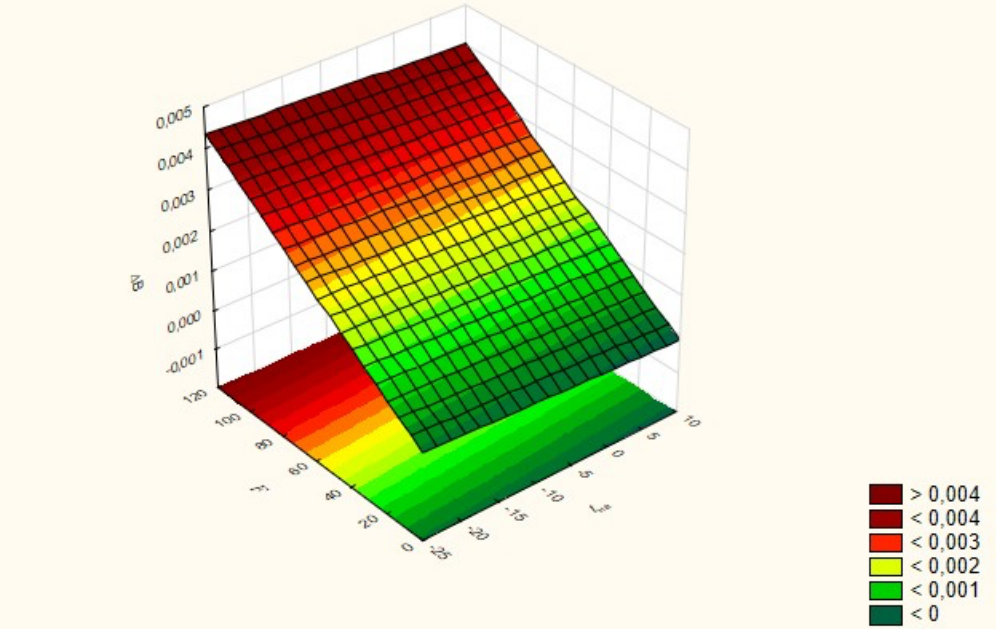


Рисунок 1 – Поверхность отклика функции изменения экономии топлива (ΔB) от площади теплопередающей поверхности (F) и температуры наружного воздуха ($t_{нв}$).

Поверхность отклика представляет собой «возвышающийся гребень», который описывается уравнения регрессии [5]:

$$\Delta B = (-5{,}13 - 0{,}93 \cdot t_{н.в} + 3{,}48 \cdot F) \cdot 10^{-5}$$

с коэффициентом детерминации $R^2 = 0{,}9868$.

Высокий коэффициент детерминации говорит о том, что полученная регрессионная модель может использоваться для прогноза.

Заключение. Как видно из представленный зависимостей экономия топлива при использовании экономайзера увеличивается с понижением температуры наружного воздуха ($t_{н.в}$) и с повышением площади теплопередающей поверхности (F). Для выбора оптимальных параметров энергосберегающего оборудования в дальнейшем необходимо выполнить технико-экономическую оценку используемых экономайзеров.

Список источников

1. Барочкин, Е.В. Котельные установки : учебное пособие / Е.В. Барочкин, В.Н. Виноградов, А.Е. Барочкин ; под. ред. д-ра техн. наук, проф. Е.В. Барочкина. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. - 440 с.
2. Амосов, Н. Т. Повышение эффективности работы котельных агрегатов за счёт утилизации низкопотенциальной теплоты / Н. Т. Амосов, О. А. Мильто, К. С. Калмыков // Неделя науки СПбПУ : материалы научной конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 13–19 ноября 2017 года / Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. Том Часть 1. – Санкт-Петербург: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого", 2017. – С. 44-47.
3. СП 60.13330.2020 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха».[Электронный ресурс] – Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/573697256
4. Экономайзеры Бийского котельного завода «Генерация» [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://bikzg.ru/catalog/ekonomajzery/
5. Мельников, С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Рощин. – 2-е изд. перераб. и доп. – Л.: Колос. Ленингр. отд-ние, 1980. – 168 с.

© Прокопенко С.С., Панченко С.В., Вакуленко Л.И., 2023

Научная статья
УДК 621.382

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЛНЕЧНЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ПУТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ

Вадим Игоревич Редкозубов[1], Юлия Викторовна Иванкина[2]
Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия
[1] vad.redckozubow@yandex.ru http://orcid.org/0009-0006-7978-1904
[2] Lexsi2007@mail.ru http://orcid.org/0009-0005-8424-0582

Аннотация. В статье приводится анализ способов охлаждения солнечных фотоэлектрических установок.
Ключевые слова: возобновляемые источники энергии (ВИЭ), электроэнергетика, ветер, солнце, солнечные фотоэлектрические установки (СФУ).
Для цитирования: Редкозубов, В. И. Повышение эффективности солнечных фотоэлектрических установок путем охлаждения / В. И. Редкозубов, Ю. В. Иванкина // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-технической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023

Original article

INCREASING THE EFFICIENCY OF SOLAR PHOTOVOLTAIC INSTALLATIONS BY COOLING

Vadim Igorevich Redkozubov[1], Yulia Viktorovna Ivankina[2]
Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia
[1] vad.redckozubow@yandex.ru http://orcid.org/0009-0006-7978-1904
[2] Lexsi2007@mail.ru http://orcid.org/0009-0005-8424-0582

Annotation. The article provides an analysis of cooling methods for solar photovoltaic installations.
Keywords: renewable energy sources (RES), electric power, wind, solar, solar photovoltaic installations (SFU).
For citation: Redkozubov, V.I. Increasing the efficiency of solar photovoltaic installations by cooling / V.I. Redkozubov, Yu.V. Ivankina // Increasing the effective operation of electrical equipment in agriculture: materials of the International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko / Ed. S.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023

Введение. Проблема всего Мира - загрязнение окружающей среды, вызванная десятилетиями использования ископаемого топлива. Для решения этой проблемы миру необходима адаптация к более безопасным, чистым и возобновляемым источникам энергии. Среди этих возобновляемых источников энергии Солнечная энергия является хорошо организованным и наиболее часто используемым возобновляемым источником энергии.

Динамика развития установок, использующих ВИЭ, показывает, что одним из наиболее бурно развивающихся направлений является фотоэнергетика (рисунок 1). Лишь за последние пять лет темпы ежегодного роста мощности установок, использующие ВИЭ, в России достигают 25-30%.

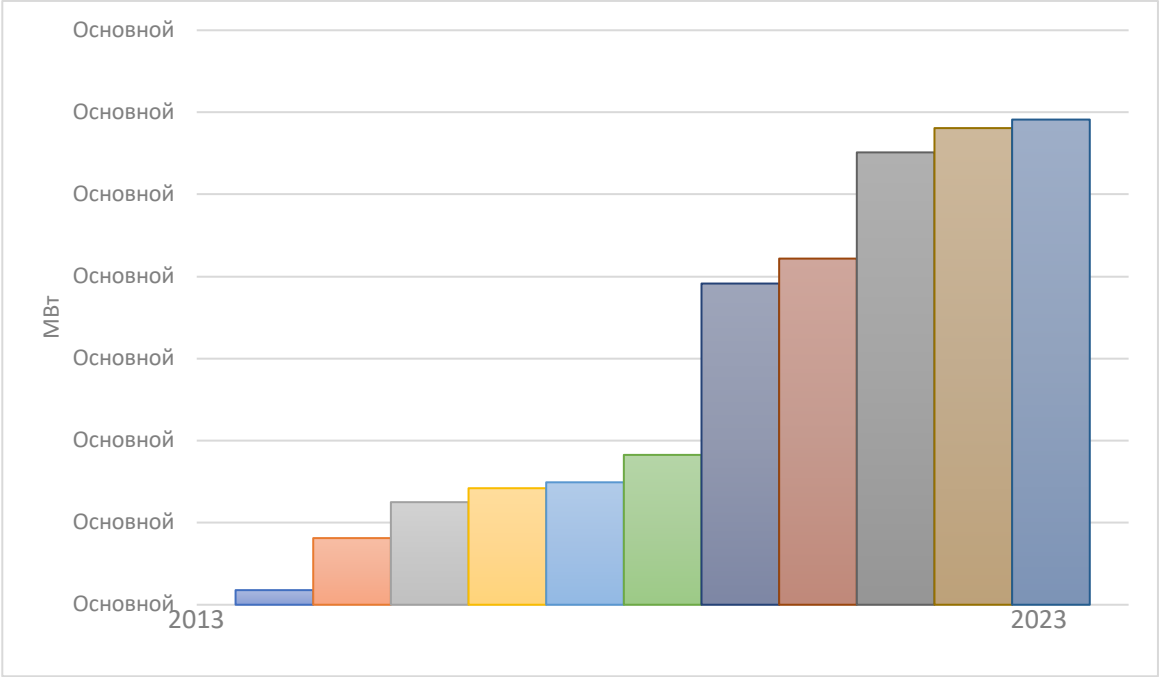


Рисунок 1 - Динамика установленной мощности ВИЭ в России, 2013-2023, МВт.

Многие районы России имеют среднегодовые значения дневного поступления солнечного излучения в диапазоне 4…5 кВт·ч/м² и более, что сопоставимо с показателями регионов мира, где уже активно используют солнечные установки.

Одним из основных препятствий, с которыми сталкивается правильная эксплуатация солнечный батарей, является перегрев из-за избытка солнечной радиации и высоких температур окружающей среды, с которыми они сталкиваются, поэтому их производительность будет варьироваться в зависимости от места их установки. Перегрев резко снижает эффективность панелей.

Материалы и методы. Экспериментальные исследования показали, что при эксплуатации солнечных модулей в летнее время, при ясном небе и интенсивном солнечном излучении, они неизбежно подвергаются нагреву в течение дня. Это температурное воздействие может не только влиять на эффективность преобразования светового потока, но и приводить к ускорению деградации модуля, что в конечном итоге может вести к снижению

характеристик. В данное время доля солнечной энергии увеличивается и ведутся активные разработки в этой сфере в области повышения качества, стабильности и улучшения характеристик солнечных элементов. К важным факторам, влияющим на стабильность выходных характеристик солнечных элементов, относится температура.

Следовательно, возникает необходимость контролировать диапазон рабочих температур путем эффективного охлаждения фотоэлектрических панелей. Выбор решения для охлаждения может увеличить срок службы солнечных элементов, а также повысить эффективность работы и выходную мощность солнечных элементов.

Существует несколько методов охлаждения солнечных панелей:

- Методы охлаждения фотоэлектрических панелей с использованием воздуха в качестве охлаждающей среды с использованием мощности для вентиляторов или воздуходувок (рисунок 2).

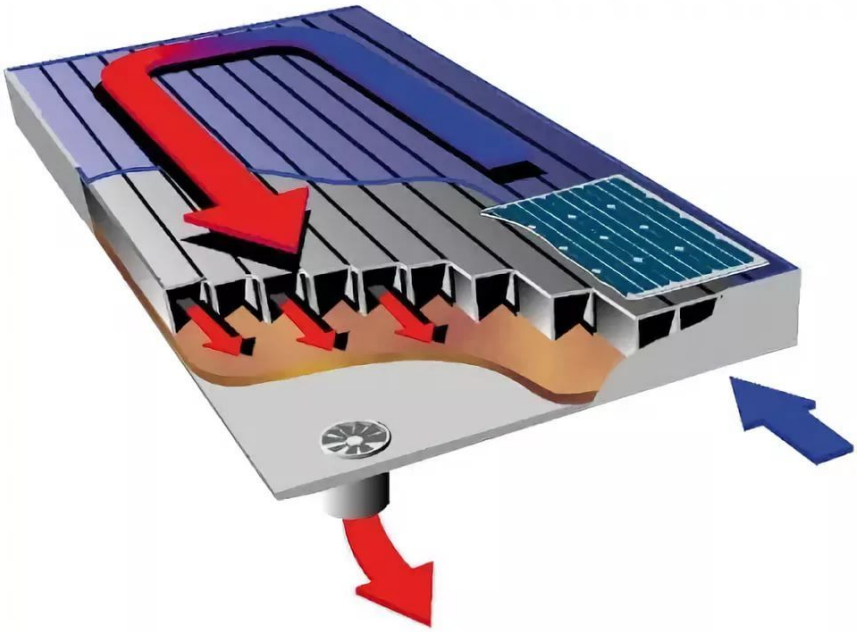


Рисунок 2 - СФБ с воздушным охлаждением

- Охлаждение фотоэлектрических панелей с помощью заземляющего трубчатого теплообменника.

Теплообменник используется для передачи тепла между двумя жидкостями и используется как в системах отопления, так и охлаждения. заметили, что температура почвы на глубине 10 м земной коры остается более высокой, чем температура окружающей среды, зимой и более низкой летом.

- Метод охлаждения фотоэлектрических панелей с использованием воды в качестве охлаждающей среды (рисунок 3).

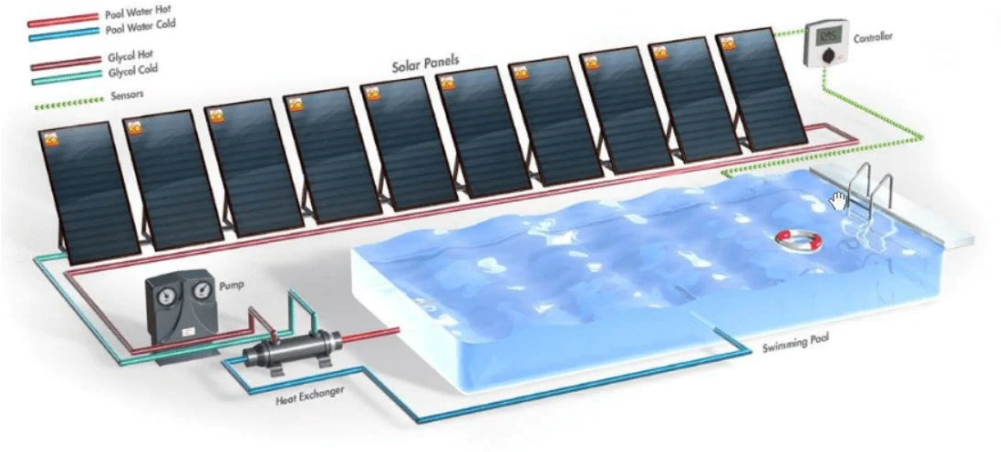


Рисунок 3 - СФБ с водяным охлаждением

- Охлаждение фотоэлектрических панелей с помощью ребер.

Ребра — это расширенные поверхности на охлаждающей поверхности, которые могут увеличить скорость теплопередачи. Если задняя сторона фотоэлектрических панелей интегрирована с ребрами, изготовленными из проводящих материалов, таких как алюминий; ребра увеличат скорость теплопередачи, обеспечивая глубокий канал для потока воздуха. Это увеличение площади поверхности для объема воздуха пропорционально увеличит скорость конвекции, и рассеивание тепла с помощью естественного воздушного потока будет больше.

- Охлаждение фотоэлектрических панелей наножидкостями.

Результаты исследования. Наночастицы графена в жидкой среде могут выступать в качестве хорошей охлаждающей среды на обратной стороне (в месте контакта) фотоэлектрических панелей. Экспериментальное исследование охлаждения фотоэлектрических панелей с циркулирующей вокруг них водой показало результаты, позволяющие повысить их эффективный КПД на 50%. Другой подход заключался в размещении фотоэлектрической панели внутри бассейна, похожего на небольшой резервуар, с охлаждающей средой на глубине, которая могла снизить температуру с 65 ° C до 45 ° C. Наночастицы имеют большое отношение площади поверхности к объему, поскольку их размер варьируется в пределах 1-100 нм. Эти наночастицы, взвешенные в воде, могут увеличивать теплопроводность воды, тем самым увеличивая скорость теплопередачи. Следовательно, охлаждение может усилиться, поскольку концентрация наночастиц будет высокой.

Заключение. В данной статье была описана лишь мала часть систем охлаждения солнечных панелей. Существует большое количество систем задача, которых стабилизировать температуру солнечного модуля, и приблизить ее к оптимальной рабочей. При такой температуре солнечные панели будут поглощать максимальное количество солнечного света и преобразовывать его в полезную мощность (пиковая эффективность). Прошлые исследования подтверждают то, что производители рекомендуют в качестве оптимальной

температуры 25 ° С, но расширяют ее до определенного диапазона. Средний диапазон, согласно результатам многих исследований, составляет 15°С - 35°С.

Список источников

1. Редкозубов, В. И. Перспективы солнечной энергетики в Саратовской области / В. И. Редкозубов, С. В. Шлюпиков, Ю. В. Иванкина // Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы XIII Национальной научно-практической конференции с международным участием, Саратов, 29–30 апреля 2022 года. – Саратов: Амирит, 2022. – С. 130-134. – EDN VYMPJP.

2. Естаулетов, А. А. Оценка состояния электрооборудования с точки зрения надежности / А. А. Естаулетов, Ю. В. Иванкина // Актуальные проблемы энергетики АПК : Материалы XIII Национальной научно-практической конференции с международным участием, Саратов, 29–30 апреля 2022 года. – Саратов: Амирит, 2022. – С. 48-51. – EDN ZTSWJD.

3. Применение ветроэнергетических установок в жилых комплексах АПК / В. А. Трушкин, М. А. Левин, Ю. В. Иванкина, В. В. Белов // Известия Международной академии аграрного образования. – 2019. – № 45. – С. 72-75. – EDN TZJOQT.

4. Левин, М. А. Повышение эффективности использования роторных ветрогенераторов / М. А. Левин, Ю. В. Иванкина // Техника и оборудование для села. – 2017. – № 3. – С. 44-45. – EDN YHMVNR.

5. Дозорова, И. Г. Автономная система электроснабжения сельскохозяйственных объектов на основе возобновляемых источников энергии / И. Г. Дозорова, В. А. Максюта, Ю. В. Иванкина // Агрофорсайт. – 2017. – № 6(12). – С. 4. – EDN RTBZIJ.

© Редкозубов В.И., Иванкина Ю.В., 2024

Научная статья
УДК 621.316

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОСЕТЕВОЙ КОМПАНИИ В ЗАПАДНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Лязат Анатольевна Садыкова
Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет, г.Уральск, Казахстан
archisad@mail.ru, https://orcid.org/0009-0005-3786-8529

Аннотация: В статье рассмотрено состояние электросетей в Западно-Казахстанской распределительной компании, указаны пути решения проблем и планы Министерства Энергетики Казахстана для решения вопроса изношенности линий электропередач в Казахстане.

***Ключевые слова**:* линии электропередач, электросети, модернизация, подстанции, ремонт, реконструкция.
Для цитирования: Садыкова Л.А. Перспективы развития электросетевой компании в Западно-Казахстанской области / Садыкова Л.А. // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-технической конференции имени Е.П.Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова. - Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF AN ELECTRIC GRID COMPANY IN WEST KAZAKHSTAN REGION

Lyazat Anatolievna Sadykova
West Kazakhstan Innovation and Technology University, Uralsk, Kazakhstan
archisad@mail.ru,https://orcid.org/0009-0005-3786-8529

Annotation: The article examines the state of the power grids in the West Kazakhstan Distribution Company, indicates ways to solve problems and what the Ministry of Energy of Kazakhstan plans to address the issue of worn-out power lines in Kazakhstan.
Keywords: power lines, power grids, modernization, substations, repair, reconstruction.
For citation: Sadykova L.A. Prospects for the development of an electric grid company in the West Kazakhstan region / Sadykova L.A. // Improving the efficient operation of electrical equipment in agriculture: materials of the International Scientific and Technical Conference named after E.P.Eroshenko/Edited by S.M. Bakirov. - Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. В состав Национальной Энергетической Системы (НЭС) Казахстана входят 376 воздушных линий электропередачи общей протяженностью 26,9 тыс.км. и 81 электрическая подстанция напряжением 35-1150 КВ с установленной мощностью трансформаторов 38 746,05 МВА. Все они находятся на балансе Системного оператора Единой электроэнергетической системы Республики Казахстан АО «KEGOC». Производство электрической энергии в Казахстане осуществляют 190 электрических станций различной формы собственности. По состоянию на 01.01.2022 г. общая установленная мощность электростанций Казахстана составляет 23957,3 МВт, располагаемая мощность - 19004,0 МВт.

Материалы и методы. Национальная Энергетическая Система Казахстана испытывает сегодня трудности и серьезные проблемы. Линии электропередач и распределительные сети изношены в большинстве регионов на 60-80%.

По прогнозам правительства на ближайшие семь лет, для того чтобы удовлетворить растущие потребности населения и бизнеса в электроэнергии нужно будет вывести из работы 1 ГВт устаревших энергетических мощностей и ввести 7 ГВт новых мощностей.

Отсутствие достаточного объема инвестиций в традиционную электроэнергетику приведет к катастрофическим последствиям в этой отрасли.

В отдельных регионах показатели износа превышают 80%. К таким регионам относится Западно-Казахстанская область (ЗКО).

ТОО «Западно-Казахстанская региональная электросетевая компания» основано в 2021 году и является субъектом естественной монополии, оказывающей услуги по передаче и распределению электрической энергии по сетям на территории Западно-Казахстанской области. В состав предприятия входят городские электрические сети (ГЭС) и 16 районные электрические сети (РЭС). Состояние сетей показано на рисунке 1.

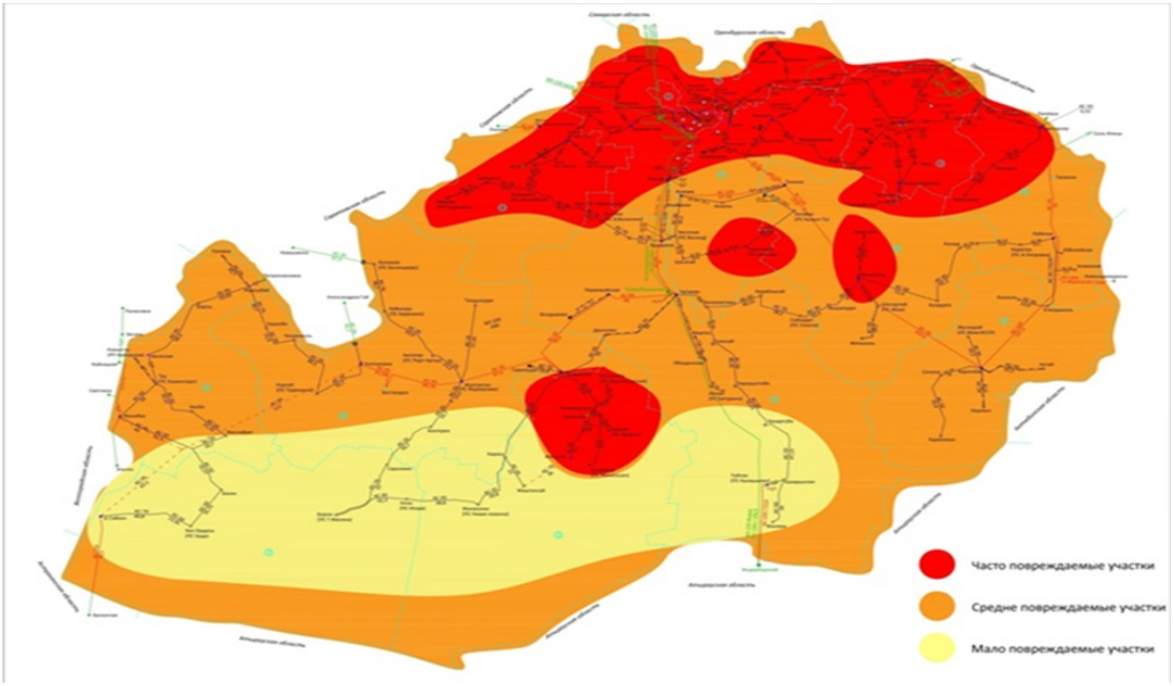


Рисунок 1 - Карта районов Западно-Казахстанской области, наиболее подверженных повреждениям от гололедных явлений

Общая протяженность линий электропередач по трассе 20304 км, износ линий электропередач 82%. Средний износ подстанций (ПС), комплектных трансформаторных подстанций (КТП), распределительных пунктов (РП), трансформаторных подстанций (ТП)-80%.

Основной причиной частых отключений в январе 2022 года послужило обледенение проводов воздушных линий электропередачи. Отключения за 3 года показаны на рисунке 2.

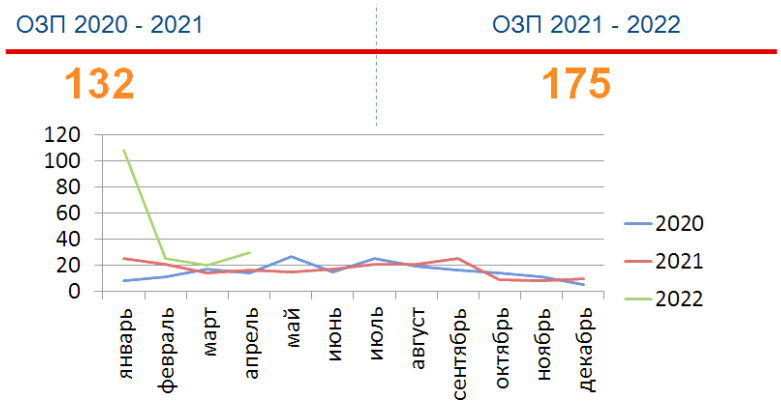


Рисунок 2. Количество аварийных отключений на сетях электроснабжения

Результаты исследования. Были приняты меры: произведен ремонт объектов электроснабжения протяженностью 1830 км., который позволил сократить износ объектов электроснабжения на 2%:

- заменено 159 опор на ВЛ-10 кВ ПС «Фрунзе»;
- закуплены 16 силовых трансформаторов на КТП 10/0,4 кВ;
- отремонтировано 17 подстанции и 252 комплексно-трансформаторных подстанций.

Укрепление материальной базы сократило время устранения аварий на электросетях на 30%:

- приобретено 17 спецтехники на общую сумму 495 млн тенге.

Общая кредиторская задолженность по состоянию на 01.05.2021 г. составила 176 млн.руб., в том числе: энергопроизводящие организации - 123 млн руб., по состоянию на 01.05.2022 г. - 45 млн.руб, в том числе: энергопроизводящие организации – 36 млн.руб.

В результате проведенных работ по снижению задолженностей и оптимизации расчетов, общая кредиторская задолженность уменьшилось на 74%.

Предприятием «ЗапКазРЭК» было запланировано на 2023год ремонт линий электропередачи 2560 км, ремонт 13 подстанций, комплектно-трансформаторных подстанций-347. Планируемая сумма на подготовку к отопительному сезону – 141,4 млн. руб., планируемый срок завершения работ - до начала отопительного сезона. Работы были выполнены в срок.

Совместно с управлением Энергетики и жилищно-коммунального хозяйства ЗКО была разработана проектно-сметная документация на реконструкцию сетей электроснабжения области в количестве 37 проектов на общую сумму 22,6 млн.руб. В нее входят:

- реконструкция 2019,5 км электрических сетей области;
- снижение износа сетей с 82% до 60%;
- обеспечение энергетической стабильности региона;
- ВЛ-110кВ протяженностью 138,1 км;
- ВЛ-35кВ – 193,9 км (7 проектов).

В районах ЗКО:

- ВЛ-10кВ – 1082,33 км;

- ВЛ-0,4кВ - 294,33 км;
- КТП-10/0,4кВ в количестве 295 шт.

По г.Уральск:
- ВЛ-10кВ протяженностью 81,84 км;
- КТП-10/0,4кВ 69 шт.;

Строительство РП-10кВ в п.Мичурино, район Байтерек
- ВЛ-0,4кВ протяженностью 176,69 км;
- КЛ-10кВ – 31,92 км;
- КЛ-0,4кВ – 20,16 км.

Реализацию данных проектов планируется осуществить 2024-2026 гг. за счет бюджетных средств, необходимая сумма для реализации проектов – 4 млрд.руб.

Аналитики зарубежной консалтинговой компании «Accenture» указали на риски, которые ожидают электропередающие компании.

Казахстанские специалисты считают, что необходим резерв электроэнергии: развитие ВИЭ. Но источники альтернативной энергии будут подключаться к распределительным сетям. Возникнет необходимость строительства маневрирующих мощностей и готовность к новым режимам работы распределительных сетей; необходимость диспетчеризации, которая потребует колоссальной, мгновенной трансформации.

В ближайшее десятилетие наступит неожиданно такой момент и не все энергосистемы смогут перестроиться в короткий период времени, ведь эта работа требует значительных капитальных вложений.

Покрыть дефицит электроэнергии решили путем строительства атомной электростанции. Но такой системы, в которой отключения не будут случаться, в мире пока нет.

Для решения вопроса изношенности линий электропередач в Казахстане планируют выделить 270 млн. долларов. По информации Министерства Энергетики, за счет этих средств будет приведено в порядок 6,3 тыс. км электросетей, в том числе 41,3 км в Западно-Казахстанской области, где изношенность превышает 82%.

Заключение. Национальная Энергетическая Система Казахстана находится в плачевном состоянии, для выхода из этого состояния необходимо:

1. Ввести достаточный объем инвестиций в традиционную электроэнергетику.
2. Ввести дополнения в законопроект по внедрению устойчивого механизма для исполнения финансовых обязательств перед энергопроизводящими организациями, использующими ВИЭ за купленную электроэнергию.
3. В связи с низким уровнем развития современных технологий и оборудования в области энергетики необходимо периодически проводить семинары в рамках научно-технического партнерства с другими государствами.
4. Создавать благоприятные условия, стимулировать и инвестировать проекты по новым энергоэффективным, энергосберегающим технологиям.

5. Для создания существенного прогресса в области успешного применения новой техники и новых технологий необходимы квалифицированные кадры. Для этого необходимы стажировки, семинары, курсы повышения квалификации, организация круглых столов, диалогов для профессорско-преподавательского состава высших учебных заведений страны по обмену опытом.

Список источников

1. Экологический кодекс Республики Казахстан/№400-VI ЗРК.02.01.2021г.
2. https//lsm.kz/energetika-kazahstana-problemy-puti-resheniya-i-perspektivy
3. Нургалиев Д. Технология, меняющая индустриальный мир. Казахстанская правда. – 2017. - С8.

© Садыкова Л.А. 2023

Научная статья
УДК 631.371

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ЗАПАСА ХОДА ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА

Даниил Маратович Саидов
Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н. И. Вавилова, г. Саратов, Россия
dansai30@gmail.com

Аннотация. Электротранспорт становится одним из наиболее актуальных результатов научно-технического развития на сегодняшний день. Одной из наиболее острых проблем в развитии данной предметной области является необходимость повышения запаса хода. Основной целью представленной статьи является выполнение анализа относительно возможности повышения запаса хода электрического транспорта. В результате работы рассмотрены основные факторы, влияющие на запас хода и способы его повышения. Акцентируется внимание на примерах техники их сельскохозяйственной отрасли. Научная ценность статьи состоит в систематизации факторов относительно влияния на запас хода электротранспорта и возможности использования представленных материалов при решении данной задачи на реальных предприятиях.

***Ключевые слова*:** Электрический двигатель, электротранспорт, запас хода, сельскохозяйственная отрасль, солнечная панель.
Для цитирования: Саидов Д.М. Анализ способов повышения запаса хода электротранспорта / Повышение эффективности эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы I Национальной научно-

практической конференции с международным участием имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

ANALYSIS OF WAYS TO INCREASE POWER RESERVE ELECTRIC TRANSPORT

Daniil Maratovich Saidov
Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering. N. I. Vavilova, Saratov, Russia
dansai30@gmail.com

Annotation. Electric transport is becoming one of the most relevant results of scientific and technological development today. One of the most pressing problems in the development of this subject area is the need to increase the power reserve. The main purpose of the presented article is to perform an analysis regarding the possibility of increasing the range of electric vehicles. As a result of the work, the main factors influencing the power reserve and ways to increase it were considered. Attention is focused on examples of technology in their agricultural industry. The scientific value of the article lies in the systematization of factors regarding the influence on the range of electric vehicles and the possibility of using the presented materials when solving this problem in real enterprises.
Keywords: Electric motor, electric transport, power reserve, agricultural industry, solar panel.
For citation: Saidov D.M. Analysis of ways to increase the range of electric vehicles / Increasing the efficiency of operation of electrical equipment in agriculture: materials of the I National Scientific and Practical Conference with international participation named after G.P. Eroshenko / Ed. S.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Одним из наиболее значимых трендов в современном научно-техническом развитии является повышение экологической безопасности и эффективности технических систем. Актуальным направлением решения таких задач становится разработка электрических двигателей и их повсеместное использование в различных бытовых и профессиональных областях деятельности человека [1]. Современные электродвигатели становятся незаменимой техникой, они активно используются в качестве движущей силы для транспорта, в промышленоости и других отраслях. Актуальным направлением использования электрических двигателей является именно сельскохозяйственная отрасль.

В последние годы электротранспорт становится все более актуальным в сельском хозяйстве. Одной из основных причин таких изменений является бесперебойность работы электротранспорта. Благодаря использованию

электрических двигателей, он имеет высокую эффективность и надежность, что особенно важно при выполнении сельскохозяйственных задач [2]. Вторым важным аспектом актуальности электротранспорта в сельском хозяйстве является экологическая обстановка в мире. Электрические транспортные средства практически не выбрасывают вредные вещества в окружающую среду, что значительно снижает негативное влияние на экосистемы и здоровье людей. В сельском хозяйстве, где большое внимание уделяется проблеме экологии и сохранению природных ресурсов, внедрение электротранспорта является одним из ключевых направлений. Третьим важным фактором, подтверждающим актуальность электротранспорта в сельском хозяйстве, является его экономическая целесообразность. Использование электротранспорта позволяет значительно снизить затраты на топливо и обслуживание, что положительно сказывается на бюджете сельскохозяйственных предприятий [3]. Кроме того, электротранспорт обладает высокой энергетической эффективностью, что позволяет существенно увеличить продуктивность работы и сократить временные и финансовые затраты на выполнение задач [4]. Электротранспорт в сельском хозяйстве имеет важное значение и является актуальным направлением развития. Благодаря высокой надежности, экологической безопасности и экономической целесообразности он может существенно улучшить работу сельскохозяйственных предприятий и способствовать повышению их эффективности. Внедрение электротранспорта является важным шагом на пути к экологически чистому и устойчивому развитию сельского хозяйства.

Результаты и обсуждения. Электротранспортом в сельском хозяйстве выполняется ряд функций, связанных с удобрением урожая, его сбором, обработкой полей и множеством иных задач. При использовании электротранспорта в сельском хозяйстве является необходимость повышение запаса хода машин для возможности бесперебойной работы и снижения расходов на простои оборудования [5]. Факторы, влияющие на запас хода электромобиля, можно условно разделить на конструктивные и эксплуатационные. К первой группе следует отнести массу электромобиля, удельную энергоемкость и массу химического источника тока. Ко второй группе относятся скорость движения, ускорение и параметры рабочего режима эксплуатации. Также следует принимать во внимание факторы окружающей среды: сильный встречный ветер может увеличить аэродинамическое сопротивление, заставляя электродвигатель работать интенсивнее и потреблять больше энергии; рельеф местности и экстремальная температуры, как жаркие, так и холодные, могут повлиять на работу аккумулятора и, как следствие, на запас хода; высокая температуры приводит к перегреву батареи, что может снизить её эффективность и запас хода. А мороз замедляет химические реакции внутри батареи, что также снижает её эффективность. Для решения данной проблемы начинают активно использоваться множество способов, позволяющих повысить запас хода на основе инновационных технологий [6]. Установка солнечных панелей является одним из способов повышения запаса

хода электротранспорта: зарядка с помощью солнечных панелей позволит использовать возобновляемую энергию для увеличения запаса хода. В таблице представлены результаты анализа использования солнечных панелей их преимуществ и недостатков.

Таблица – Анализ использования солнечных панелей в качестве способов повышения запаса хода

Преимущества	**Недостатки**
Энергия из солнечных панелей бесплатна и возобновляема. Использование солнечных панелей позволяет снизить зависимость от традиционных источников энергии, таких как электросеть или батареи, и сэкономить на затратах на электроэнергию. Увеличение запаса хода. Солнечные панели могут помочь увеличить запас хода электротранспорта, особенно в регионах с хорошей солнечной активностью. Снижение выбросов углекислого газа. Заряжая электротранспорт с помощью солнечных панелей, можно снизить негативное воздействие на окружающую среду.	Ограниченная энергия. Солнечные панели не всегда могут обеспечить достаточно энергии для полной зарядки аккумуляторов электротранспорта, особенно в условиях низкой солнечной активности или облачной погоды. Это может ограничивать запас хода электротранспорта. Высокие затраты на установку. Установка солнечных панелей может быть дорогой, особенно при необходимости покупки и монтажа большого количества панелей для обеспечения достаточной энергии. Это может быть значительным финансовым барьером для многих владельцев электротранспорта.

Дополнительно следует отметить:

- разработка сети зарядных станций. Развитая инфраструктура зарядных станций позволит более удобно и быстро заряжать электротранспорт, расширяя его запас хода;

- использование гибридных систем. Гибридные системы, которые комбинируют электрический и дизельный двигатели, могут быть использованы для увеличения запаса хода электротранспорта в сельском хозяйстве.

Заключение. Основной целью представленной статьи являлось выполнение анализа относительно вопроса повышения запаса хода электротранспорта. Авторами было акцентировано внимание именно на сельскохозяйственной технике, использование электротранспорта в которой наиболее актуально из всех профессиональных сфер жизнедеятельности человека. В заключение необходимо отметить, что наиболее оптимальным вариантом может стать использование комбинированных систем совместно из солнечных панелей и аккумуляторными батареями. Именно при таком случае сельскохозяйственная техника сможет максимизировать использование природной энергии и увеличить запас хода. Такая комбинация позволит значительно снизить время простоя оборудования и увеличивает запас хода сельскохозяйственного электротранспорта.

Список источников

1. Ратнер С. В. Динамика и перспективы технологического развития электротранспорта в условиях декарбонизации мировой экономики к 2050 году

/ С. В. Ратнер, П. Д. Ратнер // Экономический вестник ИПУ РАН. – 2021. – Т. 2, № 4. – С. 62-75. – DOI 10.25728/econbull.2021.4.6-ratner. – EDN FXBAUS.

2. Галущак В.С. Бытовой сельский электротранспорт - солнцекат «Фермер» / В. С. Галущак, А. Г. Сошинов, С. В. Хавроничев, С. А. Петренко // Вестник аграрной науки Дона. – 2019. – № 2(46). – С. 83-87. – EDN QPJNMM.

3. Хитрых Д. Электромобили: мировые тренды, проблемы и перспективы / Д. Хитрых // Энергетическая политика. – 2021. – № 1(155). – С. 22-33. – DOI 10.46920/2409-5516_2021_1155_22. – EDN UHCGEH.

4. Степсков А. И. Проблемы развития инфраструктуры зарядных станций и обслуживания автотранспорта на электрической тяге в районах Севера и её влияние на распределительные сети / А. И. Степсков, И. А. Чупрова // Актуальные проблемы, направления и механизмы развития производительных сил Севера. 2022. – С. 191-198. – EDN SNOWFA.

5. Сошинов А. Г. Направление техперевооружения сельхозпроизводства путём перевода тракторов и сельхозмашин на электротягу / А. Г. Сошинов, В. С. Галущак // Пром-Инжиниринг: труды V Всероссийской научно-технической конференции. 2019. – С. 22-26. – EDN KWTPXO.

6. Надараиа Ц.Г. Увеличение запаса хода электробуса путем применения химико-кинетического накопителя энергии и мотор-редуктора в колесе / Ц. Г. Надараиа, И. Я. Шестаков, А. А. Фадеев [и др.] // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2019. – № 4(59). – С. 20-26. – EDN UYYLGE.

© Саидов Д.М. 2023

Научная статья
УДК 574.36

ТЕРМОХИМИЧЕСКОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ СЫРЬЯ ИЗ БИОМАССЫ В ВОДОРОД ДЛЯ ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯМИ

Саргужиева Бибигуль Абуевна
Западно - Казахстанский инновационно - технологический университет,
Казахстан, г.Уральск
sarguziyevabibi@gmail.ru

Аннотация. Большинство технологий производства водорода(H_2)зависят от невозобновляемых ресурсов, которые в долгосрочной перспективе не являются устойчивыми. Однако в будущем H_2 может производиться из возобновляемых источников, став одним из самых чистых энергоносителей. По сравнению с другими методами обработки биомассы, термохимические пути получения из биомассы устойчивого H_2 открывают значительные перспективы для ее

промышленного использования. Наиболее изученными путями являются газификация биомассы и преобразование биотоплива, получаемого пиролизом биомассы, в то время как некоторые работы по сверхкритической газификации воды и газификации биотоплива широко разрабатываются для повышения эффективности производства гидрогена. В этом обзоре обсуждаются наиболее актуальные разработки в области исследований методов пиролиза, газификации, парового риформинга и плазмы, индуцированной микроволновой печью, для получения водорода из различных типов биомасс, включая лигноцеллюлозную и древесную биомассы.
***Ключевые слова**:* Водород, экономика, энергетика, нефть, газ, эффективность, технологии.
Для цитирования: Саргужиева Б.А. Термохимическое преобразование различных видов сырья из биомассы в водород для выработки электроэнергии электростанциями / Б. А. Саржиева. // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-технической конференции имени Г. П. Ерошенко / Под ред. С. М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

THERMOCHEMICAL CONVERSION OF DIFFERENT BIOMASS FEEDSTOCKS INTO HYDROGEN FOR POWER PLANT ELECTRICITY GENERATION

Sarguzhiyeva Bibigul Abuevna
West Kazakhstan Innovation and Technological University, Uralsk, Kazakhstan
sarguziyevabibi@gmail.ru

Annotation: Most hydrogen production technologies depend on non-renewable resources, which are not sustainable in the long term. However, in the future, H_2 can be produced from renewable sources, becoming one of the cleanest energy sources. Compared with other methods of biomass processing, thermochemical ways of obtaining sustainable H_2 from biomass open up significant prospects for its industrial use. The most studied pathways are biomass gasification and conversion of biofuels produced by pyrolysis of biomass, while some work on supercritical water gasification and biofuel gasification is being extensively developed to improve the efficiency of hydrogen production. This review discusses the most relevant developments in the research of pyrolysis, gasification, steam reforming and microwave-induced plasma methods for producing hydrogen from various types of biomass, including lignocellulose and wood biomass.
Keywords: Hydrogen, economy, energy, oil, gas, efficiency, technology
***For citation*:** Sarguzhiyeva B.A. Thermochemical conversion of different biomass feedstocks into hydrogen for power plant electricity generation / B. A. Sarguzhiyeva // Improving the efficient operation of electrical equipment in agriculture: materials

International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko / Ed. S.M. Bakirov - Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. До сих пор мир зависел от ископаемого топлива как основного источника энергии несмотря на то, что оно представляет очевидную угрозу устойчивому будущему. Согласно статистическому обзору мировой энергетики, в 2020 году на ископаемое топливо приходилось 83,1% мирового потребления первичной энергии. Переход от ископаемого топлива к возобновляемым источникам энергии оставался сложной задачей и рискованным из-за его влияния на мировую экономику. Дорогостоящее производство возобновляемой энергии является еще одним препятствием на пути к достижению этой цели. Тем не менее, потенциал возобновляемых источников энергии как альтернативы смягчению последствий глобального потепления быстро растет наряду с достижениями в области снижения затрат.

В последние несколько лет наблюдается тенденция к увеличению использования возобновляемых источников энергии для производства энергии. Здесь акцент в данном обзоре сделан на выработке H_2 из возобновляемых источников из-за нулевых углеродных преимуществ, предлагаемых топливами на основе водорода по сравнению с обычными углеводородными топливами.

Большинство технологий производства H_2 зависят от невозобновляемых ресурсов, которые не являются устойчивыми. Наиболее распространенными процессами являются газификация угля с использованием реакции водогазового сдвига, за которой следует паровой риформинг природного газа (48 %) и нефти (30 %) (18 %). Электролиз воды используется для получения всего 4% образующегося H_2. Следовательно, для достижения целей по сокращению выбросов CO_2 и использования ископаемого топлива необходимо разработать новые устойчивые процессы, производимые из возобновляемых источников.

Материалы и методы Некоторые из методов получения возобновляемого водорода включают использование электролиза для расщепления воды на водород и кислород, термохимическую или биохимическую конверсию биомассы и солнечную конверсию с использованием электрохимических систем. Другой возможностью является косвенное получение водорода с использованием электролиза и энергии из возобновляемых ресурсов. Электролиз ограничен серьезными ограничениями по эффективности, если цены на энергоносители будут достаточно низкими, он может быть целесообразен только для значительного рынка. Невозможно сделать точные прогнозы относительно вероятного будущего коммерческого внедрения технологий расщепления воды и фотобиологического производства, поскольку они все еще находятся на ранних стадиях. Было бы значительным шагом вперед, если бы удалось создать способ получения водорода из биомассы, который был бы одновременно экономичным и экологически ответственным. Лигноцеллюлозная биомасса, остатки сельского хозяйства, биоотходы, энергетические культуры и их побочные продукты, такие как

биогаз, биомасло и биоуголь, являются одними из основных видов материалов из биомассы, которые могут быть использованы в качестве сырья для производства недорогого и низкоуглеродистого водорода.

Муниципальные биоотходы и остатки сельскохозяйственной продукции являются жизнеспособными источниками энергии с низким содержанием серы, которые являются экономически эффективными и не создают конкуренции с продовольственными культурами, что делает их отличным вариантом для производства водорода.

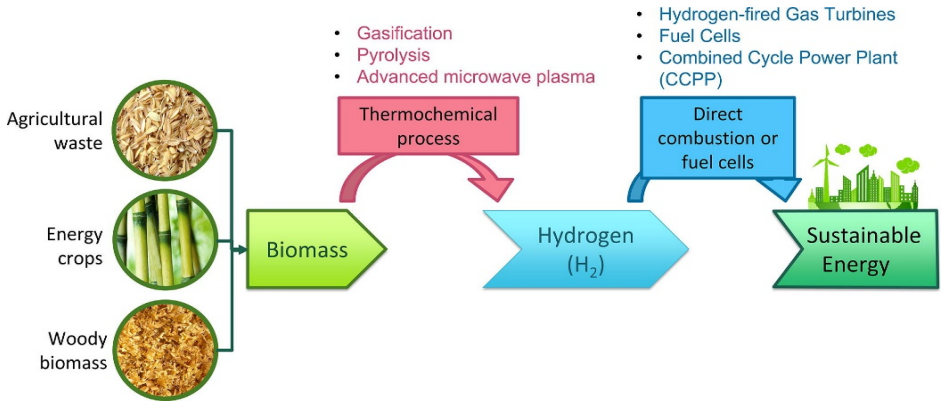


Рисунок 1. Способы получения видов сырья из биомассы в водород

По сравнению с химическими или биологическими методами, термохимические процессы являются более простым методом преобразования различных видов влажной биомассы в полноценное топливо, получаемое из биомассы, для получения водорода без каких-либо химических добавок. Несмотря на наличие множества исследований по производству водорода из биомассы, которые поддерживают крупномасштабное производство и утилизацию водорода, технология находится на стадии разработки. Выбор технологий производства и исходного сырья из биомассы являются двумя основными факторами для перевода процесса на следующий уровень производства, но понимание роли водорода и статус-кво использования водорода для устойчивого будущего столь же важны для общества и промышленности, как и то, что часто упускается из виду с точки зрения важности.

Существует множество усовершенствованных технологий для выработки электроэнергии с использованием водорода, получаемого из биомассы, таких как газовые турбины, электростанции комбинированного цикла и топливные элементы. Была оценена экологическая целесообразность использования водорода, а также статус-кво водородных электростанций в нескольких странах.

Биомасса играет важную роль в биосфере, которая является общей средой обитания для всех живых организмов на Земле. Она является основным источником энергии для жизни на планете и поддерживает биологическое разнообразие и функционирование экосистем.

Биомасса является источником пищи для различных организмов. Растения, например, используют энергию солнечного света, чтобы превратить углекислый газ и воду в органические вещества через процесс фотосинтеза. Эти органические вещества, такие как углеводы, белки и жиры, составляют биомассу растений. Затем животные потребляют растительную биомассу в качестве пищи, получая энергию и питательные вещества для своего роста и развития.

Биомасса играет важную роль в цикле питательных веществ в экосистемах. Когда организмы умирают или выделяют отходы, их органические вещества возвращаются в почву или воду. Затем эти вещества могут быть использованы другими организмами для роста и развития. Таким образом, биомасса помогает поддерживать баланс питательных веществ в экосистемах и обеспечивает устойчивость их функционирования.

Таким образом, биомасса играет важную роль в поддержании жизни на Земле, обеспечивая энергию и питательные вещества для организмов, поддерживая баланс питательных веществ и углерода в экосистемах, а также регулируя климат. Понимание роли биомассы помогает нам лучше понять и оценить важность сохранения и устойчивого использования этого ресурса.

Результаты исследования. Продолжающееся непрерывное повышение цен на энергоносители и бензин сделало привлекательными самые фантастические возможности замены наиболее распространенного силового агрегата современного автомобиля – двигателя внутреннего сгорания (ДВС) с баком бензина. Ситуация напоминает начало XX в., когда какие только устройства ни ездили, летали и плавали, но победили тогда двигатели внутреннего сгорания. На смену баку бензина приходят быстро заряжаемые аккумуляторы различных типов и топливные элементы. Идет поиск наиболее энергоэффективных силовых установок, причем соревнуются не столько сами двигатели и схема транспортного средства, сколько вся транспортная инфраструктура, от источника энергии до заправки и до конечного потребителя. Массовый переход на электромобили потребует сети электрических заправок. Точно так же переход на водородные двигатели или топливные элементы потребует сети водородных заправок, трубопроводного или грузового транспорта для доставки водорода или другого носителя энергии от завода производителя к этим заправкам и достаточного количества заводов по производству водорода, которые должны заменить НПЗ.

Заключение.Производство низкоуглеродистого водорода из биомассы является устойчивым подходом по сравнению с традиционными видами ископаемого топлива. В этом обзоре рассмотрены различные термохимические процессы, применяемые к различным видам сырья из биомассы, таким как различные виды газификации и пиролиза, а также передовые термохимические процессы с использованием технологий микроволновой плазмы. Использование аддитивных технологий позволяет значительно улучшить экономическую и экологическую составляющую базовой технологии переработки отходов.

Список источников

1. Апостолов А.Г. Успехи в химии и химической технологии. - 2020. Т. 34. № 6. С. 29.
2. Kitson P. J. et al. Digitization of multistep organic synthesis in reactionware for on-demand pharmaceuticals // Science. – 2018. – Т. 359. – №. 6373. – С. 314-319.3. Parra-Cabrera C., Achille C., Kuhn S. et al. // Chem. Soc. Rev. 2013. V. 47. № 1. P. 209.
4. Тарасова Н. П., Зайцев В. А., Кузнецов В. А. Безотходные, чистые и зелёные технологии //Успехи в химии и химической технологии. – 2014. – Т. 28. – №. 4 (153). – С. 19-22.
5. Мешалкин В. П., Ходченко С. М. Сущность и виды инжиниринга энергоресурсоэффективных химико-технологических систем //Все материалы. Энциклопедический справочник. – 2017. – №. 6. – С. 2-10.
6. Переелавцев, А. В. Плазменная переработка отходов : монография / А. В. Переелавцев. С. А. Вощинин, А. В. Артемов ; под общ. ред. А. В. Переславцева. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. - 436 с. - ISBN 978-5-9729-1506-4.
7. Артемов А. В. и др. Получение базальтовых волокон из базальтоподобного шлака плазменной переработки отходов //Химическая технология. – 2021. – Т. 22. – №. 7. – С. 294-298.
8. Артемов А. В. и др. Переработка отработанной ртутьсодержащей ионообменной смолы. I. Высокотемпературный плазменный пиролиз //Химическая безопасность. – 2022. – Т. 6. – №. 2. – С. 161.
9. Самойлов В. О. и др. Гетерогенно-каталитическая конверсия глицерина с н-бутиловым спиртом //Нефтехимия. – 2016. – Т. 56. – №. 2. – С. 144-144.

© Саргужиева Б.А. 2023

Научная статья
УДК 621.31

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЙ В АПК

Саяпин Василий Васильевич[1]
[1]Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия
[1]SayapinVV@yandex.ru, https://orcid.org/0009-0009-9623-4752

Аннотация. В статье приводятся современные методы и средства электротехнологий в АПК.
Ключевые слова: солнечная энергия, дистанционный монтироинг, дроны, робототехника.

Для цитирования: Саяпин В.В. Современные методы и средства электротехнологий в АПК / Саяпин В.В. // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: I Национальная научно-практическая конференция с международным участием имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

MODERN METHODS AND MEANS OF ELECTRICAL TECHNOLOGIES IN AGRICULTURE

Sayapin Vasily Vasilyevich[1]
[1] Saratov State Agrarian University N. I. Vavilova, Saratov, Russia
[1]SayapinVV@yandex.ru, https://orcid.org/0009-0009-9623-4752

***Annotation*.** The article provides modern methods and means of electrical technologies in agriculture.
***Keywords*:** solar energy, remote monitoring, drones, robotics.
***For citation*:** Sayapin V.V. Modern methods and means of electrical technologies in agriculture/ Sayapin V.V./Sayapin V.V.// Improving the efficient operation of electrical equipment in agriculture: materials International Scientific and Technical Conference named after G. P. Eroshenko / Edited by S.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Современные методы и средства электротехнологий в АПК (Агропромышленном комплексе) играют важную роль в повышении эффективности сельского хозяйства и улучшении качества продукции. Ниже приведены некоторые из них. Использование солнечной энергии: Солнечные панели могут быть использованы для генерации электроэнергии на фермах и в сельских хозяйствах. Это позволяет сократить зависимость от традиционных источников энергии и снизить экологическое воздействие.

В первую очередь, солнечная энергия может быть использована для генерации электроэнергии. Установка солнечных панелей на фермерских участках позволяет преобразовывать солнечный свет в электрическую энергию, которую можно использовать для питания различных сельскохозяйственных машин и оборудования. Отключение от электросети и использование собственной солнечной энергии помогает сократить расходы на электрическую энергию и обеспечить независимость от колебаний цен на электричество.

Материалы и методы. Кроме того, солнечная энергия может быть использована для обогрева и охлаждения сельскохозяйственных сооружений. Установка солнечных коллекторов и кондиционеров позволяет использовать тепло или прохладу, полученную из солнечной энергии, для контроля температуры в животноводческих фермах, теплицах или складских помещениях.

Это не только позволяет снизить расходы на энергию, но и поддерживать оптимальные условия для роста и развития растений и животных.

Дополнительно, солнечная энергия может быть использована для орошения полей. Установка солнечных насосов позволяет сжигать солнечную энергию для перемещения воды из источника в поле, обеспечивая полив растений. Это особенно важно в тех регионах, где отсутствие доступа к электричеству делает традиционные насосы неприменимыми. Использование солнечной энергии для орошения помогает повысить урожайность и сохранять влагу в почве, улучшая условия выращивания растений.

Применение дистанционного мониторинга: Дистанционное мониторинговое можно использовать для измерения состава почвы, уровня влажности, плодородия и других параметров. Это помогает сельскохозяйственным предприятиям лучше понять потребности почвы и оптимизировать использование удобрений и воды.

С помощью дистанционного мониторингового можно следить за ростом и здоровьем растений, а также обнаруживать ранние признаки заболеваний и вредителей. Это позволяет сельскохозяйственным предприятиям своевременно принимать меры для предотвращения ущерба и оптимизации использования ресурсов.

Дистанционное мониторинговое позволяет отслеживать погодные условия в реальном времени, включая осадки, температуру, влажность и солнечную радиацию. Это помогает сельскохозяйственным предприятиям принимать соответствующие меры в ответ на изменения погоды, такие как оптимизация полива или защита от экстремальных условий.

Использование современных средств коммуникации: Современные электротехнологии позволяют фермерам получать актуальную информацию о погодных условиях, рыночных ценах на продукцию и других важных факторах через мобильные приложения и интернет. Это помогает оптимизировать управление хозяйством и принимать обоснованные решения.

Применение дронов и робототехники: дроны могут использоваться для анализа состояния урожаев. Они могут снимать фотографии высокого разрешения, которые затем обрабатываются с помощью специального программного обеспечения для определения заболеваний, несоответствий и других проблем, которые могут повлиять на рост и качество урожая. Это позволяет сельскохозяйственным предприятиям принимать более осознанные решения и своевременно реагировать на проблемы.

Роботы-дроны могут использоваться для определения и точечного нанесения удобрений и пестицидов на поля. Они могут быть программированы для определения оптимальных мест удобрения и опрыскивания, минимизируя расходы и уменьшая воздействие на окружающую среду.

Результаты исследования. В некоторых регионах количество пчел снизилось, что может негативно сказаться на опылении цветов и растений. Дроны могут использоваться для запыления полей, заменяя или дополняя роль пчел. Это особенно полезно в крупномасштабном сельском хозяйстве, где нанесение пыльцы на большие расстояния становится проблематичным.

Робототехника может быть использована для автоматизации различных задач, связанных с обработкой земли, таких как посадка растений, прополка сорняков и уборка урожая. Это позволяет сельскохозяйственным предприятиям сэкономить на рабочей силе и улучшить эффективность работы.

Дроны могут использоваться для мониторинга качества воды в прудах, реках и озерах. Они могут анализировать химические параметры, уровень загрязнения и распределение водных ресурсов. На основе полученных данных сельскохозяйственные предприятия могут принимать меры для улучшения эффективности использования воды и сокращения негативного воздействия на окружающую среду.

Внедрение систем умного полива. Внедрение систем умного полива в сельском хозяйстве является важным шагом в повышении эффективности полива и оптимизации использования водных ресурсов. Системы умного полива используют современные технологии, такие как датчики влажности почвы, метеорологические станции и автоматизированные системы управления, чтобы определить оптимальное время и объем полива для каждого участка земли.

Системы умного полива могут определить точные потребности воды растений и предоставлять только необходимое количество, что уменьшает потери из-за испарения и снижает потребление воды.

Системы умного полива могут быть интегрированы с автоматизированными электромеханическими насосами, что позволяет оптимизировать использование энергии и снизить затраты.

Правильный полив с использованием систем умного полива помогает максимально удовлетворять потребности растений в воде, что способствует росту и повышению урожайности.

Системы умного полива автоматизируют процесс полива и позволяют удаленно управлять ими с помощью мобильных приложений или компьютеров, что упрощает мониторинг и контроль.

Заключение. Таким образом, внедрение современных методов и средств электротехнологий в АПК играет важную роль в повышении его эффективности.

Список источников

1. В.И.Виссарионов, Г.В.Дерюгина, В.А.Кузнецова, Н.К.Малинин Солнечная Энергетика. - Москва: Издательский дом МЭИ 2008. - 320 с.

2. Электроника в сельском хозяйстве: инновации, автоматизация и перспективы [Электронный ресурс]. – Режим доступа - URL: https://nauchniestati.ru/spravka/elektronika-innovaczii-v-selskom-hozyajstve-i-agropromyshlennosti/ (дата обращения: 28.12.2023).

3. Как происходит процесс преобразования солнечной энергии в электрическую [Электронный ресурс]. – Режим доступа - URL: https://electricalschool.info/spravochnik/poleznoe/1914-kak-proiskhodit-process-preobrazovanija.html (дата обращения: 28.12.2023).

© Саяпин В.В., 2023

Научная статья
УДК: 621.316

СУЩЕСТВУЮЩИЕ СПОСОБЫ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ЦИФРОВОЙ ПОДСТАНЦИИ

Никита Романович Сергеев[1], Михаил Александрович Левин[2]
[1]Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия
[2]1m.a.levin@mail.ru https://orcid.org/0009-0006-5466-9801
[1]nr_sergeev@mail.ru https://orcid.org/0009-0001-9369-4878

Аннотация: В данной статье рассматривается тема использования цифровых технологий в энергетике, особенно в части передачи данных о состоянии оборудования цифровых подстанций. Обсуждаются различные способы и особенности передачи данных.
Ключевые слова: цифровая подстанция, состояние оборудования, способы передачи данных
Для цитирования: Сергеев, Н.Р. Существующие способы передачи данных состояния оборудования цифровой подстанции / Сергеев Н.Р., Левин М.А. // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы 1 Международной научно-технической конференции имени Г.П. Ерошенко /Под ред. С.М.Бакирова. – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

EXISTING METHODS FOR TRANSMITTING STATE DATA OF DIGITAL SUBSTATION EQUIPMENT

Nikita Romanovich Sergeev, Mikhail Alexandrovich Levin
Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering. N.I. Vavilova, Saratov, Russia
1m.a.levin@mail.ru https://orcid.org/0009-0006-5466-9801
nr_sergeev@mail.ru https://orcid.org/0009-0001-9369-4878

Annotation: This article discusses the use of digital technologies in the energy sector, especially in terms of data transmission on the state of equipment of digital substations. Different ways and features of data transmission are discussed.
Keywords: digital substation, state of equipment, data transmission methods
For quoting: Sergeev N.R. Existing methods for transmitting state data of digital substation equipment / Sergeev N.R., Levin M.A. // Increasing the efficient operation of electrical equipment in agriculture: materials of the International Scientific and

Technical Conference named after G.P. Eroshenko / Ed. S.M.Bakirov. - Saratov: Vavilov University, 2023

Введение. Цифровая подстанция — это сочетание современных технологий и систем, оборудованная комплексом цифровых устройств, используемая для передачи, распределения и управления электроэнергией. Для эффективного функционирования цифровой подстанции необходим постоянный мониторинг состояния оборудования.

Актуальность выбранной темы обусловлена тем, что цифровые технологии дают возможность осуществлять дистанционный контроль ключевых характеристик системы, что позволит вывести работу по обслуживанию в удаленный режим. Развитие технологий передачи данных состояния оборудования цифровой подстанции позволяет повысить эффективность и надежность работы цифровых подстанций.

Существует несколько способов передачи данных состояния оборудования цифровой подстанции. Один из наиболее распространенных способов - сеть передачи данных.

На оперативность передачи данных влияют следующие основные этапы обработки данных от источника (датчиков) до приемника данных:

- время кодирования поступившего сигнала от уровня процесса;
- время передачи сигнала по сети связи;
- время декодирования полученных данных и их передачи в другие устройства

Материалы и методы. Для этого используются различные протоколы передачи данных, такие как Modbus TCP, IEC 61850, DNP3 и другие. Сеть передачи данных обеспечивает надежную и быструю передачу данных о состоянии оборудования на центральный сервер цифровой подстанции для последующего анализа и мониторинга.

Другой способ передачи данных состояния оборудования цифровой подстанции - использование беспроводных технологий. Для передачи данных о состоянии оборудования цифровой подстанции также используются беспроводные технологии, такие как Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee и другие. Беспроводные технологии позволяют передавать данные о состоянии оборудования на расстояние без необходимости прокладывать провода. С их помощью можно передавать данные оборудования непосредственно на мобильные устройства специалистов для оперативного реагирования на проблемы и аварии.

Результаты исследования. Для передачи данных о состоянии оборудования цифровой подстанции также используются локальные средства передачи данных, такие как RS-485, Ethernet и другие. Локальные средства передачи данных позволяют передавать данные о состоянии оборудования в пределах цифровой подстанции без необходимости использования внешних средств передачи данных.

Также существуют способы передачи данных через спутниковые системы связи. Это позволяет передавать данные о состоянии оборудования прямо на

центральный сервер без необходимости использования проводной или беспроводной сети.

Заключение. Существуют различные способы передачи данных состояния оборудования цифровой подстанции, и каждый из них имеет свои плюсы и минусы. Выбор конкретного способа зависит от конкретных условий эксплуатации и требований к надежности и оперативности передачи информации. Но основным требованием к подобным системам остается достоверность передаваемых данных без потерь элементов, её защищенность от постороннего воздействия и скорость, объём передачи.

Список источников

1. ГОСТ Р МЭК 61850-7-1-2009. Сети и системы связи на подстанциях. - Москва: Стандартинформ, 2010. - 25 с.

2. Моржин, Ю.И. Цифровая подстанция - важный элемент интеллектуальной энергосистемы. / Ю.И. Моржин // ОАО «НТЦ электроэнергетики» г. Москва. - 2012 г.

3. Левин, М. А. Предпосылки создания цифровых подстанций напряжений 6 и 10 кВ / М. А. Левин, Н. Н. Травов // Актуальные проблемы энергетики АПК : Материалы X национальной научно-практической конференции с международным участием, Саратов, 22 апреля 2019 года / Под общ. ред. Трушкина В.А. – Саратов: ООО "Центр социальных агроинноваций СГАУ", 2019. – С. 135-137.

4. Тяговые и трансформаторные подстанции: учебно-методическое пособие / Н. А. Попова, О. В. Кубкина, П. А. Бодров; ФБГОУ ВО РГУПС. – Ростов-наДону : РГУПС, 2021. – 28 с.

5. Conditions for constructing a schedule of maintenance when using a risk-based strategy of technical operation / V. A. Trushkin, M. A. Levin, O. N. Churlyaeva, A. S. Guzachev // Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering, Dushanbe, 21–23 декабря 2021 года. – Dushanbe, 2022. – P. 122510Q. – DOI 10.1117/12.2631187. – EDN WXIJBI.

© Сергеев Н.Р., Левин М.А., 2023

Научная статья
УДК: 621.316

ОРГАНИЗАЦИЯ ОПЕРАТИВНО-ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЦИФРОВОЙ ПОДСТАНЦИИ 10/0,4 кВ

Никита Романович Сергеев[1], Михаил Александрович Левин[2]
[1,2]Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия
[2]1m.a.levin@mail.ru https://orcid.org/0009-0006-5466-9801

[1]nr_sergeev@mail.ru https://orcid.org/0009-0001-9369-4878

Аннотация: В данной статье рассматривается организация оперативно-диспетчерского управления цифровой подстанции 10/0,4 кВ. Описаны компоненты системы обеспечениия надежности электроснабжения и оперативного реагирования на возможные сбои и аварийные ситуации.
Ключевые слова: цифровая подстанция 10/0,4 кВ, оперативно-диспетчерское управление, системы контроля ЦП 10/0,4 кВ
Для цитирования: Сергеев Н.Р. Организация оперативно-диспетчерского управления цифровой подстанции 10/0,4 кВ / Сергеев Н.Р., Левин М.А. // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-технической конференции имени Г.П.Ерошенко / Под ред. С.М.Бакирова. - Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023

Scientific article

STRUCTURE OF OPERATIONAL CONTROL OF DIGITAL SUBSTATION 10/0.4 kV

Nikita Romanovich Sergeev, Mikhail Alexandrovich Levin
Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering. N.I. Vavilova, Saratov, Russia
1m.a.levin@mail.ru https://orcid.org/0009-0006-5466-9801
nr_sergeev@mail.ru https://orcid.org/0009-0001-9369-4878

Annotation: This article considers the organization of operational and dispatching management of the 10/0.4 kV digital substation. All components of the system play an important role in ensuring the reliability of the power supply and the prompt response to possible failures and emergencies.
Keywords: 10/0.4 kV digital substation, operational-dispatch management, control systems.
For quoting: Sergeev N.R. Organization of operational control of digital substation 10/0.4 kV / Sergeev N.R., Levin M.A. // Increasing the efficient operation of electrical equipment in agriculture: materials of the International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko / Ed. S.M.Bakirov - Saratov: Vavilov University, 2023

Введение. Для управления всеми процессами производства, передачи и распределения электрической энергии существует система оперативно-диспетчерского управления.

Оперативно-диспетчерское управление цифровой подстанции 10/0,4 кВ играет ключевую роль в обеспечении надежной работы электроэнергетических систем. Это управление включает в себя комплекс оперативных мероприятий,

направленных на контроль, управление и обеспечение безопасной работы подстанции.

Материалы и методы. Оперативно-диспетчерское управление подстанцией включает в себя несколько важных структурных компонентов. Они обеспечивают контроль за техническим состоянием оборудования, своевременное реагирование на аварийные ситуации, управление переключениями и обслуживание энергосистемы.

Одним из главных этапов является создание диспетчерского пункта РЭС с функцией сбора и передачи комплекса данных в систему SCADA.

Основным задачами SCADA является информационное обеспечения технологических процессов оперативно-диспетчерской координации. Программное обеспечения SCADA является важнейшим средством компьютерной поддержки решений, принимаемых сотрудниками. С помощью SCADA и посредством системы отображения диспетчерской персонал подстанции осуществляет контроль текущего состояния энергосистемы, ретроспективной самоанализ происшедших событий и оценку перспективных режимов.

Основные задачи, решаемые системой SCADA:

1. Получения информации о текущих значениях параметров режимов энергообъекта или энергосистемы.

2. Обработка поступающий информации.

3. Формирование до расчетных параметров.

Предоставление системе изображения и EMS приложениям текущей, ретроспективной информации и информации за будущее время об энергетического порядка, состоянии оборудования, планируемом диспетчерском графике и аварийно-предупредительных сообщений в реально времени.

1. Архивирование и хранение данных.

2. Автоматическое восстановление принятой из внешних систем некачественной информации на принципе существующей в SCADA повторяющейся достоверной информации.

В состав программно-аппаратных средств SCADA входят

1. Устройства приема-передачи информации;

2. Устройства обработки информации, формирования отчетных и расчетных данных;

3. Устройства хранения и извлечения данных; средстваадминистрирования и управления.

Для бесперебойного работы SCADA необходимо обеспечить надежную работу соответствующих инфраструктурных систем.Оборудование SCADA должно иметь собственные средства сигнализации о состоянии основных модулей и узлов. Все оборудование SCADA должно быть подключено к сети гарантированного электропитания с обязательным быстрым сохранением.

Результаты исследования. К средствам приема-передачи информации в составе диспетчерского пункта относятся программные модули,

обеспечивающие взаимодействие SSCADA с ССПИ, системой отображения материалов и программно-аппаратными комплексами EMS, MMS.

Устройства приема-передачи информации обеспечивают выполнение SCADA следующих функций:

1. Обмен оперативной информацией с ССПИ и программноаппаратными комплексами EMS, MMS;

2. Управление процессом обмена информацией, включая диагностику состояния обмена и ведение статистики;

3. Промежуточная обработка информации (преобразование форматов данных, масштабирование, достоверность, интерполяция текущих ТИ);

4. Передача информации в систему отображения.

Устройства приема-передачи информации должны устанавливать поддержку международных стандартных протоколов IEC. Должен быть обеспечен постоянный автоматический мониторинг положения средств приема-передачи информации SCADA по каждому направлению обмена информацией с выдачей сигнализации об преобразовании состояния на рабочее место пользователя. Средства обработки информации, формирования отчетных и расчетных данных.

К средствам обработки информации, формирования отчетных и расчетных данных относятся:

1. Серверы SCADA;

2. Рабочие станции администраторов SCADA;

3. Специализированное ПО серверной и клиентской частей.

Средства обработки информации обеспечивают выполнение SCADA следующих функций:

1. Обработка принятой информации с фильтрацией недостоверной информации;

2. Анализ поступающей информации с целью определения ее качества;

3. Обработка принятых из внешних систем кодов качества и кодов источников параметров;

4. Формирование собственных кодов качества и кодов источников информации;

5. Выполнение необходимых расчетов с участием обработанной информации;

6. Архивирование и хранение данных;

7. Обработка запросов клиентов на получение необходимой оперативной информации, в том числе из архива.

Все серверы SCADA должны быть подключены к системе бесперебойного электропитания. Каждый сервер SCADA должен иметь локальный ИБП для корректного завершения работы сервера в случае длительного отсутствия электропитания. Локальные ИБП для серверов должны обеспечивать непрерывную работу серверов SCADA не менее 20 минут. В комплексе средств обработки информации должна регулярно выполняться автоматическая синхронизация времени.

ПО в соответствии с заданными параметрами авторизации конкретного пользователя должно обеспечивать выполнение следующих функций:

1. Подключение к серверам SCADA;

2. Удаленное администрирование серверов SCADA;

3. Просмотр и исправление текущей, ретроспективной информации, в том числе в архиве, и информации на будущее время. Средства хранения и извлечения данных

К средствам хранения и извлечения данных относятся:

1. Стандартная база данных (хранилище информации);

2. Подсистема управления базой данных, обеспечивающая работу с

3. Хранимой информацией в пределах всей глубины архива;

4. Подсистема синхронизации информации между серверами SCADA.

Средства хранения и извлечения данных SCADA обеспечивают выполнение следующих функций:

1. Хранение оперативной информации, в т.ч. в долгосрочном архиве;

2. Обработку запросов клиентов на получение необходимой оперативной информации, в т.ч. из долгосрочного архива;

3. Синхронизацию баз данных оперативной информации на основных и резервных серверах SCADA.

Подсистема управления базой данных должна обеспечивать возможность настройки правил формирования, глубины хранения, степени прореживания, управления форматом хранения данных.

Средства администрирования и управления SCADA обеспечивают выполнение следующих функций:

1. Настройка и сопровождение единой системы обработки событий, оповещения и записей информационных сообщений;

2. Управление конфигурацией SCADA;

3. Управление прикладным программным обеспечением SCADA;

4. Контроль и диагностирование компонент SCADA;

5. Обеспечение санкционирования доступа;

6. Управление настройкой нормативно-справочной информации.

Одна система обработки событий может сделать объединение событий в группы, предлагает возможность редактировать состав и содержание групп событий и позволяет настраивать глубину для хранения сообщений о событиях для разных групп.

С помощью параметров тревоги вы можете настроить систему уведомлений индивидуально для разных групп событий, включая способы уведомлений пользователям.

Система уведомлений должна включать настраиваемую схему обнаружения предупреждений и подсистему уведомления о событиях. Подписка на события должна позволять пользователю SCAD настраивать личный список событий, о которых он должен быть уведомлен. Список пользователей, которым разрешен доступ к системе уведомлений, определяется местными правилами. Каждый программный модуль SCADA имеет развитые.

Средства сохранения информационных сообщений о своей работе. Записи информационных сообщений должны иметь идентификатор программного модуля и пользователя. От имени которого выполнялись действия. Записи журналов действий безопасности и изменений настроек конфигурирования SCADA должны быть защищены от удаления и модификации. SCADA должна обеспечивать возможность просмотра. Настройки журналов работы программных модулей. Подсистема фиксации информационных сообщений о работе программных модулей SCADA должна позволять выбирать уровень детализации, с которым ведется запись.

SCADA нового поколения основываться на сервис-ориентированной архитектуре. Техническое обслуживание – программные компоненты, которые были задокументированы и выполняют функцию для другой системы или приложения. Приложение или система может предлагать или предоставлять услугу, которая может быть запрошена посредством программирования из независимо разработанного приложения с указанием открытого документированного интерфейса. Сервис доступен через сеть и публикует стандартный интерфейс, который не требует знания технологий, используемых для его создания и разработки. Web-сервисы организуется основной технологией для данной архитектуры. Так как предлагают более гибкий вариант информационной поддержки технологических процессов. Возможность интеграции к наибольшему функционалу. В свободном порядке создавать программ для создания измерения динамических систем автоматизации технологий в процессе работы цифровых средств в целом.

Web-сервисы состоят из протоколов основанных на XML:

1. SOAP определяет сообщения в процессе работы, которые содержат требования и отклик сервисов. SOAP не зависит от какого-либо частного транспорта и технологии реализации;

2. Язык описания Web-сервисов (WSDL) - основанное на XML описание сервиса, которое описывает открытый интерфейс, протокол привязки и параметры сообщений, требующиеся для взаимодействия с Web-сервисом;

3. Универсальное описание обнаружение и интеграция (UDDI) - основанный на XML реестр для публикации откликов сервисов (WSDL) и дающий возможность их поиска. ESB - сервис-ориентированная инфраструктура среднего слоя. Поддерживает предоставление дополнительных услуг при взаимодействии программ между собой и выступает в роли посредника для сервис ориентированных бизнес-компонент и бизнес-компонент, управляемых событиями. CIM/CME - концепция интеграции данных. Все данные, позиционируемые для совместного использования ИТ-компонентами на различных уровнях диспетчерского управления, должны определяться с использованием CIM/CME как канонической семантической модели.

Заключение. Таким образом, оперативно-диспетчерское управление цифровой подстанции 10/0,4 кВ представляет собой сложную систему, включающую множество компонентов, которые взаимодействуют для

обеспечения эффективной и безопасной работы подстанции. Каждый из этих компонентов играет важную роль в обеспечении надежности электроснабжения и оперативного реагирования на возможные сбои и аварийные ситуации.

Список источников

1. Чичёв С. И., Калинин В. Ф., Глинкин Е. И. Методология проектирования цифровой подстанции в формате новых технологий. – Москва: Издательский дом «Спектр», 2014. – 228 с. – ISBN 978-5-4442-0076-6.

2. Россети: Концепция Цифровая трансформация 2030. – https://www.rosseti.ru/investment/Kontseptsiya_Tsifrovaya_transformatsiya

3. Цифровая трансформаторная подстанция: пат. RU 2552842 C2 РФ: МПК H02B 7/00, H02J 13/00/ А.Б. Лоскутов, А.И. Чивенков, Е.Н. Соснина, И.В. Белянин, Р.Ш. Бедретдинов, И.А. Липужин – № 2013146200/07; заявл.17.10.13; опубл. 10.06.15. – 5 с

4. "Digital Substation Automation: Benefits and Implementation" // IEE Power and Energy Technology Systems, 2019

© Сергеев Н.Р., Левин М.А., 2023

Научная статья
УДК 620.197.5

КАТОДНАЯ ЗАЩИТА ТРУБОПРОВОДОВ

Иван Анатольевич Скорин[1], Сергей Владимирович Бахтеев[2], Дмитрий Сергеевич Линиченко[3], Андрей Павлович Клепиков[4]

[1,2]Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

[3]Общество с ограниченной ответственностью «Центр Инновационных Технологий-Э.С.», г. Саратов, Россия

[4]ООО Газпром трансгаз Саратов «Инженерно-технический центр» лаборатория электрохимзащиты, г. Саратов, Россия

[1]ivan.2018skorin@gmail.com https://orcid.org/0009-0000-5957-8067

[2]sergey678s64@yandex.ru https://orcid.org/0000-0002-2840-2306

[3]dmisko@mail.ru https://orcid.org/0009-0003-7754-2019

[4]engineerEHZ@rambler.ru https://orcid.org/0009-0002-2740-0592

Аннотация. В статье рассматривается особенность защиты трубопровода от коррозии при помощи катодной поляризации. Суть этого вида защиты заключается в предотвращении окисления атомов металла на поверхности трубопровода. Это удается добиться смещением потенциала металла относительно грунта на достаточную величину в катодную область. Уровень сдвига потенциала в отрицательную область зависит от условий, в которых

протекает коррозия. Потенциал металл-грунт относится к классу электродных потенциалов, которые устанавливаются самопроизвольно на любой границе металла со средой. Значение потенциала определить невозможно, поэтому его измеряют по отношению к принятому электроду сравнения, потенциал которого достаточно стабилен. Эталонным электродом сравнения принимается нормальный водородный электрод (н.в.э.)
Ключевые слова: катодная защита, электрохимическая защита, трубопровод, потенциал, поляризация, анод, катод.
Для цитирования: Скорин, И.А. Катодная защита трубопроводов / И.А. Скорин, С.В. Бахтеев, Д.С. Линиченко, А.П. Клепиков // Повышение эффективности эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-технической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

CATHODIC PROTECTION OF PIPELINES

Ivan Anatolyevich Skorin[1], Sergei Vladimirovich Bakhteev[2], Dmitry Sergeevich Linichenko[3], Andrey Pavlovich Klepikov[4]
[1,2]Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering. N.I. Vavilov, Saratov, Russia
[3]Limited Liability Company «Center for Innovative Technologies-ES», Saratov, Russia
[4]LLC Gazprom Transgaz Saratov «Engineering and Technical Center» Laboratory of Electrochemical Protection, Saratov, Russia
[1]ivan.2018skorin@gmail.com https://orcid.org/0009-0000-5957-8067
[2]sergey678s64@yandex.ru https://orcid.org/0000-0002-2840-2306
[3]dmisko@mail.ru https://orcid.org/0009-0003-7754-2019
[4]engineerEHZ@rambler.ru https://orcid.org/0009-0002-2740-0592

Annotation. The article discusses the peculiarity of protecting a pipeline from corrosion using cathodic polarization. The essence of this type of protection is to prevent the oxidation of metal atoms on the surface of the pipeline. This can be achieved by shifting the potential of the metal relative to the ground by a sufficient amount into the cathode region. The level of potential shift to the negative region depends on the conditions under which corrosion occurs. The metal-soil potential belongs to the class of electrode potentials that are established spontaneously at any boundary of the metal with the environment. The potential value cannot be determined, so it is measured in relation to the accepted reference electrode, the potential of which is quite stable. The universal reference electrode is the normal hydrogen electrode (n.v.e.).

Keywords: cathodic protection, electrochemical protection, pipeline, potential, polarization, anode, cathode.
For citation: Skorin, I.A. Cathodic protection of pipelines / I.A. Skorin, S.V. Bakhteev, D.S. Linichenko, A.P. Klepikov // Improving the efficient operation of electrical equipment in agriculture: materials International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko / Ed. S.M. Bakirov - Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. В технике катодной защиты используют насыщенный медносульфатный электрод. Его потенциал относительно водородного электрода равен +0,3 В (н.в.э.) при температуре 20 °С. В скобках за величиной потенциала указывают, относительно какого электрода этот потенциал измерен. В связи с характером протекающих на электроде процессов различают: равновесный потенциал, стационарный и потенциал электрода под током.

Равновесный потенциал характеризует равновесие между окислительной и восстановительной реакциями. Стационарный потенциал ($E_э^{st}$) устанавливается самопроизвольно в отсутствие внешнего тока в цепи. При таком потенциале в естественных условиях протекает коррозия металла. Потенциал электрода под воздействием внешнего тока может смещаться в зависимости от направления тока в катодную или анодную стороны. При смещении потенциала в отрицательную область (катодную сторону) подавляются реакции окисления, и значительно замедляется скорость коррозии.

В зависимости от состава среды и других условий для достижения одного и того же эффекта подавления коррозии требуется обеспечить норматив смещения потенциала. В практике защиты трубопроводов принято минимальное значение защитного потенциала. Это значение ($E_э^{min}$) выбирают исходя из условий эксплуатации трубопровода согласно справочным данным.

На всем протяжении трубопровода потенциал должен быть отрицательнее принятого минимального значения. Катодную поляризацию трубопровода осуществляют с помощью подключения к источнику постоянного тока − станции катодной защиты (СКЗ). Образец такой станции представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Станция катодной защиты, выпускаемая ООО «ЦИТ-Э.С.»

Материалы и методы. Для эффективной защиты трубопровода необходимо, чтобы на всем протяжении защищаемого участка трубопровода сохранялся достаточный для подавления коррозионных процессов катодный потенциал. Добиться этого можно двумя способами.

Первый способ предполагает равномерную поляризацию всего участка. С этой целью необходимо расположить вдоль всей трассы аноды и подвести к ним электропитание по средствам проводников с малым сопротивлением или рассредоточить вдоль трассы большое количество маломощных источников тока. Данный подход чаще всего оказывается экономически невыгодным. Целесообразней установить в определенном месте достаточно мощную станцию, поместив около нее группу анодов.

В этом случае защитный ток течет по грунту от анодов, попадает на трубопровод и собирается к токоотводу в месте подключения (точке дренажа). При этом по мере удаления от точки токоотвода катодный потенциал уменьшается. Зоной защитного действия будет являться область по обе стороны от токоотвода, в которой потенциал трубы по отношению к грунту будет отрицательнее принятого значения защитного потенциала. Самый высокий катодный потенциал, т.е. самое отрицательное его значение, будет на участке трубы, находящемся напротив анода, при прочих равных условиях. Чем отрицательнее будет потенциал трубы в точке дренажа, тем протяженнее будет зона защиты (рис. 2). Стрелками показано направление тока в трубе (сплошные стрелки) и в грунте (пунктирные).

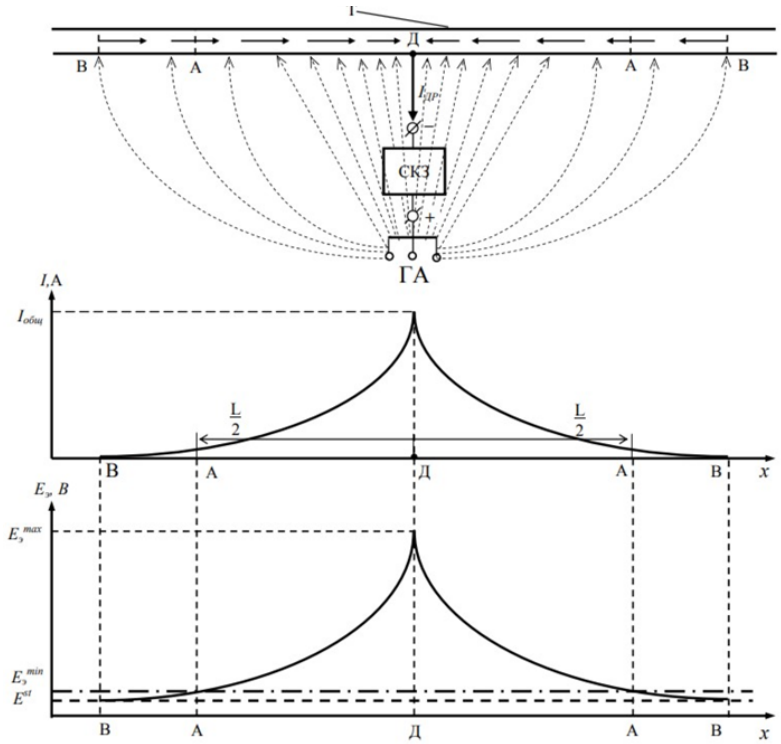


Рисунок 2 – Схема распределения потенциала и тока при катодной защите трубопровода: Т – трубопровод; СКЗ – станция катодной защиты; ГА – группа анодов; Д – точка подвода тока к трубе (точка дренажа); *L*/2 – половина длины зоны защиты; *I* – ток в теле трубы; $I_{общ}$ - максимальное значение тока в трубе; $E_э$ – электродный потенциал трубы; $Eэ^{max}$ - значение потенциала в точке дренажа; E^{st} - стационарный (бестоковый) потенциал стального трубопровода в грунте, который устанавливается в точке В, E^{min} - принятое значение защитного потенциала, которое достигается в точке А

Однако при этом необходимо следить, чтобы потенциал в точке дренажа не достиг опасного значения, при котором начнется интенсивное выделение водорода и возникнет наводороживание металла.

Результаты исследования. Математическая модель процесса должна описывать распределение потенциала по длине трубопровода и позволить определить силу тока в трубе. Данными для расчета обычно служат допустимые потенциалы в точке дренажа и на границе защитной зоны, а определяемыми величинами – длина зоны защиты, рабочий ток, а также ряд технических показателей оборудования.

Поскольку ток протекает по грунту, неопределенным оказывается сечение проводника, т.е. грунта. Для математического описания распределения потенциала в подобных однородных средах используют уравнение Лапласа – это дифференциальное уравнение второго порядка в частных производных.

Исходными уравнениями являются дифференциальные соотношения, определяющие изменение потенциала в металле и земле по длине трубопровода и меняющийся потенциал между землей и поверхностью трубы вдоль трубопровода. Для записи основных уравнений вводятся следующие обозначения и параметры (рисунок 3).

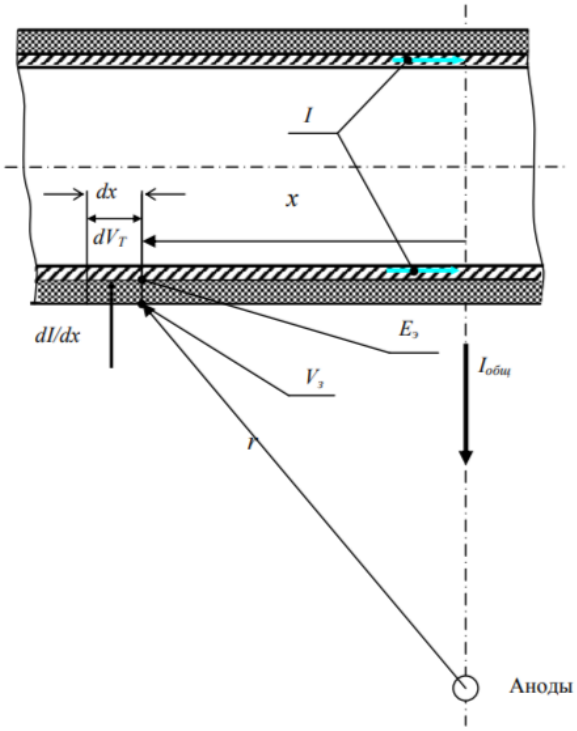


Рисунок 3 – Распределение потенциалов и токов по длине трубопровода

Ток от источника течет на анод (он показан точкой), от анода по земле к трубопроводу, затем через изоляцию непосредственно в металл, далее по металлу трубы к точке дренажа и, наконец, возвращается к источнику постоянного тока. Таким образом, электрическая цепь оказывается замкнутой. Если принять V_T – потенциал трубопровода, т.е. падение напряжения в теле трубы от точки дренажа до точки x; $V_з$ – потенциал земли относительно анода в

точке x; $E_э$ – электрохимический потенциал, между металлом и грунтом, определяющий локальную плотность защитного тока.
Потенциал $E_э$ можно выражают следующим образом:

$$E_э = -dI \cdot \rho_{из} \frac{\delta_{из}}{\pi \cdot D \cdot dx} \quad (1)$$

где I – сила тока в трубопроводе, А; $\rho_{из}$ – удельное сопротивление изоляции, Ом·м; $\delta_{из}$ – толщина изоляционного слоя, м; D – диаметр трубы, м. Знак минус в правой части равенства указывает на то, что ток возрастает при смещении потенциала в отрицательную сторону, т.е. ток является катодным.
Изменение потенциала в земле определяется падением напряжения в сферическом слое от тока, стекающего с анода (рисунок 4):

$$dV_з = -I_{общ} \cdot dR_з, \quad (2)$$

где $I_{общ}$ – общий ток, стекающий с анода, А; $dV_з$ – изменение потенциала земли на некотором расстоянии от анода, по отношению к бесконечно удаленной точке, В; $dR_з$ – изменение сопротивления шарового слоя, Ом.

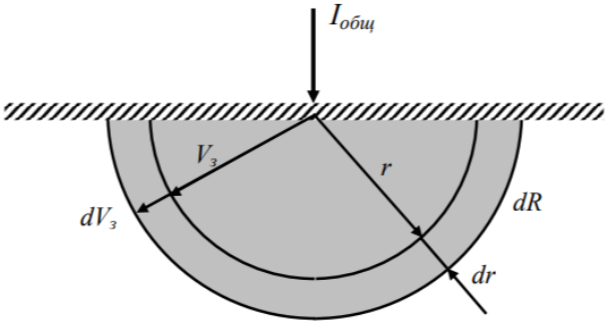


Рисунок 4 – Растекание тока с точечного анода

Для защита магистрального трубопровода могут применяться нескольких станций катодной защиты. В этом случае распределение тока и потенциала вдоль трубопровода показано на рисунке 5.

В точке дренажа по трубопроводу протекает максимальный ток и наблюдается самый высокий катодный (т.е. самый отрицательный) потенциал. На расстоянии l по обе стороны от точки дренажа должен установиться минимально допустимый защитный потенциал.

$$I = I_{общ} \cdot \left[\frac{sh[\alpha(l-x]}{sh(\alpha l)} - \frac{\rho_{гр} l sh(\alpha l)}{\pi R_T (y^2 + l^2)^{3/2} sh(\alpha l)} - \frac{\rho_{гр}}{\pi R_{из}} \cdot Arsh\frac{x}{l} \right], \quad (3)$$

где $I_{общ}$ – общий ток, стекающий с анода, А; $\rho_{гр}$ – удельное сопротивление грунта, Ом·м; r – расстояние от анода до шарового слоя, м; $R_{из}$ – сопротивление изоляции, Ом;

Для инженерных расчетов необходимо при заданном допустимом максимальном катодном потенциале в точке дренажа определить силу защитного тока можно по этой формуле (3).

Распределение тока и потенциала по длине трубопровода при защите несколькими станциями катодной защиты показано на рис. 5. Стрелки разного типа соответствуют току от различных станций.

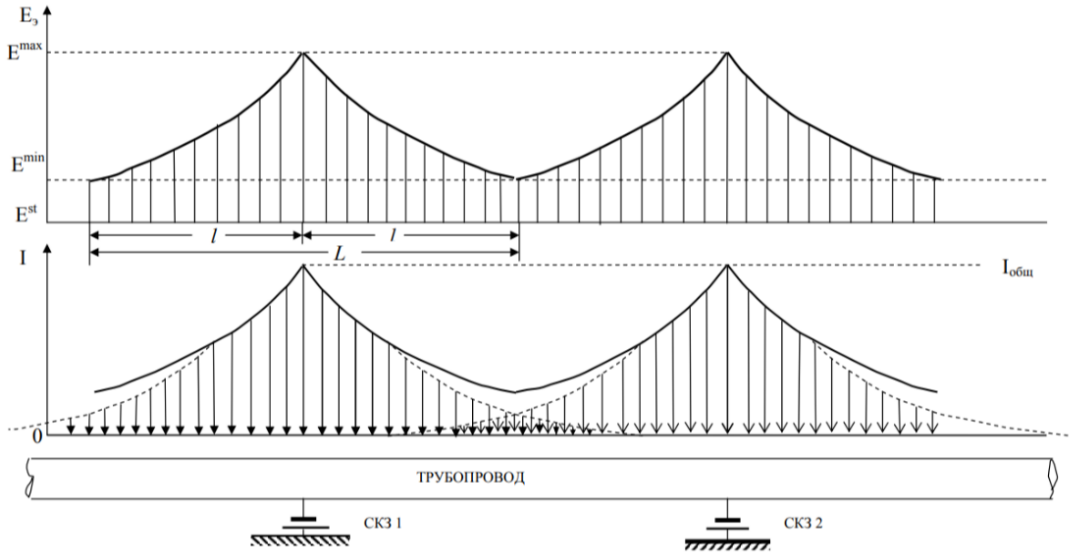


Рисунок 5 – Распределение тока и потенциала (сплошные линии) по длине трубопровода при защите несколькими станциями катодной защиты

Сопротивление растеканию со всех анодов (R_A, Ом) рассчитывается по формуле:

$$R_A = \frac{R_B \cdot R_Г}{R_B + R_Г}, \quad (4)$$

где R_B – общее сопротивление растеканию с вертикальных анодов; $R_Г$ – общее сопротивление растеканию с горизонтальных анодов.

R_B и $R_Г$ рассчитываются по формулам:

$$R_B = \frac{R_{1B}}{n_B \cdot \eta_B};\ R_Г = \frac{R_{1Г}}{n_Г \cdot \eta_Г} \quad (5)$$

Индекс 1 означает, что данная величина относится к единичному аноду, n – количество анодов в группе, η – коэффициент экранирования соответствующей группы анодов.

Расчетные формулы для одиночных заземлителей приведены в табл. 1. Если используются заземлители только одного типа, то вместо формулы (4) используют одну из формул (5).

Коэффициент экранирования рассчитывается из приближенного соотношения:

$$\eta \approx \frac{1}{1 + \left(\frac{\rho_{гр}}{\pi s R_1}\right) \ln(0{,}66 \cdot n)}, \quad (6)$$

где s – расстояние между анодами в группе, м; R_1 – сопротивление растеканию одиночного анода (рассчитывается по формулам таблицы 1; n – количество анодов в группе.

Таблица 1 – Расчетные формулы для заземлителей

№ п/п	Форма заземлителя	Формула	Условия	Обозначения
1	Стержневой вертикальный	$R_{1B} = \left(\frac{\rho}{2\pi l}\right) \cdot \ln\left(\frac{4l}{d}\right)$	Без заглубления, $l >> d$	l –длина стержня, м, d – диаметр, м, ρ – удельное сопротивление грунта, Ом·м
2	Горизонтальный	$R_{1Г} = \left(\frac{\rho}{\pi l}\right) \cdot \ln\left(\frac{2l}{d}\right)$	Без заглубления, $l >> d$	обозначения такие же, как в п. 1
3	Стержневой вертикальный	$R_{1B} = \frac{\rho}{2\pi l} \cdot \ln\left(\frac{2l}{d}\sqrt{\frac{4t+3l}{4t+l}}\right)$	С заглублением, $t >> d$ $l >> d$	t – заглубление головки анода, м; остальные обозначения такие же, как в п. 1
4	Горизонтальный	$R_{1Г} = \left(\frac{\rho}{2\pi l}\right) \cdot \ln\left(\frac{2l^2}{td}\right)$	С заглублением, $l >> t$ $l >> d$	обозначения такие же, как в п. 1, 3

В зависимости от количества анодных заземлителей меняется соотношение между расходами на материалы, установку и потери мощности на сопротивление растекания. С учетом стоимости всех составляющих можно рассчитать количество анодов, обеспечивающее минимум расходов:

$$n_{опт} = I_{ДР}\sqrt{\frac{R_A k t_{год}}{a K_A w \eta}}, \quad (7)$$

где $n_{опт}$ – оптимальное количество анодов; R_A – сопротивление растеканию группы анодов (по формуле (4)), Ом; k – суммарная плата за электроэнергию, руб./кВт·час; $t_{год}$ – количество непрерывной работы в году, час/год; K_A – стоимость одного анода с установкой, руб.; a – коэффициент годовых выплат (в расчете на срок службы 20 лет без обслуживания, принимают равным 0,11 год$^{-1}$; w – к.п.д. преобразователя, в долях единицы).

Для расчета срока службы анодных заземлителей используют справочные данные и отраслевые нормативы. Срок службы определяют по формуле:

$$T = \frac{M_a \eta_u}{q_a I_{ДР}}, \quad (8)$$

где M_a – масса металла в анодах, кг; η_u – коэффициент использования анодной массы; q_a – электрохимический эквивалент металла, кг/А·год (электрохимический эквивалент железа составляет 9,15 кг/А·год).

Расчет сопротивления кабеля проводится в соответствии с законом Ома по формуле:

$$R_{каб}^{A,K} = \rho_{пр} \frac{l_{каб}}{S_{каб}}, \quad (9)$$

где $R_{каб}^{A,K}$ – сопротивление кабеля от СКЗ до анодов или трубопровода, Ом; $\rho_{пр}$ – удельное сопротивление проводника, Ом·м; $l_{каб}$ – длина кабеля, м; $S_{каб}$ – площадь сечения проводника, м^2.

Напряжение на выходе СКЗ должно быть равно падению напряжения на всех участках цепи. Поскольку падение напряжения на отдельных участках цепи определяется меняющимся по координате током, то правильным будет являться комбинированный расчет, включающий как собственно величины падения напряжений, так и разности потенциалов между отдельными участками цепи. Таким образом, напряжение на СКЗ должно быть:

$$U_{СКЗ} = -(E_э^{\max} - E_э^{st}) + I_{ДР} R_A + U_A + U_K, \quad (10)$$

где $E_э^{st}$ – стационарный (т.е. в отсутствие защиты) потенциал трубопровода.

В выражении (10) падение напряжения в грунте включено в неявном виде. Оно входит в слагаемое, заключенное в скобках.

Мощность источника питания СКЗ на выходе определяют исходя из общего напряжения и силы дренажного тока:

$$W_{ВЫХ} = U_{СКЗ} \cdot I_{ДР}. \quad (11)$$

Заключение. С учетом необходимой мощности на выходе и к.п.д. по справочнику выбирают конкретную марку источника питания. Мощность источника следует выбирать с 1,5–2-х кратным запасом, имея в виду, что удельное сопротивление грунта в зимний период может повышаться, а при ухудшении качества изоляции, потребуется дренажный ток большей силы.

Список источников

1. Рудой, В.М. Проектирование катодной защиты подземных трубопроводов / В.М. Рудой, Н.И. Останин, Ю.П. Зайков // Екатеринбург, ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2005, 29 с.

2. Дизенко, Е.И. Противокоррозионная защита трубопроводов и резервуаров: учебник / Е.И. Дизенко, В.Ф. Новоселов, П.И. Тугунов, В.А Юфин. М.: Недра, 2003, 199 с.

3. Иоссель, Ю.Я. Математические методы расчета электрохимической коррозии и защиты металлов: справочник / Ю.Я. Иоссель, Г.Э. Кленов. М.: Металлургия, 1984. 272 с.

4. Скорин, И.А. Электрохимическая защита трубопроводов / И.А. Скорин, С.В. Бахтеев, Д.С. Линиченко // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

© Скорин И.А., Бахтеев С.В., Линиченко Д.С., Клепиков А.П. 2023

Научная статья
УДК 004.5

РОБОТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ СОРТИРОВКИ ФРУКТОВ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Сохинов Дмитрий Юрьевич[1], Кравченко Ростислав Александрович[2], Кротов Игорь Владимирович[3]
[1,2,3] ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет», г. Москва, Россия
[1] Sohinovdju@mgupp.ru, https://orcid.org/0009-0000-0030-8580
[2] kravchenkora@mgupp.ru, https://orcid.org/0009-0000-3058-2118
[3] gor_@bk.ru, https://orcid.org/0000-0003-3411-4033

Аннотация. В настоящей статье кратко представлена классификация роботов по функциональным показателям, важным для сортировки фруктов в пищевой промышленности. Рассмотрены критерии выбора роботов, включая их возможности в автоматизации сортировки.
Ключевые слова: роботизированные системы, автоматизированная сортировка фруктов, классификация роботов, функциональные показатели роботов.
Для цитирования: Сохинов Д.Ю. Роботизированные системы для сортировки фруктов в пищевой промышленности / Д.Ю. Сохинов, Р.А. Кравченко, И.В. Кротов. // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-технической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

ROBOTIC SYSTEMS FOR FRUIT SORTING IN THE FOOD INDUSTRY

Sokhinov Dmitry Yurievich[1], Kravchenko Rostislav Alexandrovich[2], Krotov Igor Vladimirovich[3]
[1,2,3] Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Russian Biotechnological University, Moscow, Russia
[1] Sohinovdju@mgupp.ru, https://orcid.org/0009-0000-0030-8580
[2] kravchenkora@mgupp.ru, https://orcid.org/0009-0000-3058-2118
[3] gor_@bk.ru, https://orcid.org/0000-0003-3411-4033

Annotation. This article briefly presents the classification of robots according to functional indicators important for fruit sorting in the food industry. The criteria for selecting robots, including their ability to automate sorting, are considered.
Keywords: robotic systems, automated fruit sorting, robot classification, functional indicators of robots.

For citation: Sokhinov D.Yu. Robotic systems for fruit sorting in the food industry / D.Yu. Sokhinov, R.A. Kravchenko, I.V. Krotov. // Improving the efficient operation of electrical equipment in agriculture: materials of the International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko / Edited by S.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Повышение эффективности пищевого производства и АПК неразрывно связано с совершенствованием существующих и разработкой новых технологий и технических средств. В частности, процессы сортировки фруктов и овощей, например, при производстве соков, являются наименее автоматизированными и зачастую осуществляются вручную персоналом, что ведет к увеличению себестоимости конечного продукта [1-3]. В этой связи представляется перспективным использование роботизированных систем (РС) – сортировщиков, оснащенных специализированным оборудованием, в том числе, захватами, датчиком очувствления, системами технического зрения и др.

При этом, многообразие существующих РС выдвигает задачу обоснованного выбора их основных параметров, соответствующих требованиям технологического процесса: веса, объема, формы материала, площади поверхности, скорости перемещения грузов и др [4-5].

Материалы и методы. В настоящей статье рассматривается подход и выбор роботизированной системы на основе функциональных параметров для реализации задачи сортировки растительного сырья, на примере яблок.

На рисунке 1 представлена классификационная схема РС. Для процесса сортировки яблок перспективным представляется использование промышленных роботов с высокой степенью автоматизации, что позволит уменьшить трудозатраты и повысить производительность процесса.

Для управления роботизированными системами могут использоваться как программируемые логические контроллеры (PLC), так и компьютерные системы с программным обеспечением, специально разработанным для поставленных задач, которое обеспечивает координацию движения и обработку данных [6-8].

Результаты исследования. Эффективное производство сока из яблок требует не только высокой автоматизации, но и точной сортировки фруктов перед дальнейшей обработкой. В данном контексте решающую роль играет выбор функциональных показателей для роботов, ответственных за сортировку [9].

По назначению робот должен относиться к промышленным, так как такие роботы обладают высокой степенью автоматизации, что позволяет снизить трудозатраты операторов и увеличить производительность процесса сортировки [10]. Операции, такие как распознавание и сортировка яблок, выполняются автоматически с минимальным вмешательством человека.

Следующим важным аспектом является степень автоматизации. Чем выше этот показатель, тем меньше ручного вмешательства, что сокращает возможные ошибки и повышает общую эффективность производства. Для

производства, на котором требуется применить РС для сортировки яблок, подойдет робот с автоматическим управлением.

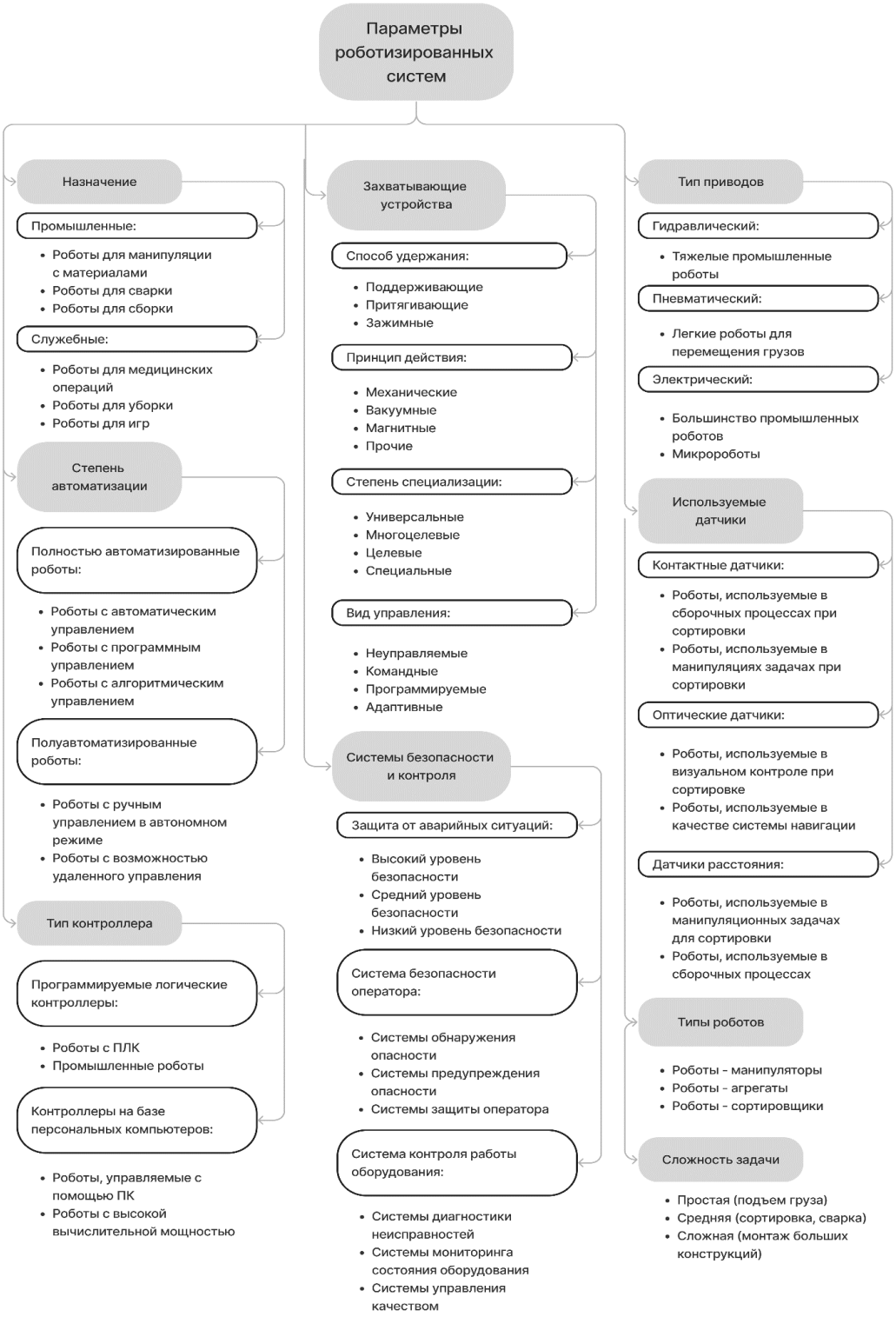


Рисунок 1 - Параметры роботизированных систем

Определение типа контроллера важно для точного управления роботом в условиях промышленного производства. Роботы с ПЛК обеспечивают стабильное выполнение задач сортировки.

В контексте сортировки фруктов особое внимание следует уделить захватывающим устройствам. Они должны быть специализированными, адаптированными к размерам и формам яблок, обеспечивая надежное и быстрое перемещение фруктов. Для этой задачи могут использоваться механические захватывающие устройства с программируемым управлением.

Безопасность и контроль - ключевые компоненты любой промышленности. Системы безопасности и контроля обеспечивают исправность работы роботов, предотвращая столкновения и обеспечивая контроль за выполнением задач, при этом предупреждая технический персонал о неисправности манипулятора [9]. Для производства, которое использует РС для автоматизированной сортировки подойдет система с высоким уровнем безопасности и самодиагностикой неисправностей.

Тип приводов напрямую влияет на точность и динамичность движения робота. Использование электрических приводов обеспечивает необходимую динамику, что существенно для эффективной сортировки.

Эффективная сортировка яблок требует использования разнообразных датчиков - весовых, цветовых, и формы (оптические датчики) [10]. Они обеспечивают точную классификацию фруктов, что является критически важным аспектом процесса.

Заключение. Выбор типов роботов - в данном случае, робота манипулятора - обоснован высокой точностью, быстротой и компактностью, что существенно улучшает процесс сортировки в ограниченных пространственных условиях. Такой подход не только повышает качество сортировки, но и способствует увеличению производительности и рентабельности предприятия в целом.

Список источников

1. Каргин В.А. Рекомендации по реализации интеллектуальной системы определения качества колбасных изделий / В.А. Каргин, Р.А. Кравченко, И.В. Кротов, Е.Р. Резенов // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

2. Сохинов Д.Ю. Основные рыночные решения искусственного интеллекта для реализации процесса обучения нейронных сетей / Д. Ю. Сохинов, Р. А. Кравченко, В. В. Кишко, А. М. Борисевский // Интеллектуальные автоматизированные управляющие системы в биотехнологических процессах : сборник докладов всероссийской научно-практической конференции, Москва, 29 марта 2023 года. – Москва: российский биотехнологический университет; ЗАО «Университетская книга», 2023. – С. 300-306.

3. Каргин В.А. Перспективы использования алгоритмов искусственного интеллекта для раннего обнаружения заболеваний сырья растительного происхождения / В.А. Каргин, В.В. Кишко, А.М. Борисевский // В сборнике: Фабрика будущего: переход к передовым цифровым,

интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам для отраслей пищевой промышленности. Сборник научных докладов III Международной специализированной конференции - выставки. Курск, 2022. С. 142-148.

4. Каргин, В.А. Система управления электромагнитным прессом для отжима сока / В.А. Каргин. – Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2019. № 4 (174). – С. 155-160.

5. Четвериков Е.А. Совершенствование установки сушки расторопши за счет автоматизации процесса измерения влажности / Е.А. Четвериков, А.П. Моисеев, В.А. Каргин // Аграрный научный журнал. 2015. № 7. С. 52-54.

6. Усанов, К.М. Дискретные электромагнитные приводы в процессах и технологиях сельхозпроизводства и АПК : [монография] / К.М. Усанов, В.А. Каргин, А.П. Моисеев, А.В. Волгин. – Саратов: Амирит, 2021. – 184 с.

7. Борисевский А.М. Перспективы использования роботизированной системы для сортировки фруктов / А. М. Борисевский, В. А. Каргин, С. А. Мокрушин, Д. Ю. Сохинов // Роговские чтения: сборник докладов научно-практической конференции с международным участием, Москва, 16 декабря 2022 года. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2023. – С. 133-138.

8. Каргин В.А. Результаты создания интеллектуальной системы с использованием нейросетевых технологий для оценки качества яблок при сортировке / В. А. Каргин, В. В. Кишко, К. М. Усанов, Д. Ю. Сохинов // Вавиловские чтения - 2022 : Сборник статей Международной научно-практической конференции, посвященной 135-й годовщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова, Саратов, 22–25 ноября 2022 года. – Саратов: Общество с ограниченной ответственностью "Амирит", 2022. – С. 710-715.

9. Сохинов, Д. Ю. Рекомендации по подготовке dataset для машинного обучения / Д. Ю. Сохинов, Р. А. Кравченко, О. В. Логачева // Роговские чтения: сборник докладов научно-практической конференции с международным участием, Москва, 16 декабря 2022 года. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2023. – С. 368-373.

10. Корендясев А.И. Теоретические основы робототехники. в 2 кн. / А.И. Корендясев, Б.Л. Саламандра, Л.И. Тывес ; отв.ред С.М. Каплунов : Ин-т машиноведения им. А.А. Благонравова РАН. – М: Наука, Кн.1. – 2006 – 383 с.

© Сохинов Д.Ю., Кравченко Р.А., Кротов И.В., 2023

Научная статья
УДК 331.45(045)

УПРАВЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТЬЮ УСЛОВИЙ ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИИ

Стерхова Татьяна Николаевна[1]
[1]ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет», г. Ижевск, Россия
[1]tatiana.sterh@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются основные требования к управлению безопасностью условиями труда на предприятиях, занимающимися эксплуатацией, диагностикой и ремонтом электрооборудования.
Ключевые слова: Условия труда, управление, замкнутый процесс, орган управления, безопасность труда, эффективное управление, производственные факторы.
Для цитирования: Стерхова Т.Н. Управление безопасностью условий труда на предприятии / Стерхова Т.Н. // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-технической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Scientific article

SAFETY MANAGEMENT OF WORKING CONDITIONS AT THE ENTERPRISE

Sterkhova Tatyana Nikolaevna[1]
[1]Udmurt State University, Izhevsk, Russia
[1]tatiana.sterh@mail.ru

Annotation. The article discusses the basic requirements for managing the safety of working conditions at enterprises engaged in the operation, diagnosis and repair of electrical equipment.
Keywords*:* Working conditions, management, closed process, management body, labor safety, effective management, production factors.
For citation: Sterkhova T.N. Safety management of working conditions at the enterprise / Sterkhova T.N. // Improving the efficient operation of electrical equipment in agriculture: materials of the International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko / Edited by S.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Условия труда являются внешней средой, окружающей человека в ходе производственного процесса. Они оказывают огромное

воздействие на человека и его организм, на его психические и физиологические функции в результате трудовой деятельности, а как следствие, и на работоспособность и производительность труда человека.

Настоящая работа посвящена рассмотрению понятия управления безопасностью условий труда на предприятии, занимающееся эксплуатацией, диагностикой и ремонтом электрооборудования. Вопросам безопасной эксплуатации электрооборудования уделяется на сегодняшний день большое значение [1,2]

В связи с этим, целесообразно рассмотреть понятие «управление». Под управлением понимается целенаправленное влияние на объекты, которое обеспечивает достижение поставленных целей [3].

Как правило, управление – замкнутый процесс, в котором участвуют органы и объекты управления, между которыми присутствуют конкретные связи.

Посредством линий связи орган управления получает необходимую информацию об объекте управления и воздействует на перевод управляемого объекта в нужное русло. Но управленческие процессы присуще не всем системам, а только социальным и биологическим, а также механизмам и машинам, которые создаются человеком.

Это сущность самоуправляемой системы, которая состоит из пары подсистем: управляемой и управляющей. Относительно общества данные системы называются субъектом и объектом управления.

Материалы и методы. Базой управления является цель, то есть состояние, которое нужно обеспечить. Чтобы самоуправляемая система нормально функционировала, нужно:

- провести сбор информации о состоянии объекта;
- отправить ее на обработку;
- переработать информацию и разработать управленческие команды;
- осуществить команды, то есть отдать исполнительному органу важную информацию, которая содержит команды;
- реализовать конкретное действие и контроль.

Это относится к основным функциям субъекта управления. Наряду с этим, особое значение приобретает объективность информации и преобладание обратных связей. На основании принципа обратной связи эффективное управление осуществляется тогда, когда управляющий орган получит объективную информацию о полученных результатах или о решении задач или невозможности их решить.

Система управления безопасностью труда относится к подсистеме общей системы управления предприятием. Основная цель управления безопасностью труда заключается в обеспечении безопасных условий, сохранении жизненных благ и здоровья и высочайшей рабочей способности граждан в производственном процессе. Данная цель достигается благодаря реализации подцелей, определяющихся типом производственных факторов, которые

воздействуют на безопасность условий труда. Это технические, санитарные, организационные, психофизиологические и гигиенические факторы.

Ниже, на рисунке, можно увидеть цели и подцели управления безопасностью труда. Как правило, функции и организация управления безопасностью труда тесно соотносятся с целями. На основании целей реализации безопасности труда, необходимо распределять задачи и определенные обязанности по охране условий труда между структурными подразделениями предприятия и должностными лицами.

Целевое управление безопасностью труда обеспечивается четкой постановкой целей и задач, разработкой плановых заданий. В том случае, когда определенные планы и цели работы по охране труда невозможно определить, то управление может исчезнуть. Остается только регулировать и ликвидировать нарушения с целью поддержания безопасности на заданном уровне. Все это приведет к снижению эффективности работы по охране труда.



Рисунок 1 - Цели и задачи управления безопасностью труда

По праву можно сказать, что управление безопасностью – это планомерный процесс влияния на систему «человек-машина-производственный процесс» с целью получения разработанных значений совокупности показателей, которые характеризуют состояние условий труда.

Процесс управления состоит из:

- оценки показателей условий труда;

-формирования целей и постановки задач, составления программ и оперативного управления программами;

- оценки эффективности реализации программ;

- стимулирования исполнителей.

Управление безопасностью труда осуществляется при помощи управляющего аппарата, состоящего из администрации предприятия, руководителей структурных подразделений, службы охраны труда согласно информации о положении объекта управления.

Орган управления занимается принятием решения с учетом внешней информации:

- законодательных и нормативных актов;

- директивных указаний вышестоящих органов исполнительной власти.

Функции управления направлены на определение деятельности предприятия в ходе решения задач по управлению безопасностью, при этом определенный вид задачи решается с помощью всех перечисленных функций.

Функции анализа, учета и оценки формируют необходимую информацию об объекте управления с целью разработки управленческих решений. Здесь используются материалы сертификации и аттестации условий труда, материалы по анализу травматизма, производственного контроля, а также предписания органов надзор.

Функция прогнозирования и планирования работ по охране труда состоит из определения заданий структурным подразделениям и службам организации, которые участвуют при решении задач охраны труда. Работы по охране труда реализуются согласно:

- перспективным (пятилетним) комплексным планам улучшения условий труда, санитарным и оздоровительным мероприятиям, которые являются звеньями планов социального и экономического развития организация;

- текущим (годовым) планам мероприятий по охране труда, состоящих также из соглашения по охране труда с целью заключения коллективного договора;

- оперативным (квартальным, месячным) планам по участкам и цехам.

Как правило, прогнозируют работы по охране труда на основании результатов научного исследования и анализа в данной сфере. При этом не стоит забывать, что анализ травматизма охватывает периоды не менее пяти - десяти лет. Залогом реальности планов улучшения безопасности и условий труда является правильный прогноз.

Функции координации, регулирования и организации предназначены для объединения сил разных служб организации с целью решения управленческих

задач. Они заключены в установлении обязанностей и порядка взаимных действий лиц, принимающих участие в процессе управления, а также принятии и реализации приказов и распоряжений.

Функция контроля направлена на выявление определенных отклонений от принятых решений, проверку реализации ранее разработанных решения. Наряду с этим, предусмотрен контроль состояния объектов управления. Этот контроль бывает:

- оперативный контроль, то есть со стороны руководителя работ и прочих должностных лиц;
- контроль, проводимый службой охраны труда организации;
- ведомственный контроль, подразумевающий деятельность вышестоящих органов;
- контроль со стороны органов государственного надзора.

Функция стимулирования работы по охране труда предназначена для заинтересованной работников в решении сложных задач по управлению безопасностью труда на предприятии.

Разработкой всех типов и форм стимулирования занимается администрация предприятия вместе с профсоюзами наряду с постановлениями и указаниями профсоюзных и государственных органов.

Практически все функции управления соотносятся между собой, дополняя тем самым друг друга. Снижение или пренебрежение реализации определенной функции управления негативно воздействует на реализацию другой. Например, неполное осуществление функции учета, оценки и анализа положения объекта сильно ограничивает успешность функции контроля, в частности функции прогнозирования и планирования работ.

Несмотря на это, всесторонняя и полная реализация стимулирующей функции дает возможность привлечь к управленческому процессу трудовые коллективы и увеличить эффективность прочих функций управления, а также эффективность решения задач по управлению безопасностью труда на предприятии в целом [2].

Результаты исследования. Следовательно, системой управления безопасностью труда принято называть некую часть управления предприятием, состоящую из организационной структуры, деятельности по планированию, реализации и достижению заданных целей. Также стоит отметить, что управление безопасностью труда основано на системе нормативно-правовых и законодательных актов по охране труда.

Система управления безопасностью труда в обязательном порядке обеспечивает способности эффективного труда коллектива, гарантируя охрану безопасности труда, избегание аварий и негативных условий труда.

Это должно обеспечить важность реализации следующих мероприятий, которые заключаются в:

- профилактических и охранных мероприятиях;
- эргономической оптимизации оборудования рабочих мест;

- информационной нагрузке согласно психологическим способностям человека принимать и обрабатывать информацию, принимать решения и реализовывать действия;

- профессиональном отборе и отсеве профессионально непригодных лиц в отношении определенных профессий;

- устранении несоответствующей структуры деятельности предприятия психологическому и физиологическому состоянию людей. Это заключается в следующем:

- необходимо проводить профилактику психоэмоционального и зрительного перенапряжения - переутомление также нуждается в профилактике;

- работа не должна быть монотонной.

Заключение. При управлении безопасностью труда необходимо уделять внимание совершенствованию личных качеств персонала, заключающееся в следующем:

- необходимо постоянно повышать профессиональную компетентность сотрудников и их опыт, включая тренировку профессионального поведения в случае аварий и экстремального состояния;

- также важно повышать психическую и эмоциональную устойчивость сотрудников к самостоятельным управлению и регуляции своим эмоциональным поведением и состоянием;

- повышать ответственность коллектива, его дисциплинированности и готовности выполнения требований по безопасному труду;

- необходимо развивать, улучшать, тренировать внимание, память и мышление работников предприятия;

- ежегодно проводить инженерное, психологическое и эргономическое проектирование рабочего места и его эргономическую экспертизу.

Список источников

1. Обеспечение безопасности при эксплуатации распределительных сетей / Н. П. Кондратьева, Т. Н. Стерхова, Т. А. Широбокова [и др.] // Надежность и безопасность энергетики. – 2017. – Т. 10, № 4. – С. 287-290. – EDN QHXGZR.

2. *Долин,* М.А. Электробезопасность. Теория и практика [Текст]: учебное пособие / М.А. Долин, В.Т. Медведев, В.В. Корочков, А.Ф. Монахов. – Москва. МЭИ, 2012. – 225 с.

3. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 29 октября 2021 г. № 776н «Об утверждении Примерного положения о системе управления охраной труда»

© Стерхова Т.Н. 2023

Научная статья
УДК 621.548

К ИССЛЕДОВАНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ ВЕТРОГЕНЕРАЦИИ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Любовь Петровна Стрекалова[1], Сергей Дмитриевич Стрекалов[2]
[1]Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград, Россия
[2]Волгоградский государственный технический университет», г. Волгоград, Россия
[1]strekalovalp@mail.ru
[2]strekalov_sergey@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается современное состояние и необходимость дальнейших разработок по получению экологически чистой возобновляемой энергии, тенденции и перспективы безуглеродных технологий в энергетике. Приводятся стимулы расширения разработок в малой энергетике, способствующих энергообеспечению сельскохозяйственных потребителей малой мощности. Рассматривается принципиальная схема электрогенерации от ветродвигателя, имеющего конструктивно малые обороты.
Ключевые слова: Экология, возобновляемые источники энергии, ветродвигатель малооборотистый, электрогенератор, сельскохозяйственный удаленный потребитель.
Для цитирования: Стрекалова Л.П. К исследованию экологически чистой ветрогенерации для сельскохозяйственных потребителей / Л.П.Стрекалова, С.Д.Стрекалов // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-технической конференции имени Г.П. Ерошенко /под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Research Article

TO THE RESEARCH OF ENVIRONMENTALLY CLEAN WIND GENERATION FOR AGRICULTURAL CONSUMERS

Lyubov Petrovna Strekalova[1], Sergey Dmitrievich Strekalov[2]
[1]Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia
[2]Volgograd State Technical University", Volgograd, Russia

Annotation. The article discusses the current state and the need for further developments to obtain environmentally friendly renewable energy, trends and prospects for carbon-free technologies in the energy sector. Incentives are given for expanding developments in small-scale energy that contribute to the energy supply of low-power agricultural consumers. A schematic diagram of power generation from a

wind turbine with a structurally low speed is considered.

Keywords. Ecology, renewable energy sources, low-speed wind turbine, electric generator, agricultural remote consumer.

For citation: Strekalova L.P. To the research of environmentally clean wind generation for agricultural consumers / L.P. Strekalova, S.D. Strekalov // Increasing the effective operation of electrical equipment in agriculture: materials of the International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko /ed. CM. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023

Введение. Антропогенное влияние на окружающую среду становится все яснее, проявляясь в снижении качества воздуха, воды. Участие загрязняющих веществ от сжигаемого углеводородного топлива, как первичного энергоносителя, проявляется и в парниковом эффекте, влияющем на глобальные климатические изменения. И эта проблема привязана к конечной истощаемости запасов углеводородов на планете при все возрастающем уровне их потребления.

В связи с этим, обеспокоенность общественности по экологическим проблемам, изменениям климата, наносящих непоправимый вред нашей экосистеме, вынуждают отраслевые интересы отодвинуть на второй план. Экологические факторы в настоящее время направлены на интенсивное развитие альтернативных источников энергии, развитие технологий энерго-ресурсосбережения, технологий углеродной нейтральности и с отрицательным углеродным следом. Поэтому современная ветроэнергетика занимает одно из лидирующих мест среди генерирующих объектов в долгосрочной стратегической перспективе по получению экологически чистой энергии.

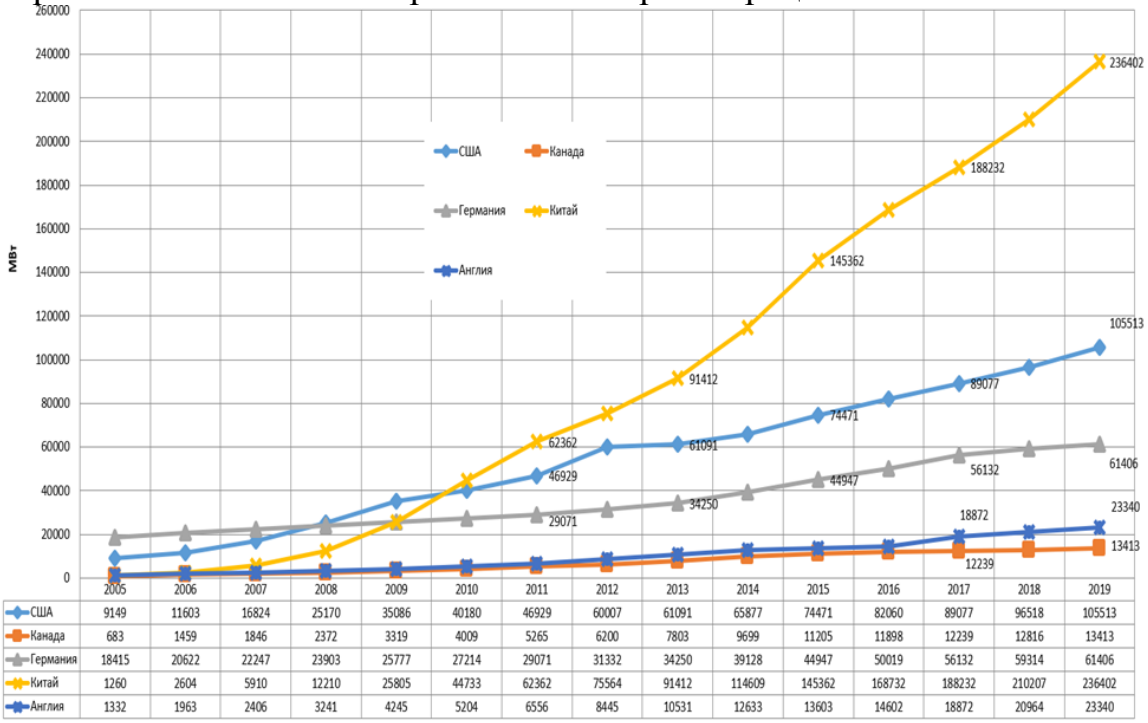
Материалы и методы. Возросшее внимание к развитию ВИЭ привело к росту ветроэнергетических показателей в Европе, запланированный совместными действиями European Wind Energy Association, Forum for Energy and Development) и Greenpeace International. Планировалось в ветроэнергетике достичь 10% от мирового производства электроэнергии к 2020 году и это при прогнозируемом двукратном увеличении годового производства электроэнергии в мире (прогноз IEA) [1, 2].

По данным GWEC, Global wind report, Annual market update построены графики динамики развития ветровой энергетики, начиная с 2005 по 2019г., где отмечается интенсивный рост развития ветроэнергетики для многих стран [3].

Начиная с первого квартала 2020 года в РФ заметен рост введенная мощности от ВЭС [4]. Одним из факторов роста выработки альтернативных видов энергии является принятый в декабре 2019 года Государственной Думой ФЗ (от 27.12.2019 года № 471-ФЗ) "О внесении изменений в Федеральный закон "Об электроэнергетике" в части развития микрогенерации".

Сельскохозяйственные потребители, владеющие объектом микрогенерации с классом напряжения до 1000 В, получили возможность излишки направлять в электросетевое хозяйств [5, 6]. При этом будут поддерживаться обоюдные интересы и производителя электроэнергии от ВИЭ, и покупателя излишков мощности, что будет стимулировать

заинтересованность в инвестировании в микрогенерацию.



	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
США	9149	11603	16824	25170	35086	40180	46929	60007	61091	65877	74471	82060	89077	96518	105513
Канада	683	1459	1846	2372	3319	4009	5265	6200	7803	9699	11205	11898	12239	12816	13413
Германия	18415	20622	22247	23903	25777	27214	29071	31332	34250	39128	44947	50019	56132	59314	61406
Китай	1260	2604	5910	12210	25805	44733	62362	75564	91412	114609	145362	168732	188232	210207	236402
Англия	1332	1963	2406	3241	4245	5204	6556	8445	10531	12633	13603	14602	18872	20964	23340

Рисунок 1 – Развитие ветроэнергетики с сетевым подключением

Результаты исследований. При низких оборотах вращения оси приводного ветродвигателя возникают трудности с преодолением действия тормозящих электромагнитных усилий и созданием необходимого электромагнитного момента. Поэтому у лопастного ветродвигателя повышена стартовая скорость ветра, приводящая к снижению суммарной выработки энергии ветроагрегатом.

В данной работе предложен иной способ увеличения скорости наведения индукции в генераторной схеме. Для повышения эффективности работы используем электромагнитную систему, генерирующую электрическую энергию малооборотистыми ветродвигателем [7]. Принципиальная схема работы устройства представлена на рисунке 2.

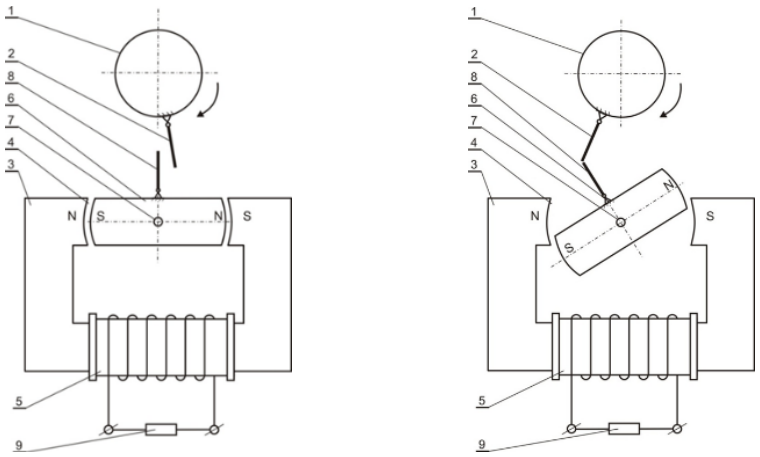


Рисунок 2 – Схема генератора электрической энергии:
1 – вал ветродвигателя; 2 – зацеп вала ветродвигателя; 3 - ферромагнитный сердечник; 4 – воздушный зазор; 5 –катушка; 6 – постоянный магнит; 7 – ось постоянного магнита; 8 –

зацеп постоянного магнита; 9 – нагрузочное сопротивление

Процесс генерации в устройстве базируется на известном принципе возникновения электрического тока в замкнутом проводящем контуре магнитоэлектрической системы при изменении магнитного поля за счет изменения положения постоянного магнита. Для увеличения величины электрического тока увеличиваем скорость колебания постоянного магнита 6, находящегося в зазоре 4 электропроводящего контура (ферромагнитного сердечника 3 с катушкой 5). При повороте вала 1 ветродвигателя зацеп магнита освобождается от зацепа ветродвигателя 8 и происходит увеличение скачкообразно скорости пересечения силовых линий магнитного потока. Пропорционально частоте колебаний постоянного магнита 6 скачкообразно возрастет амплитуда индуцированной ЭДС и возникающего тока в катушке 5. Таким образом, увеличение частоты колебаний магнита в контуре дает возможность получить электроэнергию от ветродвигателя.

Заключение. Современные экологические проблемы направлены на интенсивное развитие альтернативных источников энергии, развитие технологий энерго-ресурсосбережения, технологий углеродной нейтральности и с отрицательным углеродным следом, в которых ветроэнергетике отводится лидирующее место.

Принятие внесенных изменений в ФЗ «Об электроэнергетике» в части развития микрогенерации» является нормативной основой государственной поддержкой по урегулированию интересов сельскохозяйственных потребителей, владеющих объектом микрогенерации с классом напряжения до 1000 В, и электросетевым хозяйством, что будет стимулировать заинтересованность в инвестировании в микрогенерацию.

Разработанная электромагнитная система может использоваться в качестве генерирующего устройства для ветрогенератора с малым числом оборотов вала, а использование смешанного последовательно-параллельного соединения электромагнитной системы позволит увеличить мощность вырабатываемой ветровой энергии.

Список источников

1. Безруких, П.П. Возобновляемая энергетика: стратегия, ресурсы, технологии. –/ П.П. Безруких, Д.С. Стребков.- М.: ГНУ ВИЭСХ – 2005.

2. Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. Труды 5-й Межд. н.-техн. конференции (16 – 17 мая 2006 года, г.Москва, ГНУ ВИЭСХ). В 5-ти частях. Часть 4. Возобновляемые источники энергии. Местные энергоресурсы. Экология.–М.:ГНУ ВИЭСХ–2006– С. 3., С. 28.

3. GWEC, Global wind report, Annual market update. – 2008–2019.

4. Открытые данные: официальный интернет-сайт Министерства энергетики Российской Федерации. URL: https://minenergo.gov.ru/opendata

5. Стрекалов, С.Д. Волновые преобразователи возобновляемой энергии и экономическая поддержка их производителей. – / С.Д. Стрекалов, П.И. Помещиков, А.Н. Тарасов.- Труды 5-й Межд. н.-техн. конф.

«Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве»–М.:ГНУ ВИЭСХ.–2006.
6. Электронный ресурс: http://www.tadviser.ru/index.php
7. Патент на полезную модель RU 195958 U1.-/Стрекалова Л.П., Стрекалов С.Д., Лукьянов В.П., Курбатов В.В.-от 13.02.2020 – Заявка № 2019120447 от 27.06.2019.

© Стрекалова Л.П., Стрекалов С.Д. 2023

Научная статья
УДК 620.9

МИРОВАЯ ПРАКТИКА ПО ВНЕДРЕНИЮ «УМНЫХ» СЕТЕЙ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Филин Юрий Игоревич
Брянский государственный аграрный университет, Россия
rock2032@rambler.ru

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы электроснабжения в электроэнергетической сфере на основе концепции «умных сетей электроснабжения (Smart Grid). Определены предпосылки к появлению данного явления. Проанализирован мировой практический опыт использования Smart Grid в разных странах. Предложены основные подходы для внедрения умных сетей в электроснабжающую отрасль.
Ключевые слова: энергообеспечение, умная система электроснабжения, интеллектуальная энергосистема, Smart Grid.
Для цитирования. Филин Ю.И. Мировая практика по внедрению «умных» сетей электроснабжения // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-технической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Scientific article

WORLD PRACTICE ON THE INTRODUCTION OF "SMART POWER SUPPLY NETWORKS"

Filin Yuri Igorevich
Bryansk State Agrarian University, Russia
rock2032@rambler.ru

Annotation. The article deals with the issues of power supply in the electric power sector based on the concept of "smart power supply networks (Smart Grid). The

prerequisites for the appearance of this phenomenon are determined. The world practical experience of using Smart Grid in different countries is analyzed. The main approaches for the introduction of smart grids in the power supply industry are proposed.
Key words: energy supply, smart power supply system, intelligent power system, Smart Grid.
For citation. Filin Yu.I. World practice on the introduction of "smart" power supply networks // Improving the efficient operation of electrical equipment in agriculture: materials of the International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko / Edited by S.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. На сегодняшний день в энергетической отрасли происходят изменения, которые приобретают глобальный характер, что приводит к существенным переменам в энергетике. В последнее время в мировой практике наблюдается все больший интерес к инновационно-технической реорганизации системы электроснабжения на основе новой концепции, которая за рубежом получила название Smart Grid. В различных переводах название концепции трактуют как «умную систему электроснабжения» или «интеллектуальную энергосистему» [1, 2].

Перестройка энергосистемы базируется на технологиях XXI в., которые обеспечат усовершенствование системы энергообеспечения и потребления электроэнергии.

Процесс трансформации систем энергообеспечения должен рассматриваться не только энергетическими компаниями, но и на государственном уровне. В ряде развитых стран такие изменения происходят довольно быстрыми темпами.

Основоположниками в разработке и внедрении интеллектуальных энергосистем (Smart Grid) выступают Соединенные Штаты Америки и страны Европейского Союза (ЕС), где этот вопрос рассматривают как элемент национальной политики инновационного и энергетического развития. Энергетическая сфера в первую очередь касается обеспечения национальной безопасности любой страны. Поэтому вопрос реорганизации электроэнергетической сферы рассматривают не только в крупных, прогрессивных странах мира, но и в странах, которые еще развиваются [3; 4, 5].

Материалы и методы. Целью данного материала является исследование мирового опыта процесса реорганизации электроэнергетических систем на базе концепции Smart Grid и рассмотрение основных положений относительно подобной трансформации в России.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

- определить причины появления концепции "умная энергосистема” (Smart Grid);

- рассмотреть основные возможности использования интеллектуальных систем на базе технологий Smart Grid;

- сделать обзор возможностей интеллектуальных энергосистем в крупнейших странах мира и предложить основные концептуальные подходы относительно внедрения их в России.

В большинстве развитых стран мира системы электроснабжения были построены еще в 50-70-х гг. прошлого века. Сегодня у значительной части оборудования, что является важным для работы электросетей, срок эксплуатации подходит к концу. Поскольку электросетевые компании работают с оборудованием, которое уже исчерпало свой ресурс, то это представляет угрозу для надежности и безопасности систем электроснабжения в целом [6]. Модернизация устаревшей инфраструктуры требует значимых инвестиций.

Причины появления новой концепции связаны с рядом факторов, которые будут влиять на развитие энергетической отрасли в будущем. Опираясь на исследования русских ученых [7], можно определить группу факторов, которая связана с ограничениями развития системы энергообеспечения и факторы, которые бесспорно определяют необходимость преобразования в электроэнергетике. К первой группе относят факторы, которые связаны с технологическим базисом отрасли, а также с экономическими и экологическими аспектами, а именно:

- появление новых существенных экологических ограничений и необходимость уменьшения влияния на окружающую среду;
- существующая технологическая база энергетики почти полностью исчерпала все возможности повышения продуктивности оборудования;
- сдерживание развития инфраструктуры системы электроснабжения, что связано с увеличением технических и инфраструктурных рисков для развития в районах с высокой плотностью населения;
- ограниченность эффективного использования генерирующих мощностей и их увеличения, что связано с исчерпанием не возобновляемых видов топлива;
- ограниченность инвестиционных ресурсов для развития инфраструктуры и строительства новых энергетических объектов.

Среди факторов, определяющих необходимость кардинальной перестройки в энергетической сфере, можно выделить:

1. факторы технологического прогресса с повышенной степенью надежности систем энергоснабжения, которые связаны с общей тенденции повышения уровня автоматизации, развитием и появлением новых технологий, а также увеличением количества возобновляемых источников энергии.

2. факторы, связанные с новыми требованиями со стороны различных участников энергетического рынка, а именно: повышение требований к качеству услуг, гибкость при изменениях условий функционирования электроэнергетического рынка, прозрачность взаимоотношений между различными субъектами рынка.

Развитие энергетических систем в настоящее время характеризуется переходом от централизованных систем электроснабжения, где производство электрической энергии осуществляется на больших электростанциях, до

децентрализованных энергосистем с активной эксплуатацией возобновляемых источников энергии [8, 9].

Одной из особенностей современных энергосистем является создание общенациональных систем. Однако это требует увеличение уровня обмена информацией между всеми участниками рынка электроснабжения для оптимизации различных режимов работы. Глобализация международного энергетического рынка связана, в первую очередь, с транспортировкой существенных энергетических потоков на большие расстояния. Все это требует развития научных исследований в области «умных» сетей электроснабжения для увеличения совместной работы различных энергетических источников, повышения надежности и энергоэффективности поставок потребителям [7]. Следовательно, совокупность указанных факторов требует пересмотра традиционных принципов и механизмов функционирования электроэнергетики. Возникает вопрос о создание механизмов функционирования, способных повысить потребительские качества и эффективность использования энергии, обеспечить развитие отрасли в будущем.

Результаты исследования. В Российской Федерации, ЕС, Китае, США и Канаде такой подход является частью государственной политики развития электроэнергетики в будущем. В разных странах масштабы, направленность, интенсивность и темпы преобразования в электроэнергетической сфере различны. Их определяет возможностью объединения в единую энергосистему больших и малых источников энергии и степень разнородности элементов электроэнергетической системы.

В США в соответствии с программой энергосистемы нового поколения стремятся обеспечить:

- возможность использования всех источников энергии и стимулирования развития возобновляемых источников;
- оптимизацию затрат по обслуживанию и управлению системой повышение качества и надежности электроснабжения;
- способность системы оперативно реагировать на аварийные ситуации и способность к самовосстановлению;
- поддержку развития рынка электроэнергии;
- активизацию участия потребителей в управлении собственным электропотреблением.

Европейский Союз проблемы перестройки в энергетической отрасли решает с помощью создания соответствующих технологических платформ в качестве инструмента и коммуникационной среды по внедрению инновационных проектов технологического развития стран. Цель соответствующих технологических платформ состоит в объединении усилий государства, науки и бизнеса для решения масштабных технологических задач перестройки и модернизации энергетической сферы ЕС.

В ЕС первоочередной задачей технологической платформы является разработка концепции «умных» сетей электроснабежния, для создания которой нужно решить такие задачи:

- обеспечить совместимость и одновременную работу генераторов различных типов и мощностей;

- предоставить возможность участия пользователей в оптимизации системы электроснабжения;

- обеспечить для пользователей доступ к информации о выборе вариантов поставщиков услуг;

- уменьшить негативное влияние от системы электроснабжения на окружающую среду в целом;

- повысить существующие уровни безопасности, надежности и качества электроснабжения;

- стимулировать интеграцию на европейском рынке электроснабжения.

Сейчас процесс распространения в странах ЕС новых умных систем и энергосберегающей техники дал возможность уменьшить нагрузку на электросети. К 2027 г. в некоторых странах Европейского Союза планируют уменьшить потребление электроэнергии на 9% за счет внедрения технологий Smart Grid [1].

В Китае концепция интеллектуальных энергетических систем направлена на реорганизацию крупных электростанций. Стремятся к активному развитию систем широкомасштабного мониторинга режимами управления функционирования систем. Для этого необходима установка новых устройств на всех электростанциях мощностью более 300 МВт и на всех подстанциях 500 кВ и выше.

Государственная энергосетевая корпорация Китая предложила план развития «умных» сетей электроснабжения, который предусматривает три этапа:

1) планирование и рассмотрения экспериментальных проектов;

2) комплексное строительство;

3) выход на лидирующие позиции и увеличение функциональных возможностей.

В России наблюдается стимулирование инновационной деятельности в электроэнергетике [10]. Активно начинается внедрение современных, новых технологий, растет интерес к энергоэффективности и к концепции «умных» сетей электроснабжения. Так, осенью 2009 г. был принят закон " Об энергосбережении и об повышение энергетической эффективности", и Распоряжением Правительства РФ в нормативном виде этот процесс закреплен в энергетической стратегии России на период до 2030 года. Среди стратегических ориентиров долгосрочной государственной энергетической политики были определены:

1). экономическая (бюджетная) эффективность электроэнергетики;

2). энергетическая безопасность;

3). экологическая безопасность.

4). энергетическая эффективность экономики;

Для реализации намеченной стратегии происходит рост доли нетрадиционных и возобновляемых источников энергии в энергетическом балансе РФ.

Следует учитывать, что реализация новых технических решений может вызвать существенные проблемы, обусловленные несовместимостью с существующим оборудованием и технологиями, расходами на обслуживание и эксплуатацию.

Рассматривая опыт зарубежных стран по вопросам развития концепции Smart Grid, можно выделить следующие положения:

1. концепция Smart Grid требует преобразования не только основных электроэнергетических элементов (передачу, генерацию, распределение), но и всей системы энергообеспечения в целом. В настоящее время развитие электроэнергетики должно быть направлено на создание новых функциональных возможностей энергосистемы, в определении путей развития которых должны принять участие все заинтересованные стороны.

2. между всеми участниками энергетического рынка умная энергосистема должна поддерживать не только энергетические, но и информационные, экономические и финансовые отношения. В будущем новая система будет подобна современным глобальным информационно-вычислительным сетям (Internet).

3. сети электроснабжения, коммуникационные и информационные, а также их элементы рассматривают как основу для формирования нового технологического базиса, с помощью которого будут реализованы новые функциональные возможности энергосистем.

3. концепцию необходимо разрабатывать на научном, технологическом нормативно-правовом и информационном уровнях.

Разработку национальной программы развития электроэнергетики на базе концепции «умная» система электроснабжения нужно осуществлять на основе методологии, основанной на базовых положениях стратегического менеджмента и опирающейся на зарубежный опыт. Использование технологических платформ является эффективным средством разработки и реализации программ развития энергетической отрасли. Опираясь на технологический базис, предлагающий новую концепцию, в электроэнергетике должны состояться следующие технологичные изменения:

1) отказ от централизованного прогнозирования спроса и восприятия активного потребителя как субъекта системы управления;

2) переход от централизованной системы генерации и распределения к децентрализованной;

3) применение smart-технологии контроля и диагностики активов, что обеспечит их эффективную эксплуатацию;

4) замена жесткого диспетчерского регулирования на новый механизм координации работы всех объектов сети, которая будет функционировать на другом уровне;

5) формирование информационно-коммуникационной инфраструктуры как важного компонента интеллектуальной энергосистемы;

6) внедрение распределенных интеллектуальных систем управления для поддержки принятия решений и аналитических инструментов, работающих в режиме реального времени;

7) создание условий для массового внедрения нового технологического оборудования, что обеспечит повышение свойств системы накопления и разделения электроэнергии.

Рассмотрим наиболее целесообразные подходы и положения применение концепции Smart Grid в электроэнергетике опираясь на результаты исследований ученых [7, 10].

Программа создания интеллектуальной энергосистемы должна учитывать перечень следующих положений и необходимых условий [10]:

1. технологическая платформа должна обеспечить связь между научными исследованиями и разработками, бизнесом, общественными и государственными интересами для формирования долгосрочной стратегии развития.

2. разработка приложения должна учитывать взгляд нескольких сценариев развития на основе концепции Smart Grid.

3. развитие электроэнергетики страны должно выходить за пределы отраслевых программ и должно рассматриваться как национальная программа, связанная с другими национальными проектами и программами.

4. задачи программы должны учитывать уровень научного, организационно-экономического, технологического потенциала и ресурсов электроэнергетики.

5. Основной целью должны быть качественные изменения и развитие технологического потенциала национальной электоэнергетики, отвечающего мировым тенденциям развития.

Для обеспечения процесса преобразования электроэнергетики в программе целесообразно начать формирование организационного механизма, который должен учитывать различные уровни управления данным процессом. Важным элементом такого механизма должна быть технологическая платформа. В процессе создания и функционирования такой платформы должны принять участие соответствующие министерства и ведомства, научные учреждения, энергетические компании, производители электрооборудования, общественные организации.

Заключение.

1. Разработку национальной программы развития электроэнергетики на базе концепции «умная» система электроснабжения нужно осуществлять на основе методологии, основанной на базовых положениях стратегического менеджмента и опирающейся на зарубежный опыт. Россия имеет шанс успешно внедрить собственные интеллектуальные энергосистемы в энергетике. Для этого необходимо детально изучить опыт стран, которые активно строить

интеллектуальную энергосистему и разработать национальную концепцию реализации Smart Grid.

2. Процесс преобразования электроэнергетических систем в мире займет долгое время. На пути перестройки нужно будет решить определенный перечень политических, технологических, экономических, социальных, экологических и других взаимосвязанных проблем. При этом следует учитывать, что причины перехода к Smart Grid в разных странах отличаются стартовыми условиями, местом стран в мировой экономической системе, национальными особенностями, потенциалом и опытом управления в проведении масштабных преобразований.

Список источников

1. Getanda V.B., Kihato P.K., Hinga P.K., Oya H. Grey and linear regression models in load forecasting for enhanced smart grid management- SMART GRID modelling // В сборнике: 2021 IEEE PES/IAS PowerAfrica, PowerAfrica 2021. 8. 2021.

2. Ивина Н.С., Колпакова Е.Л., Кулакова М.И., Федотовский С.Б. Концепции SMART GRID, SMART METERING, SMART CITY в электроэнергетике // В сборнике: Автоматизация и энергосбережение в машиностроении, энергетике и на транспорте. Материалы XVII Международной научно-технической конференции. Ответственный редактор В.А. Раков. Вологда, - 2023. - С. 114-119.

3. Филин Ю.И. Вопросы энергосбережения в сельском хозяйстве // В сборнике: Современные тенденции развития аграрной науки. Сборник научных трудов международной научно-практической конференции. Брянский государственный аграрный университет. - 2022. - С. 272-278.

4.Ториков В.Е., Погонышев В.А., Погонышева Д.А. Ресурсосбережение в сфере сельского хозяйства//Аграрный вестник Верхневолжья. 2021. № 1 (34). С. 24-32.

5. Копылова Е.А., Безик В.А. Особенности применения возобновляемых источников энергии // В сборнике: Современные тенденции развития аграрной науки. Сборник научных трудов международной научно-практической конференции. Брянский государственный аграрный университет. 2022. С. 248-252.

6. Никитин А.М. Альтернативная энергетика и перспективы развития в России // В сборнике: Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК. Сборник материалов международной научно-технической конференции. Брянский государственный аграрный университет. 2023. С. 123-128.

7. Канатьев Д.М. Анализ методов усовершенствования инфокоммуникационной сети для комплекса системы управления и мониторинга технического состояния системы энергообеспечения // В сборнике: МОЛОДЕЖЬ. ТЕХНИКА. КОСМОС. труды X Общероссийской молодежной научно-технической конференции. Сер. "Библиотека журнала «Военмех. Вестник БГТУ» №50" - 2018. - С. 340-342.

8. Безик Д.А., Бычкова Т.В., Захарченко А.А. Моделирование преобразователя электроэнергии солнечной электростанции // В сборнике: Современные тенденции развития аграрной науки. Сборник научных трудов международной научно-практической конференции. Брянский государственный аграрный университет. 2022. С. 257-263.
9. Васькин А.Н. Потенциал использования возобновляемых источников энергии в сельском хозяйстве // В сборнике: Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК. Сборник материалов международной научно-технической конференции. Брянский государственный аграрный университет. 2023. С. 82-88.
10. Гаврилова А.А., Кузнецова С.Ю. Повышение энергоэффективности в россии: внедрение интеллектуальной сети электроснабжения SMART GRID // Молодежный вестник ИрГТУ. 2018. - Т. 8. - № 3. - С. 118-121.

© Филин Ю.И. 2023

Научная статья
УДК 621.319.4

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПУСКОВЫХ ИСПЫТАНИЙ СИСТЕМЫ ОБЛУЧЕНИЯ РАСТЕНИЙ ТЕПЛИЧНЫХ ХОЗЯЙСТВ

Светлана Борисовна Царина[1], Сергей Мударисович Бакиров[2], Сергей Владимирович Домнышев[3]

[1,2,3]Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н. И. Вавилова, г. Саратов, Россия
[1]svetlanatsarina@yandex.ru;
[2]s.m.bakirov@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-9392-7627

Аннотация. Обеспечение растений в теплице требуемым освещением сопровождается высокими энергетическими затратами. Как правило, тепличные хозяйства используют газоразрядные лампы высокого давления ДНАт мощностью 250, 400, 600 Вт. Годовая стоимость электрической энергии на освещение теплицы площадью 1 га составляет около 5 млрд руб. для выращивания томата. В работе предлагается способ экономии электрической энергии, основанный на компенсации реактивной мощности таких ламп. Представлены результаты экспериментальных исследований двухконденсаторной схемы включения лампы ДНАт.
Ключевые слова: энергоэффективность облучения, тепличное хозяйства, фотосинтетический фотонный поток, снижение энергопотребления, компенсация реактивной мощности

Для цитирования: Царина С. Б. Анализ результатов пусковых испытаний системы облучения растений тепличных хозяйств / С. Б. Царина, С. М. Бакиров, С. В. Домнышев // Повышение эффективности эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы I Национальной научно-практической конференции с международным участием имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

ANALYSIS OF THE RESULTS OF START-UP TESTS OF THE SYSTEM FOR IRRADIATION OF GREENHOUSE PLANTS

Svetlana Borisovna Tsarina[1], Sergei Mudarisovich Bakirov[2], Sergei Vladimirovich Domnyshev[3]
[1,2,3]Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering. N. I. Vavilova, Saratov, Russia
[1]svetlanatsarina@yandex.ru;
[2]s.m.bakirov@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-9392-7627

Annotation. Providing plants in a greenhouse with the required lighting is accompanied by high energy costs. As a rule, greenhouse farms use high-pressure gas-discharge lamps HPS with a power of 250, 400, 600 W. The annual cost of electrical energy for lighting a greenhouse with an area of 1 hectare is about 5 billion rubles. for growing tomato. The work proposes a method for saving electrical energy based on compensation of the reactive power of such lamps. The results of experimental studies of a two-capacitor circuit for switching on a HPS lamp are presented.
Key words: energy efficiency of irradiation, greenhouse farming, photosynthetic photon flux, reduction of energy consumption, reactive power compensation
For citation*:* Tsarina S. B. Analysis of the results of start-up tests of the greenhouse plant irradiation system / S. B. Tsarina, S. M. Bakirov, S. V. Domnyshev // Increasing the efficiency of operation of electrical equipment in agriculture: materials of the I National Scientific- practical conference with international participation named after G.P. Eroshenko / Ed. S.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023.

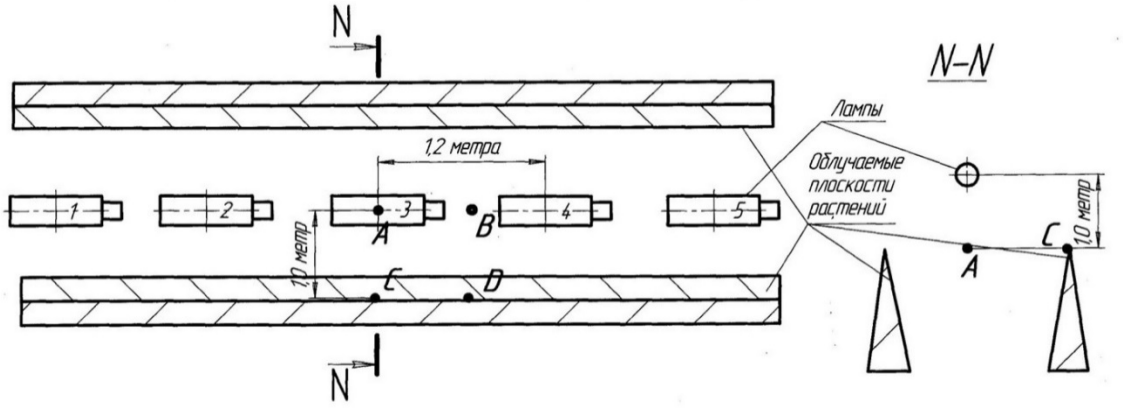
Введение. В теплицах используют системы облучения растений для повышения урожайности [1]. Известно, что для светолюбивых культур (огурец, томат) обильное досвечивание позволяет повысить урожай в 1,7-2,2 раза, например, для огурца с 40 кг/м^2 до 85 кг/м^2.

Однако для создания обильного досвечивания в теплицах используют различные источники света. Самым распространенным источником являются лампы ДНАт или ДНАз, обладающие высокой фотонной энергией [2]. Например, лампа ДНАт-400 мощностью 400 Вт излучает фотонный поток около 750 мкмоль/с. Некоторые данные по освещенности огурца представлены на рисунке 1.

Данные измерения в точках проводились люксметром Tesla 540 размещенным в горизонтальной плоскости.

Для создания системы облучения требуемых параметров по освещенности и фотонной энергии в теплице площадью 1 га необходимо более 1000 шт. ламп типа ДНАт-600. Общая мощность системы облучения составляет более 600 кВт, а годовое потребление электроэнергии около 1 ГВт*ч, что составляет более 5 млрд руб. по ценам 2023 г. Снизить потребление электроэнергии в таких системах можно путем компенсации реактивной мощности [3-7].

С учетом длительного пускового режима таких ламп – розжиг, предложен способ, направленный на снижение энергопотребления в пусковом режиме на основе компенсации реактивной мощности.



№ ламп / Точки измерения	Освещенность в указанных точках, лк				
	1	2	3	4	5
A	220	2380	15200	2380	220
B	120	660	9400	9400	660
C	500	3900	11800	3900	500
D	250	1980	7900	7900	1980

Рисунок 1 – Размещение ламп ДНаЗ 400-220В при создании требуемой освещенности

Результаты исследования. В экспериментальных исследованиях примем лампу ДНАт-400 мощностью 400 Вт, электрическую схему с пускорегулирующей аппаратурой, в которой вместо одного пускового конденсатора емкостью 0,25 мкФ С1 используется два конденсатора С1 и С2 (рисунок 2).

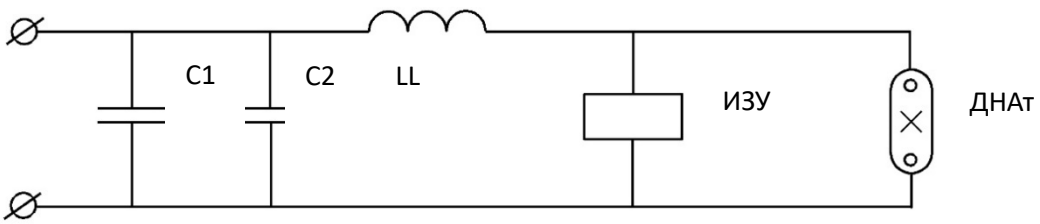


Рисунок 2 – Электрическая схема подключения лампы с использованием конденсаторов С1 и С2, дросселя LL и импульсного зажигающего устройства (ИЗУ)

Для экспериментальной схемы (рисунок 1) используем аналогичный конденсатор, рассчитанный на максимальное амплитудное напряжение 550 В типа (МБМ) Конденсатор металлобумажный К -0,25 mkF.

Измерим ток (рисунок 3) в период розжига лампы 12-15 минут. Условия эксперимента: выключение ламп должно производиться не ранее, чем через 5 минут после их зажигания; повторное включение ламп невозможно ранее, чем через 15 минуты после их выключения.



Рисунок 3 – Проведение измерений силы тока ламп ДНаЗ 400-220В с использованием одного и двух конденсаторов

Занесем полученные результаты в таблицу № 2 и проведем анализ.

Таблица 2 – Данные измерения тока

Сила тока	Время, 1 мин.	Время, 2 мин.	Время, 3 мин.	Время, 4 мин.	Время, 5 мин.	Время, 6 мин.	Время, 7 мин.	Время, 8 мин.	Время, 9 мин.	Время, 10 мин.	Время, 11 мин.	Время, 12 мин.	Время, 13 мин.	Время, 14 мин.	Время, 15 мин.
С подключением двух конденсаторов C_1 и C_2	3,8	3,4	2,84	2,45	2,27	2,22	2,2	2,2	2,2	2,18	2,19	2,18	2,17	2,18	2,19
С подключением одного конденсатора C_1	6,08	5,7	4,86	4,13	3,96	3,9	3,84	3,84	3,83	3,80	3,81	3,79	3,78	3,79	3,79

На основе полученных данных по графику (рисунок 4) сила тока в цепи схемы подключения одной лампы ДНАт-400 наблюдается снижение энергопотребления в схеме с двумя конденсаторами. При этом стоит отметить, что розжиг лампы при двух конденсаторах проходил в характерном режиме.

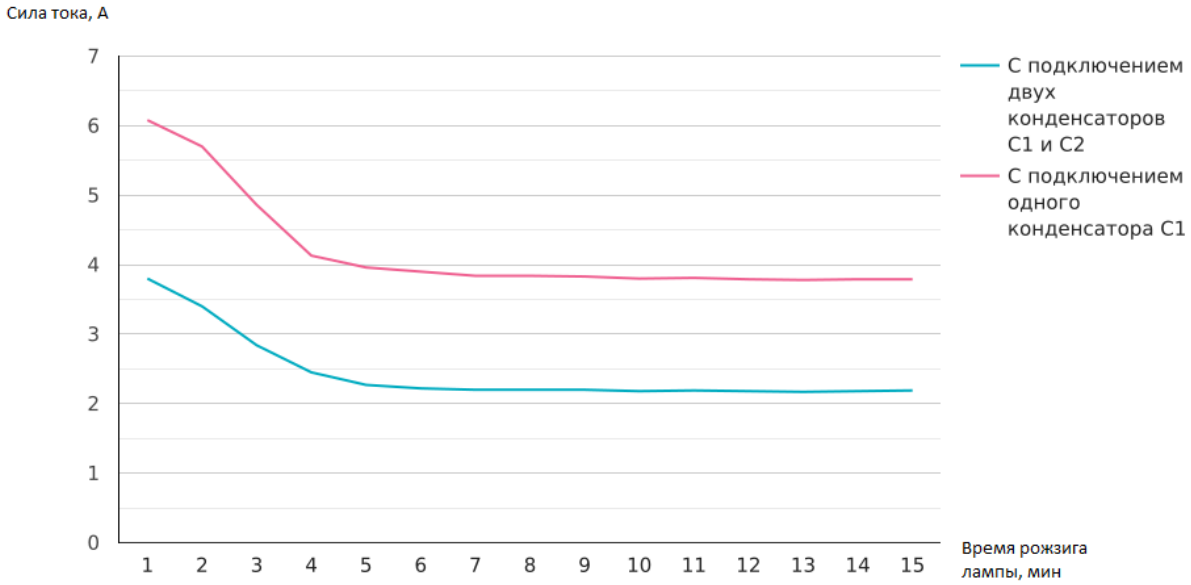


Рисунок 4 – График зависимости тока с одним и двумя конденсаторами во время пуска лампы ДНАт-400 мощностью 400 Вт

Исходя из результатов эксперимента сделаем вывод, что применение способа двойного конденсатора имеет положительный энергетический эффект, позволяющий экономить до 36% электроэнергии.

Заключение. Использование схем с двойным конденсатором для включения ламп ДНАт или ДНАз позволяет снизить полный ток при том же приложенном напряжении сети. В результате эксперимента установлено, что для ламп мощностью 400 Вт увеличение электрической емкости в схеме подключения (два параллельно включенных конденсатора одинаковой емкостью 0,25 мкФ) в два раза позволит экономить до 36 % электроэнергии при той же продолжительности розжига лампы. Ожидаемый экономический эффект для теплицы площадью 1 га от применения данной схемы составит около 1,8 млрд руб. в год, а на примере тепличных хозяйств Саратовской области в целом – около 70 млрд руб. в год.

Список источников

1. Nelson J. A., Bugbee B. Economic analysis of greenhouse lighting: light emitting diodes vs. high intensity discharge fixtures //PloS one. – 2014. – Т. 9. – №. 6. – С. e99010.

2. *Ракутько*, Е.Н. Инженерный метод определения фотосинтетического фотонного потока круглосимметричного фитооблучателя / Ракутько Е.Н., Ракутько С.А. – АгроЭкоИнженерия. 2021. № 1 (106). С. 15-25.

3. *Царина*, С.Б. Характеристика энергоэффективности сельскохозяйственных объектов / Царина С.Б., Бакиров С.М. – Актуальные проблемы энергетики АПК. Материалы XII Национальной научно-практической конференции с международным участием. Саратов, 2021. С. 249-252.

4. *Бакиров*, С.М. Разработка устройства динамической компенсации реактивной мощности электродвигателей, используемых в составе электроприводов секций дождевальной машины. – Вестник аграрной науки Дона. 2020. № 3 (51). С. 78-87.

5. *Ракутько*, С.А. Применение комбинированного облучения в светокультуре / Ракутько С.А., Ракутько Е.Н., Аюпов М.Р. – Сельскохозяйственные машины и технологии. 2020. Т. 14. № 2. С. 46-52.

6. *Эшдаун*, Я. Светодиодное освещение для растениеводства / Эшдаун Я., Рентюк В. – Полупроводниковая светотехника. 2015. Т. 4. № 36. С. 24-29.

7. *Гулин*, С.В. Решение задач энергосбережения в электротехнологических системах облучения растений / Гулин С.В., Пиркин А.Г. – Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2021. № 2 (63). С. 136-145.

© Царина С.Б., Бакиров С.М., Домнышев С.В. 2023

Научная статья
УДК 621.313

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ГИДРОПРИВОДА ОПОРНЫХ ТЕЛЕЖЕК ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ

Алексей Георгиевич Черных[1]
[1]Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, Иркутская область, Иркутский район, поселок Молодежный, Россия
kandida2006@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0003-3498-6579

Аннотация. В статье приводится алгоритм и результаты расчета параметров Г-образой схемы замещения инверторного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором для двух режимов работы определяемых схемой соединения статорных обмоток и частотой питающего указанные обмотки напряжения. Разработана методика приведения электрических параметров схемы замещения к тождественным параметрам фазных обмоток двигателя.
Ключевые слова: асинхронный двигатель, схема замещения, параметр, гидропривод, дождевальная машина
Для цитирования: Черных А.Г. Определение параметров схемы замещения асинхронного двигателя гидропривода опорных тележек дождевальной

машины / А.Г. Черных // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-практической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под. ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.
Original article

DETERMINATION OF THE PARAMETERS OF THE REPLACEMENT CIRCUIT OF THE ASYNCHRONOUS MOTOR OF THE HYDRAULIC DRIVE OF THE SUPPORT TROLLEYS OF THE SPRINKLER MACHINE

Alexey Georgievich Chernykh
Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Yezhevsky, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny settlement, Russia
kandida2006@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0003-3498-6579

Annotation. The article presents the algorithm and the results of calculating the parameters of the G-shaped substitution circuit of an inverter asynchronous motor with a short-circuited rotor for two operating modes determined by the connection circuit of the stator windings and the frequency of the voltage supplying these windings. A technique has been developed for reducing the electrical parameters of the substitution circuit to identical parameters of the phase windings of the engine.
Keywords: asynchronous motor, replacement circuit, parameter, hydraulic drive, sprinkler machine
For citation: Chernykh A.G. Determination of the parameters of the replacement circuit of the asynchronous motor of the hydraulic drive of the support trolleys of the sprinkler machine / A.G. Chernykh // Improving the efficient operation of electrical equipment in agriculture: materials International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko / Ed. S.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023

Введение. Инверторные электродвигатели – это электродвигатели, специально разработанные для работы с частотно-регулируемыми приводами (ЧРП). Инверторные электродвигатели сконструированы таким образом, чтобы выдерживать высокие колебания напряжения и частоты, вызванные ЧРП, в отличие от стандартных электродвигателей.

Инверторные двигатели обычно дороже стандартных двигателей, но они более надежны и эффективны при использовании с ЧРП. Они обладают более высокой перегрузочной способностью и лучше выдерживают колебания напряжения и частоты, вызванные ЧРП. Двигатели также имеют улучшенную тепловую защиту, которая помогает предотвратить перегрев и повреждения из-за длительной эксплуатации.

Инверторные двигатели также более энергоэффективны, поскольку им требуется меньше энергии для запуска и работы с постоянной частотой вращения. Это может помочь снизить общие затраты на электроэнергию и повысить КПД двигателя.

Инверторные двигатели обычно используются в таких приложениях, как насосы, вентиляторы и конвейеры, где требуется точное регулирование скорости и крутящего момента.

Наиболее распространенным типом является асинхронный двигатель, который представляет собой трехфазный двигатель переменного тока.

С учетом отмеченных выше достоинств, данный тип двигателя широко используется в качестве электромеханического преобразователя в различных устройствах входящих в установки создания искусственного дождя. Например, в качестве двигателя гидропривода опорных тележек дождевальных машин кругового движения [1, 2].

При использовании дождевальных машин зарубежных производителей с частотой промышленной сети 60 Гц, весьма актуальной становится задача определения одноименных электрических параметров входящих в эквивалентные схемы замещения двигателя адаптированные к частоте 50 Гц.

Кроме того, определение текущих или отложенных во времени неисправностей связанных с аварийной работой двигателя может быть идентифицировано на основе анализа параметров соответствующей схемы замещения, которая, в свою очередь, в режиме реального времени, может быть рассчитана для рассматриваемого статического режима работы двигателя по данным измерений электрических параметров статорных обмоток [3].

Материалы и методы. В качестве объекта исследования был выбран асинхронный двигатель гидропривода круговой широкозахватной дождевальной машины (ШКДМ) фирмы T-L Irrigation company (рисунок 1).



Рисунок 1 – Общий вид блока гидравлической накачки ШКДМ фирмы T-L Irrigation company с электроприводом (1 – Инверторный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором фирмы WEG: модель – 02018ET3E256TC-W22)

Электромагнитная цепь обмотки статора двигателя состоит из пары электрических катушек на фазу. Схема их включения зависит от режима

работы и величины подводимого к статору двигателя напряжения: 208÷230 вольт – низкого; 460 вольт – высокого (рисунок 2).

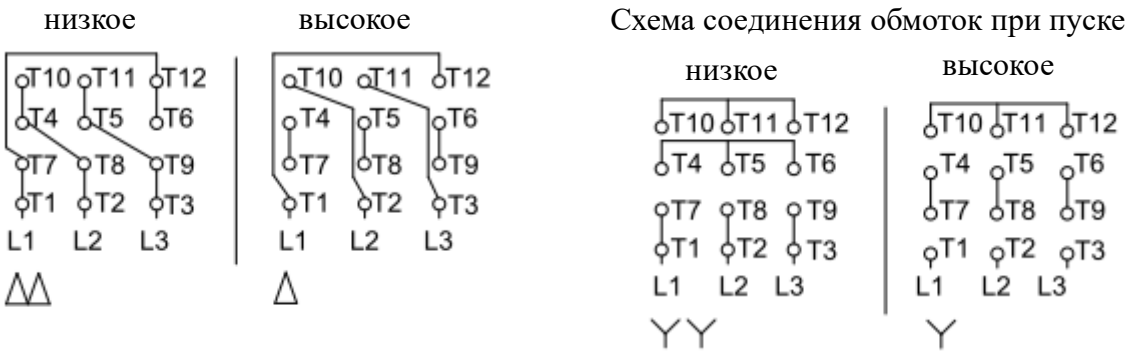


Рисунок 2 – Схема соединения фазных катушек статора двигателя

Методом математического моделирования в интегрально-программируемой среде программирования Matlab-Simulink с учетом паспортных и номинальных данных двигателя определялись параметры Г-образной схемы замещения двигателя для двух возможных вариантов подключения фазных катушек (рисунок 2).

Подобные расчеты повторялись для двух значений напряжения питающей сети: 60 Гц (рисунок 3) и 50 Гц (рисунок 4).

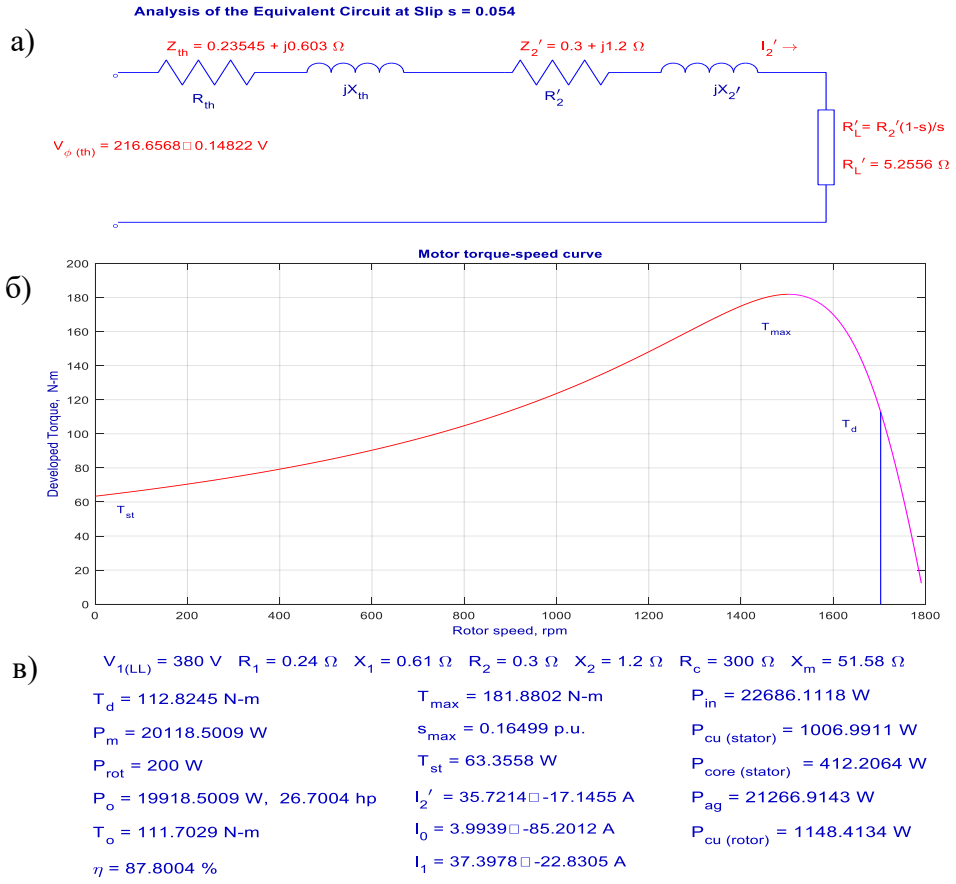


Рисунок 3 – Г-образная схема замещения (а), электромеханическая характеристика (б) и энергетические величины (в) двигателя, включая параметры схемы замещения для частоты питающей сети 50 Гц

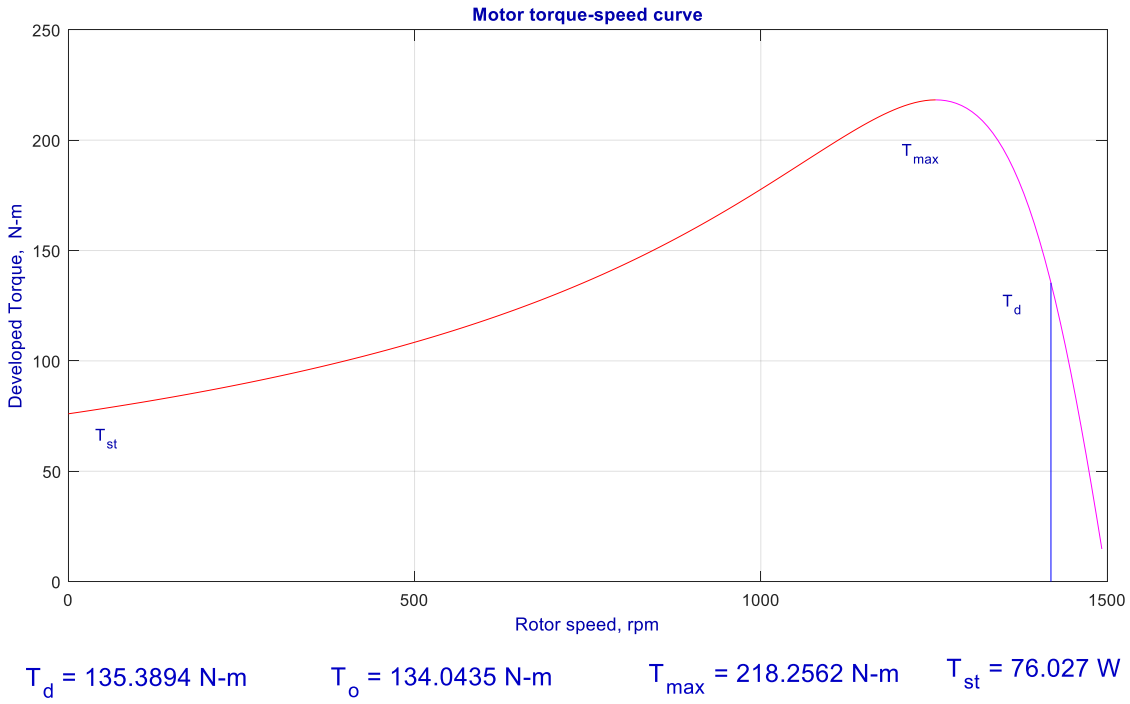


Рисунок 4 – Электромеханическая характеристика двигателя для частоты питающей сети 50 Гц

Следует отметить, что представление электромагнитной цепи двигателя в виде Г-образной или Т-образной схем замещения, с точки зрения топологии соответствует рассмотрению указанной цепи в одномерном пространстве для обобщенной машины с четырьмя эквивалентными обмотками [4]. Учитывая данный факт, необходимо параметры схемы замещения пересчитать к аналогичным параметрам, но соотнесенным с шестью катушками фаз электромагнитной цепи.

Электрические параметры катушек могут быть получены путем приведения тождественных параметров для Т-образной схемы замещения. Таким образом, необходимо результаты математического моделирования от Г-образной схемы привести к параметрам Т-образной схемы и далее пересчитать их к параметрам фазных катушек [5].

Результаты исследования. Определение параметров Г-образной схемы замещения двигателя, модели 02018ET3E256TC-W22, осуществлялось косвенным методом по результатам обработки экспериментальной электромеханической характеристики. Полевой эксперимент проводился на двигателе гидропривода ШКДМ, предназначенной для выращивания овощных культур на пахотных землях КФХ ″ИП Кичигина Л.П.″, Иркутская область, Усолье-Сибирское, село Мальта.

Для снятия электромеханической характеристики использовался ЧРП CFW700C54P0T2DBN1 фирмы WEG. Внутренний интерфейс привода позволяет получать текущие визуализированные данные момента двигателя в функции его скорости на жидкокристаллической панели управления.

В силу специфики работы гидропривода опорных тележек ШКДМ, их работа в движении может быть исследована в достаточно узком диапазоне,

изменения скорости вращения насоса гидропривода от номинального значения. Как следствие, экспериментальная электромеханическая характеристика двигателя снималась до нижней границы скорости на выходе ЧРМ, равной 65% значению номинальной скорости.

Каталожная (кривая – А) и экспериментальная (кривая – С) электромеханические характеристики двигателя приведены на рисунки 4. Необходимо отметить, что каталожная кривая приведена для частоты питающей сети равной 60 Гц, соответственно, экспериментальная для частоты напряжения на выходе ЧРП – 50 Гц.

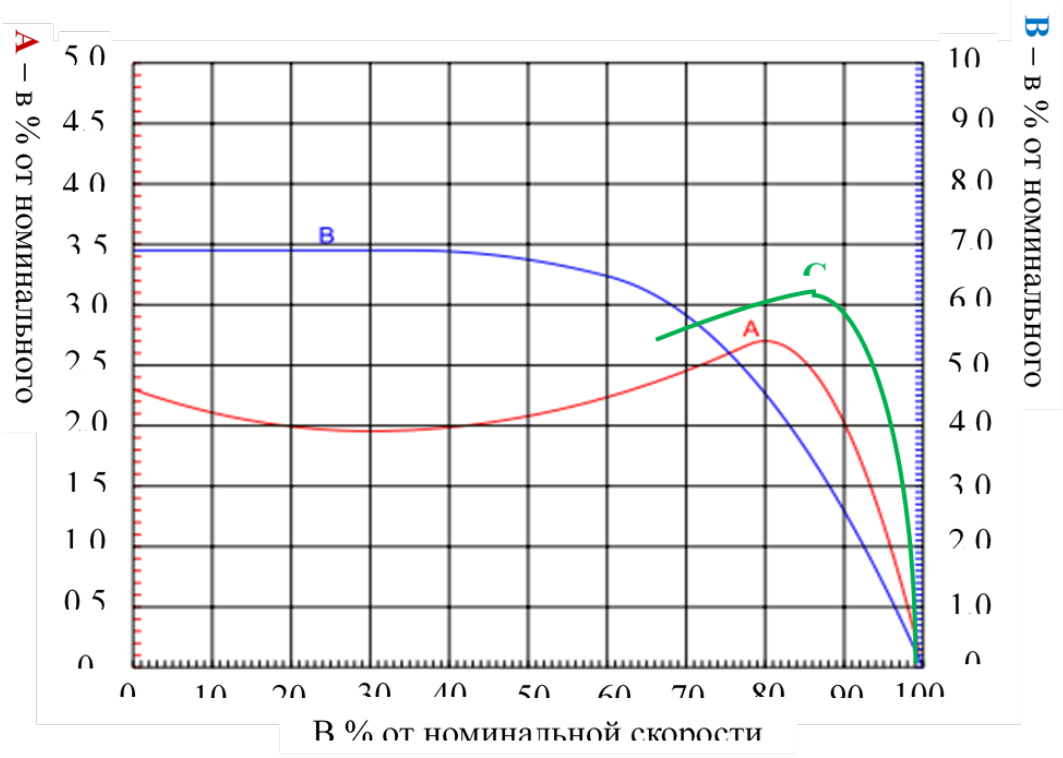


Рисунок 4 – Каталожная и экспериментальная электромеханические характеристики асинхронного двигателя фирмы WEG: модель – 02018ET3E256TC-W22

Заключение. В работе представлена методика теоретического расчета и экспериментального определения с использованием электромеханических характеристик электрических параметров Г-образной схемы замещения инверторного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором работающего в качестве приводного двигателя насоса гидропривода опорных тележек дождевальной машины кругового действия. Диапазон относительных значений изменения величин электромагнитного момента двигателя, для схем соединения фазных катушек статора в режимах работы соответствующих значениям низкого и высокого входного напряжения, не превышал 3,7%.

Учитывая, что специфика работы инверторного двигателя требует регулярного технического обслуживания с целью выявления признаков износа или повреждений конструктивных элементов его электромагнитной цепи и

вращающегося ротора, анализ текущих значении электрических параметров схемы замещения позволяет говорить о работоспособности двигателя в целом.

Список источников

1. Технологии, техника и оборудование для координатного (точного) земледелия / В.И. Балабанов [и др.]. – М.: Росинформагротех, 2016. – 240 с.

2. Ресурсосберегающие энергоэффективные экологически безопасные технологии и технические средства орошения: справ. / Г.В. Ольгаренко [и др.]. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. – 264 с.

3. Черных А.Г. Определение магнитодвижущей силы и магнитной проницаемости воздушного зазора при эксцентриситете асинхронного двигателя / А.Г. Черных, В.В. Бонет, А.Ю. Прудников, В.В. Потапов // Стратегические вопросы мировой науки: Материалы XI международной научно-практической конференции. – Прага: Издательский дом «Образование и наука», 2015, – С. 54-63.

4. Коськин Ю.П. Применение обобщенной теории электрических машин для исследования автономного режима работы асинхронной экранированной машины / Ю.П. Коськин, А.Г. Черных, Ф.П. Некрасов // Современные технологии и научно-технический прогресс: Тезисы докладов научно-технической конференции: В2 ч. Ч.2: Ангарская государственная тех академия. – Ангарск: АГТА, 2001, – С. 19-20.

5. Бондаренко А.В. Приведение параметров эквивалентных обмоток экранированной асинхронной машины к параметрам расчетной схемы замещения / А.В. Бондаренко, Ю.П. Коськин, А.Г. Черных // Вестник ИрГСХА: Сборник научных трудов / ИрГСХА. – Иркутск, 2010, – Вып. 41 – С. 107-116.

© Черных А.Г. 2023

Научная статья
УДК: 631.371: 658.26

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Шерьязов Сакен Койшыбаевич[1], Веденяпин Кирилл Игоревич[2], Копытов Денис Николаевич[3]

[1,2,3]Южно-Уральский государственный аграрный университет, г. Челябинск.
[1]sakenu@yandex.ru. https;//orcid.org/0000-0001-8795-5114.

Аннотация. В статье рассмотрено использование солнечной энергии в системе электроснабжения. Постоянный рост затрат на потребляемую электроэнергию, а также с негативным воздействием на окружающую среду традиционной

энергетики способствует поиска альтернативных источников энергии и развитие «зеленой энергетики». Одним из актуальных вопросов является использование фотоэлектрических установок в распределительных электрических сетях и в системе автономного электроснабжения.
Ключевые слова: возобновляемые источники, энергия солнца, «зеленая» энергетика, фотоэлектрические элементы.
Для цитирования: Шерьязов С.К. Использование солнечной энергии в системе электроснабжения / С.К. Шерьязов, К.И. Веденяпин, Д.Н. Копылов // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-практической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Scientific article

USING SOLAR ENERGY IN THE ELECTRIC SUPPLY SYSTEM

Sheryazov Saken Koishybaevich[1], Vedenyapin Kirill Igorevich[2], Kopytov Denis Nikolaevich[3]
[1,2,3] South Ural State Agrarian University, Chelyabinsk.
[1]sakenu@yandex.ru. https;//orcid.org/0000-0001-8795-5114.

Annotation. The article discusses the use of solar energy in the power supply system. The constant increase in the cost of consumed electricity, as well as the negative impact on the environment of traditional energy, contributes to the search for alternative energy sources and the development of “green energy”. One of the pressing issues is the use of photovoltaic installations in electrical distribution networks and in an autonomous power supply system.
Keywords: renewable sources, solar energy, green energy, photovoltaic cells.
For citation: Sheryazov S.K. Use of solar energy in the power supply system / S.K. Sheryazov, K.I. Vedenyapin, D.N. Kopylov // Increasing the effective operation of electrical equipment in agriculture: materials of the International Scientific and Practical Conference named after G.P. Eroshenko / Ed. S.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. По исследовательским данным Международного энергетического агентства (МЭА), который проводил сравнительную оценку энергопотребления в 1980 году и энергопотребление нынешнего времени, количество потребляемой электроэнергии в XX веке выросло на 73%, продолжая увеличиваться ежегодно на 3%. Исходя из этого сравнительного анализа, стоит учитывать, что с ростом количества потребляемой энергии растет и потребление основных источников энергии, таких как нефть, газ, уголь. Ресурсообеспеченность нефти, газа и угля при росте потребления рассчитывается примерно на 80-110 лет [1-3].

Таким образом, необходимо принять меры по разносторонности энергосистемы и делать упор на переход к более константным и основательным альтернативам, чтобы обеспечить энергобезопасность и устойчивость развития энергосистемы. Одним из возможных вариантов является использования возобновляемых источников энергии, которые являются чистыми источниками энергии и на данный момент их доля в общем энергетическом балансе планеты растет [4-6].

Материалы и методы. Важной областью «зеленой» энергетики является извлечение энергии от Солнца, которое является важнейшим аспектом в современном мире. Солнечное излучение можно сразу преобразовывать в электроэнергию, обходя стадию превращения в тепловую или кинетическую энергию. Этот процесс осуществляется с помощью фотоэлектрических «преобразователей, которые являются полупроводниковыми устройствами, способными генерировать электродвижущую силу постоянного тока при действии света [7]. На рисунке 1 изображено здание, где через солнечные фотоэлектрические установки солнечная энергия превращается в электрическую энергию, основываясь на фотоэффекте.



Рисунок 1 - Здание с использованием солнечной энергии

Фотоэлектрические преобразователь – это устройство на основе полупроводников, которое генерирует электрический потенциал, под воздействием света [8]. Свойства полупроводников объясняются зонной теорией, согласно которой валентная зона и зона проводимости разделены энергетическим зазором, называемым запрещенной зоной (рисунок 2)

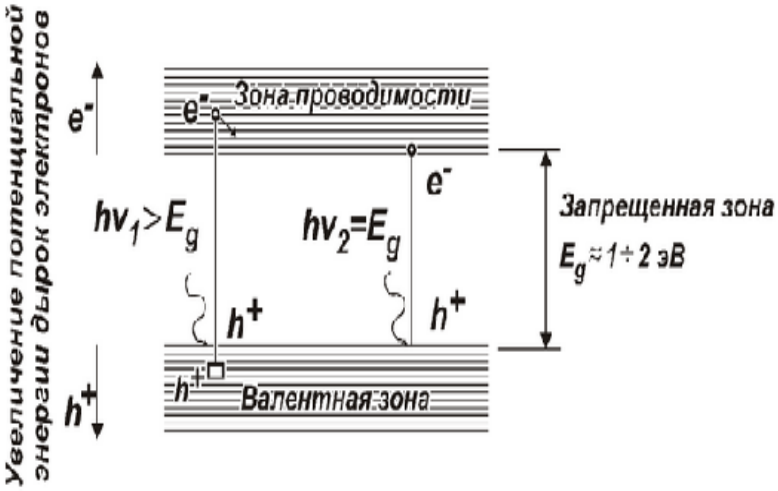


Рисунок 2. Структура полупроводника, который обладает собственной проводимостью

Результаты исследования. В случае взаимодействия фотона с валентным электроном, возникает эффект возбуждения, и в случае, если энергия фотона достаточна, электрон может перейти в проводимую зону. В настоящее время кремний является материалом выбора для фотоэлектрических преобразователей. Они по своей сути являются нелинейными электрическими элементами, поэтому изменение их параметров нельзя описать простой формулой, например, законом Ома.

Нагружая фотоэлектрический элемент или модуль, можно построить вольт-амперную характеристику, получившийся результат, отображен на рисунке 3.

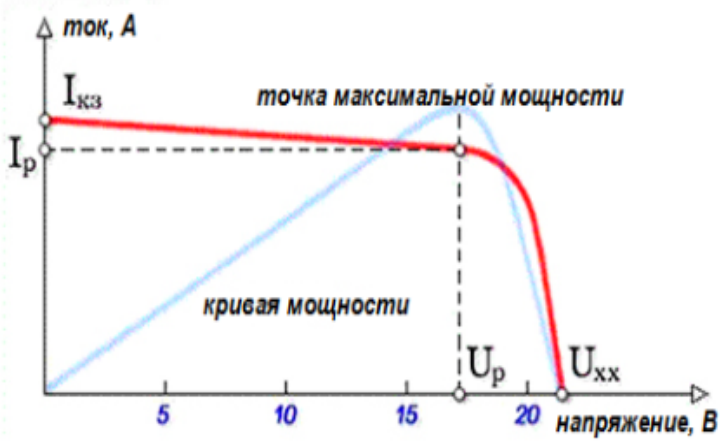


Рисунок 3. Вольт-амперная характеристика фотоэлектрического модуля

К основным преимуществам солнечной энергии можно отнести [9,10]:

- Энергия солнца неисчерпаема и постоянна;
- Высокий срок эксплуатации;
- Фотоэлектрические элементы буквально не несут вред окружающему миру;
- Применение энергии солнца значительно снижает стоимость электроснабжения через центральные электросети;

- Технологическое новаторство. Каждый год солнечные батареи в производстве используют все более технологическое новаторство, что способствует их совершенствованию.

И также стоит учесть отрицательные стороны использования источников энергии от Солнца:

- Большие капитальные вложения;
- Шаткость в зависимости от региона, времени года или погоды;
- Малая плотность мощности

Экологически чистая солнечная энергия поможет снизить потребление основных источников энергии, таких как нефть, уголь, газ и соответственно поможет снизить негативное влияние на природу. В Российской Федерации в последние годы: за 2021 г. в стране было построено 9 СЭС, еще 4 были расширены в масштабах производственной мощности. По состоянию на 1 января 2023 г., установленная мощность отечественных солнечных электростанций составила более 2,1 тыс. МВт, что составляет 0,85% от общей мощности электростанций в стране.

Заключение. Солнечная энергия является неиссякаемым и безопасным для окружающей среды источником, что является огромным преимуществом. Внедрение солнечных установок на широкую географическую площадь позволит не только сэкономить значительные ресурсы энергии, но и повысить уровень жизни людей. Кроме того, это будет способствовать смягчению экологической ситуации, уменьшению выбросов вредных веществ и снижению засорения окружающей среды. Солнечная энергия обладает огромным потенциалом, который в настоящее время не полностью осваивается. Расширение масштабов использования солнечных установок является важной задачей, которая должна быть решена с целью обеспечения устойчивого развития общества и сохранения природных ресурсов для будущих поколений.

Список источников

1. Шерьязов С. К., Пташкина-Гирина О. С. Использование возобновляемых источников энергии в сельском хозяйстве / С. К. Шерьязов, О. С. Пташкина-Гирина // Учебное пособие. Челябинск. 2013. -103 с.

2. Шерьязов С.К. Обоснование эффективной системы энергоснабжения с использование возобновляемой энергии. Ползуновский вестник. 2006. № 4-2. С. 434-439.

3. Шерьязов С.К., Пташкина-Гирина О.С., Низамутдинова Н.С. Экономические показатели возобновляемой энергетики. Вестник НГИЭИ. 2019. № 2 (93).- С. 48-58.

4. Шерьязов С.К., Мажкенова А.С. Возобновляемые источники энергии и правовое регулирование для их развития. В сборнике: Приоритетные направления развития энергетики в АПК. Сборник статей по материалам II Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. КГСХА, Курган. 2018. - С. 165-171.

5. Шерьязов С.К., Новикова В.А. Особенности использования солнечной энергии для теплоснабжения. В сборнике: Приоритетные направления развития энергетики в АПК. Материалы I Всероссийской научно-практической конференции. КГСХА, Курган. 2017. - С. 28-33.

6. Sheryazov S.K., Ptashkina-Girina O.S. Estimation of Renewable Energy Resources for Heat Supply Systems. В сборнике: 2017 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2017 - Proceedings. electronic edition. 2017. С. 8076239.

7. Беззубцева М.М., Волков В.С. Нетрадиционная и возобновляемая энергетика: конспект лекций для обучающихся по направлению подготовки 35.04.06 «Агроинженерня», профиль «Энергетический менеджмент и инжиниринг энергосистем». СПб. СПбГАУ, 2016. – 127 с

8. Бастрон А.В., Шерьязов С.К. Энергообеспечение потребителей с использованием возобновляемых источников энергии. учебное пособие / Красноярск, 2019. – 118 с.

9. Шерьязов С.К., Велькин В.И., Семенов А.Ю., Чернов Н.А. Основы исследования системы энергоснабжения с использованием возобновляемых источников. Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. 2012. № 4 (108). - С. 147-149.

10. Ахметшин А.Т., Шерьязов С.К. Экономические особенности развития солнечной фотоэнергетики. Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. Серия: Экономика. 2017. № 2 (20). - С. 57-66.

© Шерьязов С.К., Веденяпин К.И., Копытов Д.Н., 2023

Научная статья
УДК 628.941.8

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕТИТЕЛЬНОГО ПРИБОРА СО СВЕТООТРАЖАЮЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

Широбокова Т.А.[1], Иксанов И.И.[2], Иксанова К. С.[3]
[1,2,3]Удмуртский государственный аграрный университет, г. Ижевск, Россия
[1]9048336842@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-4421-576X
[2]iksanov.ilshat@mail.ru;
[3]kristi1708@mail.ru

Аннотация. Сельское хозяйство является одним из крупных потребителей электрической энергии. На сегодняшний день используется порядка 85 млрд. кВтч электрической энергии в год. Из них 10-12 млрд. кВтч расходуется на цели освещения и облучения. В отрасли животноводства производственное освещение играет большую роль с точки зрения физиологии животных и

птицы, но в то же время является энергетически затратным [2,3,4,7]. Стоимость 1 кВтч электроэнергии возрастает каждый квартал и составляет в настоящее время от 4 до 11 руб./кВт ч в различных регионах страны. В связи с резким повышением цен на электрическую энергию возникает задача в научном обосновании и разработке технических средств для интенсификации процесса освещения, способствующих снижению энергетических затрат [1,2,5,6].
Ключевые слова: светодиодный осветительный прибор, светоотражатель, освещенность, экономия электроэнергии.
Для цитирования: Широбокова Т.А., Иксанов И.И., Иксанова К.С. Эффективность применения светодиодного осветительного прибора со светоотражающими элементами**.** Широбокова Т.А.// Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: I Национальная научно-практическая конференция с международным участием имени Г.П. Ерошенко/ Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Scientific article

EFFECTIVENESS OF USING LED LIGHTING DEVICE WITH REFLECTIVE ELEMENTS

Shirobokova T.A.[1], Iksanov I.I.[2], Iksanova K.S.[3]
Udmurt State Agrarian University, Izhevsk, Russia
[1]9048336842@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-4421-576X
[2]iksanov.ilshat@mail.ru;
[3]kristi1708@mail.ru

Annotation. Agriculture is one of the largest consumers of electrical energy. Today, about 85 billion kWh of electrical energy is used per year. Of this, 10-12 billion kWh is spent on lighting and irradiation. In the livestock industry, industrial lighting plays a big role from the point of view of the physiology of animals and poultry, but at the same time it is energy-consuming [2,3,4,7]. The cost of 1 kWh of electricity increases every quarter and currently ranges from 4 to 11 rubles/kWh in various regions of the country. In connection with the sharp increase in prices for electrical energy, a task arises in the scientific substantiation and development of technical means for intensifying the lighting process, helping to reduce energy costs [1,2,5,6].
Key words: LED lighting device, reflector, illumination, energy saving.
For citation: Shirobokova T.A., Iksanov I.I., Iksanova K.S. The effectiveness of using an LED lighting device with reflective elements. Shirobokova T.A.// Improving the efficient operation of electrical equipment in agriculture: I National Scientific and Practical Conference with international participation named after G.P. Eroshenko/ Edited by C.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Согласно Федеральному закону Российской Федерации №261 «Об энергосбережении», необходимо решать проблему энергосбережения, развивать новые электротехнологии и использовать последние научные достижения для повышения эффективности [2,3,4,7]. Повышение эффективности светодиодного светильника возможно за счет применения светоотражательного элемента, который предназначен для отражения светового потока от источника света и направления его на объект.

Цель и задачи исследования - повышение эффективности светодиодного светильника и расчет экономии электроэнергии за счет его использования.

Материалы и методы. Для изучения влияния светоотражателя на технические характеристики светодиодного светильника в лабораторных условиях на базе лабораторий факультета энергетики и электрификации ФГБОУ ВО Удмуртский ГАУ (г. Ижевск Удмуртской Республики) были проведены испытания. Разработанный осветительный прибор фиксировался над координатной сеткой при с рабочей областью 2х2 м. С шагом 20 см производились измерения освещенности при помощи датчика люксметра. Высота подвеса исследуемого светильника составляла 2 м., с помощью люксметра были произведены замеры в контрольных точках с пятикратной повторяемостью, вычислялась средняя освещенность, которая принималась за исходную (рисунок 1).

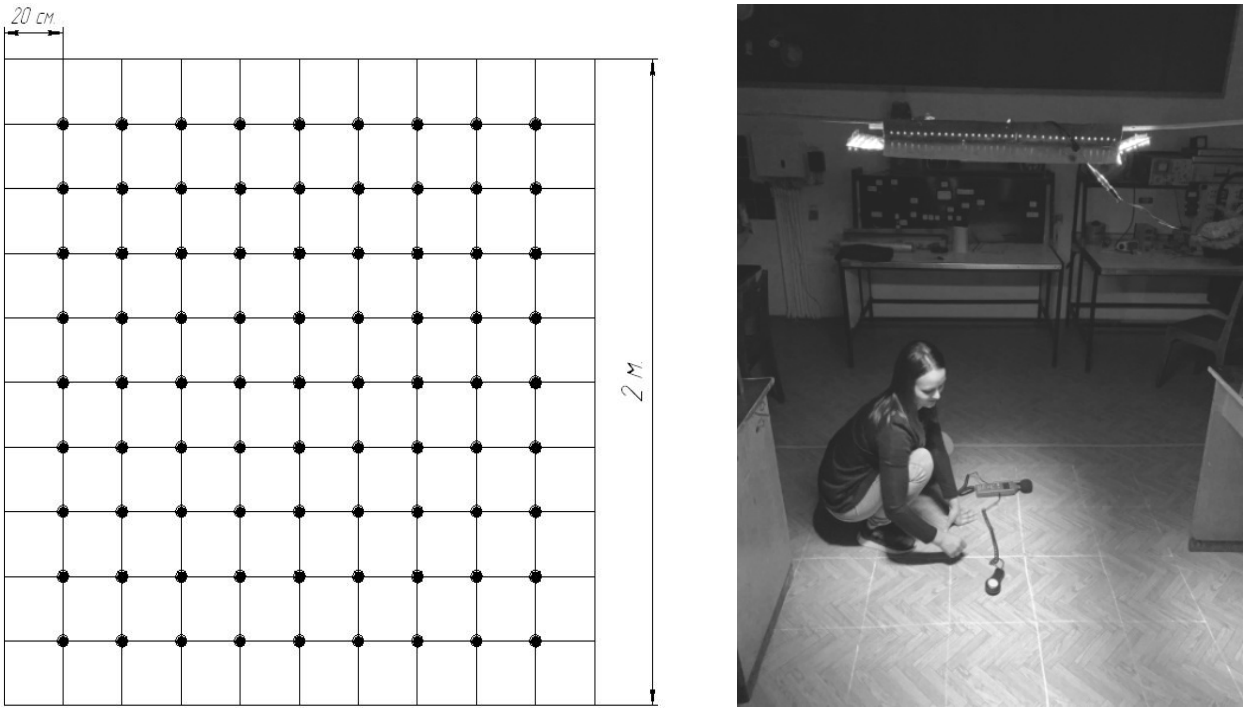
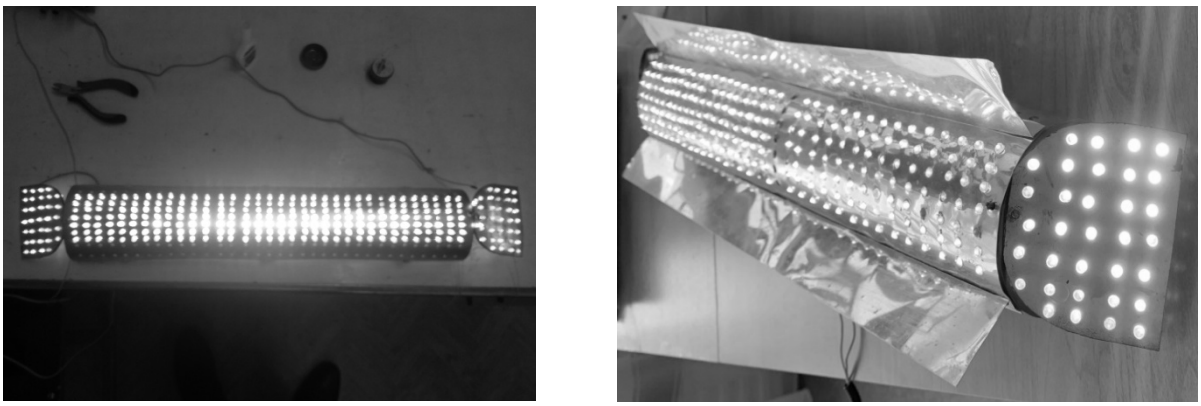


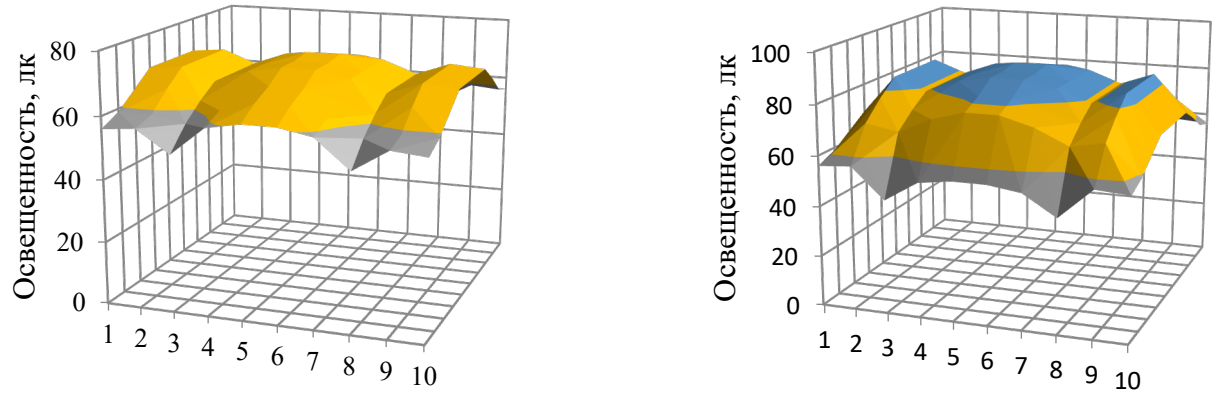
Рисунок 1-Схема и внешний вид измеряемой площадки

Результаты исследования. В начале лабораторных испытаний были произведены замеры освещенности светодиодного светильника без светоотражателей, а затем со светоотражателем (Рисунок 2).



а) Светильник без светоотражателя б) Светильник со светоотражателем

Рисунок 2. Исследуемые светодиодные светильники



а) Светильник без светоотражателя б) Светильник со светоотражателем

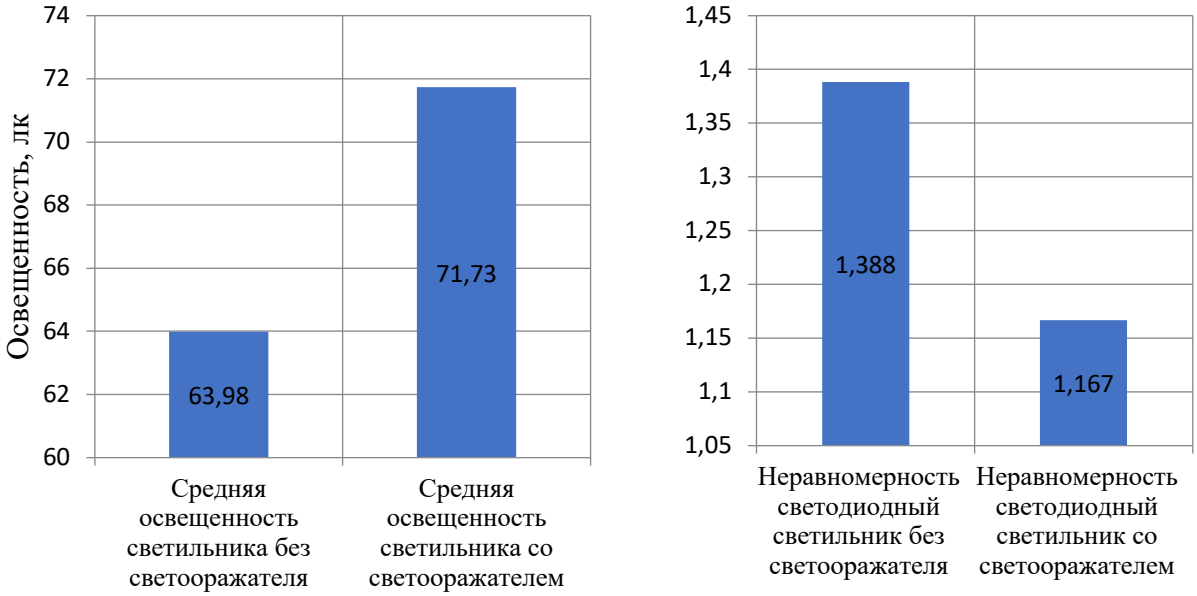


Рисунок 3– Результаты экспериментальных исследований

Ниже приведена таблица с расчетами в случае перехода системы освещения с люминесцентными лампами на обычные светодиодные светильники СПО, а также на разработанный светодиодный светильник.

Таблица 1. Определение годовой экономии электроэнергии при переходе на новые проекты освещения

Параметр	Проект с люминесцентными лампами SPIRAL 85	Проект освещения с существующим светодиодным светильником СПО 40	Проект с предлагаемыми светодиодными светильниками
Количество светильников	52	38	50
Срок службы тыс. часов	10 000	50000	60000
Мощность одной лампы, Вт	85	40	8,7
Суммарная мощность системы освещения, кВт	4,42	1,56	0,51
Время работы светильников в день, часов	16	16	16
Время работы светильников в год, часов	5 840	5 840	5 840
Объем потребляемой э/энергии за год, кВт/час	25 812,80	9 110,40	2511,1
Цена 1 кВт/час, руб.	6,29*		
Стоимость потребленной электроэнергии, руб.	162 362,5	57 304,4	15 794,8
Годовая экономия от потребления эл. энергии, руб.	X	105 058,1	146567,7

* На основании утвержденных тарифов на электроэнергии Министерства строительства Удмуртской Республики.

Заключение. Средняя освещенность измеряемой поверхности светодиодного светильника со светоотражателями выше на 10,8%, что составляет 71,73 лк., а неравномерность светодиодного светильника со светоотражателями ниже на 15,9% и составляет 1,167. Наличие светоотражателя улучшило технические характеристики светодиодного светильника в среднем на 13,35%, а экономия денежных средств составила 146 567,7 руб. в год. Учитывая то, что цена на светодиодную продукцию имеет тенденцию к понижению, эффективность применения светодиодных светильников в коровнике с привязным содержанием коров окажется более высокой с течением времени.

Список источников

1. *Бакиров*, С.М. Анализ результатов исследования влияния параметров микроклимата на продуктивность коров / С. М. Бакиров, Т. А. Широбокова, И. И. Иксанов, К. С.Иксанова // Актуальные проблемы энергетики АПК : Материалы XIII Национальной научно-практической конференции с международным участием, Саратов, 29–30 апреля2022 года. – Саратов: Амирит, 2022. – С. 10-14. – EDN ITMUTS.

2. *Иксанов*, И.И. Светодиодный осветительный прибор с улучшенными техническими характеристиками для ферм КРС: диссертация кандидата технических наук: 05.20.02 Краснодар 2019 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://dlib.rsl.ru - Заглавие с экрана. – (Дата обращения 20.12.2023).

3. *Бакиров*, С.М. Экспериментальные исследования светоотражающего элемента на технические характеристики светодиодного осветительного прибора // Бакиров С.М., Иксанов И.И., Широбокова Т.А., Шувалова Л.А. // Материалы Международной научно-практической конференции «Научные разработки и инновации в решении стратегических задач агропромышленного комплекса», Ижевск, 15–18 февраля 2022. -Т. 1.- С. 275-279.

4. *Бакиров*, С.М. Расчет конструктивных параметров светодиодного осветительного прибора с улучшенными техническими характеристиками для ферм КРС / С. М. Бакиров, П. В. Дородов, И. И. Иксанов [и др.] // Агропромышленный комплекс в ногу со временем : Сборник трудов Международной научно-практической конференции, Тюмень, 15 ноября 2023 года. – Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2023. – С. 388-392. – EDN XGUQQY

5. *Савчук*, И. В. Параметры и режимы энергосберегающей видеосветоловушкидля мониторинга численности и вида насекомых-вредителей с передачей сигнала побеспроводному каналу связи: специальность 05.20.02 "Электротехнологии иэлектрооборудование в сельском хозяйстве" : диссертация на соискание ученой степеникандидата технических наук / Савчук Иван Викторович. – Тюмень, 2018. – 127 с. – EDNXMCJPV.

6. *Суринский*, Д. О. Преимущества интегрированного способа защиты растенийот насекомых-вредителей / Д. О. Суринский, И. В. Савчук, Е. А. Басуматорова //Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственногоназначения. – 2019. – No 1(18). – С. 39-45. – EDN CIQBIU

7. *Шувалова*, Л. А. Система освещения с автоматикой управления для животноводческих помещений / Л. А. Шувалова, Т. А. Широбокова // Инновационные решения стратегических задач агропромышленного комплекса : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию Удмуртского ГАУ. В 3-х томах, Ижевск, 28 февраля – 05 2023 года. Том II. – Ижевск: Удмуртский государственный аграрный университет, 2023. – С. 118-125. – EDN RDSUHL.

© Широбокова Т.А., Иксанов И.И., Иксанова К.С., 2023

Научная статья
УДК 631.22:628.9

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА С ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ЭФФЕКТОМ

Татьяна Александровна Широбокова[1], Сергей Мударисович Бакиров[2], Ирина Геннадиевна Поспелова[3], Александр Николаевич Бронников[4]

[1,3,4]Удмуртский государственный аграрный университет, г. Ижевск, Россия
[2]Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова», г. Саратов, Россия
[1]9048336842@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-4421-576X
[2]s.m.bakirov@mail.ru , https://orcid.org/0000-0002-9392-7627
[3]pospelovaig@mail.ru, https://orcid.org/0009-0003-6458-9774

Аннотация. В статье предложна конструкция и разработана структурная схема установки на основе термоэлектрического эффекта. Установка позволяет решить вопрос эффективного отвода тепла от светодиода и использовать его для преобразования в электрическую энергию за счет применения термоэлектрического эффекта.
Ключевые слова: светодиодный светильник, термоэлектрический эффект, электрическая энергия, термопара.
Для цитирования: Широбокова Т.А. Экспериментальная установка с термоэлектрическим эффектом / Т.А. Широбоква, С.М. Бакиров, И.Г. Поспелова, А.Н. Бронников // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно- технической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

EXPERIMENTAL SETUP WITH THERMOELECTRIC EFFECT

Tatyana Alexandrovna Shirobokova[1] , Sergey Mudarisovich Bakirov[2], Irina Gennadievna Pospelova, Aleksandr Nikolaevihc Bronnikov
[1,3,4]Udmurt state agricultural university, Izhevsk, Russia[2]
[2]Saratov State Agrarian University N. I. Vavilova, Saratov, Russia [1],
[1] 9048336842@mail.ru, https://orcid.org/ 0000-0003-4421-576X
[2]s.m.bakirov@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-9392-7627
[3]pospelovaig@mail.ru, https://orcid.org/0009-0003-6458-9774

Annotation The article proposes a design and develops a block diagram of the installation based on the thermoelectric effect. The installation allows you to solve

the problem of effective heat removal from the LED and use it to convert it into electrical energy through the use of a thermoelectric effect.
Key words: LED lamp, thermoelectric effect, electric energy, thermocouple.
For citation: Shirobokova, T.A. Experimental setup with thermoelectric effect / T.A. Shirobokova, S.M. Bakirov, I. G, Pospelova, A. N. Bronnikov // Improving the efficient operation of electrical equipment in agriculture: materials International Scientic and Technical Conference named after G. P. Eroshenko / Ed. C.M. Bakirov - Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Поиск новых источников электрической энергии, а также повышение энергоэффективности потребителей электрической энергии является современной и важной составляющей современной науки [1–4]. Поэтому предприятиям необходимо использовать такие научно-технические разработки, применение которых позволит сократить затраты на энергетические ресурсы, что приведет к снижению себестоимости продукции [5]. Разработка светодиодных осветительных приборов с возможностью автономной работы, их исследование, является актуальной задачей.

Материалы и методы. Большее число процессов, происходящих в электрических устройствах и аппаратах, сопровождается выделением теплоты. Это снижает КПД аппаратов, а также отрицательно воздействует на окружающую среду. Термоэлектрическая генерация является перспективным способом прямого преобразования тепловой энергии в электрическую. Термоэлектрическая генерация, основанная на эффекте Зеебека, обеспечивает преобразование тепловой энергии в электрическую при соприкосновении двух проводников, выполненных из разнородных материалов, находящихся под воздействием градиента температур. Техническим результатом при применении термоэлектрического эффекта является разработка осветительного прибора [6].

Согласно предложенной конструкции разработана структурная схема экспериментальной установки (Рисунок 1).

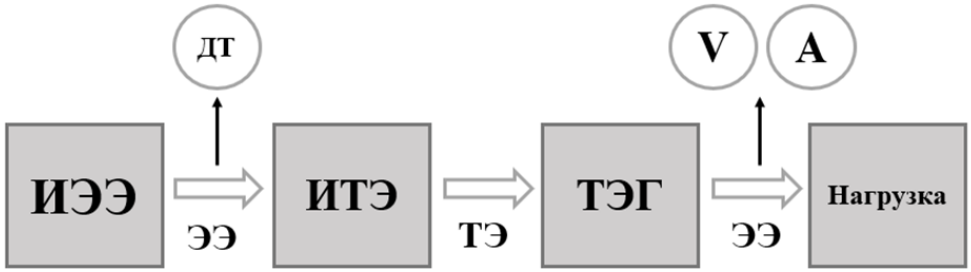
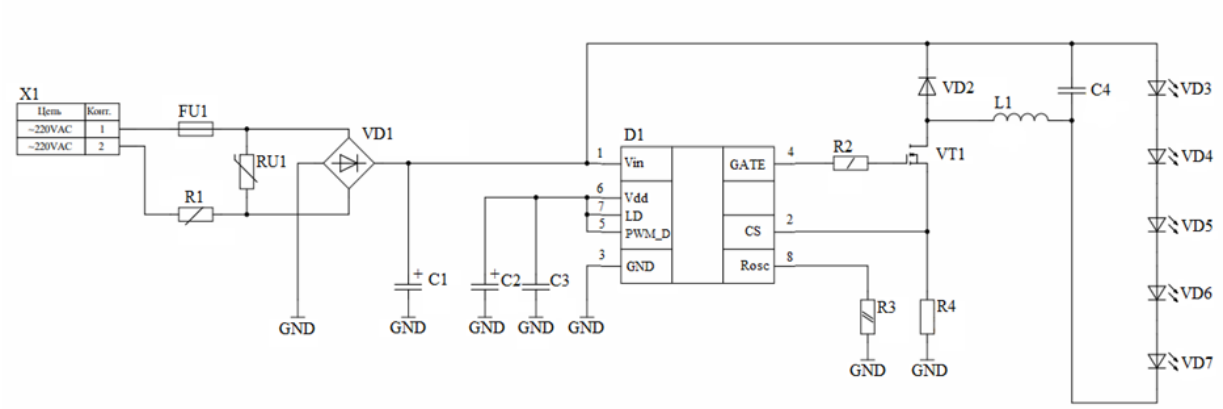


Рисунок 1 – Структурная схема экспериментальной установки
ИЭЭ – источник электрической энергии; ИТЭ – источник тепловой энергии,
ТЭГ – термоэлектрический генератор, ЭЭ – электрическая энергия,
ТЭ – тепловая энергия, ДТ – датчик температуры.

Источником электрической энергии в данной системе является блок питания, преобразующий переменное напряжения питающей сети промышленной частоты с постоянное напряжение питания светодиода.

Электрическая энергия поступает в светодиод, который преобразует ее в оптическое и тепловое излучения. Температуру светодиода контролирует датчик температуры. Тепловая энергия, поступающая от светодиода, отводится радиатором с термоэлектрическим генератором, который преобразую теплом в электрическую энергию постоянного напряжения и поступает на резистор.

Результаты исследования. Для предложенной конструкции разработана схема питания светодиодного осветительного прибора с применением термоэлектрического эффекта (Рисунок 2).



X1 – разъем; FU1 – предохранитель; R1 – термистор; RU1 – термистор; VD1 – диодный мост; C1 – конденсатор; C2 – конденсатор; C3 – конденсатор; D1 – микросхема AL9910; R2 – резистор; R3 – резистор; VD2 - диод; VT1 – транзистор; R4 – резистор;L1 – дроссель; C4 – конденсатор;VD3…VD7 – светодиодная матрица

Рисунок 2 – Схема питания светодиодного осветительного прибора с применением термоэлектрического эффекта

Работа схемы питания основаны на микросхеме AL9910. Особенностью которой является, то что рабочий диапазон напряжений позволяет подключать прямо к сети 220 В (через диодный выпрямитель). Отличительными особенностями этой микросхемы – встроенный стабилизатор напряжения для питания микросхемы, не требующий гасящего резистора (на выходе не требуется резистор для поддержания постоянного напряжения для питания светодиодов, это делает встроенный стабилизатор), встроенная защита от перегрева (срабатывает при 150°C), микросхема отключается, рабочая частота (25–300 кГц) задается внешним резистором (при увеличении частоты пульсации на выходе уменьшаются.

Заключение. Таким образом, можно сказать, что предложенная и разработанная конструкция и схемное решение светодиодного светильника с использованием термоэлектрического эффекта является перспективной установкой для предприятий АПК.

Список источников

1. *Бакиров*, С.М. Анализ результатов исследования влияния параметров микроклимата на продуктивность коров / С. М. Бакиров, Т. А. Широбокова, И. И. Иксанов, К. С. Иксанова // Актуальные проблемы энергетики АПК : Материалы XIII Национальной научно-практической

конференции с международным участием, Саратов, 29–30 апреля 2022 года. – Саратов: Амирит, 2022. – С. 10-14. – EDN ITMUTS.

2. *Савчук*, И. В. Параметры и режимы энергосберегающей видеосветоловушки для мониторинга численности и вида насекомых-вредителей с передачей сигнала по беспроводному каналу связи: : специальность 05.20.02 "Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Савчук Иван Викторович. – Тюмень, 2018. – 127 с. – EDN XMCJPV.

3. *Суринский*, Д. О. Преимущества интегрированного способа защиты растений от насекомых-вредителей / Д. О. Суринский, И. В. Савчук, Е. А. Басуматорова // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – 2019. – № 1(18). – С. 39-45. – EDN CIQBIU.

4. *Бакиров*, С.М. Разработка интеллектуальной системы управления поливом для экспериментального семеноводства / С. М. Бакиров, О. В. Михеева, Д. А. Колганов [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2023. – № 2. – С. 108-111. – DOI 10.28983/asj.y2022i2pp108-111. – EDN JAVWHR..

5. *Широбокова*, Т.А. Разработка энерго- ресурсосберегающих осветительных установок для АПК / Широбокова Т.А., Поспелова И.Г., Набатчикова М.А., Иксанов И.И. // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2020. Т. 67. № 3 (40). С. 95-102.

6. Пат. RU 191976 U1. Светодиодный осветительный прибор с использованием термопары / Чепкасова М.А., Широбокова Т.А., Поспелова И.Г. // Патент на полезную модель RU 191976 U1, 29.08.2019. Заявка № 2019106261 от 05.03.2019.

© Широбокова Т.А., Бакиров С.М., Поспелова И.Г., Бронников А.Н. 2023

Научная статья
УДК 621.316

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТОКОВОЙ РАЗГРУЗКИ НУЛЕВОГО РАБОЧЕГО ПРОВОДА СЕТИ 0,38 кВ

Михаил Анатольевич Юндин[1], Данил Андреевич Севостьянов[2], Сергей Сергеевич Ситников[3]
[1,2,3] Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, г Зерноград, Россия

Аннотация. Приводятся данные сравнительных экспериментальных исследований эффективности работы технических средств для токовой разгрузки нулевого провода в сети 0,38 кВ.

Ключевые слова: ток нулевой последовательности, коэффициент искажения синусоидальности кривой тока, энергоэффективность, «двойной зигзаг с нулем», «звезда с нулем/треугольник».
Для цитирования: Юндин М.А. Результаты исследования эффективности работы технических средств для токовой разгрузки нулевого рабочего провода / М.А. Юндин, Д.А. Севостьянов, С.С. Ситников // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-практической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023

Scientific article

THE RESULTS OF THE STUDY OF THE EFFICIENCY OF TECHNICAL MEANS FOR CURRENT UNLOADING OF THE ZERO WORKING WIRE OF THE 0.38 kV NETWORK

Mikhail Anatolyevich Yundin[1], Danil Andreevich Sevostyanov[2], Sergey Sergeevich Sitnikov[3]
[1,2,3] Azov-Black Sea Engineering Institute of the Donskoy State Agrarian University, Zernograd, Russia

Annotation. The data of comparative experimental studies of the efficiency of technical means for current discharge of a zero wire in a 0.38 kV network are presented.
Keywords: zero sequence current, current curve sinusoidal reduction coefficient, energy efficiency, "double zigzag with zero", "star with zero/triangle".
For citation: Yundin M.A. Results of a study of the efficiency of technical means for current unloading of zero-working wires / M.A. Yundin, D.A. Sevostyanov, S.S. Sitnikov // Improving the efficient operation of electrical equipment in agriculture: materials of the International Scientific and Practical Conference named after G.P. Eroshenko / Edited by S.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Современный этап развития сельского электроснабжения характеризуется увеличением электропотребления коммунально-бытовой нагрузкой. В свою очередь, это влечет за собой рост токов несимметрии и несинусоидальности в электрических сетях напряжением 0,38 кВ. Основной причиной возникновения несимметричных режимов является разная токовая нагрузка в фазах сети [1, 2]. Причиной искажения синусоидальности токов является рост нелинейных электроприемников в узлах нагрузки [3]. Увеличение потерь электроэнергии, снижение срока службы кабельных линий из-за дополнительного нагрева, возрастающая вероятность разрыва нулевого рабочего провода, приводящая к перенапряжению у потребителей электроэнергии в узлах нагрузки, выход из строя дорогостоящей техники – это

далеко не полный перечень последствий, к которым приводит длительная токовая нагрузка нулевого рабочего провода в сети напряжением 0,38 кВ.

Поэтому разработка и исследование новых технических средств, решающих задачу токовой разгрузки нулевого рабочего провода в трехфазных четырехпроводных сетях актуально и востребовано.

Материалы и методы. На кафедре «Электроэнергетика и теплоэнергетика» выполнено исследование технических средств для токовой разгрузки нулевого провода со схемами соединения обмоток трансформатора «двойной зигзаг с нулем» и трансформаторной группы со схемой «звезда с нулем/треугольник» как по отдельности, так и при их совместном подключении к модели сети 0,38 кВ.

Вышеуказанные технические средства поперечно подключались к физической модели сети, выполненной из двух участков, за каждым из которых подключалась нелинейная нагрузка. В качестве нагрузки использовались газоразрядные лампы различной мощности, две ДРЛ 250 и одна ДРЛ 400 за первым участком модели сети и две ДНаТ 150 и одна ДНаТ 250 в конце модели линии. Измерения электрических величин производились за первым участком модели линии прибором HIOKI 3196 (рис.1).

Во время экспериментов, до измерения электрических величин, после включения нагрузки, создавалась выдержка времени для выхода газоразрядных ламп на рабочий режим. Измерения производились, как со стороны нагрузки, так и со стороны источника питания силового трансформатора Т1. Экспериментальные исследования проводились в несколько этапов: на первом этапе выполнялось измерение электрических величин при полной нагрузке модели сети без использования *технических средств*; на втором этапе исследовались электрические величины при такой же нагрузке, после подключения за вторым участком модели сети трансформаторной группы со схемой соединения обмоток «*звезда с нулем/треугольник»*; на третьем этапе исследовалась эффективность подключения к модели сети только «двойного зигзага с нулем» за вторым участком при полной нагрузке. В четвертом опыте электрические измерения выполнены при одновременном поперечном подключении к модели сети *двух* технических средств при полной нагрузке. При этом, «двойной зигзаг с нулем» подключался за вторым участком, а *«з*везда с нулем/треугольник» - за первым участком модели сети как показано на рисунке 1.

Результаты исследований. До подключения к модели сети технических средств при ее полной загрузки показатели нагрузочного режима были следующими. Действующий ток в нулевом проводе был равен 2,046 А, ток нулевой последовательности в модели сети на основной частоте – 0,651 А, ток обратной последовательности на основной частоте – 0,386 А, коэффициенты искажения синусоидальности токов в фазах изменялись от 6,51% до 14,99%. Осциллограммы токов данного нагрузочного режима работы в модели сети изображены на рисунке 2. Ток I4 – это ток в нулевом проводе.

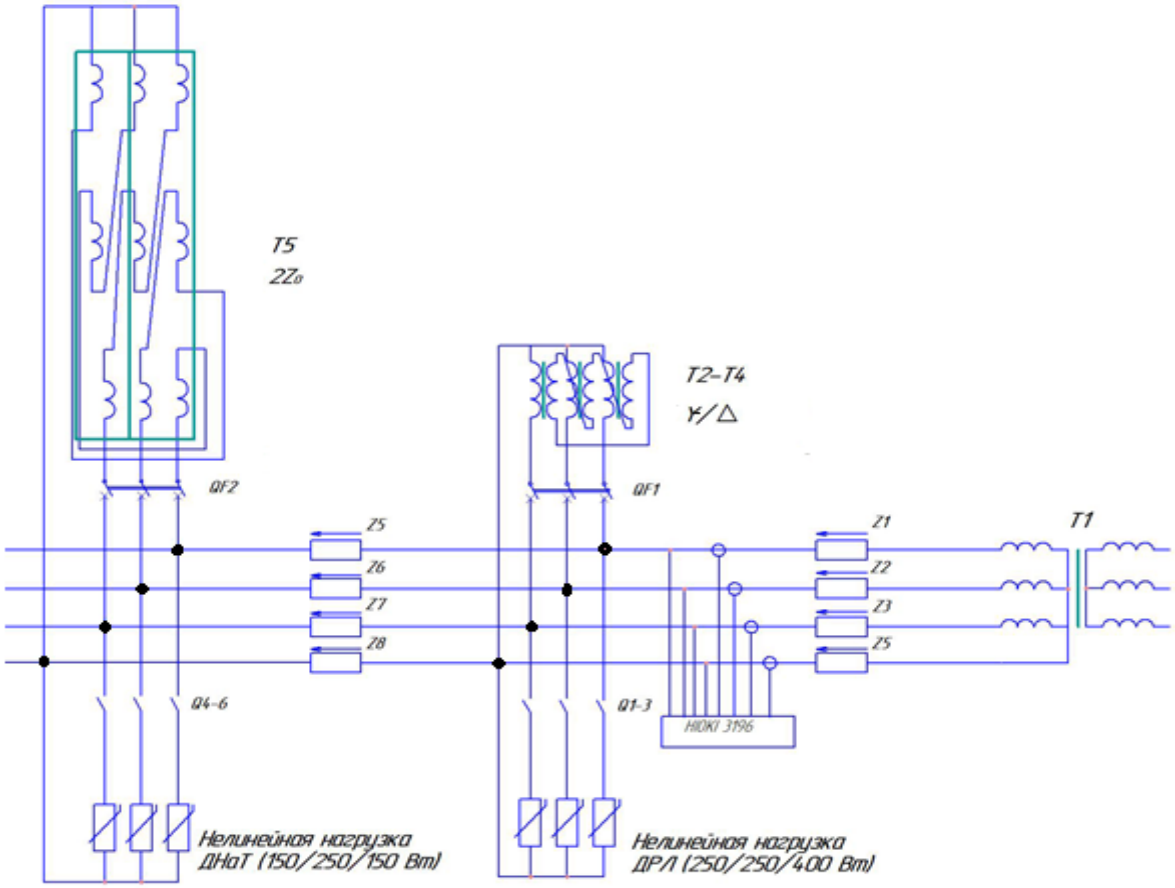


Рисунок 1 – Схема лабораторной установки при исследовании одновременного подключения технических средств к модели сети

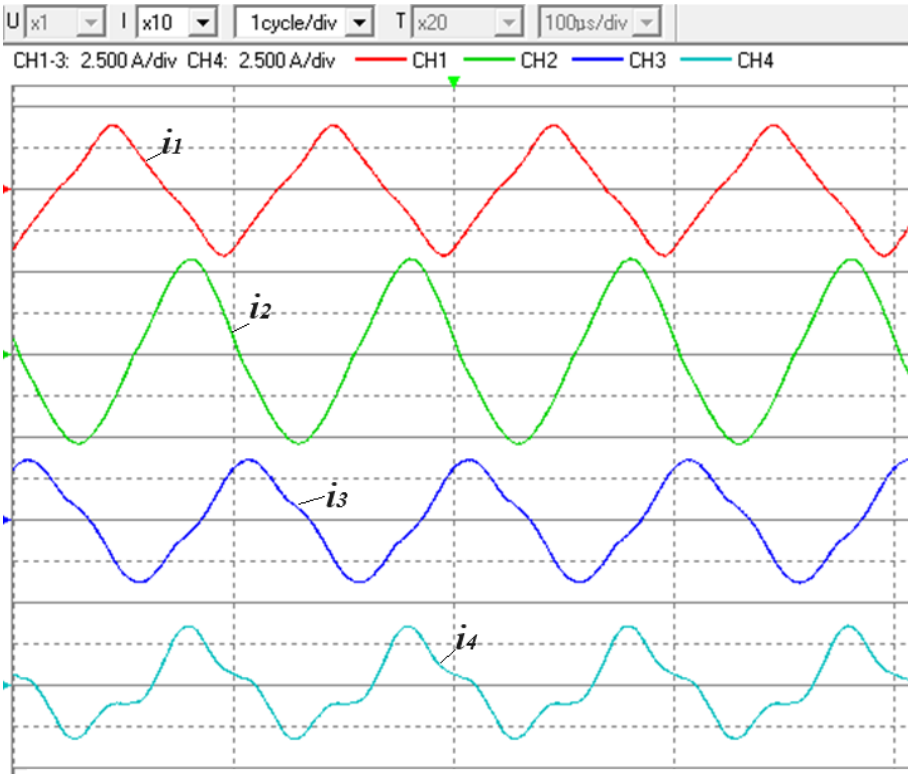


Рисунок 2 – Осциллограммы токов в модели сети при полной загрузке до подключения технических средств

Подключение каждого из технических средств к модели сети при полной нагрузке вызывали уменьшение действующего значения тока в нулевом рабочем проводе (таблица 1).

Таблица 1 – Токи в модели сети при полной загрузке, зафиксированные по результатам исследований

Режим работы	**I_1, А**	**I_2, А**	**I_3, А**	**I_4, А**
Без технических средств	2,465	2,388	3,648	2,046
Совместная работа двух технических средств	3,031	3,028	3,613	0,459
Подключен трансформатор «двойной зигзаг с нулем»	2,965	3,01	3,58	0,515
Подключена группа «звезда с нулем/треугольник»	2,262	2,567	3,226	1,108

Осциллограммы токов в модели сети при полной загрузке после совместного подключения технических средств показана на рисунке 3. Из рисунка 3 видно, что ток в нулевом (I_4) проводе модели сети снизился за счет уменьшения тока нулевой последовательности основной частоты и тока третьей гармоники.

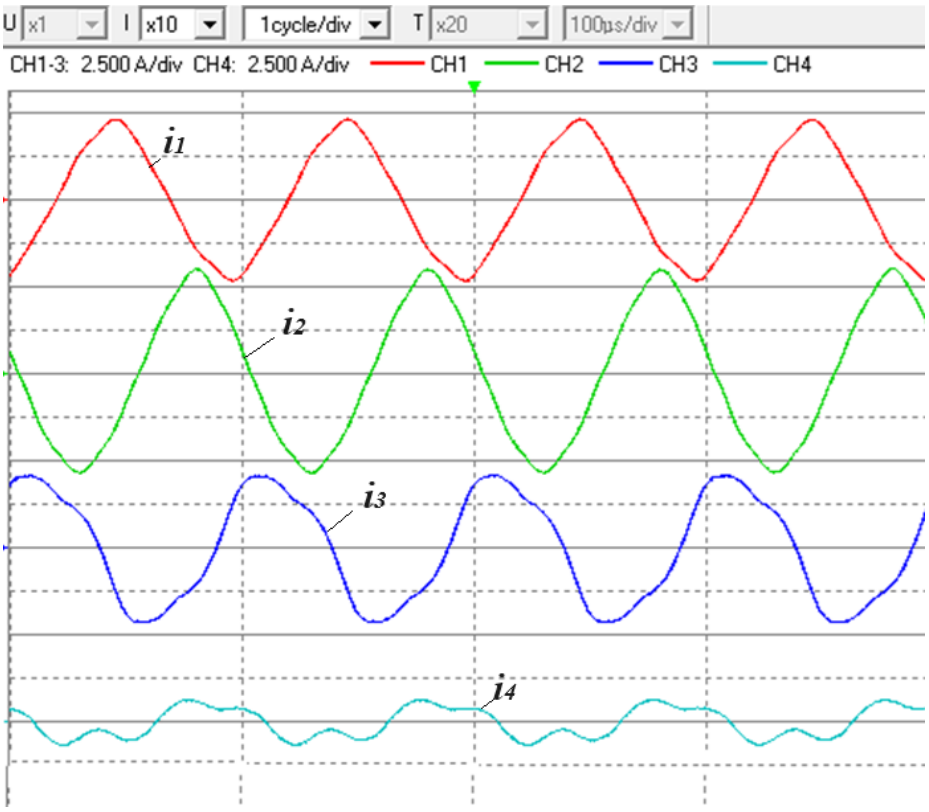


Рисунок 3 – Осциллограммы токов в модели сети при полной загрузке после совместного подключения технических средств «двойной зигзаг с нулем» и трансформаторов «звезда с нулем/треугольник»

Результаты экспериментальных исследований при одинаковой загрузке модели сети для лучшей наглядности представлены в виде лепестковой диаграммы для каждого опыта. Анализ на лепестковых диаграммах выполнен для следующих величин: коэффициентов искажения синусоидальности токов *THD-I*, потерь активной мощности в силовом трансформаторе Т1 (рисунок 4) ΔP_T, действующего значения тока в нулевом проводе I_4, тока основной гармоники нулевого провода $I_{4(1)}$, тока третьей гармоники в нулевом проводе $I_{4(3)}$, тока нулевой последовательностей основной частоты $I_{0(1)}$ и тока обратной последовательностей основной частоты $I_{2(1)}$.

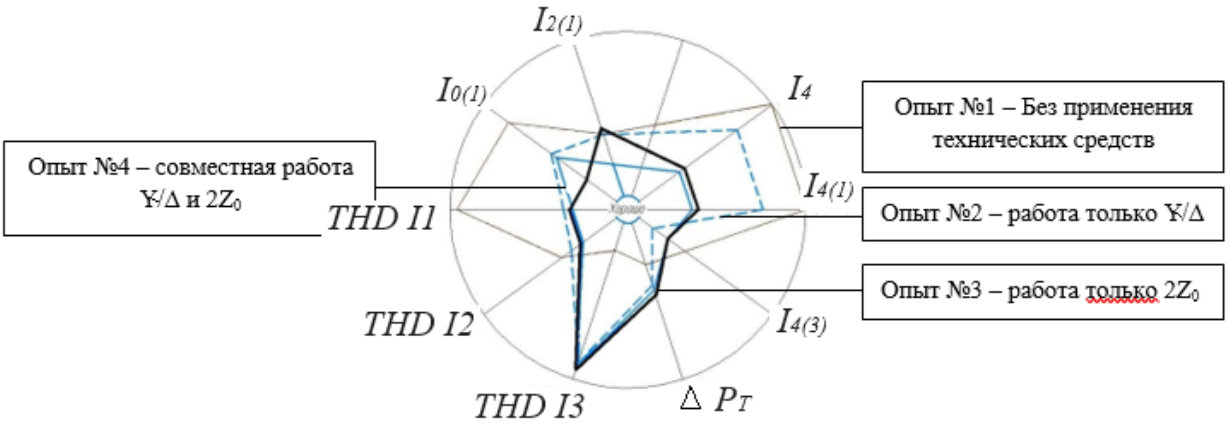


Рисунок 4 – Сравнительная лепестковая диаграмма изменения электрических величин

Заключение. При несимметрии и несинусоидальности токов в модели сети напряжением 0,38 кВ, действующее значение тока в нулевом рабочем проводе лучше всего ограничивалось совместным подключением технических средств «двойной зигзаг с нулем» и трансформаторной группой «звезда с нулем/треугольник» (табл.1).

Ток нулевой последовательности основной частоты эффективнее всего ограничивался после подключения трансформатора со схемой соединения обмоток «двойной зигзаг с нулем» ($2Z_0$) к модели сети.

Подавление токов высших гармоник, кратных трем, лучше выполняло подключение трансформаторной группы Т2-Т4 (рис.1), соединенной по схеме «Yн/Δ».

В месте с тем, применение устройств с малым сопротивлением токам нулевой последовательности «$2Z_0$» при динамической нагрузке сопряжена с дополнительными потерями как в самом устройстве, так и в силовом трансформаторе Т1 (рис.1), что видно из рисунка 4.

Представляет практический и научный интерес дальнейшее исследование рассмотренных технических средств, в частности, – целесообразно провести исследование их функционирования при крайнем случае несимметрии в трехфазной сети – обрыве одного из линейных проводов в сети 0,38 кВ.

Список источников

1. Косоухов Ф. Д. Энергосбережение в низковольтных электрических сетях при несимметричной нагрузке / Под общей ред. Ф. Д. Косоухова. Монография. СПб.: Издательство «Лань», 2016. 280 с.
2. Орлов А. И. Анализ влияния устройства выравнивания нагрузки на показатели несимметрии электрической сети / А. И. Орлов, С. В. Волков, А. А. Савельев // Вестник Чувашского университета. – 2016. – № 3. – С. 100-109.
3. Костинский С.С. Обзор и результаты исследований гармонического состава тока бытовых электроприемников, а также способов и устройств для снижения негативного влияния на системы электроснабжения / С.С. Костинский // Промышленная энергетика. – 2018. – №8. – С.29-39.

© Юндин М.А., Севостьянов Д.А., Ситников С.С. 2023

Научная статья
УДК 621.317.38

ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИМЕНЕНИЯ АСКУЭ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ НА УЧАСТКЕ ВЛ-0,4 кВ

Даниил Вадимович Яшин[1], Оксана Николаевна Чурляева[2], Роман Константинович Степанов[3]
[1,2,3]Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия
[1]h2kcod@gmail.com
[2]oksana.churlyaeva@mail.ru https://orcid 0009-0003-7472-0465
[3]roman.zid50@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются перспективы развития интеллектуальных систем учёта электроэнергии, а также предложена концепция использования систем учёта электроэнергии при определении участка повреждения воздушных линий в сети напряжением 0,4кВ.
Ключевые слова*:* цифровизация, учёт электроэнергии, интеллектуальный учёт электроэнергии, автоматизированная система контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ), определение места повреждения, воздушная линия электропередач.
Для цитирования: Яшин Д.В. Преимущества применения АСКУЭ при определении места повреждения на участке ВЛ-0,4кВ. / Д.В. Яшин, О.Н. Чурляева, Р.К. Степанов // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-технической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

THE ADVANTAGES OF USING ASMAE IN DETERMINING THE LOCATION OF DAMAGE ON A SECTION OF OVERHEAD LINE ARE 0,4 kV

Daniil Vadimovich Yashin[1], Oksana Nikolaevna Churlyaeva[2], Roman Konstantinovich Stepanov[3]
[1,2,3]Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia
[1]h2kcod@gmail.com
[2]oksana.churlyaeva@mail.ru https://orcid 0009-0003-7472-0465
[3]roman.zid50@mail.ru

Annotation. The article discusses the prospects for the development of intelligent electricity metering systems, as well as the concept of using electricity metering systems in determining the damage area of overhead lines in a 0.4kV network.
Keywords: digitalization, electricity metering, intelligent electricity metering, automated system for monitoring and accounting of electricity (ASMAE), determination of the damage location, overhead power line
For citation: Yashin D.V. The advantages of using ASMAE in determining the location of damage on a section of overhead line are 0.4 kV. / D.V. Yashin, O.N. Churlyaeva, R.K. Stepanov // Improving the efficient operation of electrical equipment in agriculture: materials International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko / Ed. S.M. Bakirov - Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. На данный момент времени в сфере электроэнергетики происходит реализация концепции цифровой трансформации [1, 4], которая затрагивает применение различных систем управления, проекты цифровых подстанций, автоматизацию ликвидации аварий воздушных сетей, а также использование системы интеллектуального учёта электроэнергии.

Материалы и методы. В настоящий момент для усовершенствования процесса учёта электроэнергии всё чаще применяют интеллектуальные системы учёта электроэнергии. В них применяются интеллектуальные приборы учёта, которые снабжаются модулями сбора, обработки, хранения и получения данных. Функционал систем учёта имеет минимальный набор функций, соответствующий постановлению Правительства РФ N 890 (ред. от 10.06.2023) «О порядке предоставления доступа к минимальному набору функций интеллектуальных систем учета электрической энергии (мощности)». Данные системы учёта состоят из нескольких уровней [2] (Рисунок 1).

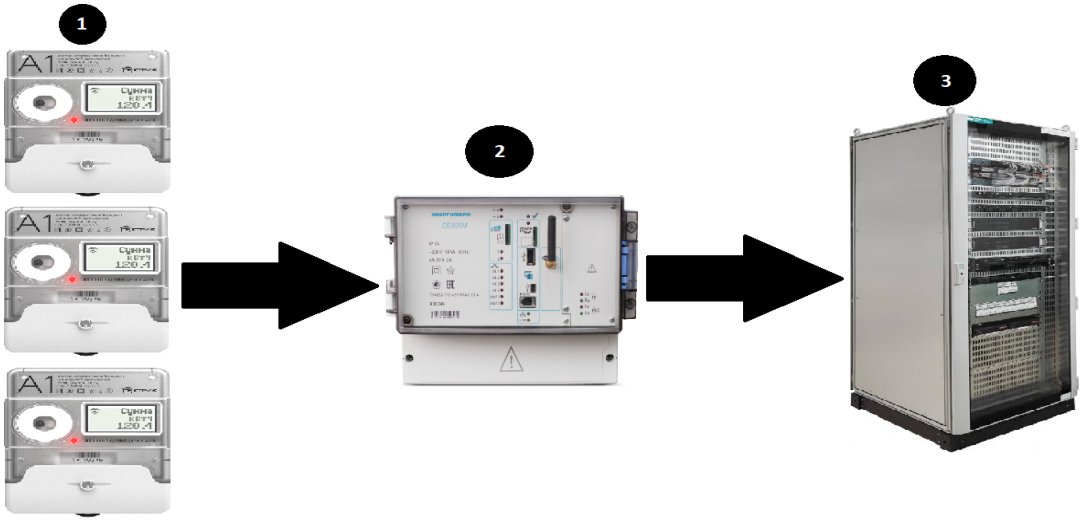


Рисунок 1 – Уровни интеллектуальной системы учёта электроэнергии

1. Первый уровень является началом сбора информации – измеряется количество электроэнергии с помощью приборов учёта.

2. На данном уровне система осуществляет сбор и передачу информации, используются здесь приборы со встроенным программным обеспечением (УСПД), которые также позволяют передавать информацию на следующий уровень.

3. Третий уровень – персональный компьютер (ПК) или сервер центра сбора и обработки данных со специализированным программным обеспечением АСКУЭ, осуществляющий сбор информации с УСПД (или группы УСПД), итоговую обработку этой информации как по точкам учета, так и по их группам – по подразделениям и объектам предприятия.

Результаты исследования. Проанализировав функционал интеллектуальных систем учёта электрической энергии, можно предложить концепцию использования систем учёта электроэнергии при определении участка повреждения воздушных линий в сети напряжением 0,4кВ. Концепция заключается в построении схемы включения интеллектуальных счётчиков электроэнергии в сплит исполнении с реализацией применения интерфейса передачи данных PLC, данный интерфейс позволит направить импульс, который послужит сигналом для отключения автоматического выключателя или реле, установленного в начале данной линии. К примеру, приборы учёта фирмы «Нартис» [3] имеют возможность отключения абонента от питающей сети для своевременного предупреждения случаев электротравматизма, а также защиты оборудования потребителя до момента устранения неисправности в случае отклонения от нормированного значения напряжения и других повреждений ВЛ. Данные будут передаваться также на уровень выше, на сервер центра сбора и обработки данных со специализированным программным обеспечением, находящего в зоне обслуживания районных электросетей (Рисунок 2).

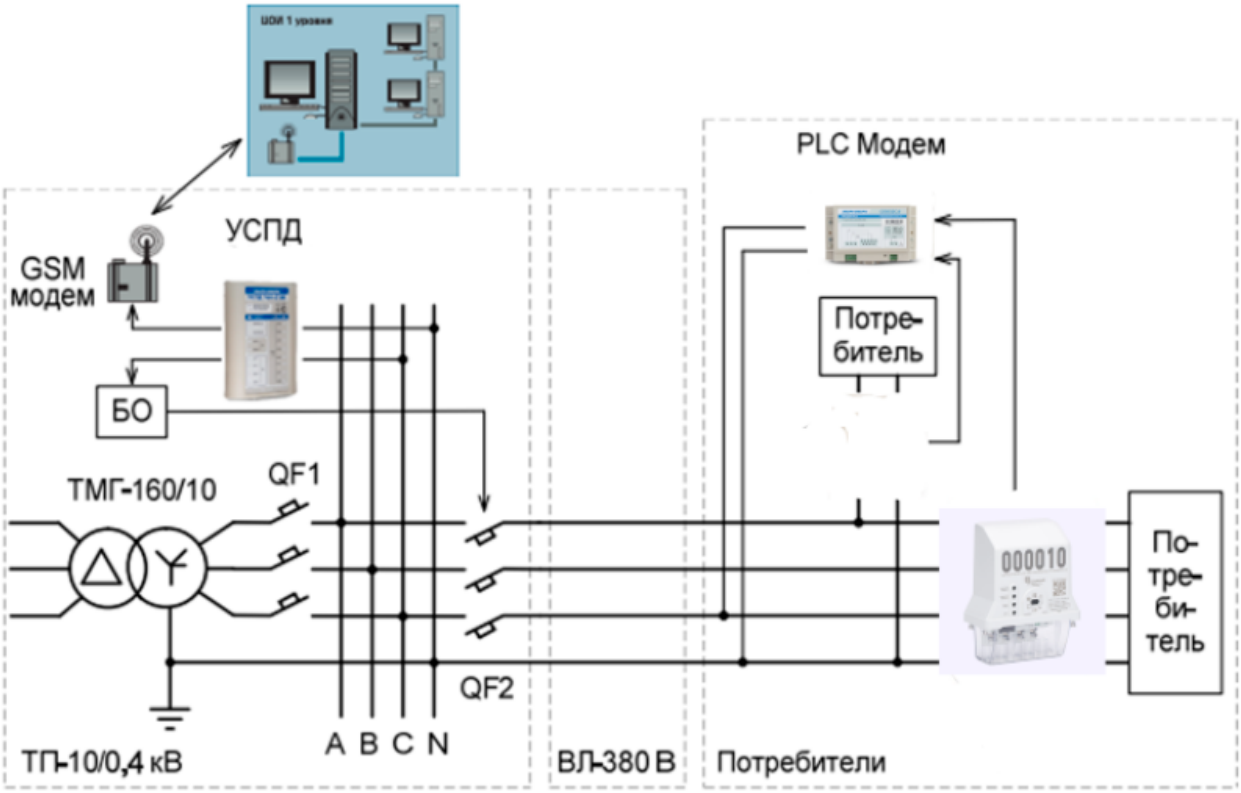


Рисунок 2 – Схема включения интеллектуальной системы учёта

Заключение. При использования данной концепции можно выделить преимущества при её использовании:

- удалённое получение информации об участке повреждения;
- удалённое отключение ВЛ, которое позволит потребителям сократить повреждение своего оборудование в случае отклонения значения напряжения от нормированного, а также предотвращение травматизма со стороны потребителей;
- сокращённые сроки устранения неисправности, за счёт ускоренного получения информации сотрудниками РЭС, а также отсутствие осмотра неповреждённого участка ВЛ.

Главным же недостатком являются экономические затраты на создание, обслуживание и работоспособность данной системы, в связи с использованием дополнительного оборудования и специальных алгоритмов для выявления неисправностей, также к установке и эксплуатации данной системы будет необходим персонал высокой квалификации, который сможет обеспечить работоспособность данной системы.

Список источников

1. ПАО «Россети Волга» – официальный сайт: [Электронный ресурс]. URL: https://www.rossetivolga.ru/

2. Постановление Правительства РФ от 19.06.2020 N 890 (ред. от 30.12.2022) «О порядке предоставления доступа к минимальному набору

функций интеллектуальных систем учета электрической энергии (мощности)» (вместе с «Правилами предоставления доступа к минимальному набору функций интеллектуальных систем учета электрической энергии (мощности)») – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_355626/

3. Счетчик электроэнергии трехфазный интеллектуальный НАРТИС-И300: рук. по эксплуатации. – г. Череповец: ЗАО «НАРТИС», 2022. – 56 с

4. Яшин Д.В. Перспективы развития интеллектуальных систем учёта электроэнергии в России / Д.В. Яшин, О.Н. Чурляева, Р.К. Степанов // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

© Яшин Д.В., Чурляева О.Н., Степанов Р.К. 2023

Научное издание

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Материалы I Национальной научно-практической конференции с международным участием имени Г.П. Ерошенко



Электронное издание
Адрес размещения: https://www.vavilovsar.ru/nauka/konferencii-saratovskogo-gau/2023-g

Размещено 06.02.2024 г.
Объем данных: 36,5 Мбайт. Аналог печ. л. 24,8
Формат 60×84 1/16. Заказ №846/2023
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова»
Тел.: 8(8452)26-27-83, email: nir@vavilovsar.ru
410012, г. Саратов, пр-кт им. Петра Столыпина зд. 4, стр. 3.