

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.И. ВАВИЛОВА»



АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ЭНЕРГЕТИКИ АПК
Материалы X национальной
научно-практической
конференции с международным участием

Саратов 2019 г

УДК 338.436.33:620.9

ББК 31:65.32

A42

A42 **Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы X национальной научно-практической конференции с международным участием/Под общ. ред. Трушкина В.А. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2019. – 287 с.**

ISBN 978-5-6042823-3-5

УДК 338.436.33:620.9

ББК 31:65.32

Редакционная коллегия:

Трушкин В.А., к.т.н., доцент Саратовского государственного аграрного университета;
Ерошенко Г.П., д.т.н., профессор Саратовского государственного аграрного университета;
Каргин В.А., к.т.н., доцент Саратовского государственного аграрного университета;
Артюхов И.И., д.т.н., профессор Саратовского государственного технического университета;
Степанов С.Ф., д.т.н., профессор Саратовского государственного технического университета;
Оськин С.В., д.т.н., профессор Кубанского государственного аграрного университета;
Шерьязов С.К., д.т.н., профессор Южно-Уральского государственного аграрного университета;
Садыкова Л.А., к.т.н., доцент Западно-Казахстанского агротехнического университета;
Муравьева М.В., к.э.н., доцент Саратовского государственного аграрного университета

ISBN 978-5-6042823-3-5

© ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ», 2019

А.Я. Аберяшев, В.М. Наход

Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, г. Саратов

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКА ТЕПЛА

***Аннотация.** Исследуются современные методы использования биотоплива в качестве источника тепла при выращивании овощей в закрытом грунте.*

***Ключевые слова:** теплица, энергосбережение, твердые бытовые отходы, биотопливо.*

По морфологическому признаку твердые бытовые отходы (ТБО) подразделяются на компоненты: бумагу (картон), пищевые отходы, дерево, металл (черный и цветной), текстиль, кость, стекло, кожа, камни, полимерные материалы, прочие (не классифицируемые части), отсев (уличный - менее 15 мм) [2-7].

Нормы накопления ТБО - это количество отходов, образующихся на расчетную единицу. Нормы накопления определяют в единицах массы (кг) или объема (л/м³). На нормы накопления и состав ТБО влияют следующие факторы: степень благоустройства жилищного фонда (наличие мусоропроводов, газа, водопровода, канализации, системы отопления) этажность, вид топлива, при местном отоплении развитие общественного питания, культура торговли, степень благосостояния населения, климатические условия (различная продолжительность отопительного периода от 150 дней в южной зоне до 300 дней в северной) специфика питания и т.д.[1]

Качество получаемого в процессе переработки ТБО органического удобрения или биотоплива зависит от химического состава, используемых ТБО.

Направление мотивированных исследований и выбора оптимального метода обезвреживания переработки ТБО для конкретного региона определяется

необходимостью решения проблемы охраны окружающей среды, здоровья населения, а также экономической эффективности и рационального использования земельных ресурсов.

Известно более 20 методов обезвреживания и утилизации ТБО.

Методы обезвреживания и переработки ТБО по конечной цели делятся на: 1-ликвидационные (решают в основном санитарно-гигиенические задачи); 2-утилизационные (решают, кроме того, задачи экономики – использования вторичных ресурсов).

По технологическому принципу бывают: 1-биологические; 2- термические; 3-химические; 4 - механические; 5-смешанные.

Наибольшее распространение у нас и за рубежом получили такие методы: 1-складирование на полигонах (ликвидационной биолого-механический); 2- сжигание (ликвидационный термический) 3-компостирование (утилизационный, биологический).

В большинстве крупных городов функционируют заводы по обезвреживанию мусора.

Основным продуктом, получаемым заводами из ТБО, являются компост, применяемый в качестве биотоплива в защищенном грунте при выращивании овощных культур. Потребность овощеводческих хозяйств в этом продукте

50-60 тыс. т, т.е. 33-55% от общего количества выпускаемого заводами. Использование его в качестве органического удобрения невозможно из-за высокого содержания в нем тяжелых металлов.

Весенние рассадно-овощные теплицы в хозяйстве используются в два культурооборота. В первом культурообороте, с пятнадцатого марта по десятое мая выращивается рассада капусты для открытого грунта, во втором - выращивается огурец на продукцию.

По технологии, принятой для выращивания рассады в пленочных теплицах в Поволжской зоне, начиная с февраля, предварительно очистив от снега, завозят почвогрунты. Вначале укладывают слой биотоплива, затем торф.

Рассада капусты относится к группе холодостойких растений. В рассадный период для роста и формирования их листового аппарата требуются умеренные температуры, хорошо азотное питание, а также увлажнение грунта. Требования рассады к температурно-влажностному режиму теплиц меняются по мере развития рассады.

Температура воздуха в теплицах должна быть ночью не ниже 6°C, днем (в солнечные дни) не выше 18°C, в пасмурные дни до 16°C. Агротехнический максимум составляет 15-20°C, а агротехнический минимум 4-5°C. Температура грунта в теплицах должна быть на уровне 15-20°C.

Огурец в пленочных теплицах выращивается на грядах двухсторонними лентами. В почвенные грунты вносят органические и минеральные удобрения с последующей их заделкой сельскохозяйственными машинами, обеспечивающими оборот пласта. Перед посадкой огурца поверхность почвы

обрабатывается машинами с рыхлительными рабочими органами.

Посадку начинают, когда почва достаточно прогрета (не ниже 17 °C). В период вегетации растения часто поливают, периодически подкармливают, минеральными удобрениями и обрабатывают ядохимикатами при заболеваниях растений. В конце вегетации растительные остатки удаляют из теплицы и уничтожают, после чего почвенные грунты обеззараживают от возбудителей болезней и вредителей (химическим способом).

Специфические условия микроклимата (резкие колебания дневных и ночных температур, наличие конденсата на внутренней поверхности пленки в течение большей части суток) является причиной распространения заболеваний огурца.

Соблюдение благоприятного режима температуры, влажности воздуха и грунта повышает сопротивляемость растений.

Температура воздуха в пленочных теплицах при выращивании огурца должна быть ночью не ниже 17°C, днем (в солнечные дни) до 24-28°C, в пасмурные дни 20-24°C. Агротехнический минимум составляет 14-15 °C, агротехнический максимум 30 °C. Температура грунта в теплицах должна быть на уровне 20-24 °C.

Важное условие выращивания рассады в пленочных теплицах и закалка. За 8-12 дней до высадки рассады в открытый грунт усиливают вентиляцию, чтобы создать условия близкие к открытому грунту. При этом необходимо отслеживать температуру почвы и воздуха в теплице и не допускать ее снижения ниже необходимого уровня (для воздуха 5°C, для грунта 12°C).

Основным способом обогрева пленочных сооружений является биологический. В качестве биотоплива применяют переработанный городской

мусор - компост. Завозят и укладывают биотопливо в теплицы в ранние сроки (с середины февраля), когда почва еще не оттаяла.

Биотопливо завозят на самоходном шасси Т-16А с платформой. Грузовые биотопливом шасси въезжают в теплицу с торца в местах будущих гряд, расположенных вдоль теплицы. При постепенном перемещении и одновременном подъеме платформы биотопливо укладывают вдоль гряды, которую тут же формируют. Слой укладки 30 см. В качестве дополнительного источника обогрева используются отопительно-вентиляционные установки, обогревающие шатровое пространство теплицы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Амерханов, Р.А.** Проектирование систем энергообеспечения/Р.А. Амерханов, А.В. Богдан, С.В. Вербицкий, К.А. Гарькавый//Учебник для вузов 2-е изд., перераб. и доп. / под ред. Д. Т. Н., проф. Р. А. Амерханова. М.: Энергоатомиздат, 2010. 548 с.
2. **Ербаева, Н.Б.** Автономная система электроснабжения с помощью солнечных панелей для электрического освещения территории университета/ Н.Б. Ербаева, Р.Р.Файзуллин, А.В. Садырин, Е.Т. Ербаев, И.Ю. Лошкарёв, В.И. Лошкарёв // Актуальные проблемы энергетики

АПК материалы VII международной научно-практической конференции. Под общей редакцией Трушкина В.А.. 2016. С. 57-62.

3. **Ерошенко, Г.П.** Специальные требования к электронагревательным установкам для систем микроклимата/Г.П. Ерошенко, И.Ю. Лошкарёв, О.В. Логачева, Д.В. Ульянов, Н.В. Шевчук//Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VIII международной научно-практической конференции/Под общ.ред. Трушкина В.А. - Саратов: ООО «ЦеСАин», 2017. С. 86-89.

4. **Лошкарёв, И.Ю.** Энергосберегающие принципы в тепличных комплексах/И.Ю. Лошкарёв И.Ю., В.М. Наход, А.Я. Аберясов//Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы IX международной научно-практической конференции/Под общ.ред. Трушкина В.А. - Саратов: ООО «ЦеСАин», 2018. - С.109-110 .

5. **Лошкарёв, И.Ю.** Методы выращивания культур в защищенном грунте/И.Ю. Лошкарёв, В.М. Наход, А.Я. Аберясов//Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы IX международной научно-практической конференции/Под общ. ред. Трушкина В.А. - Саратов: ООО «ЦеСАин», 2018. - С.117-120 .

6. **Лошкарёв, И.Ю.** Использование биотоплива в качестве источника тепла/И.Ю. Лошкарёв И.Ю., А.Я. Аберясов, В.М. Наход//Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы IX международной научно-практической конференции/Под общ.ред. Трушкина В.А. - Саратов: ООО «ЦеСАин», 2018. - С.125-127 .

7. **Лошкарёв, И.Ю.** Применение теплового насоса как метод энергосбережения/ И.Ю. Лошкарёв, Д.В. Одрозов//Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы IX международной научно-практической конференции/Под общ.ред. Трушкина В.А. - Саратов: ООО «ЦеСАин», 2018. - С.110-112 .

УДК 31.3

Е.А. Авершин, А.В.Гонтарь, Н.В.Нестерова

Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, г. Белгород

ГРАДИЕНТ – ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

В мире возобновляется получение энергии с помощью изменение температур воды Мирового океана на разных глубинах. Перепад температур на разных глубинах зависит от того, что солнечная энергия нагревает лишь поверхность воды. Средняя температура поверхностного слоя воды в тропиках составляет 25-30 градусов по Цельсию. С увеличением глубины

температура снижается, и так, например, на глубине 2000 м температура воды составит 4-6 градусов по Цельсию [1].

Мировой океан занимает около 70% поверхности Земли, это дает ему право считаться самым большим солнечным коллектором и хранилищем энергии. Даже небольшое солнечное излучение способно наладить работу генераторов большой

мощности. С данной мощностью выработка энергии за год будет превышать мировую генерацию примерно в четыре раза.

Преобразование энергии температур глубин Мирового океана происходит при помощи гидротермальных станций. Данный вид получения энергии носит экстремальный характер из-за недоработок технологии. Такие станции представляют собой машины с термодинамическим циклом, как тепловые насосы, холодильники и т.п. Работа механизма основана на переносе тепла с параллельным получением энергии. Чем больше показатель разницы температур воды океана, тем больше КПД и продуктивность генерации.

Вне зависимости от того, какая конкретно схема реализуется при постройке станций, основным их элементом является труба большого диаметра длиной в несколько сотен метров. Данная труба погружается на глубину с целью поглощения воды из холодных слоёв. Вода поднимается к поверхности, охлаждая свою часть системы циркуляции. В свою очередь, тёплая вода с поверхности регулирует нагретую часть системы. Внутри системы циркулирует рабочее тело - вода или низкокипящий компонент. В нагретом секторе системы происходит испарение с образованием газа под давлением. Полученный газ вращает турбины генератора, вырабатывающего электроэнергию. В охлаждённом сегменте системы вещество рабочего тела конденсируется, и процесс повторяется по циклу [2].

В современном развитии технологий создают станции открытого, закрытого и гибридного типов.

Открытые типы станций используют морскую воду в качестве рабочего тела. Данные станции менее эффективны, по

сравнению с другими, но избавляют от необходимости применять вредные компоненты (аммиак или фреон).

Закрытые типы станций используют для рабочего тела низкокипящие вещества. В качестве рабочего тела может применяться пропан. КПД закрытой схемы не на много превышает КПД открытой схемы.

Гибридные станции соединяют в себе два вышеописанных способа. В одном из контуров происходит испарение морской воды, в другом - низкокипящих веществ. Водяной пар подается в теплообменник, нагревая его и одновременно испаряя низкокипящее вещество. Таким образом, главным отличием гибридной станции от других схем является то, что нагревание низкокипящих веществ происходит не самой водой, а ее паром.

Гидротермальная энергетика имеет ряд очевидных преимуществ перед другими видами альтернативной генерации благодаря неисчерпаемости своих ресурсов. Энергетический задел температурного градиента на квадратный метр площади мирового океана колеблется в пределах 300 кВт. Для сравнения - данный показатель для ветряных станций составляет 1,7 кВт, для солнечных и того меньше - 1,4 кВт. Остывание поверхности океана происходит не сразу, поэтому геотермальные станции могут производить энергию и после заката.

Несмотря на ряд достоинств, температурная энергетика имеет и минусы. В первую очередь – несовершенство технологий в постройке данных электростанций. Это связано с большими энергетическими потерями, благодаря неэффективности конструкций генерирующих установок [3,4].

Еще один важный минус – выброс вредных химических веществ в окружающую среду. Это неизбежно, т.к. будут протечки низкокипящих веществ,

либо веществ для промывки труб. Для решения этой проблемы необходимо заменить химические добавки на менее токсичные.

Несмотря на имеющиеся проблемы, в пользу развития гидротермальной энергетики говорят не только его преимущества перед другими видами генерации из возобновляемых источников, в частности, ветряной и солнечной. Развитию выработки энергии из температурного градиента воды способствуют и чисто экономические расчёты, свидетельствующие об эффективности работы гидротермальных, тепловых и атомных электростанций. Продуктивность производства такого уровня редко присуща объектам альтернативной энергетики.

УДК 631.3

Д.Д. Акиншин, Т.И. Филатова, А.А. Буглак

Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова,
г. Саратов

МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ПРОГРАММИРУЕМЫХ КОНТРОЛЛЕРОВ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Аннотация. В настоящей статье представлены мероприятия по обеспечению электромагнитной совместимости программируемых логических контроллеров в системах управления технологическими процессами сельхозпроизводства.

Ключевые слова: управляющие контроллеры, автоматизация технологических процессов, программируемые логические контроллеры; электромагнитная совместимость.

Благодаря автоматизации сельскохозяйственного производства повышается надежность и продлевается срок работы технологического оборудования, улучшаются условия и безопасность труда, снижаются затраты на единицу продукции [1-3].

В частности, микроклимат во многом определяет условия содержания

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мастепанов, А.М. Топливо-энергетический комплекс России на рубеже веков - состояние, проблемы и перспективы развития [Текст] / А.М. Мастепанов // Справочно-аналитический сборник. – М.: ИАЦ «Энергия», 2009. – Том 1 – 480с.
2. Нестерова, Н.В. Математическое моделирование состояния безопасности объектов [Текст] / Н.В. Нестерова, М.Н. Степанова, А.В. Харибин // Инновационные процессы в научной среде. Сборник статей Международной научно-практической конференции. – 2016. – С. 11-14.
3. Нестерова, Н.В. Системы управления природной, техногенной и социальной безопасностью населения [Текст] / Н.В. Нестерова, М.Н. Степанова, А.В. Павленко // Символ науки. №1. – 2016 – С.49-51.
4. Нестерова, Н.В. Методология анализа риска чрезвычайных ситуаций [Текст] / Н.В. Нестерова, С.А. Кеменов, Ю.В. Ветрова // Научные механизмы решения проблем инновационного развития. Сборник статей международной научно-практической конференции: в 4 частях. 2017. – С. 8-10.

сельскохозяйственных животных и самым непосредственным образом влияет на их общее состояние и продуктивность. Автоматизация управления параметрами микроклимата – сложная комплексная задача, для решения которой разработан ряд установок и систем управления. При этом их использование зачастую не позволяет производить плавное

регулирование температуры или предполагает наличие централизованного водяного или парового отопления. Поэтому применение таких АСУ температурой, например, в животноводческих помещениях с электрокалориферным воздушным отоплением требует существенных доработок. Одним из направлений совершенствования систем управления технологическими процессами сельхозпроизводства является использование программируемых логических контроллеров [4-6]. Однако реактивные индуктивно-емкостные составляющие потребителей электрической энергии оказывают отрицательное воздействие на цифровые элементы системы управления. Таким образом обеспечение электромагнитной совместимости управляющего устройства привода является важным [7].

В настоящей статье представлены мероприятия по обеспечению электромагнитной совместимости программируемых логических контроллеров в системах управления технологическими процессами сельхозпроизводства, в частности рассмотрены правила приемки, испытаний и контроля программируемых контроллеров [8-10].

Электромагнитная совместимость определяется способностью контроллеров функционировать с заданным качеством в заданной электромагнитной обстановке. Сформулируем перечень требований,

выполнение которых на этапах разработки и создания контроллеров, модулей расширения для управляющих устройств ТП позволит обеспечить их электромагнитную совместимость.

При определении содержания раздела, технических показателей и характеристик, оценке безопасности, проведении проверки, приемки, испытаний и др. будем исходить из положений или требований, обозначенных в [10].

Для установления соответствия контроллера ГОСТ IEC 61131-2 и требованиям других нормативно-технических документов следует обеспечить (рис.1): эксплуатационные испытания и проверки в нормальных условиях; испытания и проверки, относящиеся к безопасности; экспертизу, визуальный контроль и измерения.

Испытания типа и проверки по электромагнитной совместимости на соответствие требованиям [10] проводятся признаваемым испытательным органом при сертификационных испытаниях.

В каждом испытании ИПО необходимо определить способ установки модулей и внешние соединения; применять соответствующие тестовые программы для проведения испытаний; использовать установленные руководством по эксплуатации процедуры проверки правильности функционирования ИПО, методы оценки точности результатов, временных отклонений аналоговых входных/выходных сигналов.



Рис.1 – Правила приемки, испытаний и контроля программируемых контроллеров

Результаты испытаний считают положительными, а ИПО – выдержавшим испытания, если оно испытывалось в полном объеме и соответствует всем требованиям, установленным рабочей и нормативно-технической документацией для проводимой категории испытаний. Результаты испытаний принимают отрицательными, если зафиксировано несоответствие хотя бы одному из установленных требований.

Приемо-сдаточные испытания проводят для установления соответствия изделий требованиям документации, выявления возможных дефектов, допущенных при изготовлении, определения возможности ввода системы ПК в эксплуатацию и осуществляют после сборки, настройки, опробования всех изделий, входящих в ПК [10].

Типовые испытания проводят для проверки соответствия изделия требованиям документов, регламентов при изменениях конструкции, технологии изготовления, используемых материалов и

комплектующих, влияющих на технические характеристики, показатели, работоспособность, для оценки внесенных изменений, их эффективности и целесообразности. Программа и объем испытаний определяют и утверждают изготовителем изделий. Выбранный объем испытаний должен обеспечивать однозначную оценку влияния внесенных изменений на параметры изделия [10].

Приемка контроллеров и модулей расширения на месте эксплуатации включает проверку комплектности и технического состояния оборудования после выполнения монтажных работ и эксплуатационные испытания ПК. При эксплуатационных испытаниях проверяют и оценивают показатели технической и функциональной эффективности, устойчивость работы вводных/выводных модулей, каналов, эксплуатационные характеристики [10].

Комплексное опробование работы ПК проводят в составе САУ при непрерывной работе системы в течение назначенного

интервала времени с изменением условий, режимов действия объекта управления. Контроллер принимают в эксплуатацию по результатам испытаний и подтверждают актом и соответствующей записью в формуляре (паспорте).

Проверку соответствия модулей ПК в сборе конструктивным требованиям также ведут визуально, сверяясь с КД. Контроль соответствия установки деталей, печатных плат, размещения в корпусе комплектующих изделий, сборочных единиц и проводников рабочей и эксплуатационной документации проводят осмотром, сверяясь с документацией. Порядок и методы проведения технологического контроля деталей, сборочных единиц и изделия в сборе должны соответствовать технической документации.

Качество сварки, пайки, сборки, выполненного монтажа, болтовых соединений, внешней отделки, чистоту поверхностей и защитных покрытий оценивают внешним осмотром.

Проверку наличия маркировки модулей контроллера проводят осмотром изделий. Маркировка должна быть четкой, визуально различимой и выполняться способом, обеспечивающим её сохранность в течение всего срока эксплуатации изделия. Качество выполненной маркировки подтверждается гарантиями производителя маркировки.

Сформулированная обобщенная совокупность требований к свойствам, показателям контроллеров и рассмотренные мероприятия по

испытанию и проверки позволяет установить соответствие ПК требованиям нормативно-технических документов по обеспечению электромагнитной совместимости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Усанов, К.М. Проектирование электроустановок [Текст]: учебное пособие / К.М. Усанов, В.А. Каргин, А.П. Моисеев, Л.А. Лягина. – Саратов: Амирит, 2017. – 123 с.
2. Каргин, В.А. Автоматизация систем управления технологическими процессами [Текст]: учебное пособие / В.А. Каргин, А.П. Моисеев, А.В. Волгин, Л.А. Лягина, Е.А. Четвериков. – Саратов: Амирит, 2018. – 177 с.
3. Лосев, С.Е. Микропроцессорные системы: учебное пособие для вузов. [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – СПб. : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2012. – 102 с.
4. Каргин, В.А. Система управления плавным ходом якоря ЛЭМД кормораздаточных транспортеров за счет автоматической корректировки выходного усилия / В.А. Каргин, А.П. Моисеев, А.В. Волгин, Н.Н. Белова // Известия Международной академии аграрного образования, 2017. № 37. – С.15-18.
5. Каргин, В.А. Электрический преобразователь с автоподстройкой выходного усилия электромагнитного формователя колбасных изделий / В.А. Каргин, А.В. Волгин, А.П. Моисеев, О.В. Логачева // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2018. №2 (160). – С.176-180.
6. Петров, И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования / Под ред. В.П. Дьяконова. –М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 256 с.
7. <http://www.owen.ru>. Каталог продукции 2017/2018 года.
8. Никитин, В.С. Система управления формователем колбасных изделий на базе программируемого логического контроллера / В.С. Никитин, В.А. Каргин, А.Кh. Massad, А.П. Моисеев // Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы VIII Международной научно- практической конференции. – Саратов: ООО «ЦеСАин» 2017. – С. 175-178.
9. Никитин, В.С. Приоритетные качества и электромагнитная совместимость контроллеров (ПК) на отечественной элементной базе / В.С. Никитин, В.А. Каргин, Б.Д. Асанов // Современное состояние и перспективы развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения: VI Международная научно-практическая конференция / Под ред. Абдразакова. – Саратов: Амирит, 2017. – С.136-141.
10. ГОСТ Р 51841-2001 (МЭК 61131-2-92) Программируемые контроллеры. Общие технические требования и методы испытаний.

Р.Р. Алимов, Д.Д. Акиншин

Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова,
г. Саратов

ПЕРСПЕКТИВЫ МОДЕРНИЗАЦИИ ВЕНТИЛЯЦИОННО-ОТОПИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ ПРИМЕНЕНИЕМ ПЛК

Аннотация. В настоящей статье рассмотрены перспективы модернизации систем управления вентиляционно-отопительных установок использованием программируемых логических контроллеров.

Ключевые слова: управляющие контроллеры, автоматизация технологических процессов, программируемые логические контроллеры, вентиляционно-отопительная установка.

Микроклимат во многом определяет условия содержания сельскохозяйственных животных и самым непосредственным образом влияет на их общее состояние и продуктивность [1-3]. В число параметров микроклимата помещений, определяющих эффективность животноводства, входят температура воздуха, относительная влажность, содержание в воздухе вредных для животных компонентов, скорость движения воздуха и др. Нормы технологического проектирования определяют температуру в животноводческом помещении [3], отклонение которой от указанного значения приводит к снижению продуктивности. При этом влияние повышенных и пониженных температур особенно заметно в условиях значительной влажности воздуха.

Системы вентиляции выполняют с естественным и искусственным побуждением воздуха. Автоматизация систем с искусственным побуждением определяется, в том числе, конструкцией вентиляционной системы, которая может быть приточной, вытяжной и сбалансированной, когда производительность приточной и вытяжной систем одинакова. По способу раздачи

воздуха в вентилируемом помещении различают равномерную, сосредоточенную и децентрализованную (с помощью нескольких отопительно-вентиляционных агрегатов) [4,5].

Системы отопления можно классифицировать по различным признакам (рисунок 1) [1,4,6]. В зависимости от вида энергоносителя могут быть газовые, электрические, твёрдотопливные, жидкотопливные, комбинированные, альтернативные.

Анализ систем отопления показал, что для животноводческих помещений целесообразно использовать электрическое воздушное отопление с частичной рециркуляцией и вентиляцией воздуха [5].

Для регулирования температуры в системах отопления с приточной вентиляцией в животноводческих помещениях, например, свиноматке, перспективным является применение контроллера типа «ОВЕН ТРМ-33-Щ4», позволяющего повысить точность поддержания требуемой температуры воздуха в системах приточной вентиляции с калорифером на заданном уровне и снизить эксплуатационные затраты. Система автоматического регулирования

обеспечивает поддержание заданной температуры приточного воздуха по ПИД-закону путем управления приводами вентилятора, жалюзи и запорно-регулирующего клапана [7].



Рисунок 1 – Классификация систем отопления

Однако применение подобных автоматизированных систем управления предполагает наличие централизованного водяного или парового отопления. Поэтому применение таких АСУ температурой в животноводческих помещениях с электрокалориферным воздушным отоплением требует существенных доработок. В частности, требуют замены ряд узлов: КЗР – кран запорный регулировочный; водяной калорифер; каналы управления КЗР и защиты от замораживания, датчик температуры обратной воды и др. При этом также необходимо разработать логическую схему автоматизированной системы управления

вентиляционно-отопительной установкой и произвести выбор основных технических средств автоматики [8-10].

Одним из путей совершенствования систем управления вентиляционно-отопительными установками в животноводческих помещениях, в частности свинарниках, является использование программируемых логических контроллеров. Структурная схема системы автоматического управления вентиляционно-отопительной установкой с использованием программируемого логического контроллера (ПЛК) представлен на рисунке 2.

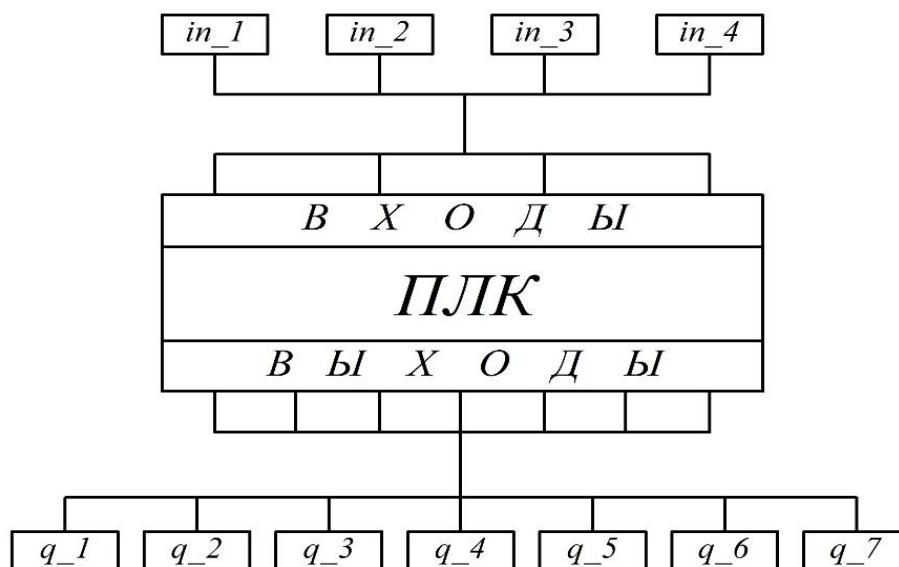


Рисунок 2 – Структурная схема системы автоматического управления вентиляционно-отопительной установкой

Проведенный анализ существующих систем управления вентиляционно-отопительными установками позволил установить, что применение программируемых логических контроллеров позволит улучшить функционирование данных систем путем повышения точности и быстродействия регулирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бородин И.Ф., Судник Ю.А. Автоматизация технологических процессов. – М.: КолосС, 2005. – 344 с.
2. Усанов, К.М. Проектирование электроустановок [Текст]: учебное пособие / К.М. Усанов, В.А. Каргин, А.П. Моисеев, Л.А. Лягина. – Саратов: Амирит, 2017. – 123 с.
3. Змеев А.Я. Проектирование систем электрификации: Учебное пособие / А.Я. Змеев, К.М. Усанов, В.И. Мошкин, В.А. Каргин. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2016. – 292 с.
4. Каргин, В.А. Автоматизация систем управления технологическими процессами [Текст]: учебное пособие / В.А. Каргин, А.П. Моисеев, А.В. Волгин, Л.А. Лягина, Е.А. Четвериков. – Саратов: Амирит, 2018. – 177 с.
5. Посев, С.Е. Микропроцессорные системы: учебное пособие для вузов. [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – СПб. : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2012. – 102 с.
6. Усанов К.М. Технические средства автоматики: учебное пособие / К.М. Усанов, А.Я. Змеев, В.А. Каргин, А.П. Моисеев, А.В. Волгин. – Саратов: ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2014. – 188 с.
7. Каргин, В.А. Электрический преобразователь с автоподстройкой выходного усилия электромагнитного формователя колбасных изделий / В.А. Каргин, А.В. Волгин, А.П. Моисеев, О.В. Логачева // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2018. №2 (160). – С.176-180.
8. www.owen.ru.
9. 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.
10. Massad, A.Kh. Система управления формователем колбасных изделий на базе программируемого логического контроллера / А.Кх. Massad, В.А. Каргин, А.П. Моисеев, В.С. Никитин // В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК, материалы VIII Международной научно-практической конференции, 2017. – 175-177.

Р.А. Амерханов, Э.Г. Армаганян, В.В. Дворный

Кубанский государственный аграрный университет
имени И.Т. Трубилина, г. Краснодар

ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ

Аннотация. В статье раскрывается потенциал геотермальной энергии Земли, а также основные элементы системы геотермального теплоснабжения.

Ключевые слова: геотермальная энергия, геотермальное теплоснабжение.

Практическое использование геотермальной теплоты началось 100 лет назад. Это поистине неисчерпаемая энергия, так как на поверхность из недр планеты ежегодно поступает количество тепловой энергии, эквивалентное 38000 млрд т у. т. Около 90 % этой энергии передается теплопроводностью горных пород, а примерно 10 % – конвекцией через вулканы, гейзеры, горячие ключи [1].

Источниками сильного нагрева глубинных слоев Земли являются распад радиоактивных элементов и химические реакции. С увеличением глубины слоев температура нагрева повышается: на глубине 50 км – до $+800^{\circ}\text{C}$, 500 км – от $+1500$ до $+2000^{\circ}\text{C}$, 6371 км (ядро) – более $+5000^{\circ}\text{C}$. Геотермальную энергию используют в виде горячего пара или термальной воды с температурой от $+200$ до $+350^{\circ}\text{C}$. К местам наиболее интенсивного проявления геотермальных процессов относятся: Исландия, Россия (Камчатка), запад США, Италия, Мексика, Новая Зеландия и некоторые другие [1, 2].

Геотермальные электростанции (ГеоТЭС) в отдельных странах (Италия, Россия и др.) вырабатывают вполне реальную электроэнергию. Общая мощность всех ГеоТЭС в 25 странах составляет 8735 МВт, а к концу XXI века по

прогнозам может достичь 2–3 % мощности всех электростанций мира.

Практически все ГеоТЭС построены на месторождениях с температурой пара или воды более $+170^{\circ}\text{C}$, расположенных на сравнительно небольших глубинах и слабо минерализованных. Чаше встречаются месторождения с меньшей температурой или глубже залегающие, с сильно минерализованной водой. Использовать их сложнее, так как требуется дополнительная очистка, а значит, и дополнительные затраты. Поэтому использование минеральных термальных вод должно быть комплексным; отбирая тепло, можно извлекать и десятки разнообразных ценных химических веществ.

Мощность геотермальной энергии в 4000 раз меньше мощности радиационного излучения Солнца на Землю, но почти в 30 раз больше мощности всех электростанций мира. Однако средняя плотность теплового потока не превышает $0,05\text{ Вт/м}^2$. Опыт показал, что для практической деятельности человека целесообразно использовать теплоту с глубины 5 км. По расчетам, запас геотермальной энергии составляет $1,33 \cdot 10^5\text{ кВт}\cdot\text{ч/год}$ [3].

Геотермальная энергия используется в виде гидротермальных (паротермальных) источников теплоты, т. е. подземных запасов горячей воды и гейзеров с

температурой пара от +300 до +350°C. Выше было показано, что весьма перспективны петротермальные источники теплоты. Себестоимость электроэнергии на их основе в 3 раза ниже, чем в дизель-генераторных установках.

Расчеты показывают, что Земля содержит теплоты намного больше, чем можно было бы добыть в ядерных реакторах при расщеплении всех земных запасов урана и тория. Геотермальной энергии хватило бы человечеству примерно на 40 млн лет.

Геотермальное теплоснабжение в общем случае в себя включает:

- 1) разведывание месторождений геотермальных вод;
- 2) получение теплоты с помощью геотермальных скважин;
- 3) строительство и обустройство термоводозаборов;
- 4) добычу и транспортировку геотермального теплоносителя от скважины к потребителю;
- 5) использование геотермального теплоносителя в системах теплоснабжения;
- 6) утилизацию отработанных термальных вод и их сброс.

В геологическом понимании геотермальная теплота – это теплота выше температур окружающей среды. Запасы этой теплоты превышают годовое потребление энергии во всем мире в 35 млн раз. Если бы можно было использовать всего 1 % геотермальной энергии, к примеру, на глубине 10 км, то человечество имело бы в 500 раз больше энергии, чем могут дать все мировые запасы нефти и газа [1].

Перспективным является направление разработки и внедрения геотермальных тепловых электростанций в России и Краснодарском крае [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амерханов Р.А. Проектирование систем энергообеспечения: Учебник / Р.А. Амерханов, А.В. Богдан, С.В. Вербицкая, К.А. Гарькавый. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 2010. – 548 с.
2. Амерханов Р. А. Перспективы использования возобновляемых источников энергии / Р.А. Амерханов, Б.К. Цыганков, С.Н. Бегдай, А.С. Кириченко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – № 42. – С. 185–189.
3. Амерханов Р. А. Возможности использования возобновляемых источников энергии Краснодарского края / Р.А. Амерханов, А.С. Кириченко, Р.С. Касьянов // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. – 2015. – № 13–14. – С. 12–25.

УДК 631.13

С.М. Бакиров, А.Ю. Здобнов

*Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова,
г. Саратов*

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОЦИКЛА ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация. В работе представлена проблема передвижения инженерно-технических работников по территории сельскохозяйственного производства. Предложена разработка электроцикла на базе электродвигателя.

Ключевые слова: электроцикл, электропривод, двигатель, аккумуляторные батареи, сельскохозяйственное производство.

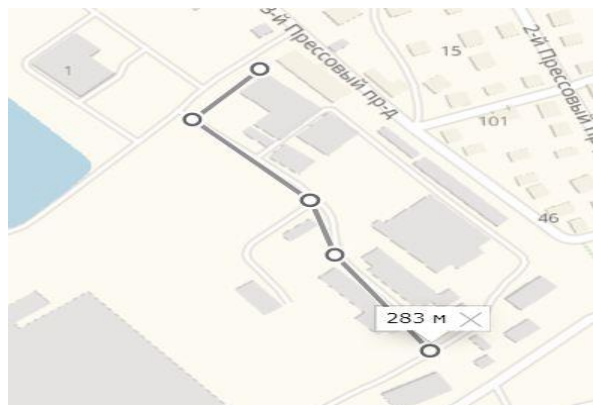
Современные сельскохозяйственные производства располагаются на больших территориях, а объекты на значительном расстоянии друг от друга. Это объясняется тем, что по технологическим особенностям не рекомендуется располагать объекты рядом. Также на комплексных предприятиях, где имеются участки растениеводства и животноводства большую часть территории занимают дополнительные вспомогательные участки: кормоцеха, кормоприготовительные агрегаты, склады и т.п. Все это приводит к тому, что предприятия занимают значительную

площадь. Перемещение между участками отнимает значительную часть времени у рабочих, а особенно у инженерно-технического персонала и персонала, который должен находиться в постоянном ведении работы всех участков: операторы, агрономы, механизаторы, мелиораторы, электромонтеры, инженеры и т.п.

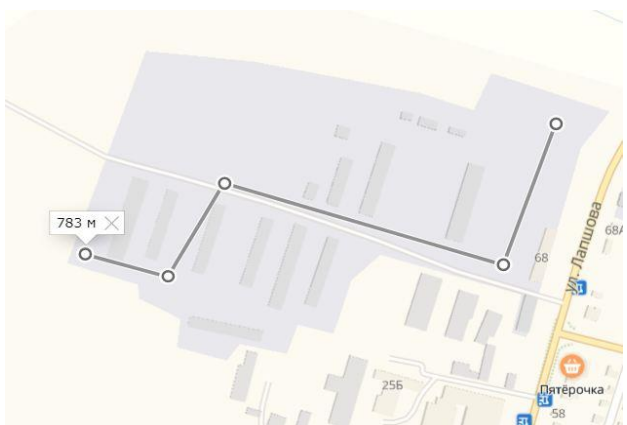
Рассмотрим несколько предприятий Саратовской области и покажем расстояния между объектами.



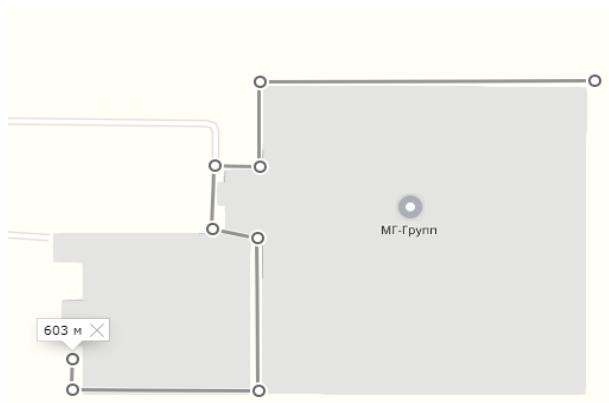
а)



б)



в)



г)

Рисунок 1 – Средние расстояния между участками предприятий:
а) АО «Совхоз-Весна» (1620 м); б) УНПК Агроцентр ФГБОУ ВО СГАУ (283 м); в) АО «Михайловская птицефабрика» (783 м); г) ООО «МГ-Групп» (603 м)

Анализируя данные предприятия по удаленности объектов друг от друга,

установлено, что инженерно-технический работник совершает за рабочий день

порядка 4...6 обходов предприятия, что соответствует около 8...25 % потери времени. С учетом полученных данных, в расчете на год работы предприятие получает ущерб в размере 10000...15000 руб. на одного работника, совершающего постоянный обход территории предприятия. Тогда для Саратовского региона, где схожих профессий набирается порядка 2000 человек, то ущерб для региона составляет около 30 млн. руб.

Таким образом, целью работы является повышение производительности труда инженерно-технических и схожих с ними персонала за счет разработки электроцикла.

Для достижения цели необходимо:

- оценить уровень потребности повышения производительности труда инженерно-технических работников за счет

оперативного перемещения между производственными участками;

- разработать конструкцию электроцикла, которая будет удовлетворять условиям эксплуатации на сельскохозяйственном производстве;

- обосновать параметры электрооборудования, режимы использования и требования к технической эксплуатации электроцикла в условиях реального производства;

- разработать и создать экспериментальный образец для проверки основных и заявленных характеристик электроцикла;

- выполнить технико-экономическое обоснование электроцикла.

Примерный вариант электроцикла представлен на рисунке 2.

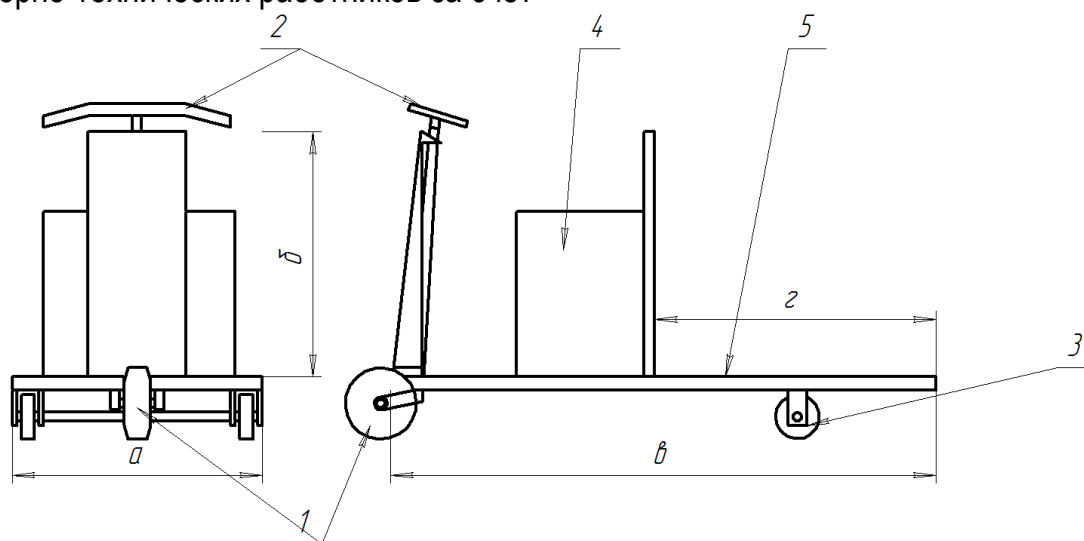


Рисунок 2 – Электроцикл для перемещения инженерно-технических работников по территории сельскохозяйственного предприятия

(1 – электродвигатель, 2 – рулевое управление, 3 – опорные колеса, 4 – место для водителя и аккумуляторных батарей, 5 – грузовой отсек)

Электроцикл имеет переднее ведущее моторколесо, которое управляется контроллером и регулирует скорость и крутящий момент двигателя. Данное решение позволило отказаться от применения традиционной коробки передач. Данный электродвигатель используется на переменном напряжении,

которое для него формирует специальный контроллер на широтно-импульсной модуляции. Питание контроллера осуществляется от аккумуляторной батареи на 12 В постоянного тока.

Таким образом, предложено решить проблему с помощью разработки электроцикла, принцип работы которого

заключен в использовании в качестве привода электродвигатель – это устройство, заключающее в себе электродвигатель и устройство передачи движение, то есть электродвигатель совершая вращение, двигает или перемещает электроцикл. Запас хода для такого электроцикла будет подбираться по количеству аккумуляторных батарей и в зависимости от весовой нагрузки. Применение данного электроцикла приведет к производительности труда персонала на 7...20%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Водяников В.Т. Экономическая оценка средств электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства и система сельской энергетики. Учебное пособие для студентов, аспирантов и специалистов сельской энергетики. – М.: МГАУ, 1997. – 180с.
2. Шакиров Ю.И. Автономные источники тока: учебное пособие. –Набережные Челны: Изд -во Кам. гос. Инж. -экон. Акад., 2012. – 313 с.
3. Ерошенко Г.П. Эксплуатационные свойства электрооборудования. –Саратов: Издательство Саратовского университета, 1984. – 179 с.
4. Ерошенко Г.П., Кондратьева Н.П. Эксплуатация электрооборудования: учебник – М.: ИНФРА - М, 2017. – 336 с.
5. Оськин С.В., Богатырев Н.И. Электрический привод. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – 490 с.

УДК 635.134

С.М. Бакиров, С.С. Елисеев

*Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова,
г. Саратов*

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СИСТЕМ СЛЕЖЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНЫМИ ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫМИ МАШИНАМИ

Аннотация В работе рассмотрены системы слежения. Представлен анализ достоинств и недостатков автоматических систем слежения. Описываются структурные особенности систем слежения.

Ключевые слова: система слежения, электрификация, автоматизация, машина, маршрут.

Современные сельскохозяйственные предприятия для повышения производительности труда пользуются транспортными средствами, которые перемещаются внутри комплекса при помощи систем автоматического слежения и управления. Данные системы позволяют устройству перемещаться по заданному маршруту и транспортировать груз без помощи оператора. В различных технологических процессах сельскохозяйственного производства внедряются различные системы управления. Все более часто встречаются автоматизированные и роботизированные процессы. Однако не во

всех процессах можно внедрить данные системы управления. Прежде всего это связано с устаревшими технологиями и средствами, на которые невозможно установить автоматическое управление. Также для взаимосвязанной работы всех операций системы необходимо рассматривать такое управление в комплексе, то есть для всех узлов. Это в свою очередь вызывает ряд вопросов, связанных с выбором системы управления.

Наиболее известны и применимы в производстве системы слежения и управления, представленные в таблице 1.

Таблица 1. – Виды систем слежения и управления

№	Наименование	Техническая особенность
1	Электромеханическая	Изменение технологического коридора теплицы
2	Индуктивная с движением по активной трассе	Рассогласование сигнала с магнитной направляющей
3	Индуктивная с движением по пассивной трассе	Прокладка кабеля под дорожным покрытием коридора теплицы
4	Оптоэлектронная (Оптическая)	Установка многочисленных устройств, истираемость трассы следования
5	Система из комплекса световых маяков	Наладка чувствительности датчиков

Электромеханическая система слежения предполагает использование направляющей шины или паза в дорожном покрытии. На поддоне машины установлен датчик – кронштейн с направляющим роликом, который перемещается по направляющей шине или пазу, при отклонении движения датчик воздействует на сервопривод, останавливая, либо перемещая машину на начальный маршрут (рис.1).

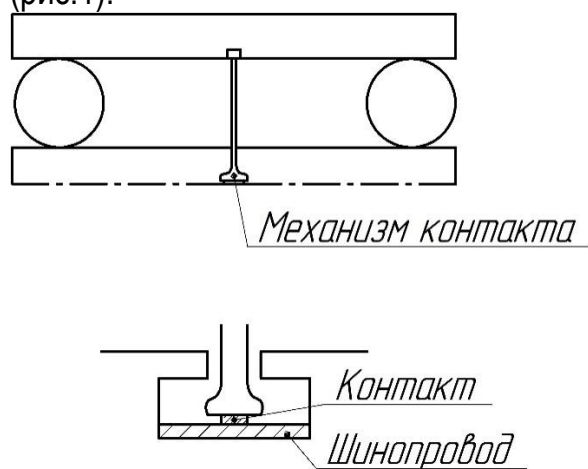


Рисунок 1 - Общий вид электромеханической системы слежения

Индуктивная система слежения с движением по пассивной трассе представляет собой движение машины по проложенной на дорожном покрытии теплицы магнитной ленте. Машина устанавливается так, чтобы расположение датчиков, установленных в передней части

и магнитной ленты было симметрично. В таком случае, при движении машины индуктивность катушек одинакова и сигнал рассогласования отсутствует. При отклонении движения, датчики выдают сигнал рассогласования следящему приводу, который, управляя колесами машины, возвращает ее на начальный маршрут (рис.2).

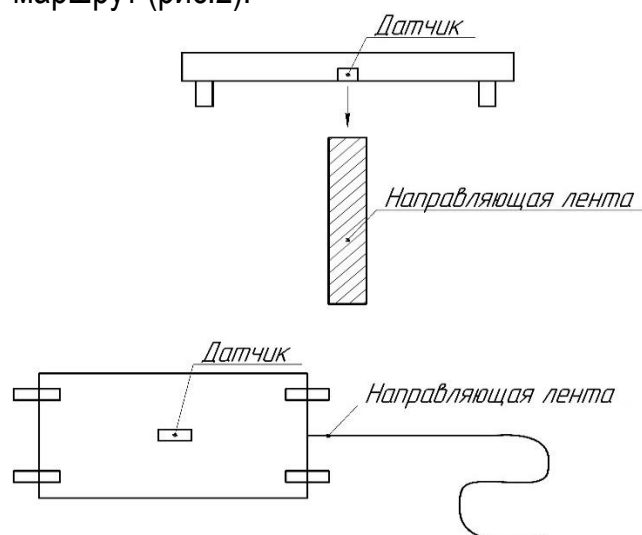


Рисунок 2 - Общий вид индуктивной системы слежения с движением по пассивной трассе

При индуктивной системе слежения с движением по активной трассе, следящий привод отслеживает переменное магнитное поле проводника электрического тока, который проложен под дорожным покрытием (рис.3).

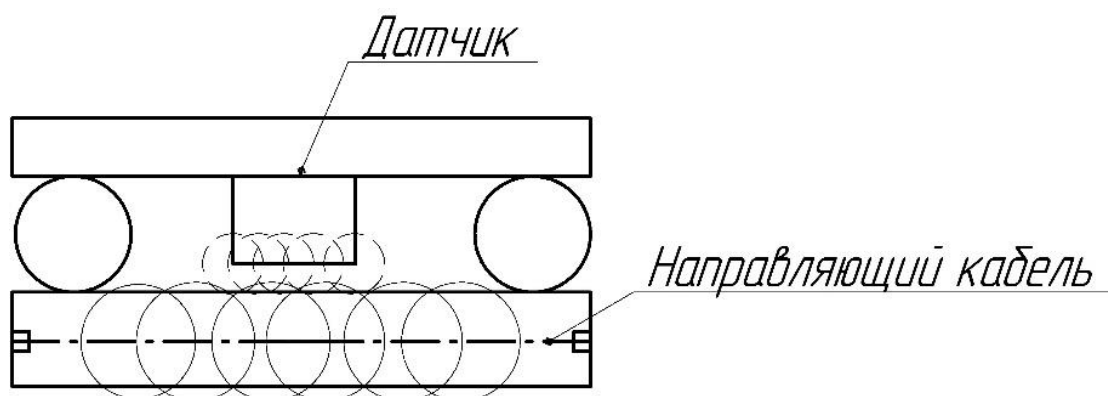


Рисунок 3 - Общий вид индуктивной системы слежения с движением по активной трассе

Оптоэлектронные (Оптические) системы отслеживают светоотражающую полосу или кодовые отметки, нанесенные на дорожное покрытие. В качестве осветительного прибора используют стробоскоп, который расположен на нижней части машины. С помощью телевизионной камеры отслеживается полоса или отметки на дорожном покрытии. На машине установлен гироскоп, который регистрирует направление движения и при отклонении движения, через блок управления, воздействует на колеса машины, направляя её на заданный полосу или метками маршрут. В более простых конструкциях вместо телевизионной камеры используют матрицу из фототранзисторов. Разность выходных сигналов фототранзисторов при

отражении света от полосы преобразуется блоком управления в двоичные коды. Алгоритм обработки кодов позволяет при движении отслеживать светоотражающую полосу.

Используют также систему слежения, состоящую из комплекса световых маяков, которые расположены на потолке производственного помещения или специальных подвесах, на которые при движении ориентируется машина. На машинах устанавливают приборы с зарядовой связью и оптическими датчиками, которые считывают сигнал со световых маяков, которые выполняют функцию направляющих при движении (рис.4).

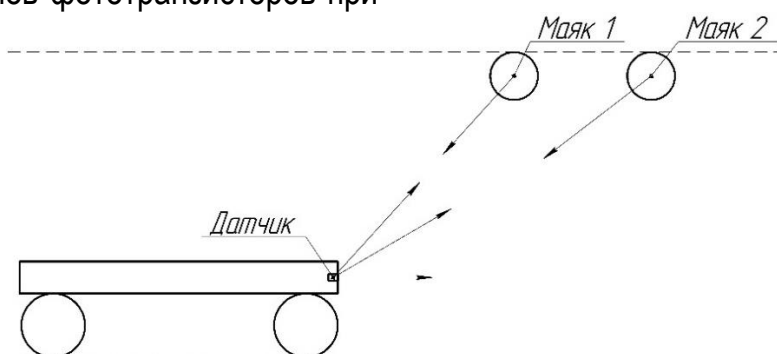


Рисунок 4 - Схема слежения из комплекса световых маяков

Таблица 2. – Анализ достоинств и недостатков систем слежения

№	Наименование	Достоинства	Недостатки
1	Электромеханическая	Простота, надежность	Трудно изменить конфигурацию трассы, так как необходимо перекладывать шину или паз под новый маршрут
2	Индуктивная	С движением по пассивной трассе С движением по активной трассе	Допускает создание развилок, остановок, поворотов Стираемость ленты в условиях технологического процесса, что ведёт к замене ленты по всему маршруту Чувствительность к электромагнитным помехам, которая приводит к остановкам, изменению начального маршрута
3	Оптоэлектронная (Оптическая)	Точность позиционирования	Трудность соблюдения требований надежности. При выходе из строя и неточной работе приборов, электрическая схема распадается
4	Система из комплекса световых маяков	Простота использования	Чувствительность датчиков. При неточной настройке происходит рассогласование световых маяков и транспортного устройства

Таким образом, все системы управления и слежения предусматривают дополнительные устройства (магнитная линия, шинопровод, установка маяков-датчиков и т.п.), которые так или иначе встраиваются в линию основного технологического процесса. Выбор системы управления сводится к определению возможности установки вспомогательного и дополнительного оборудования. Например, в помещениях с повышенной влажностью до 90% электромеханическая система управления транспортным устройством будет не безопасна, а в запыленных помещениях

(например, мельница) система управления из световых маяков будет неработоспособна. Также для выбора системы необходимо учитывать условия окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шурков В.Н. Основы автоматизации производства и промышленные роботы.: Издательство. Машиностроение. Год. 1989
2. Автоматически управляемые тележки. AutomaticGuidedVehicle. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://agvrobot.ru/>
3. Трушкин В. А. Обоснование мощности транспортного электрифицированного радиоуправляемого агрегата / В. А. Трушкин, С. М. Бакиров, Елисеев С.С. // Журнал «Аграрный научный журнал» вып. №6. – Саратов: ООО «Амирит». - 2017. – 69 - 71 с.

С.М. Бакиров, С.С. Елисеев

*Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова,
г.Саратов*

ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЙ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ СОЛНЕЧНЫХ МОДУЛЕЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

***Аннотация.** В работе рассматриваются варианты очистки солнечных модулей от запыления и загрязнения. Приводятся несколько способов очистки: ручной, автоматический, интеллектуально-автоматический. Установлена необходимость разработки методов и средств определения интенсивности загрязнения солнечных батарей.*

***Ключевые слова:** солнечный модуль; альтернативная энергетика; очистка от пыли; солнечная энергия; запыление.*

Альтернативная энергетика развивается быстрыми темпами. Страны Европы, Азии и США делают выбор в пользу возобновляемых источников энергии по сравнению с традиционными. Обусловлено это теми факторами, что системы, основанные на возобновляемых источниках энергии, не загрязняют окружающую среду, просты в установке и обладают существенно меньшими эксплуатационными и энергетическими затратами.

В Российской Федерации альтернативная энергетика только начинает развиваться. В южных регионах индивидуальные предприниматели пропагандируют перевод своей собственности на полностью автономный режим. Разрабатываются солнечные коллекторы, ветряные электростанции, светильники с питанием от солнечных батарей, станции нагрева воды и обогрева воздуха от солнечных батарей для сельскохозяйственных предприятий.

Станции, основанные на возобновляемых источниках энергии, активно строятся не только в южных

районах. В Поволжском федеральном округе имеются ветряные и солнечные электростанции. В Ульяновской области имеется ветряная электростанция мощностью 35 МВт. Саратовская область обладает тремя солнечными электростанциями, располагающимися в Новоузенске, мощностью 15 МВт, Орлов – гае (Ершовский район), мощностью 10 МВт, Пугачёве, мощностью 15 МВт. Данного объёма выработанной электроэнергии достаточно для электроснабжения 15 тысяч домохозяйств в течение года. Установка данных солнечных электростанций позволяет избежать 16 тысяч тонн выбросов углекислого газа в атмосферу.

Преимущества альтернативных источников энергии по сравнению с традиционными очевидны. Для большего распространения солнечных электростанций необходимо увеличить эффективность их использования. Чтобы этого достичь, нужно увеличить коэффициент полезного действия солнечных модулей, которые являются преобразователями солнечной энергии в

электрическую. Факторы, влияющие на производительность солнечных модулей можно представить, как контролируемые и неконтролируемые. Факторы зависят от погодных условий (облачность, пасмурная погода, низкий индекс ультрафиолетового излучения и т.п.)

Таблица 1 – Факторы, влияющие на производительность солнечных модулей, контролируемые человеком.

Наименование $k_{\text{ГМ}}$	Пояснение	Дополнения
$k_{\text{ГМ}}$	Коэффициент потерь преобразования энергии внутри солнечного модуля (зависит от развития разработанных материалов – солнечных элементов), для монокристаллических $k_{\text{ГМ}} = 0,25$;	Приведены в табл.2.
$k_{\text{ПС}}$	Коэффициент, учитывающий потери энергии в установке и схемах соединения солнечного модуля $k_{\text{ПС}} = 0,9$	Солнечная система включает в себя солнечный модуль, контроллер, аккумуляторы, инвертор.
k_{γ}	Коэффициент, учитывающий потери энергии от угла наклона модуля к солнечным лучам (90° – соответствует $k_{\gamma} = 1,0$; 70° - $k_{\gamma} = 0,76$)	Максимальный эффект преобразования энергии достигается под углом наклона солнечного модуля к солнцу в 90°
$K_{\text{З}}$	Коэффициент, учитывающий загрязнённость поверхности солнечной батареи	Пыль, накапливаемая на солнечном модуле, снижает КПД до 30 %

Таблица 2 – Виды солнечных модулей и их возможности

№	Наименование	КПД, %	Класс эксплуатации	Количество элементов в 1м^2	Удельная выработка эл.эн., Вт/м ²
1	Монокристаллические	20-25	A,B,C	39	143
2	Поликристаллические	17-20	A,B,C	41	152
3	Аморфные (Пленочные)	10-15	A,B,C	64	178
Прим. А – снижение мощности элементов не более 5%; В – не более 30%; С – от 30% .					

Коэффициент полезного действия различных видов модулей с развитием технологий производства увеличивается, снижая потери преобразования энергии внутри солнечного модуля.

Потери энергии от угла наклона модуля к солнечным лучам можно свести к минимуму внедрив в солнечную систему устройство слежения, направляющее модуль под углом 90° к солнечным лучам.

Актуальной проблемой является очистка солнечных модулей от загрязнения. Солнечные системы устанавливают на открытом воздухе для прямого попадания солнечных лучей. В сельскохозяйственном производстве такими местами являются поля для выращивания различных видов культур. В полевых условиях пыль переносимая ветром оседает на поверхности солнечных модулей, что

может снизить коэффициент полезного действия модулей до 30%.

Существуют следующие способы очистки солнечных модулей от пыли в полевых условиях. В западных странах широко распространены различные средства. Самым простым способом является удаление пыли вручную с помощью щётки (рисунок 1).



Рисунок 1 – Ручной способ удаления загрязнений

Наиболее простой и распространённый способ очистки солнечных модулей, не требующий затрат на электроэнергию, однако, требующий физических затрат.

Для крупных солнечных электростанций используют автоматизированное устройство (рисунок 2).



Рисунок 2 – Автоматизированное устройство очистки

Применять ручной труд для очистки больших площадей неэффективно, поэтому используют автоматические устройства, которые значительно ускоряют процесс очистки, не требуют физических затрат.

Для очистки солнечных модулей применяются автоматические роботы – пылесборники, для перемещения которых используются навигационные устройства, которые в ИК – диапазоне ограничивают участок сборки и не выезжают с поверхности модуля. Встроенная на поверхности солнечная батарея позволяет работать с подзарядкой от солнечных лучей, что сокращает расходы на электроэнергию (рисунок 3).

Некоторые системы включают в себя датчики для определения степени загрязнённости поверхности солнечных модулей и специальное электролизующееся покрытие. Блок управления, получая сигнал от системы датчиков о необходимости проведения очистки панели от пыли, подает волнообразный электроимпульс, который распространяясь по поверхности панели сметает до 90% осевшей пыли.

Таким образом, загрязнения солнечных модулей не избежать. Образование пыли на поверхности модуля обусловлено взаимодействием потоков воздуха с солнечными лучами. Интенсивность образования пыли зависит только от климатической зоны размещения батареи.



Рисунок 3 – Автоматический робот-пылесборник

На основе выполненного анализа интенсивности загрязнений и способов очистки модулей, в первую очередь необходимо разработать принципы и методы определения запылённости модулей в полевых условиях и, во – вторых, определить оптимальную периодичность выполнения очистки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оценка энергии солнечного излучения - [Электронный ресурс]. URL:

<http://www.solarhome.ru/basics/pv/techirrad.htm>
(дата обращения: 24.02.2019)

2. **Лукутин**, В. Б. Децентрализованные системы электроснабжения с ветровыми и солнечными электростанциями: учебное пособие / В. Б. Лукутин, И. О. Муравлев, И. А. Плотников – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 100 с.

3. **Бутиков**, Е. И. Физика: Учеб. пособие: В 3 кн. Кн. 3. Строение и свойства вещества / Е. И. Бутиков, А. С. Кондратьев, В. М. Уздин. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 336 с.

4. **Хрусталева**, Д. А. Аккумуляторы / Д. А. Хрусталева – М.: Изумруд, 2003. – 224 с.: ил.

УДК 635.134

С.М. Бакиров, А.П. Ищенко

Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова,
г. Саратов

ПРОБЛЕМА БЫСТРОГО ИЗНОСА АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ МОБИЛЬНЫХ СЕЛСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Аннотация. В статье рассматривается проблема быстрого выхода из строя аккумуляторных батарей мобильных электрифицированных сельскохозяйственных машин. При эксплуатации аккумуляторных батарей с мобильных машинах применяют различные схемы соединения. При заряде произвольно присоединенных батарей и зарядного устройства происходит неравномерный заряд или недозаряд одного и перезаряд другого. Представлен пример проблемы в рельсовых электрифицированных машинах.

Ключевые слова: аккумуляторная батарея, режим заряда, эксплуатация, теплица, микроклимат.

Мобильный транспорт с каждым годом завоевывает все больше места в различных сферах деятельности, в том числе сельском хозяйстве. Сельское хозяйство использует множество агрегатов и оборудования питающихся от

автономных источников энергии - аккумуляторных батарей. Одним из таких предприятий, которое использует в большом количестве автономные машины, являются теплицы закрытого грунта [1,2]. Это обуславливается особенностью тепличного производства, которое требует наименьшего вредного влияния на выращиваемые растения. Поэтому основная часть оборудования теплиц использует в качестве питания электрическую энергию, так же как и рельсовая электрифицированная машина (РЭМ). Она используется в процессах сбора урожая и обработки растений [3], которые выдвигают два основных требования к ее работе – минимальное время автономной работы 8...9 часов и мобильность (смена ряда растений или

тепличного блока)[4]. Для удовлетворения данных требований в РЭМ используют аккумуляторные батареи (АКБ) и двигатели постоянного тока. АКБ соединяют между собой таким образом, чтобы получить 24 В. Использованное напряжение позволяет выбирать из множества двигателей в данной категории, которые обеспечивают хорошие показатели во время работы РЭМ [5]. Но у такой системы есть несколько недостатков, одним из них является выход из строя АКБ в течение 1,2...2 лет эксплуатации.

Это обуславливается не совершенством процесса зарядки АКБ непосредственно в РЭМ. Вовремя зарядки при последовательном соединении АКБ происходит перезаряд одного и не до заряд другого АКБ рисунок 1.

ЗУ

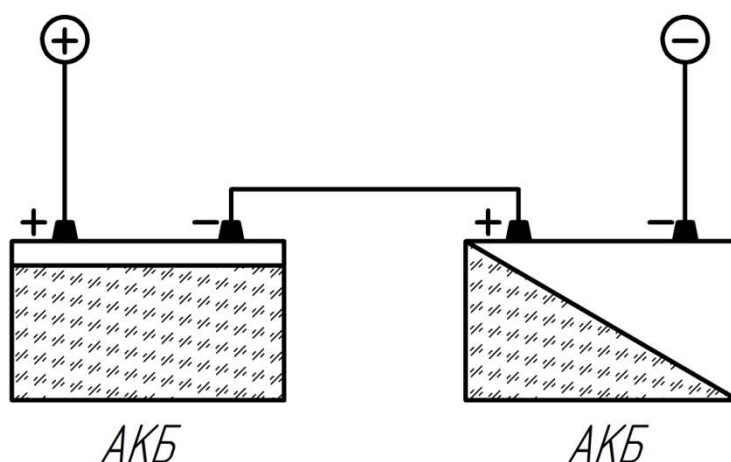


Рисунок 1 - Схема последовательного соединения АКБ при зарядке от ЗУ

Рассмотрим последовательное соединение во время зарядки АКБ.

В зависимости от режима эксплуатации РЭМ, количество циклов для каждой машины отличаются, следовательно, состояние всех АКБ будет разным. Последовательное соединение выдвигает ряд требований к аккумуляторам, так они должны быть одного типа и возраста,

емкость, производитель. Из-за меньшей емкости аккумулятор заряжается первым и зарядное устройство (ЗУ) продолжает заряжать оставшийся АКБ [6]. Из-за этого в первом АКБ возрастает температура и давление, начинается выделение вредного газа, который действует разрушительно на аккумулятор и негативно влияет на растения и работников теплицы.

Используют в качестве профилактики снижения износа батарей - перестановка местами АКБ на РЭМ, что позволяет лучше распределить заряд батарей, но в целом

это не решает проблему. Поэтому так же необходимо рассмотреть схему подключения АКБ к ЗУ, когда они соединены параллельно рисунок 2.

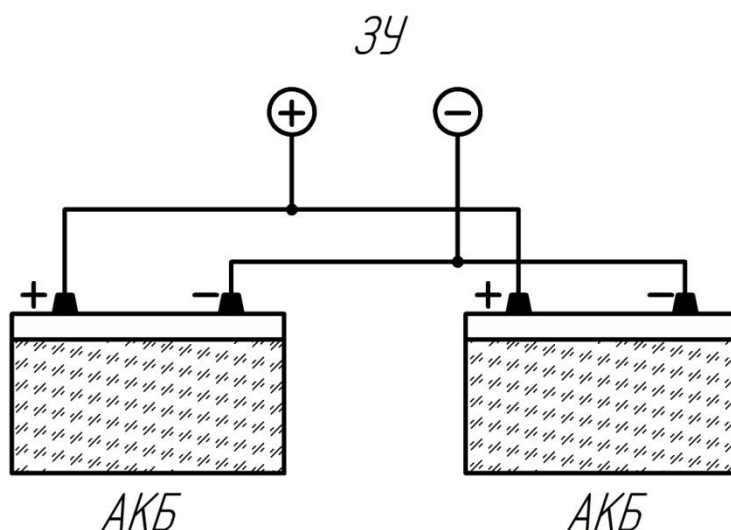


Рисунок 2. Схема параллельного соединения АКБ при зарядке от ЗУ

Для того что бы получить равномерный заряд сразу двух АКБ, соединяем их параллельно к ЗУ, так что бы была одинаковая длина проводников. Проводники необходимо использовать одинакового сечения до АКБ. Это позволит снизить потери электроэнергии и равномерно распределить заряд между АКБ.

В схему параллельного заряда можно добавить по диоду на каждую батарею. Свойство диодов пропускать ток только в одном направлении, ток идет от источника зарядки к обоим аккумуляторам, а диоды не дают ему проходить между аккумуляторами и предохраняет батареи от разряда. Самый большой недостаток данного метода – падение напряжения на диодах. Разница между полностью заряженным и разряженным 12-вольтовым аккумулятором — 0,8-1 вольт, поэтому потеря 0,6-1 вольт на диодах означает, что напряжение на аккумуляторах РЭМ всегда

будет меньше, чем необходимого для нормальной зарядки [7].

Таким образом, данный выявленный факт указывает на проблему федерального уровня, поскольку известные рекомендации по параметрам и режимам заряда известны только для сборных аккумуляторных батарей. Присоединенных нескольких АКБ параллельно или последовательно усложняют процесс зарядки. Неправильный режим зарядки резко изнашивает аккумулятор, который невозможно восстановить. Поэтому предлагается ряд решений данной проблемы по нескольким путям:

- установка на каждый аккумулятор контроллер заряда АКБ, который будет контролировать уровень заряда и разряда – приведет к увеличению стоимости АКБ на 5...9%
- применение различных схем заряда АКБ или различных режим заряда, что увеличит продолжительность выполнения

технического обслуживания и, в следствие, приведет к увеличению эксплуатационных затрат на 3...6%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прищеп Л.Г. Эффективная электрификация защищенного грунта. М.: Колос, 1980, 208 с.
2. Бакиров С.М., Елисеев С.С. Подъемно-транспортный радиоуправляемый электрифицированный агрегат для теплиц // *Фундаментальные и прикладные исследования: проблемы и результаты сборник материалов XXXIV Международной научно-практической конференции.* - Новосибирск: Издательство: Общество с ограниченной ответственностью "Центр развития научного сотрудничества", 2017. - С. 71-74.

3. Бакиров С.М., Ищенко А.П. Анализ использования самоходной электрифицированной рельсовой тележки // *Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VII международной научно-практической конференции/Под общ. ред. Трушкина В.А.* – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2016. – 12 с.
4. Брызгалов В.А., Советкина В.Е., Савинова Н.И. Овощеводство защищенного грунта. Л.: Колос, 1983.
5. Шакиров Ю.И. Автономные источники тока: учебное пособие. - Набережные Челны: Изд-во Кам. гос. Инж. -экон. Акад., 2012. 313 с.
6. Эрдеи-Груз Т. Химические источники энергии. Пер. с нем. З.Л. Понизовского и Л.З. Понизовского. Под ред. Ю.А. Мазитова. - М.: "Мир", 1974. - 304 с.
7. Устинов П.И. Обслуживание стационарных свинцово-кислотных аккумуляторов. - Изд. 3-е, перераб. и доп. изд. - М.: "Энергия", 1974. - 120 с.

УДК 637.31

С.М. Бакиров, Д.В. Митрофанов

Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова,
г. Саратов

АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ РОБОТА-ИССЛЕДОВАТЕЛЯ ПАРАМЕТРОВ ПОЧВЫ

Аннотация. В статье приводится описание важности оперативного исследования параметров почвы. Представлены основные микроэлементы и доля их содержания в почве для культурных растений. Предложено разработать робот-исследователь основных параметров почвы для оперативного исследования возделываемых земель.

Ключевые слова: робот, почва, удобрения, электрооборудование, электротехнологии.

В растениеводстве каждый год необходимо закупать и вносить минеральные удобрения в почву. Это дает возможность получить все питательные вещества культурным растениям. Однако выявить необходимость внесения конкретного удобрения для рассматриваемой территории очень сложно.

В 50% случаях не всегда вносимые минеральные удобрения способствуют хорошему урожаю. Причина заключается в проблеме исследования почвы. Разработка новых сельскохозяйственных методов и модернизация машин для проверки параметров почвы не обеспечивает оперативность, поэтому важным является внедрение новых технологий и средств, которые ускоряют процесс получения информации в конкретный момент

времени. Внедрение новых технических средств ускоряет процесс производства, а также сокращает тяжелый труд и повышает производительность труда на производстве.

Удобрения в течение года вносятся разными способами в зависимости от потребностей растений, периода развития, свойства грунта на участке. Чтобы получить хороший урожай с пашни нужно знать, в какое время вносить те или иные минеральные смеси, на каких почвах растения больше нуждаются в конкретных питательных веществах.

Рассмотрим культурные растения, которые ежегодно выращивают на плодородных территориях Саратовской области и в целом по России, а также требования к количеству содержания питательных веществ (таблица 1).

Таблица 1 - Требования к почве по содержанию микроэлементов для некоторых культурных растений

Культурное растение 1	Наименование микроэлемента 2	Содержание 3	
Пшеница	Азот	4,5-5	мг/кг
	Фосфор	1-1,5	мг/кг
	Калий	2,5-3,8 мг/кг	
Кукуруза	Азот	2	мг/кг
	Фосфор	3	мг/кг
	Калий	5	мг/кг
	Цинк	22,5	мг/кг
	Железо	3 мг/кг	
	Магний	5	мг/кг
	Калий	12	мг/кг
Гречиха	Фосфор	37	мг/кг
	Железо	37,2	мг/кг
	Цинк	17 мг/кг	
	Кальций	0,7	г/кг
	Фосфор	3,9	г/кг
Ячмень	Магний	1,4	г/кг
	Калий	5	г/кг
	Железо	54	мг/кг
	Цинк	26 мг/кг	
	Железо	72	мг/кг
	Медь	1,4	мг/кг
	Цинк	8,1	мг/кг
Овес	Марганец	26,6	мг/кг
	Кобальт	0,11	мг/кг
	Йод	0,03 мг/кг	
	Железо	70	мг/кг
	Медь	0,1	мг/кг
	Цинк	6,9	мг/кг
	Марганец	5,8	мг/кг
Рожь озимая	Кобальт	0,01	мг/кг
	Йод	0,01 мг/кг	

Чтобы измерить содержание кальция Са на конкретном участке земли, необходимо сделать выборку проб в разных концах рассматриваемого участка. Затем используя специальные химические растворы, провести химическую реакцию, по концентрации которой определяется относительное и абсолютное содержание кальция. Такая процедура требует высокой квалификации персонала, наличие

современной базы для организации и выполнения всего лишь для определения кальция в почве. Если рассмотреть диагностирование других минеральных веществ, то весь процесс становится протяженным и затруднительным. Еще это связано с тем, что на каждый вид измерения требуется конкретный прибор (таблица 2).

Таблица 2 – Приборы для измерения параметров почвы

Наименование прибора	Функции прибора	Внешний вид
1	2	3
Нитратомер Horiba LAQUAtwin B-741/742/743 для твердых, рассыпчатых, гелеобразных и жидких веществ	- Точное измерение нитратов всего по одной капле; - способ измерения (капельный, погружение, зачерпывание) в зависимости от образца (твердые вещества, продукты питания)	
Термометр для почвы Luster Leaf Rapitest 1618	-измеряет температуру почвы (грунта) в теплицах, палюдариумах, в саду, на приусадебных участках	
Прибор контроля параметров почвы Luster Leaf Rapitest	правильные показания уровня кислотности pH, плодородности и температуры почвы и грунта.	
AMT-300 электронный измеритель pH, влажности, температуры и освещенности почвы	4-х важных параметров почвы при выращивании растений в различных условиях - уровня кислотности pH, влажности, температуры и освещенности	
Набор для цифрового анализа тестов NPK и pH почвы Luster Leaf Rapitest 1605	состоит из 25 тестов: 10 каждого для pH и по 5 для азота, фосфора и калия (поташ) и электронного тестера для экспресс-анализа результатов измерения	

Так как измерить все параметры почвы не представляется возможным. Для этого использую специальные программы химического анализа состава почвы, что затрудняет и усложняет процесса получения информации о состоянии почвы. Поэтому предлагается рассмотреть применение оперативного устройства определения основных параметров почвы специальным мобильным электрифицированным агрегатом. Пример изображен на рисунке.

Задачи, которые ставит перед собой робот: исследование свойств почвы, беспрепятственное перемещение по полю,

передача информации на смартфон, исследование параметров почвы

Исследователи относят современную Правобережную часть территории Саратовской области к черноземно-степной зоне с господствующим черноземным типом почвообразования. Физико-географические условия описываемой территории не являются абсолютно однородными, а потому естественно нельзя ожидать полной однородности почвенного покрова. В Саратовской области также существуют лесостепи, засушливые степи, серые лесные каштановые почвы.

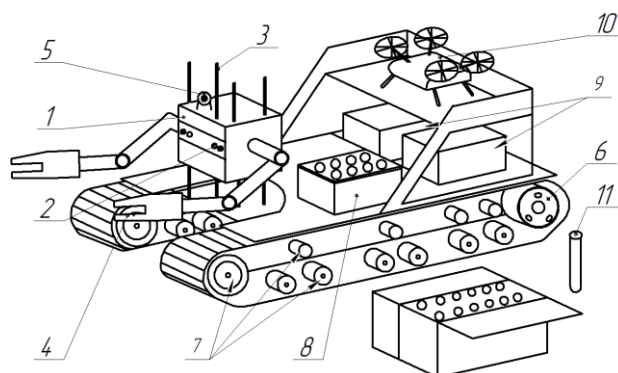


Рисунок - Схема робота-исследователя параметров почвы

(1 – консоль манипулятора, 2 – фонари освещения, 3 – ходовые шпильки перемещения манипулятора, 4 – клещи манипулятора, 5 – камера, 6 – электропривод гусеничного хода, 7 – опорные ролики гусеничного хода, 8 – стол-площадка с кластерами для образцов проб почвы, 9 – аккумуляторные батареи, 10 – квадрокоптер, 11 – набор пробирок)

Для каждого из типа почв свой подход исследований. Так, например, с помощью предлагаемой разработки робота-исследователя параметров почвы это процесс упрощается. Также позволит оперативно определять какое количество минеральных удобрений понадобится внести в ту или иную зону поля или пашни, характерную для этого типа почвы.

Робот-исследователь позволит заменить трудоемкий и сложный процесс исследования параметров почвы, которые находятся в распоряжении фермера. Также робот сможет передавать информацию о состоянии почвы на смартфон фермера.

Также предполагаются интегральные эффекты от использования робота: экономия средств на покупке минеральных удобрений путем точного определения количества удобрений; экономия средств на организацию выполнения диагностирования всех полей конкретного производства; экономия времени на получение информации и т.п.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Усов, Н. И. Почвы Саратовской области [Текст] / Н. И. Усов, проф. - Саратов : Облгиз, 1948г. Ч. 1: Правобережье. - 1948. - 288 с., 2 л. карт. : черт., карт.
Власова, Т. А. Система удобрений сельскохозяйственных культур: учебное пособие / Т. А. Власова, Н. П. Чекаев. – Пенза: РИО, ПГАУ. – 2017. – 213 с.

УДК 631.3

С.М. Бакиров, А.А. Овчинников

*Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И.Вавилова
г. Саратов*

ОБЗОР И ОБОСНОВАНИЕ ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ СВИНОФЕРМЫ МАТОЧНОГО ПОГОЛОВЬЯ

Аннотация. Приводятся результаты обзора первоисточников по устройствам и способам обеспечения микроклимата в свинарниках маточниках и обоснование устройства биотехнологического светильника, обеспечивающего его АСУТП позволяющим получение профилактического, лечебного, экономического эффекта, путём дополнительно расширенного диапазон используемого светового излучения на инфракрасную и ультрафиолетовую зоны спектра. Устройство, реализующее

предлагаемый способ, может быть выполнено в нескольких вариантах. Возможна реализация заявленного способа с помощью светильников, снабженных функциями искусственного интеллекта и сетевого обмена информацией.

Ключевые слова: светильник, свиноферма, электротехнологии, электрооборудование, излучение.

В России свиноводство и птицеводство планомерно развиваются, поскольку обеспечивают более быстрые сроки возврата вложений и имеют низкую стоимость производства, по сравнению с говядиной. Доказательством этому служит факт увеличения производства мяса птицы в 4 раза за последние 10 лет [1].

За период с 2012 по 2015 г. производство мяса в России увеличилось на 1,4 млн. тонн, а его потребление только на 0,1 млн. тонн. В России около 2,5 тысяч предприятий производят свинину на промышленной основе. Из них 3,41 млн. тонн, в том числе живым весом более 1,84 млн. тонн, которую производят 20 крупнейших предприятий. Доля свинины в России в 2017 г. упала до 8,9 кг на душу населения, в то время как в мире спрос на неё возрос. Свиноводство - скороспелая отрасль и она в XXI веке, займёт ведущее место в обеспечении населения продуктами животного происхождения [1, 2].

Учитывая, что в условиях постоянного роста цен на энергоносители, технику, корма, лекарства, транспорт, снижение уровня технической оснащённости ферм, развал индустриальных технологий и производственной базы отечественных товаропроизводителей, сокращение численности поголовья свиней и снижение их продуктивности, инновации следует производить в – первую очередь на внутреннем рынке, как это делается в Пензенской области.

Исходя из этого, вытекает наша проблема и практические действия Министерства сельского хозяйства

Саратовской области и исследователей по возрождению отрасли свиноводства.

По месту внедрения этой инновации - на поточной биотехнологической линии комплексного автоматизированного светильника.

Свиноводческие комплексы и крупные свинофермы, ранее обеспечивающие высокую эффективность производства (затраты труда на 1 ц прироста не превышали 2,5-3,0 чел-ч, а расход кормов – 4,0 - 5,5 ц. корм. ед, среднесуточный прирост свиней на откорме составлял 600-650 г) [2].

Крупные комплексы производили более 35-45% товарной продукции, а в настоящее время не в состоянии производить конкурентоспособную продукцию из-за крайне низких цен, не покрывающих издержки производства более чем на 55-65%.

Одним из важнейших направлений в развитии отрасли является совершенствование методов селекции и выведение высокопродуктивных пород, наиболее полно проявляющих генетические признаки и адаптивную способность животных к определённым условиям содержания.

Применяемые в свиноводстве технологии отличаются: сложными, многочисленными устройствами и высоким потреблением ресурсов, в т.ч. кормов, энергии, рабочего времени, обусловленных:

- износом зданий, машин и оборудования;

- отсутствием эффективных средств по борьбе с насекомыми. Последние доводят

животных до болезни и гибели (особенно в 2017 -2018 годах);

- крупногрупповым содержанием поросят-отъёмышей и молодняка на откорме без обеспечения требуемого фронта кормления, приводящего к стрессам, неравномерному развитию молодняка и его отходу до 15%;

- кормлением животных жидкими и часто холодными кормосмесями (78 - 91% влажности), снижением усвояемости питательных веществ рациона на 7% и продуктивность животных на 21% [2,3].

Особенно чувствительны к оптимальным параметрам обслуживания чистопородные животные.

На практике товарного производства свинины наибольшее распространение получило двух и трёхпородное скрещивание. При правильной организации скрещивания многоплодие свиноматок может увеличиться на 15%, прирост живой массы молодняка повышается на 10%, а снижение затрат кормов на 1 кг прироста на 0,2...0,5 корм. ед [3].

Квалифицированный подход к ведению животноводства, в том числе свиноводству - это забота о потомстве. Особым вниманием необходимо окружать новорожденных и подрастающих поросят. Причём не только в правильном сбалансированном питании, но и об условиях жизни. Поросята, растущие в тепле, развиваются быстрее. Они быстрее набирают вес, и практически не болеют, вырастают с крепким иммунитетом, что сокращает расходы на лекарства. При этом обязательно поддерживать влажность воздуха на уровне 75-80%.

Особенность свиноводства обеспечение в логове новорожденных поросят поддержание температура +30 градусов, чтоб они чувствовал себя комфортно, в станке изменятся с условиями возраста: - месячные +24 °С, двухмесячные +21 °С, а

для свиноматки 14 °С, когда свиноматка производит максимальное количество молока. Если эти условия не соблюдаются, как показали круглогодичные наблюдения, поросята мерзнут, развиваются медленнее, размещаются на свиноматке, сбиваясь кучей, сваливаются с неё, постоянно находятся в напряженном состоянии, болеют и часто из 12 - 16 поросят помёта свиноматка задавливает более 50 %.

Согласно наблюдениям животноводов, даже взрослые свиньи на 3% медленнее набирать вес, если температура воздуха падает в станке ниже +10°С.

В передовых хозяйствах России, Америки, Европы Китая, давно создаются теплые логова для поросят. Когда отъёмыши находятся в искусственно созданных идеальных условиях, они не тратят энергию на самообогрев, лучше питаются, не сбиваются в кучи и не давят друг друга.

В мире животноводства существует множество вариантов технических решений для создания теплых зон в помещениях для молодняка, специалисты признали, что наиболее эффективными являются ИК обогреватели для поросят и др. животных [5].

В связи с этим важным для любых свиноферм и тем более крупных, необходимость создания санитарно-гигиенических и температурных режимов, в которых ведущая роль отводится АСУТП, исключая субъективизм оператора: содержание животных в холодных, сырых, плохо вентилируемых помещениях, снижающих продуктивности на 10...40%, перерасход кормов на 12...35%, увеличению заболеваемости молодняка в 3...4 раза.

На повышение эффективности производства свинины через использование генетического потенциала

животных большое влияние оказывает технический фактор, объединяющий решение проблемы через развитие материально-технической базы, внедрение комплексной автоматизации производственных процессов, что согласуется с целью нашего проекта.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- дать анализ первоисточников по теме проекта;
- выделить наиболее нерешенные вопросы;
- разработать инновации по новизне, источнику появления, по месту в системе, по глубине вносимых изменений;
- дать экологическую, экономическую и комфортную оценку разработки.

Разработка светильника для животноводческих помещений по ресурсосберегающей технологии с максимальным эффектом защиты от возможных распространений заразных и незаразных болезней и защиты окружающей среды при создании комфортных условий продуцирования животных и безопасного труда оператора.

Мясо свинины содержит немного более высокое содержание жира по сравнению с говядиной или мясом птицы. Существует ошибочное мнение, что в свинине преобладают насыщенные жиры. Однако, доминируют в этом мясе мононенасыщенные жирные кислоты – $\Omega 9$, те же, что находятся в оливковом масле.

Свинина является ценным источником железа, цинка и витаминов группы В. Главным же преимуществом свинины является её доступность [1].

В животноводстве решение поставленной задачи по ускоренному наращиванию производства мяса и молока

позволит повысить уровень потребления населением этих продуктов при одновременном их импортозамещении. Это отражено в оптимистических тенденциях развития свиноводства и птицеводства [2].

Производство скота и птицы (в живом весе) к 2020 году возрастет по сравнению с 2010 годом до 14,1 млн. тонн, или на 33,3 %, молока - до 38,2 млн. тонн, или на 19,9 %. Основной прирост будет получен за счет роста продуктивности скота и птицы на основе улучшения породного состава.

Анализ себестоимости производства свинины на современных свиномкомплексах показывает, что около 60% затрат приходится на комбикорма. Остальные затраты распределяются между амортизацией оборудования и техники (14,2%), оплатой энергоресурсов (1,9%), оплатой труда (5,8%), погашением процентов по кредиту (8,5%) и др.

Очевидно, что главным в снижении себестоимости является комплекс мероприятий, направленных на более полную реализацию генетического потенциала продуктивности животных, который зачастую используется не более, чем на 75-80 % [3,4].

Практика отмечает сезонность в изменении показателей продуктивности животных, связанная с неспособностью системы обеспечения параметров микроклимата поддерживать оптимальные условия содержания. В холодный период увеличивается потребление корма из-за снижения температуры воздуха ниже оптимального значения, а в летний период при недостаточной вентиляции для борьбы с избытками тепла снижаются привесы [5], т.е. выход продукции (рис.1).



Рисунок 1 - Влияние микроклимата на себестоимость продукции

Производство свинины – сложный биологическим конвейером, включающий Оператора, Машину, Среду, Корма, Животное, Продукт [4]. Сбой в одном из предшествующих звеньев неизбежно приведет к потерям в последующих. Поэтому очень важно, вовремя выявлять

аварийные ситуации и предпринимать меры по их ликвидации, что большинство Операторов и Машин с их субъективными особенностями и несовершенством конструкции не могут выполнить даже на столь совершенной, на сегодняшний день ферме (рис.2).

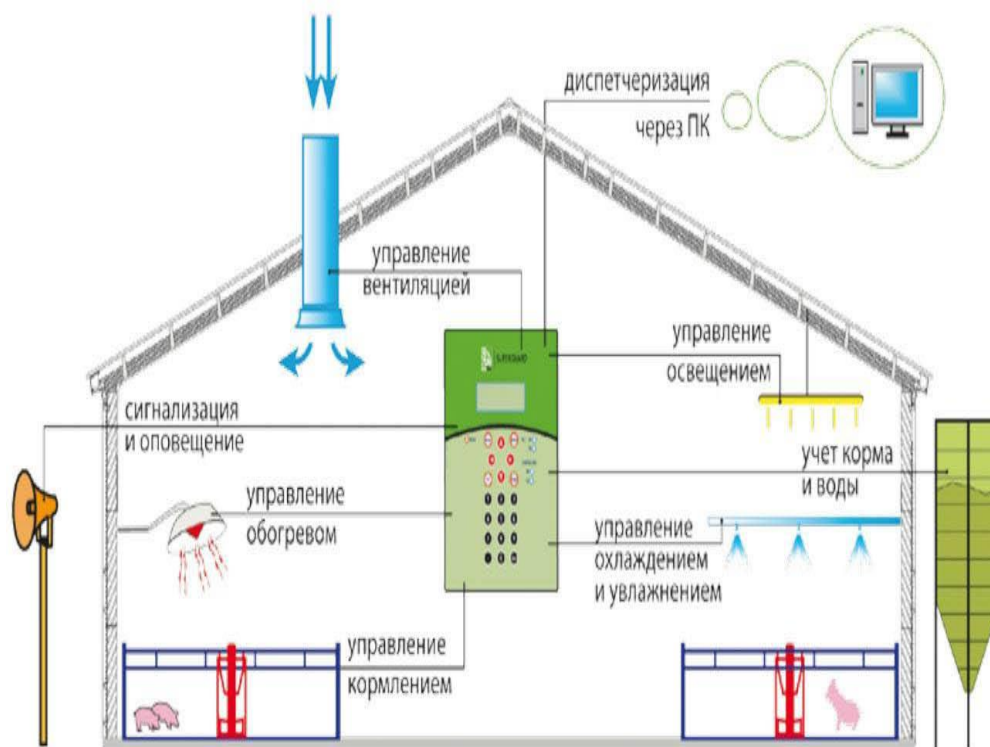


Рисунок 2 - Схема современной фермы

Однако экономический эффект пропагандируемой фермы не учитывает:

1) запрошенной зоны обогрева станка, то есть с учётом меняющегося места нахождения поросят в разное время суток и состояния бодрствования;

2) отсутствует средство по борьбе с насекомыми в ночное и дневное время суток, когда они покрывают почти 100 % поверхности свиноматки и поросят.

Зоофильные *мухи* обитают среди животных, а синантропные - возле человека. *Мухи* в телятниках - 62, *свинарниках* - 50 и конюшнях - 36 видов *мух* [6].

Следовательно, снижение себестоимости животноводческой продукции на 20% можно получить за счет поддержания оптимальных параметров микроклимата особенно в критические годы до 100 %, когда насилие насекомых приводит к катастрофическим показателям на животноводческих фермах.

В условиях индивидуального содержания животных, когда потери тепла за счет конвекции и излучения происходят примерно с 75% поверхности тела животного, при групповом содержании на эти затраты приходится внутри группы только 40% поверхности тела. В этом случае окружающая среда влияет на температуру тела животных так, как влияла бы среда с температурой на 4...6 °С выше, чем при индивидуальном содержании. При температуре воздуха более 19,4 °С температура периферийных частей тела заметно выше, чем температура кожи туловища, в то время как при температуре ниже 19,4 °С наблюдается обратная

тенденция. Возраст и условия содержания больше влияют на температуру тела животных, чем время суток. У свиноматок температура тела колеблется в зависимости от функционального состояния организма, связанного со стадией репродукторного цикла. Например, температура поверхности тела у подсосных маток составляет 35 °С, у холостых - 33,6, в начальной стадии супоросности - 33,2 и, во второй половине супоросности - 32,5 °С.

Всё это подтверждает не только необходимость внедрения АСУТП в животноводстве с диспетчеризацией при затратах до 0,14% от инвестиционных для свинокомплексов, но и снижения их от внедрения этих разработок типа биотехнологического светильника (рис.3) исключающего все перечисленные недостатки аналогов.

Биотехнологический светильник (рис.3) включает: 1 - подвески, позволяющие его перемещать по животноводческому помещению; 2_а - лампу(ы) общего освещения; 2_б - лампа(ы) облучатели например ИКУФ; 3 – корпус; 4 – отражатель, имеющий возможность изменять облучаемую площадь; 5 – фокусорегулятор; 6 – регулятор экспозицией ламп в течение суток (ПРСД), мощностью излучения; 7 – рассеиватель из электропроводных средств; сочетающий элементы уничтожения насекомых; 8 - пульт автоматической системы управления биотехнологическими процессами (АСУТП); 9 – петли.

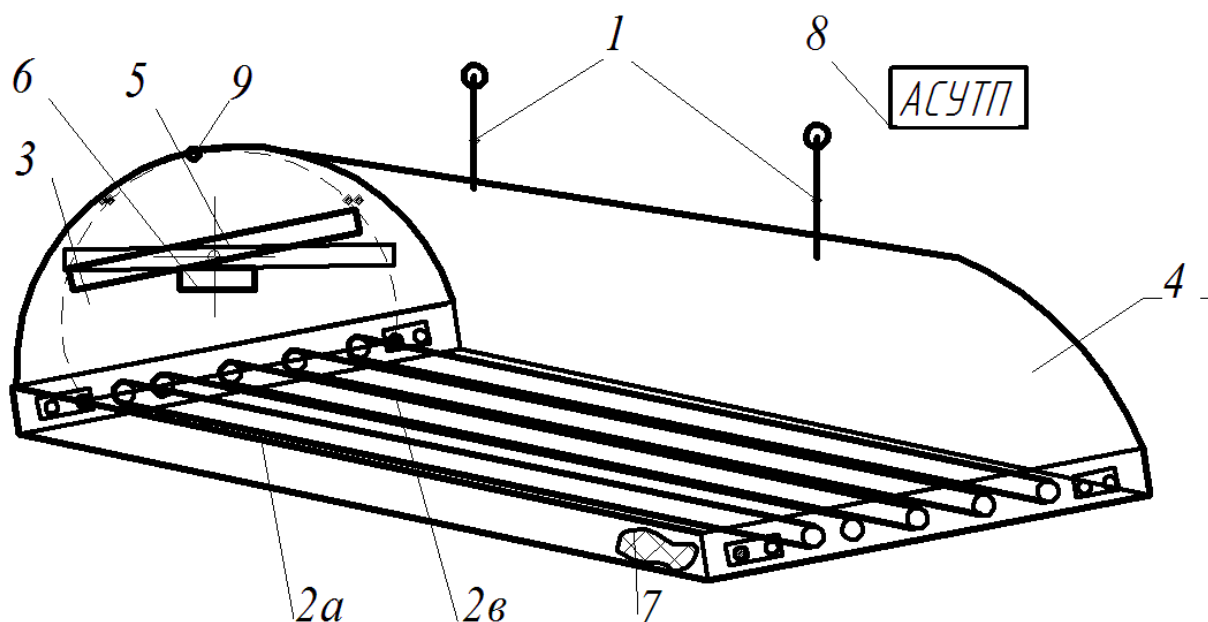


Рисунок 3 – Конструктивные особенности биотехнологического светильника

Полнокомплектный биотехнологический светильник (рис. 3) работает следующим образом: его подвешивают на подвесках 1 над одним или двумя логовами для поросят, регулятором фокусорегулятором 5 за счёт его поворота вокруг оси 9 происходит изменение угла отражения света от внутренней поверхности отражателя 4. Облучаемую поверхность логова поросят и станка свиноматки устанавливают с помощью регулятора экспозиции 6. Подают напряжение на питание светильника. На пульте 8 АСУТП задают суточный режим работы светильников 2а и 2б, и уничтожителя мух 7 выполняющего одновременно функции рассеивателя света. Лампы излучают световой и ИК поток заданной мощности в технологическое время на заданную площадь логова и станка свиноматки и одновременно напряжение на провода сетки для уничтожения мух в заданное время суток интенсивное их бодрствования.

В результате применения многофункционального биотехнологического светильника

увеличится выход продукции минимум на 20%, уменьшится падёж молодняка на 5 – 50 %, исключится на 100% падёж свиней от нашествия насекомых.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Постановление Правительства РФ от 14 июля 2012 г. N 717 "О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013 - 2020 годы" <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70110644/>.
2. Забелина, М. В. Технологические основы производства и переработки продукции животноводства/ сост.: М.В. Забелина, Р.А. Денисов, А.В. Продивлянов и др.; ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». - Саратов. 2006. - 1126 с.
3. Савенкова, И. В. Конъюнктивное исследование российского рынка мяса и мясопродуктов [Текст] // Актуальные вопросы экономики и управления: материалы V Междунар. науч. конф. (г. Москва, июнь 2017 г.). Савенкова И. В., Коломиец К. Л., Молчанова А. О., Бутенко Л. Н. — М.: Бuki-Веди. 2017. — С. 18-24. — URL <https://moluch.ru/conf/econ/archive/222/12613/>
4. Коба, В. Г. Механизация и технология производства продукции животноводства / В.Г. Коба, Н.В. Брагинец, Д.Н. Мурусидзе, В.Ф. Некрашевич. — М.: Колос, 2000, -528с.
5. Сравнительный анализ технологий и технических систем в свиноводстве <http://www.agroproj.ru/articles/produce.html>.
6. Зоофильные и синантропные мухи. https://studref.com/333318/agropromyshlennost/zoofilnye_sinantropnye_muhi

Е.М. Баскаков, А.М. Абакумов

Самарский государственный технический университет, г. Самара

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗГОНА СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Аннотация. В статье рассматривается уточненная методика исследования переходного процесса разгона синхронного двигателя (СД) до подсинхронной частоты.

Ключевые слова: синхронный двигатель, аппроксимация, асинхронный момент, время разгона.

Для большинства синхронных двигателей в настоящее время используется асинхронный пуск. При этом в процессе пуска можно выделить два этапа:

- 1) разгон двигателя до подсинхронной скорости;
- 2) втягивание двигателя в синхронизм.

Разгон двигателя из неподвижного состояния до подсинхронной частоты вращения n_1 обеспечивается за счет асинхронного момента M_{ac} СД, который создается специальной пусковой обмоткой, аналогичной обмотке асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

Для приближенных оценок длительности переходного процесса разгона СД, особенно с тяжелыми условиями пуска, обычно пренебрегают электромагнитными переходными процессами и ведут исследование, используя механические характеристики двигателя и механизма. Уравнение движения электропривода:

$$J \frac{d\omega}{dt} = M_{ac} - M_c = M_{дин}. \quad (1)$$

где ω - угловая скорость привода, рад/с,

J - момент инерции двигателя и производственного механизма, приведенный к

валу двигателя кг*м²; M_{ac} , M_c , $M_{дин}$ - асинхронный момент, создаваемый пусковой обмоткой двигателя; момент сопротивления механизма и динамический момент, соответственно, Нм.

Как показал анализ, использование для расчета характеристики M_{ac} известных аналитических выражений, применяемых для асинхронных двигателей, приводит к существенным погрешностям. В связи с этим, для расчета и построения характеристики M_{ac} целесообразно использовать каталожные данные СД, приводимые в виде значений относительного момента $m_{ac} = M_{ac} / M_{ном}$, создаваемого пусковой обмоткой, и соответствующего скольжения для узловых точек.

Далее в качестве примера исследуется процесс разгона СД типа СТД-1250 со следующими номинальными данными: $P_n = 1250$ кВт, $n_n = 3000$ об/мин, $U_n = 6$ кВ.

Характеристики M_{ac} для двигателя СТД-1250, построенная по каталожным данным приведена на рис. 1.

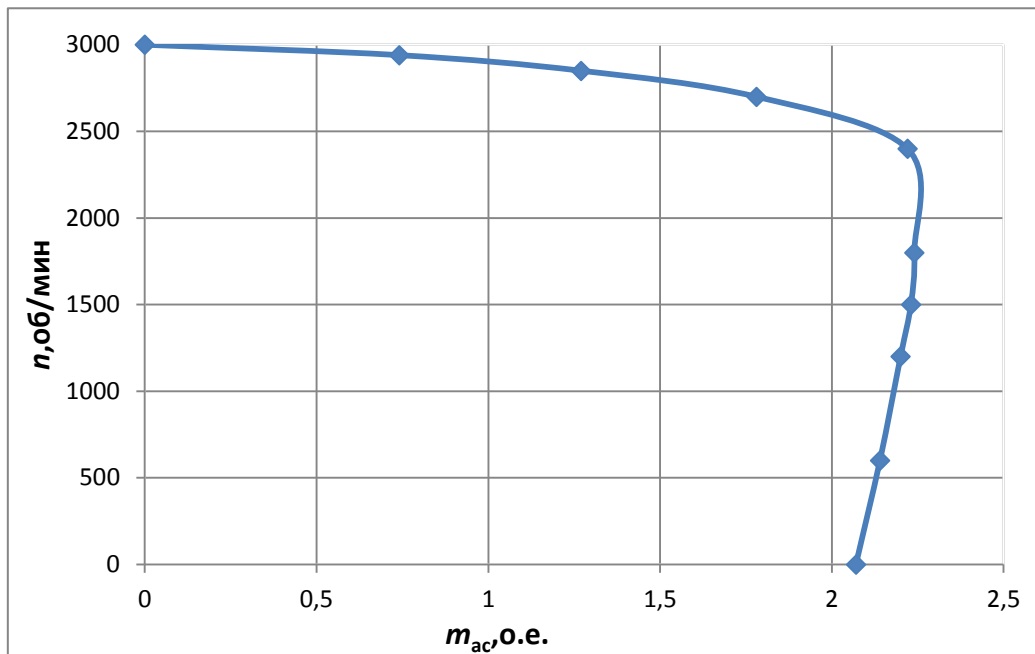


Рисунок 1

Для расчета переходного процесса изменения угловой скорости СД необходимо проинтегрировать выражение (1), что затруднительно в связи с достаточно сложным видом подынтегральной функции. Время разгона СД приближенно может быть определено с использованием среднего значения динамического момента в выражении (1). Для уточнения расчетов воспользуемся численным методом интегрирования выражения (1). Разобьём график зависимости динамического момента от скольжения (или частоты вращения) на достаточно малые интервалы, и будем считать динамический момент на каждом интервале постоянным. Иными словами, перейдем в уравнении (1) к конечным приращениям

$$J\Delta\omega_i = M_{динi}\Delta t_i. \quad (2)$$

Запишем это уравнение относительно приращения частоты вращения:

$$\Delta\omega_i = \frac{1}{J} M_{динi}\Delta t_i. \quad (3)$$

Таким образом, для малых приращений времени соответствующее приращение скорости можно рассчитать по формуле (3), а текущее значение угловой скорости найти суммированием ее приращений на отдельных интервалах:

$$\omega_i = \omega_{i-1} + \Delta\omega_i. \quad (4)$$

Для метода конечных интервалов необходимо иметь аналитическое выражение для вычисления момента в функции скольжения S : $M_{ac}(S)$. Для отыскания такого выражения аппроксимируем кривую M_{ac} построенную по каталожным данным, двумя полиномами третьего порядка: для интервала $0 \leq S \leq S_k$ и для $S_k < S \leq 1$, где S_k – критическое скольжение (рисунки 2 и 3 соответственно).

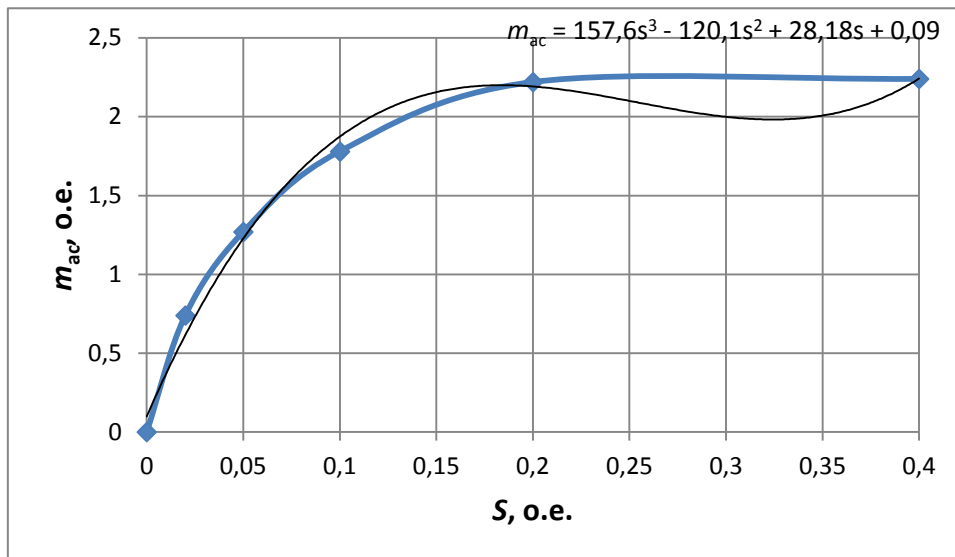


Рисунок 2

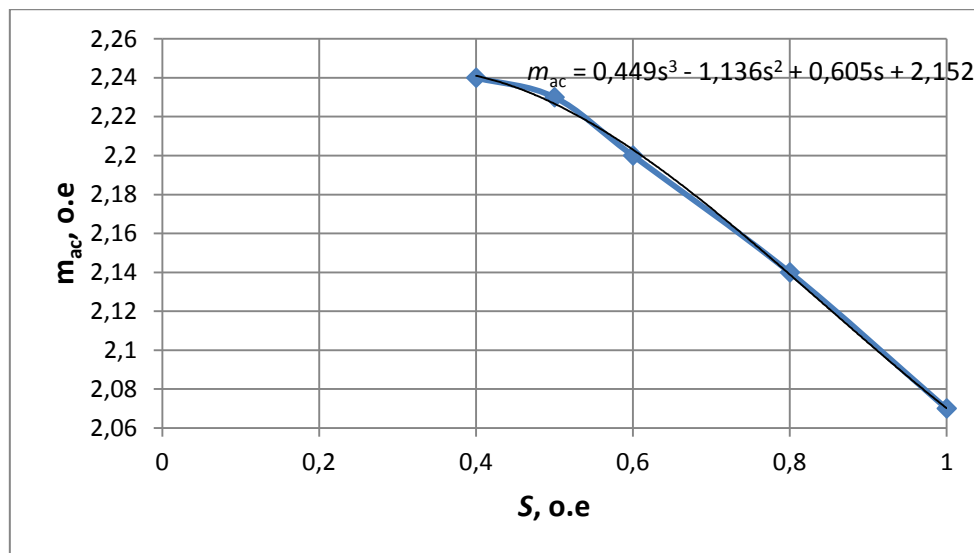


Рисунок 3

В результате была получена система уравнений:

$$m_{ac} = \begin{cases} 0,449S^3 - 1,136S^2 + 0,605S + 2,152 & \text{для } S_k < S \leq 1 \\ 157,6S^3 - 120,1S^2 + 28,18S + 0,098 & \text{для } 0 \leq S \leq S_k \end{cases}$$

Аппроксимирующая характеристика (кривая 2) и характеристика, построенная по каталожным данным (кривая 1) приведены на рис. 4. На рис. 4 построена также кривая момента сопротивления для механизма с вентилаторным моментом сопротивления:

$$M_c = M_{\text{НОМ}} \left(\frac{n}{n_{\text{НОМ}}} \right)^2 \text{ или в относительных единицах } m_c = \left(\frac{n}{n_{\text{НОМ}}} \right)^2.$$

При расчете момент инерции был принят 176 кг·м². Кривая разгона СД приведена на рис. 5.

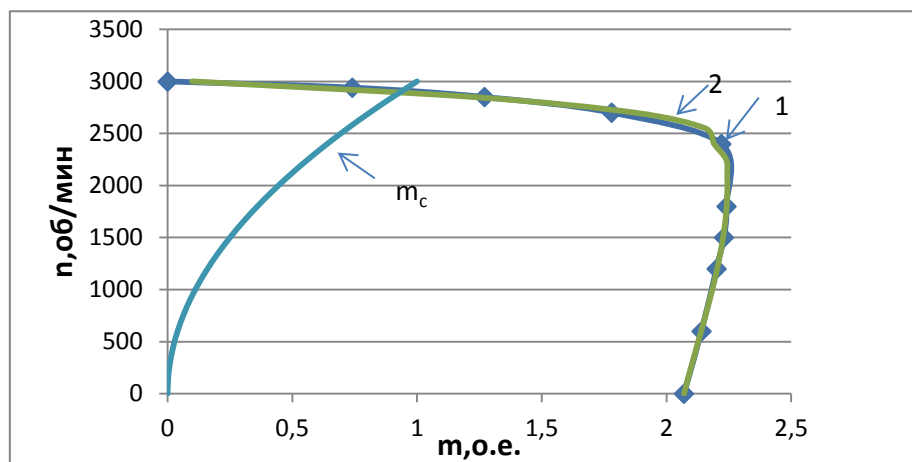


Рисунок 4

Из рис. 5 следует, что время разгона СД до подсинхронной скорости составляет 9,65 с. При этом допустимое время разгона составляет 8 с. В случае использования в

расчетах среднего значения динамического момента время разгона равно 8,13 с, т.е. погрешность составляет 15,8 %.

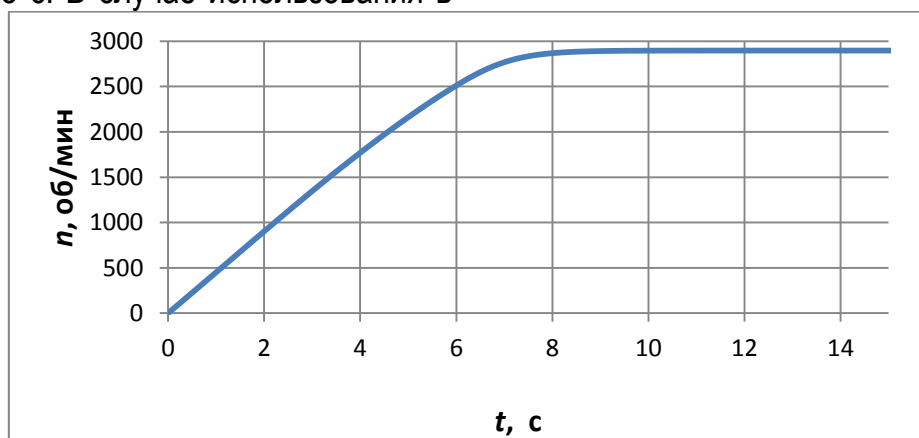


Рисунок 5

Таким образом, использование рассмотренной методики позволяет повысить точность расчетов переходного процесса разгона СД. На основе полученной кривой разгона не сложно получить зависимость скольжения от времени разгона и рассчитать кривую изменения тока [1] при разгоне СД, что необходимо для обоснованного выбора уставок релейной защиты и оценки влияния процесса пуска на колебания напряжения в питающей сети.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абакумов, А.М. Управление электромеханическими преобразователями: учеб. пособие / А.М. Абакумов, В.И. Котенев, Д.Г. Рандин. - Самара: Самар.гос.техн.ун-т, 2014. - 192с.:ил.
2. Иванов-Смоленский, А.В. Электрические машины: учебник для вузов / А.В. Иванов-Смоленский. - М.: Энергия, 1980. - 928 с.:ил.
3. Петренко, Ю.Н. Системы автоматизированного управления электроприводами: учеб. пособие / Ю.Н. Петренко. - Мн: Новое знание, 2004. - 384 с.
4. Чиликин, М.Г. Теория автоматизированного электропривода: Учеб. пособие для вузов/ Чиликин М.Г., Ключев В.И., Сандлер А.С. - М.: Энергия, 1979. - 616 с.

ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗКИ СЕЛЬСКОГО ЖИЛОГО ДОМА

Аннотация. Исследуются способы модернизации энергоснабжения сельского жилого дома.

Ключевые слова: перераспределение, нагрузка, автоматическое управление нагрузками.

В доле материальных затрат населения в сельской местности значительную долю составляют затраты на топливно-энергетические ресурсы. Также следует отметить, что объем потребления энергоресурсов народного хозяйства страны постоянно возрастает, в перспективе, обострятся проблемы обеспечения энергоресурсами и сельского хозяйства. В данной ситуации необходимо разработать методику по энергосбережению и рекомендации для сельских потребителей, которые не в полной мере осведомлены в основах сбережения как тепловой, так и электрической энергии[1-9].

В качестве объекта электрификации и энергообеспечения принимаем среднестатистический для села жилой дом общей площадью 100-150 м². Жилой дом кирпичный, перекрытие чердачное, утепленное. Площадь приусадебного участка составляет 0,12 га, из которых 0,06 га отведено для возделывания овощных культур. На участке пробурена скважина для воды, глубиной 8 метров.

Из электрифицированного оборудования в доме используются стандартные бытовые электроприборы (холодильник, пылесос и т.д.). Электропроводка устарела и требует

замены, а в связи с увеличивающимся количеством электроприемников в доме необходимо внедрение системы их определенного включения в течение суток так, чтобы общее потребление электроэнергии не повлияло на повышение затрат на ее приобретение.

Вентиляция дома естественная, вытяжная вентиляция на кухне отсутствует, что негативно сказывается на микроклимате в помещении кухни.

Жилой дом электрифицирован, электроснабжение дома осуществляется от ближайшей подстанции. По степени обеспечения надежности электроснабжения потребитель электроэнергии относится к III категории [10]. Значение напряжения колеблется, часты отключения электроэнергии.

Водоснабжение дома централизованное, от поселковой водонапорной башни. В летний период, в связи с большой загруженностью сети водоснабжения, напор в сети резко снижается и потребители испытывают постоянную нехватку воды на бытовые и хозяйственные нужды.

Отопление жилого дома газовое. Затраты на оплату потребляемой электроэнергии и газа за 2018 г. приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Затраты на оплату электроэнергии и газа

Месяц	Природный газ, м³	Цена, руб./м³	Стоимость, руб.	Электроэнергия, кВт*ч	Стоимость, руб.
Январь	460	4,91	2258,6	297	693,9
Февраль	478	4,91	2346,98	244	570,1
Март	440	4,91	2160,4	120	280,3
Апрель	250	4,91	1227,5	314	733,6
Май	190	4,91	932,9	198	462,6
Июнь	21	4,91	103,11	226	528,0
Июль	17	5,11	86,87	100	233,6
Август	18	5,11	91,98	331	773,3
Сентябрь	104	5,11	531,44	321	750,0
Октябрь	245	5,11	1251,95	284	663,5
Ноябрь	240	5,11	1226,4	352	822,4
Декабрь	310	5,11	1584,1	384	897,1
Итого:	2773	-	13802,2	3171	7408,4

В связи с тем, что тарифы на природный газ постоянно растут и его ресурсы ограничены, целесообразно предложить методику применения альтернативных источников энергии в качестве резервных. Их внедрение позволит уменьшить затраты на отопление, которые составляют значительную часть коммунальных платежей.

Таким образом, основными направлениями модернизации энергоснабжения жилого дома являются:

- внедрение оборудования для системы водоснабжения приусадебного участка и системы отопления;
- перераспределение по группам электроприемников разного типа приоритета и определенное их включение в различные периоды.

Исходя из этого, необходимо решить задачу по снижению затрат на энергообеспечение жилого дома, решением которой является внедрение нетрадиционных источников энергии и автоматическое управление нагрузками, присутствующими в сельском жилом доме, контролировать количество одновременно подключенных приборов, контролировать

их и мощность, и не включать одновременно несколько мощных потребителей.

Решить проблему разумного распределения нагрузок по фазам, ограничения потребителя по отпущенной мощности, управления приоритетной/неприоритетной нагрузкой, избежать преждевременного срабатывания вводных защитных устройств на подстанциях и вводах потребителей помогут реле – ограничители мощности (тока).

С помощью ограничителей мощности (токовых реле) можно строить сложные иерархические схемы электропитания, где все реле, включенные на вводах друг за другом, настраиваются каждый на свой предел потребляемой мощности в зависимости от степени важности отходящих групп потребителей и будут отключать их, по мере роста приоритета при превышении установленного порога. Автоматическое подключение потребителей будет происходить при снижении потребляемой мощности по мере падения приоритета, сначала более ответственные, затем – менее

ответственные. Количество линий (групп) при построении сложных структур, их детализация, ничем не ограничена, кроме

финансовых возможностей потребителя и габаритами щита на вводе.

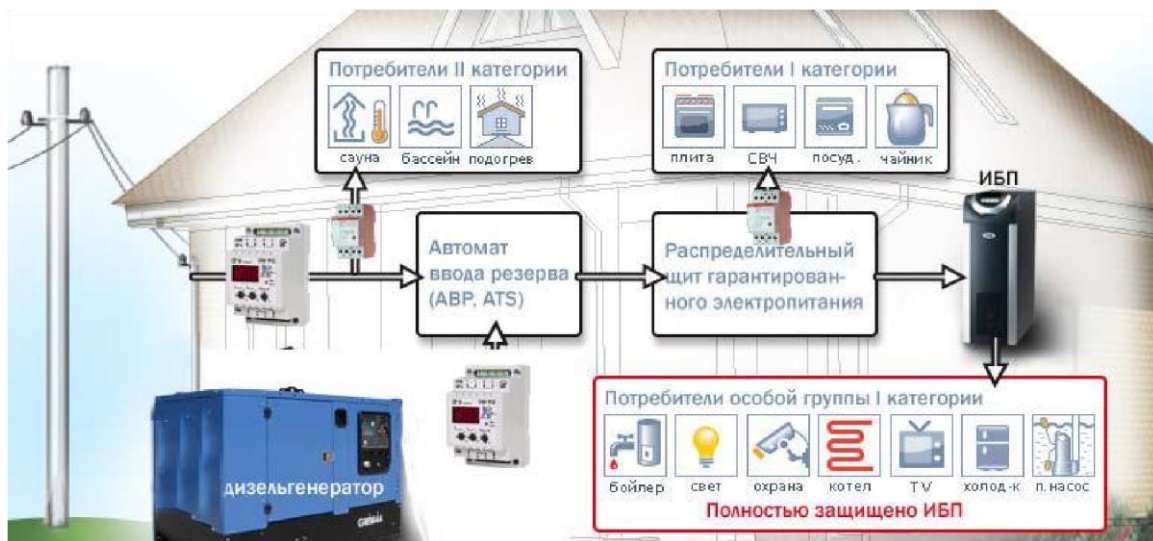


Рисунок 1 - Пример схемы управления нагрузкой в условиях ограниченной мощности с разбиением потребителей на категории.

Несомненно, что применение ограничителей мощности позволит значительно снизить потери электроэнергии, предотвратить ее хищение, оптимизировать систему электропотребления и принесет значительный экономический эффект.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лошкарёв, И.Ю. Энергосбережение в системе освещения в сельскохозяйственных и складских помещениях/ И.Ю. Лошкарёв, И.В. Шестаков, О.В. Малецкий, В.И. Лошкарёв, Д.С. Куртмамбетов//Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы IX международной научно-практической конференции/Под общ.ред. Трушкина В.А. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2018. – С.106-109.
2. Ербаева, Н.Б. Автономная система электроснабжения с помощью солнечных панелей для электрического освещения территории университета/ Н.Б. Ербаева, Р.Р.Файзуллин, А.В. Садырин, Е.Т. Ербаев, И.Ю. Лошкарёв, В.И. Лошкарёв // Актуальные проблемы энергетики АПК материалы VII международной научно-практической конференции. Под общей редакцией Трушкина В.А.. 2016. С. 57-62.
3. Ербаева, Н.Б. Управление потоками энергии разной мощности в автономной системе электроснабжения ветро-дизельной установке/ Н.Б. Ербаева, Р.Р.Файзуллин, А.В. Садырин, Е.Т. Ербаев,

И.Ю. Лошкарёв, В.И. Лошкарёв //Актуальные проблемы энергетики АПК материалы VII международной научно-практической конференции. Под общей редакцией Трушкина В.А.. 2016. С. 52-56.

4. Лошкарёв, И.Ю. Оценка возможности применения возобновляемых источников энергии в Александрово-Гайском районе Саратовской области/ И.Ю. Лошкарёв, А.П. Клепиков, В.И. Лошкарёв//Актуальные проблемы энергетики АПК VI Международная научно-практическая конференция. Под общей редакцией Трушкина В.А.. 2015. С. 139-144.

5. Широбокова, Т.А. Методика оценки параметров светодиодного освещения в животноводческих помещениях/Т.А. Широбокова, И.Ю.Лошкарёв, Н.Н.Белова// Известия Международной академии аграрного образования. 2018. № 43. С. 47-50.

6. Ерошенко, Г.П. Рациональные варианты теплоснабжения животноводческих помещений/ Г.П. Ерошенко, И.Ю. Лошкарёв// Научное обозрение, 2017, №3, С. 38-46.

7. Лошкарёв, И.Ю. Оценка эффективности внедрения светоаэратора в систему вентиляции коровника/ И.Ю. Лошкарёв, А.Я. Аберясов, В.И. Лошкарёв // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы IX международной научно-практической конференции/Под общ.ред. Трушкина В.А. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2018. – С.104-106.

8. Лошкарёв, И.Ю. Эффективность внедрения световодов для системы освещения в животноводческих помещениях/ И.Ю. Лошкарёв, О.В. Малецкий, В.И. Лошкарёв, Н.Н. Белова // Известия Международной академии аграрного образования. 2018. № 39. С. 19-24.

Е.Н. Бахуревич, В.И. Лошкарёв, А.И. Жижко

Саратовский государственный аграрный университет им.Н.И. Вавилова, г. Саратов

ВЛИЯНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ НАГРУЗКАМИ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ 0,4кВ

Ключевые слова: система автоматического управления нагрузками, нагрузка на электрические сети, электрические сети.

Аннотация. Исследуется влияние использования системы автоматического управления нагрузками на электрические сети 0,4кВ.

В настоящее время сетевые организации, осуществляющие технологические присоединения к существующим электрическим сетям по договору для физических лиц устанавливают лимит по потребляемой мощности: 5 кВт для однофазных потребителей с номинальным напряжением 0,22 кВ и до 15 кВт для трехфазных потребителей с номинальным напряжением сети 0,4 кВ. Несложно посчитать, что 5 кВт при напряжении 0,22 кВ – это около 22 А нагрузки, что для электроснабжения частного загородного дома при отсутствии других источников теплоснабжения, кроме как электроэнергии, довольно мало[1-4,6-8]. Также в расчет приходится брать электрическую плиту, электрический чайник, стиральную машину и другие электроприемники. Вследствие этого, порой даже при подведении трехфазного источника электроснабжения, разрешенной мощности может вполне не хватить. Потребители электрической энергии, ввиду своего незнания или же своей безответственности порой включают все свои электроприемники, потребляемая мощность из сети увеличивается и порой переходит границы дозволенного, что в свою очередь можно рассматривать как

бездоговорное потребление электроэнергии[5,9]. На фоне этого сетевая организация вполне имеет право выставить претензию потребителю, но на практике этого не происходит, так как отследить это практически невозможно и довольно затратно. Потребители остаются безнаказанными, а нагрузка на электрическую сеть дает о себе знать. Электрические сети проектируются по установленной мощности, т.е. суммируя разрешенные мощности каждого потребителя с некоторым запасом. Большой запас по мощности соответственно не делается, поскольку сетевой организации нецелесообразно нести дополнительные затраты на это.

Из таблицы 1 мы видим, что при включении чайника, при работающей стиральной машине и холодильнике, потребляемая мощность уже переходит за границы 5 кВт. Если же отопление в доме электрическое, то плюсуем к этой сумме еще пять электрических конвекторов по 2 кВт и получаем в сумме более 15 кВт мощности. В результате получаем необходимость отключения каких-либо потребителей, что и сделает система автоматического управления нагрузками.

Таблица 1- Потребляемая мощность некоторых бытовых электроприборов

Наименование потребителя	Мощность, кВт
Стиральная машина	2,0-2,6
Пылесос	1,3-4
Электрический чайник	2-3
Кухонный комбайн	0,4-0,8
Микроволновая печь	0,6-1,8
Телевизор	0,075-0,15
Посудомоечная машина	2-3
Утюг	2,0-2,5
Компьютер	0,12-0,15
Тостер-гриль	0,6-1,1
Домашний кинотеатр	0,8-1,0
Теплый пол	2-8

В результате представим пример, большая часть потребителей включит по определенной необходимости многие свои электроприемники, потребляемая мощность в линии увеличится, увеличится ток до предельных значений. В лучшем случае отключится автоматический выключатель воздушной линии 0,4 кВ в ТП, к которой подключена ВЛ. Это приведет к обесточиванию потребителей на неопределенное время, зависящее от того, насколько быстро приедет аварийная бригада электрических сетей. В худшем случае, если в КТП установлен автоматический выключатель ВЛ большей пропускной способности, что порой встречается в электрических сетях, то по линии будет протекать большой ток, что влечет за собой падение напряжения в линии и перегруз трансформатора, что в свою очередь может привести к более серьезным последствиям, таким как выход трансформатора из строя. При таком сценарии развития событий, потребители получают более большой перерыв в электроснабжении.

По некоторым оценкам средний износ наших сетей в 65-68%, в ряде случаев он достигает 70%. Значительное количество оборудования уже выслужило по два нормативных срока. Процесс старения сетевых объектов продолжается. Несмотря

на то, что темпы роста потребляемых мощностей немного снизились, общая тенденция к возрастающему потреблению электроэнергии сохраняется. В условиях кризиса сетевые предприятия не всегда могут провести плановую реконструкцию распределительных сетей 0,4 кв. В результате снижение качества электроснабжения удаленных потребителей. Особо остро эти проблемы проявляются в сельских районах, где протяженность линий 0,4 кВ велика. Жалобы потребителей на низкое напряжение в сети недопустимы. Энергетики всегда гордились тем, что работают на благо людей. Основной целью любой энергетической компании являлось и остается надежное и качественное электроснабжение потребителей.

При работе электрического оборудования в его токоведущих частях и магнитных сердечниках возникают потери энергии, превращающиеся в конечном счете в тепло. Выделяющаяся тепловая энергия рассеивается в окружающую среду и одновременно поглощается отдельными элементами оборудования (за счет их теплоемкости), что ведет к повышению температуры обмоток, контактных соединений, активной стали и конструктивных деталей. Если предположить, что потери энергии,

достигнув некоторого значения, остаются постоянными, то и температура оборудования приобретает некоторое установившееся значение. С повышением нагрузки возрастают потери энергии и, следовательно, увеличивается температура оборудования. Таким образом, между нагрузкой и температурой существует строгая математическая зависимость.

Оборудование конструируется и изготавливается так, чтобы его температура при номинальной нагрузке не превышала некоторых нормированных значений, что связано с двумя обстоятельствами — нагревостойкостью электроизоляционных материалов и предельной температурой нагрева токоведущих частей. По нагревостойкости, т. е. по способности выдерживать повышение температуры без повреждения и ухудшения практически важных свойств, электроизоляционные материалы разделены на классы в соответствии с ГОСТ 8865-93. Если температура изоляции выдерживается в пределах, соответствующих данному классу, то обеспечивается нормальный срок службы оборудования. При форсированных режимах сокращаются нормальные сроки службы изоляции. Предельные температуры нагрева токоведущих частей различных аппаратов при их длительной работе определены ГОСТ 8024-90. За расчетную температуру окружающей среды принята температура 35° С. Если при этой температуре и номинальной нагрузке нагрев токоведущих частей не выше допустимого, то во всех случаях понижения температуры окружающей среды токоведущие части могут быть перегружены. На этом основании в зимнее время года допускают перегрузку некоторых видов оборудования. Под перегрузкой понимают такой режим работы оборудования, когда по нему

проходит ток (или мощность), превышающий номинальное значение.

В эксплуатации сравнительно небольшие перегрузки оборудования по току называют длительно допустимыми перегрузками, а значительные перегрузки, ограниченные по времени, — аварийными перегрузками.

Значения и продолжительность перегрузок регламентированы ПТЭ, и нет необходимости повторять их. Воздействие больших перегрузок несет угрозу сохранности оборудования, линии и трансформаторы начинают работать с перегрузом, что ведет к быстрому старению изоляции и вскоре выходу из строя.

На наш взгляд, установка системы автоматического управления нагрузками в вводно-распределительных устройствах потребителей может решить эту проблему. Сетевая организация будет уверена, что установленный ей лимит на потребление мощности не будет превышен, и эксплуатация и проектирование сетей не будет вызывать больших проблем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Лошкарёв, И.Ю.** Энергосбережение в системе освещения в сельскохозяйственных и складских помещениях/ И.Ю. Лошкарёв, И.В. Шестаков, О.В. Малецкий, В.И. Лошкарёв, Д.С. Куртмамбетов//Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы IX международной научно-практической конференции/Под общ.ред. Трушкина В.А. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2018. – С.106-109.
2. **Ербаева, Н.Б.** Автономная система электроснабжения с помощью солнечных панелей для электрического освещения территории университета/Н.Б. Ербаева, Р.Р.Файзуллин, А.В. Садырин, Е.Т. Ербаев, И.Ю. Лошкарёв, В.И. Лошкарёв // [Актуальные проблемы энергетики АПК](#) материалы VII международной научно-практической конференции. Под общей редакцией Трушкина В.А.. 2016. С. 57-62.
3. **Ербаева, Н.Б.** Управление потоками энергии разной мощности в автономной системе электроснабжения ветро-дизельной установке/ Н.Б. Ербаева, Р.Р.Файзуллин, А.В. Садырин, Е.Т. Ербаев, И.Ю. Лошкарёв, В.И. Лошкарёв // [Актуальные проблемы энергетики АПК](#) материалы VII международной научно-практической конференции. Под общей редакцией Трушкина В.А.. 2016. С. 52-56.
4. **Лошкарёв, И.Ю.** Оценка возможности применения возобновляемых источников энергии в Александрово-Гайском районе Саратовской области/ И.Ю. Лошкарёв, А.П. Клепиков, В.И. Лошкарёв//Актуальные проблемы энергетики АПК VI Международная научно-

практическая конференция. Под общей редакцией Трушкина В.А.. 2015. С. 139-144.

5. **Широбокова, Т.А.** Методика оценки параметров светодиодного освещения в животноводческих помещениях/Т.А. Широбокова, И.Ю. Лошкарёв, Н.Н. Белова// [Известия Международной академии аграрного образования](#). 2018. № 43. С. 47-50.

6. **Ерошенко, Г.П.** Рациональные варианты теплоснабжения животноводческих помещений/ Г.П. Ерошенко, И.Ю. Лошкарёв// Научное обозрение, 2017, №3, С. 38-46.

7. **Лошкарёв, И.Ю.** Оценка эффективности внедрения светоаэратора в систему вентиляции коровника/И.Ю. Лошкарёв, А.Я. Аберясов, В.И. Лошкарёв // //Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы IX международной научно-практической

конференции/Под общ.ред. Трушкина В.А. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2018. – С.104-106 .

8. **Лошкарёв, И.Ю.** Эффективность внедрения световодов для системы освещения в животноводческих помещениях/ И.Ю. Лошкарёв, О.В. Малецкий, В.И. Лошкарёв, Н.Н. Белова // [Известия Международной академии аграрного образования](#). 2018. № 39. С. 19-24.

9. **Ерошенко, Г.П.** Специальные требования к электронагревательным установкам для систем микроклимата/Г.П. Ерошенко, И.Ю. Лошкарёв, О.В. Логачева, Д.В. Ульянов, Н.В. Шевчук//Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VIII международной научно-практической конференции/Под общ.ред. Трушкина В.А.- Саратов: ООО «ЦеСАин», 2017. С. 86-89.

УДК 621.314

В.А.Богдан, Р.И. Баев, А.И.Аветисов

Кубанский государственный аграрный университет
имени И.Т. Трубилина, г. Краснодар

КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

Аннотация. Проводится классификация отклонений напряжений у потребителей. Раскрываются зависимости убытков при изменениях напряжения и метод их расчета.

Ключевые слова: напряжение, регулирование, нагрузка, распределительная сеть, экономический убыток.

В сети необходимо располагать средствами регулирования напряжения, так как иначе сложение падений напряжений на всех элементах сети, соединенных последовательно, привело бы на конце линии к изменениям напряжения, при которых работа потребителей была бы невозможна [1].

Необходимое качество напряжения в различных точках сети не одинаково. В самом деле, потребителю необходимо напряжение, близкое по своему значению к номинальному значению напряжения его аппаратов, либо напряжение, изменения которого происходят медленно и не превосходят нескольких процентов. Различают следующие виды изменений напряжения: периодические изменения (ежедневный цикл с недельным искажением), вызываемые изменениями нагрузки между утренним и вечерним

пиками и ее изменениями в ночные часы; случайные «медленные» изменения, которые происходят, с одной стороны, от того, что действительный уровень нагрузок отличается от предусмотренного уровня, а с другой стороны, проявляется влияние включения и отключения нагрузок, создающих изменения напряжения; резкие изменения, регулярные или случайные, вызываемые значительными набросами нагрузки, которые обусловлены прерывистой работой некоторых нагрузок, например, в сетях НН – холодильников, лифтов, сварочных аппаратов и т.д.

Различные изменения напряжения требуют и различных средств, устраняющих или по крайней мере уменьшающих их последствия до «приемлемого» уровня. В распределительных сетях качество напряжения определяется нуждами

потребителей и стоимостью средств регулирования. Одним из методов регулирования напряжения является оптимальная компенсация реактивной мощности [2]. С этой позиции и необходимо рассматривать различные изменения напряжения. В передающих сетях проблема имеет другой аспект, чем в сетях СН и НН; здесь важны только медленные изменения.

Для определения убытков, вызываемые медленными изменениями напряжения сетей, рассмотрим распределительную сеть с номинальным напряжением $U_{ном}$. Напряжения, являясь функцией времени, меняются также при переходе от данной точки сети к другой; потребитель, следовательно, получает напряжение, меняющееся во времени, вероятное значение которого (среднее в пространстве и во времени) равно U_0 .

Обычно $U_0 = U_{ном}$, однако там, где нужно *увеличить потребление* стараются иметь $U_0 > U_{ном}$, а где нужно уменьшить - $U_0 < U_{ном}$

Рассмотрим какую-либо точку сети в момент времени, когда напряжение в ней равно U . Пусть заранее не известно, какие нагрузки включены в этой точке, но, исходя из их вероятностной природы, можно определить средние характеристики всего множества потребителей. Уменьшение выгоды Y является функцией отклонения напряжений U и U_0 (или, более точно, относительной величины этого отклонения $\Delta U/U_0$) и фактически произведенной электроэнергии в рассматриваемое время.

Если в точке M сети напряжение равно U , а потребляемая мощность равна P в течение промежутка времени dt , то за этот промежуток времени экономический убыток

$$dy = b P \left(\frac{\Delta U}{U_0} \right)^2 dt$$

Коэффициент b является единичной стоимостью, которая зависит только от природы потребителей (но не от приборов, которыми они пользуются).

Отметим, что произведение Pdt есть энергия dW , поставленная потребителю при напряжении U . Для некоторого промежутка времени T , в течение которого напряжение U изменяется, можно записать выражение для полного убытка:

$$y = b \int_0^T \left(\frac{\Delta U}{U_0} \right)^2 dW$$

В более или менее развитой сети относительные отклонения напряжения меняются от одной точки к другой. Полный убыток для всей сети можно определить как сумму убытков, найденных в каждой точке:

$$Y = \sum y_i$$

Двойное суммирование во времени и в пространстве (во всей сети) приводит к сложным расчетам. Очевидно, что суммирование в пространстве тяжелая операция выполняемая расчетами, поскольку суммирование во времени осуществляется автоматически с помощью регистрирующих приборов или счетчиков.

Таким образом, регулирование напряжения в сети и поддержание его на оптимальном уровне является важнейшим показателем эффективности сети, определяющим выгоду и убытки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богдан А.В. Нетребко Д.С., Заболотный А.С. Сравнение мероприятий по уменьшению потерь в электрических сетях 6-10 кВ городов Краснодарского края / А.В.Богдан, Д.С.Нетребко, А.С.Заболотный // Известия высших учебных заведений, Электромеханика, 2013, № 1, с.61-62
2. Богдан А.В., Перекопский К.В. Определение мощности одноступенчатой конденсаторной установки / А.В.Богдан, К.В.Перекопский // Механизация и электрификация сельского хозяйства, № 8, 2007 – С. 30–31.

С.В. Вендин С.В., Ю.Н. Ульянов

Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я.Горина, п. Майский,
Белгородская область

ВЫБОР ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УСЛОВИЙ НЕСТАЦИОНАРНОЙ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы применимости различных теплоизоляционных материалов для условий резкой смены температуры окружающей среды.

Ключевые слова: теплоизоляционные материалы, нестационарная теплопередача, коэффициент температуропроводности.

Снижение потерь теплоты в зданиях, сооружениях и объектах промышленного, бытового и сельскохозяйственного назначения и создание эффективных теплоизолирующих материалов является актуальной проблемой [1-4]. Надежная теплоизоляция зданий позволяет экономить значительное количество энергии, расходуемой в зимнее время на обогрев помещений, а в летнее время – на охлаждение и кондиционирование. По статистике 40% всей электроэнергии используется в зданиях и 2/3 ее расходуется на отопление и охлаждение. Главной функцией любого утепления служит предотвращение тепловых потерь, но различные виды теплоизоляционных материалов по-разному справляются с этой задачей.

Эффективность применения теплоизоляционных материалов определяют их характеристики: влажность; пористость; плотность; теплоемкость; паропроницаемость; максимальная температура эксплуатации; коэффициент теплопроводности, который равен количеству теплоты, проходящему за 1 секунду через плоскую однородную стенку толщиной 1 м площадью 1 м² при разности температур на поверхностях стенки 1 К.

Единицей измерения коэффициента теплопроводности является $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

На настоящее время основной характеристикой при выборе теплоизоляционных материалов является коэффициент теплопроводности λ , который в сочетании с толщиной материала δ определяет величину внутреннего термического сопротивления:

$$R_{\lambda} = \delta / \lambda. \quad (1)$$

Такой подход справедлив, если на свободных поверхностях в течение длительного времени поддерживаются стационарные граничные условия (неизменные температуры и условия теплообмена на поверхности). Однако для реальных условий эксплуатации характерны нестационарные стационарные граничные условия, когда температура и условия теплообмена на поверхности могут сильно изменяться в течение короткого времени. В этом случае эффективность передачи теплоты (теплоизоляции) и скорость изменения разницы температур между внешней и внутренней средой и будет зависеть от размеров объекта и от коэффициента температуропроводности a , зависящего от коэффициента теплопроводности λ , плотности ρ и от массовой теплоемкости c материала:

$$a = \lambda / \rho c. \quad (2)$$

Поэтому задача состоит в том, чтобы на основе имеющихся материалов обеспечить высокие теплоизоляционные свойства, прочность и долговечность теплоизоляции в условиях нестационарного теплообмена.

Ниже приведены результаты анализа влияния теплофизических параметров материала на скорость изменения температуры в слоистой стенке на основе решения задачи нестационарной теплопередачи [5-8].

В общем случае скорость изменения температурного поля в i -м слое многослойной стенки может быть представлено следующим выражением:

$$\frac{T_i(r,t)}{dt} = T_{y,i}(r) (\exp(-t/\tau)) / \tau. \quad (3)$$

где $T_{y,i}(r)$ – установившееся температурное поле в рассматриваемом слое; r , t – соответственно пространственная координата и координата времени; τ – постоянная времени процесса:

$$\tau = 1 / \mu_i^2 a_i, \quad (4)$$

где μ_i , a_i – соответственно собственные числа задачи и коэффициент теплопроводности i -го слоя.

Заметим, что скорость изменения температуры в слое будет тем меньше, чем больше будет постоянная времени процесса τ , или чем меньше коэффициент теплопроводности слоя a_i . Отсюда следует важный вывод о том, что при резкой смене внешних температур на поверхности объекта (стенки) определяющая роль отводится не коэффициенту теплопроводности λ_i , а коэффициенту температуропроводности слоя a_i .

На рисунке 1 приведены номограммы расчетных значений коэффициента температуропроводности a_i для различных теплоизоляционных материалов.

Согласно полученным результатам можно отметить, что из рассмотренных материалов наименьшим коэффициентом температуропроводности обладают дерево и композитные материалы на его основе, а из искусственных материалов – пенополиуретан.

Следовательно, их наиболее целесообразно включать в теплоизоляционные покрытия для условий резкой смены температуры окружающей среды.

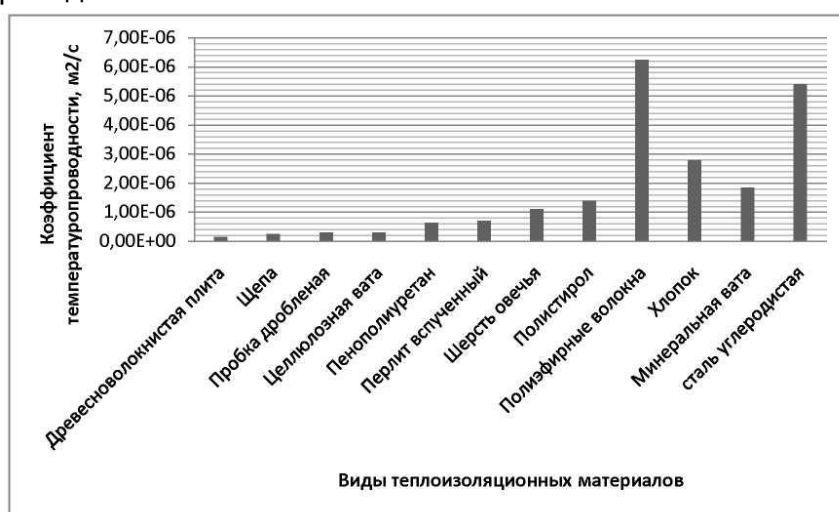


Рисунок 1 – Коэффициент температуропроводности теплоизоляционных материалов

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горелик П.И. Современные теплоизоляционные материалы и особенности

их применения [текст] / П.И. Горелик, Ю.С. Золотова // Строительство уникальных зданий и сооружений.- 2014.- №3(18).- С.93-103.

2. Солдатенков А.С. Инновации в автоматизированных системах централизованного и децентрализованного теплоснабжения зданий образовательного назначения [текст] / А.С. Солдатенков, Е.А. Потапенко, А.О. Яковлев // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т. 12. № 4-3. С. 618-622.

3. Потапенко Е.А. Исследование алгоритмов управления процессом отопления здания с зависимым теплоснабжением [текст] / Е.А. Потапенко, А.С. Солдатенков, А.О. Яковлев // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2011. № 2 (120). С. 74-78.

4. Потапенко А.Н. Автоматизированное управление процессом централизованного теплоснабжения распределенного комплекса зданий с учетом моделирования этих процессов [текст] / А.Н. Потапенко, А.О. Яковлев, Е.А. Потапенко, А.С. Солдатенков // Известия

высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2007. № 7-8. С. 120-134.

5. Вендин С.В. К расчету нестационарной теплопроводности в многослойных объектах при граничных условиях третьего рода [текст] / С.В. Вендин // ИФЖ, 1993.- Т.65, №8.-С.249-251.

6. Вендин С.В. К решению задач нестационарной теплопроводности в слоистых средах [текст] / С.В. Вендин, И.А. Щербинин // [Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова](#).- 2016.-№3.-С. 96-99.

7. Vendin S.V. Calculation of nonstationary heat conduction in multilayer objects with boundary conditions of the third kind / S.V. Vendin // [Journal of Engineering Physics and Thermophysics](#).- 1993. Т. 65. № 2.- С. 823.

8. Vendin S. On the Solution of Problems of Transient Heat Conduction in Layered Media / S. Vendin // [International Journal of Environmental and Science Education](#).- 2016.- V. 11. N. 18.-p.12253-12258.

УДК 621.314.26

Р.Д. Гливенко¹, Е.Н. Бахуревич¹, А.И. Жижко¹, О.В. Логачева¹, О.В. Лошкарева²

¹ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова

²ФГБОУ ВО СГУ им. Н.Г. Чернышевского, Колледж радиоэлектроники им. П.Н.

Яблочкова

СНИЖЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЫСШИХ ГАРМОНИЧЕСКИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ

Аннотация. С целью экономии электрической энергии нами рекомендуется применять в сети 0,4 кВ фильтро-компенсирующие устройства.

Ключевые слова: несинусоидальность, фильтро-компенсирующие устройства, энергосбережение.

Улучшение формы кривой тока и напряжения в сети 0,4 кВ может быть достигнуто одним из следующих способов[1-3]:

- подавлением уровня высших гармоник, генерируемых вентильными преобразователями;
- рациональным построением схемы электрической сети;
- использованием фильтров высших гармоник.

Для улучшения формы кривой тока можно использовать на этапе проектирования схемные решения. Например, выделение нелинейных нагрузок на отдельную систему шин,

группирование вентильных преобразователей по схеме умножения фаз, подключение нелинейной нагрузки к системе с большей мощностью короткого замыкания[4-13].

Для однофазных нелинейных нагрузок соединение обмоток питающего трансформатора имеет существенное влияние на токи гармоник кратных трем. При соединении фазных обмоток силового трансформатора в схему «звезда» или схему «треугольник» ЭДС третьих гармонических составляющих (или кратных им) будут отсутствовать в линейных напряжениях. Можно рекомендовать использование специального оборудования, например, трансформатора

с симметрирующим устройством.

Необходимо также добиваться, насколько это возможно, сбалансированности нагрузок по фазам. При этом обеспечиваются минимальный ток в проводнике нейтрали сети 0,4 кВ и минимальное содержание гармоник.

Фильтры гармоник состоят из конденсаторов, включенных последовательно с индуктивностью. Индуктивность выбирают такой величины, чтобы фильтр представлял собой низкоимпедансный последовательный резонансный контур на частоте n -ой гармоники. Таким образом, обеспечивается прохождение основной части n -ой гармонической составляющей тока через фильтр.

Чтобы противостоять искажениям, электрооборудование ответственных потребителей может быть обеспечено системой защиты с быстроедействием, равным половине периода частоты 50 Гц, которая должна обеспечивать практически номинальную мощность в течение нескольких секунд до полного восстановления качества напряжения. Такая система может представлять собой либо источник запасенной энергии, либо дополнительный источник энергии. Указанные устройства (бесперебойные блоки питания) должны или быстро подключаться, или быть постоянно подключенными к электрооборудованию.

Для снижения гармонического состава потребляемого тока в фазные провода можно рекомендовать включение индуктивных сопротивлений (дросселей).

Мероприятия по уменьшению реактивной мощности можно разделить на две группы:

- снижение потребления реактивной мощности приемниками электроэнергии без применения компенсирующих устройств;

- применение компенсирующих устройств.

Мероприятия первой группы должны рассматриваться в первую очередь, поскольку для их осуществления, как правило, не требуется значительных капитальных вложений. К таким мероприятиям относятся:

- упорядочение технологического процесса, ведущее к улучшению энергетического режима оборудования;

- замена малонагруженных двигателей двигателями меньшей мощности;

- понижение напряжения у двигателей, систематически работающих с малой загрузкой;

- ограничение продолжительности холостого хода двигателей;

- применение синхронных двигателей вместо асинхронных той же мощности в случаях, когда это возможно по условиям технологического процесса;

- повышения качества ремонта двигателей;

- замена и перестановка малонагруженных трансформаторов;

- отключение части трансформаторов в периоды снижения их нагрузки (например, в ночное время).

Мероприятия второй группы предусматривают установку специальных компенсирующих устройств для выработки реактивной мощности в местах ее потребления. В качестве таких компенсирующих устройств используют конденсаторные батареи, подключаемые параллельно активно-индуктивной нагрузке, например, асинхронному двигателю или их группе. Подключение конденсатора уменьшает угол сдвига фаз между током и напряжением нагрузки и соответственно повышает коэффициент мощности нагрузки. Это происходит

потому, что ток батареи конденсаторов сдвинут на 180° по отношению к индуктивной составляющей тока нагрузки и таким образом компенсирует его – потребляемый в таком случае нагрузкой ток снижается.

В последнее время функции компенсации реактивной мощности и уменьшения несинусоидальности напряжения (фильтрации высших гармоник) стали совмещать в так называемых фильтро-компенсирующих устройствах.

В таких устройствах конденсаторы одновременно служат для выработки реактивной мощности и являются элементами последовательных резонансных контуров, что намного эффективнее в технико-экономическом плане, чем если бы конденсаторы использовались только для формирования фильтров высших гармоник.

Основным узлом фильтро-компенсирующего устройства является особым образом устроенная батарея конденсаторов. Батарея конденсаторов состоит из десяти отдельных параллельно подключенных между собой групп конденсаторных банок (конденсаторов), соединенных по схеме «треугольник». У трех из всех имеющихся таких групп конденсаторных банок последовательно с конденсаторами включены дроссели для формирования последовательных резонансных контуров, предназначенных для фильтрации соответственно 5, 7 и 11 гармоник. То есть каждая из этих трех групп помимо компенсации реактивной мощности выполняет еще и функцию фильтрации одной гармонической составляющей – каждой группе соответствует своя

гармоническая составляющая. Данные три группы, так как они выполняют двойную функцию, включены в работу постоянно. Остальные группы конденсаторных банок могут в процессе функционирования устройства в сети включаться в работу или выключаться из работы. Коммутация групп осуществляется по сигналу блока управления посредством полупроводниковых вентилей – тиристоров со встречно-параллельным включением. Группы конденсаторных банок с дросселями коммутируются тремя полупроводниковыми вентилями. Остальные группы имеют для включения их в работу три полупроводниковых вентиля каждая. Принципиальная схема ФКУ представлена на рис.1.

Фильтро-компенсирующее устройство работает следующим образом. Блок управления контролирует посредством трансформатора тока ТА1, включенного в одну из фаз, ток, протекающий по сети. В режиме максимального потребления мощности ток также максимален и блок управления подает отпирающие сигналы на управляющие электроды всех тиристоров со встречно-параллельным включением, осуществляющих коммутацию групп конденсаторных банок, для получения максимальной выработки реактивной мощности батареей. При снижении потребляемой мощности ток в сети уменьшается, что регистрируется блоком управления, который поочередно выводит из работы ту или иную группу конденсаторных банок путем прекращения подачи отпирающего тока на управляющие электроды коммутирующих пар тиристоров.

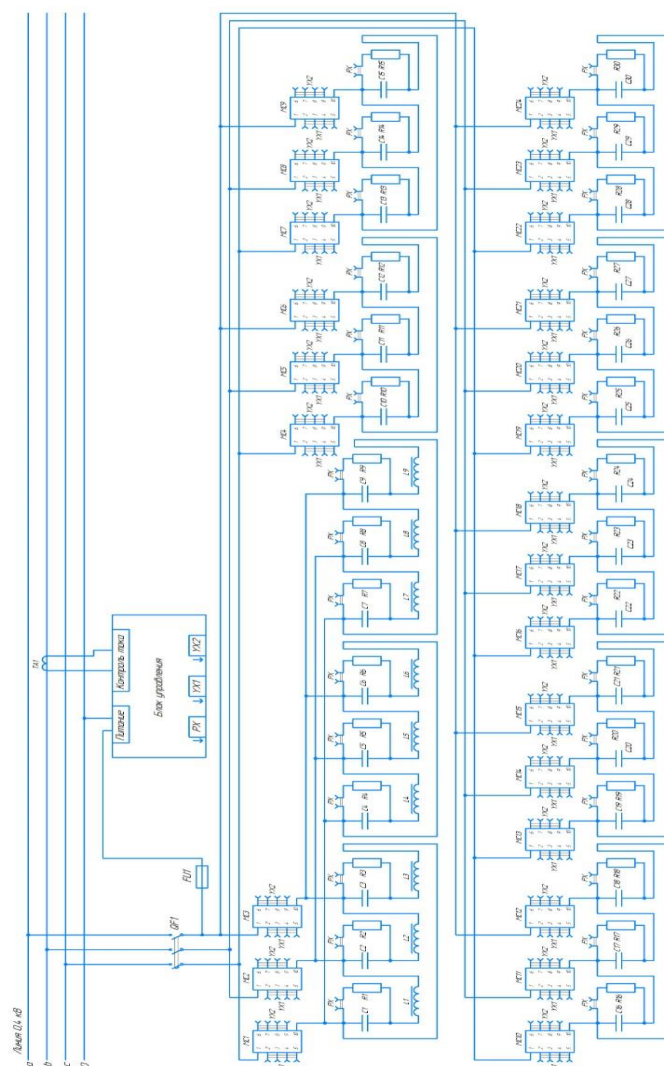


Рисунок 1- Принципиальная схема фильтро-компенсирующего устройства

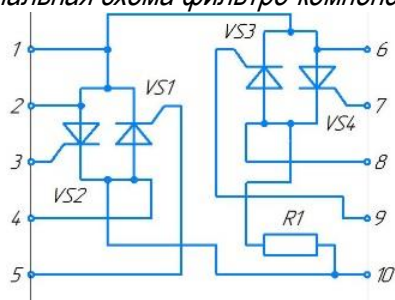


Рисунок 2- Блок коммутации МС

Постоянно включенные в работу группы конденсаторных банок с подключенными последовательно с конденсаторами дросселями являются соединенными по схеме «треугольник» последовательными колебательными контурами, которые имеют резонансную частоту, равную частоте той или иной гармоники, и поэтому представляют для соответствующих гармоник низкое сопротивление и, по сути,

шунтируют их, не позволяя циркулировать далее в сети.

Все конденсаторы в момент выключения той или иной группы конденсаторных банок из работы замыкаются релейными нормально замкнутыми контактами на резисторы с небольшим сопротивлением. Это необходимо для снятия остаточного заряда на конденсаторах с целью устранения возможности приложения

двойного напряжения сети к коммутирующим элементам в момент повторного включения и обеспечения безопасности обслуживающего персонала при осуществлении ремонта.

Параллельно основным коммутирующим парам тиристоров подключены дополнительные пары тиристоров, которые осуществляют коммутацию групп конденсаторных банок через токоограничивающие резисторы. Данные пары тиристоров открываются по сигналу от блока управления перед включением основных и выводятся из работы сразу же, как только основные пары тиристоров отпираются с некоторой небольшой задержкой времени. Это необходимо для снижения скачка тока (пускового тока) в момент подключения незаряженных конденсаторов к сети.

Конденсаторная батарея защищается от перегрузок и коротких замыканий трехполюсным автоматическим выключателем. Для защиты блока управления, включенного в фазное напряжение, служит предохранитель, установленный после автоматического выключателя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Железко, Ю.С. Расчет, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях. - М.: НУ ЭНАС, 2002. - 280с.
2. Красник, В. В. 101 способ хищения электроэнергии. - М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2005. - 112 с.
3. Ерошенко, Г.П. Специальные требования к электронагревательным установкам для систем микроклимата/Г.П. Ерошенко, И.Ю. Лошкарёв, О.В. Логачева, Д.В. Ульянов, Н.В. Шевчук//Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VIII международной научно-практической

конференции/Под общ.ред. Трушкина В.А.- Саратов: ООО «ЦеСАин», 2017. С. 86-89.

4. Лошкарёв, И.Ю. Система проведения диагностики электрооборудования с помощью средств неразрушающего контроля/ И.Ю. Лошкарёв, А.Н. Кондрашов// Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы IX международной научно-практической конференции / Под общ.ред. Трушкина В.А.– Саратов, 2018: С.123-124.

5. Лошкарёв, И.Ю. Стратегии технического обслуживания и ремонта асинхронных двигателей/И.Ю. Лошкарёв, О.В. Логачева, А.В. Волгин //Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VIII международной научно-практической конференции/Под общ.ред. Трушкина В.А.- Саратов: ООО «ЦеСАин», 2017. С. 162-165.

6. Лошкарёв, И.Ю. Энергосбережение в системе освещения в сельскохозяйственных и складских помещениях/ И.Ю. Лошкарёв, И.В. Шестаков, О.В. Малецкий, В.И. Лошкарёв, Д.С. Куртмамбетов//Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы IX международной научно-практической конференции/Под общ.ред. Трушкина В.А. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2018. – С.106-109 .

7. Ербаева, Н.Б. Автономная система электроснабжения с помощью солнечных панелей для электрического освещения территории университета/ Н.Б. Ербаева, Р.Р.Файзуллин, А.В. Салдырин.Е.Т. Ербаев. И.Ю. Лошкарёв. В.И. Лошкарёв // Актуальные проблемы энергетики АПК материалы VII международной научно-практической конференции. Под общей редакцией Трушкина В.А.. 2016. С. 57-62.

8. Ербаева, Н.Б. Управление потоками энергии разной мощности в автономной системе электроснабжения ветро-дизельной установке/ Н.Б. Ербаева, Р.Р.Файзуллин, А.В. Салдырин.Е.Т. Ербаев. И.Ю. Лошкарёв. В.И. Лошкарёв //Актуальные проблемы энергетики АПК материалы VII международной научно-практической конференции. Под общей редакцией Трушкина В.А.. 2016. С. 52-56.

9. Лошкарёв, И.Ю. Оценка возможности применения возобновляемых источников энергии в Александрово-Гайском районе Саратовской области/ И.Ю. Лошкарёв, А.П. Клепиков, В.И. Лошкарёв//Актуальные проблемы энергетики АПК VI Международная научно-практическая конференция. Под общей редакцией Трушкина В.А.. 2015. С. 139-144.

10. Широбокова, Т.А. Методика оценки параметров светодиодного освещения в животноводческих помещениях/ Т.А. Широбокова, И.Ю.Лошкарёв, Н.Н.Белова// Известия Международной академии аграрного образования. 2018. № 43. С. 47-50.

11. Ерошенко, Г.П. Рациональные варианты теплоснабжения животноводческих помещений/ Г.П. Ерошенко, И.Ю. Лошкарёв// Научное обозрение, 2017, №3, С. 38-46.

К.А. Глухов

Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова,
г. Саратов

ОСОБЕННОСТИ ЦИРКУЛЯЦИИ ВНУТРЕННЕГО ВОЗДУХА В ТЕПЛИЦЕ

***Аннотация.** В настоящей статье рассмотрены аспекты эффективности дестратификатора в теплице, который обеспечивает распределение свежего воздуха, однородную температуру и уровень влажности в помещении.*

***Ключевые слова:** дестратификация, влажность, движение воздуха, разность температур, продолжительность, теплица, отопление, экономия электроэнергии.*

Вопросы рационального использования тепловой энергии для отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха особенно актуальны в условиях постоянного роста стоимости топлива. До 40% от общего расхода энергии потребляется в зданиях. Этот показатель является самым большим среди потребителей энергии. Очевидно, что здания больших объемов являются основными потребителями энергии и наиболее привлекательными с точки зрения ее экономии. Характерными представителями такого вида зданий являются промышленные теплицы, которые характеризуются большим соотношением между площадью пола и высотой помещений. Наряду с устройством систем отопления и вентиляции, в них целесообразна дестратификация воздуха [1].

Дестратификаторы являются устройствами, которые помогают улучшить циркуляцию внутреннего воздуха, следовательно, снижают концентрацию

вредных веществ в помещении [2]. Дестратификаторы обеспечивают уменьшение расходов тепловой энергии за счет перемещения более нагретого воздуха из-под потолка в рабочую зону.

Традиционный способ работы дестратификации заключается в уменьшении разности температур воздуха, находящегося под потолком и в рабочей зоне. Определена область применения дестратификаторов, предусматриваемая их мощность, минимальное время, необходимое для заданного объема воздуха, расчеты по определению экономии электроэнергии.

На процент уменьшения тепловой нагрузки отапливаемого помещения влияют геометрические размеры, высота расположения отопительного оборудования, и величина теплопотерь, но определяющим фактором является высота расположения «виртуального потолка».

Дестратификатором является верхняя часть теплицы (рис. 1).

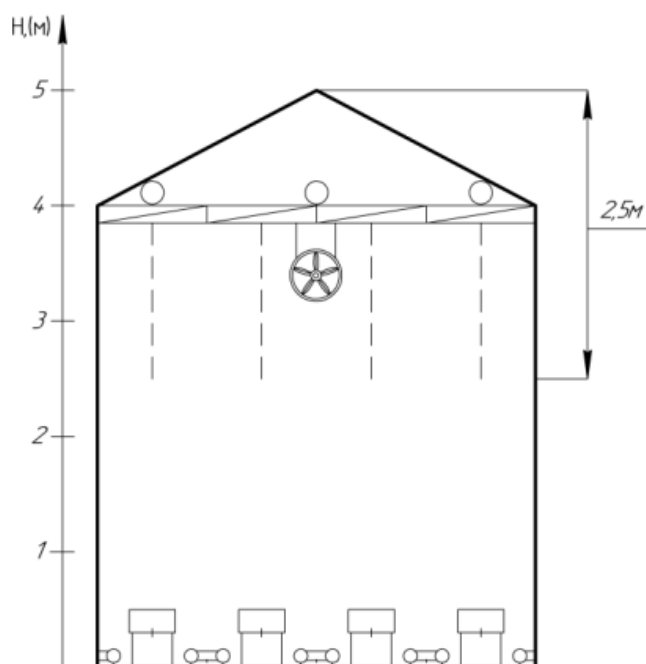


Рисунок 1 – Распределение вентиляторов в теплице. H-высота теплицы.

Значение давления воздуха нижней зоны представляет собой график, имеющий максимумы в местах расположения труб отопления и посередине зоны совместного влияния. Относительно верхней зоны наблюдаются максимальные значения давления непосредственно под трубами отопления. Однако в промежутке между ними на графике давлений вместо максимума будет иметь место минимум. Вследствие этого на данном участке возможно образование мест перетока воздуха из нижней зоны в верхнюю. Наличие данных мест зависит от расстояния между трубами, геометрических характеристик помещения, тепловой нагрузки системы отопления, а также кратности воздухообмена в помещении. Характер движения воздуха в этом районе является крайне неустойчивым, что может оказать негативное влияние на образование «виртуального потолка». Его расчет осуществляется при помощи компьютерного моделирования, на основе расчета эпюр давлений восходящих

конвективных потоков, а также конвективных потоков труб отопления [3].

Таким образом, применение дестратификаторов воздуха должно обеспечить устойчивость воздушного режима в области «виртуального потолка» и регулировку отапливаемого объема. Иначе эффективность дестратификации сведется к минимуму.

Проектирование должно осуществляться в три этапа:

- определение мест расположения дестратификаторов. Они должны быть установлены над зоной отопления.
- определение высоты расположения плоскости «виртуального потолка». Эта величина зависит от тепловой мощности системы отопления, высоты помещения, тепловых процессов, которые имеют в нем место.
- расчет производительности дестратификаторов воздуха. Задачей этого этапа является подбор необходимых типоразмеров дестратификаторов, расчет пределов регулирования высоты

«виртуального потолка» в зависимости от изменения тепловой нагрузки.

Вывод

Термическая дестратификация на данный момент является передовым методом экономии тепловой энергии. Она имеет огромный потенциал и ряд преимуществ. При правильном применении способна сэкономить до 25% энергозатрат крупных предприятий, повысить

урожайность и улучшить условия труда рабочего персонала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зорина Т. Г. Формирование стратегии устойчивого энергетического развития: монография / Т. Г. Зорина. — Минск : Мисанта, 2016. — 332 с.
2. Максимов В. Ф., Вольф И. В., Винокурова Т. А. Очистка промышленных выбросов: Учебник для вузов. - М: "Лесная промышленность". 2018. - 416с.
3. <https://www.c-o-k.ru> Отраслевой журнал С.О.К., -Москва. Медиа Технолоджи, 2017 г.

УДК 631.171

Е.А. Галактионов

Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова,
г. Саратов

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ СИСТЕМА КОМПЛЕКСНОЙ ОЧИСТКИ РЕЦИРКУЛЯЦИОННОГО ВОЗДУХА ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ

Аннотация. Статья посвящена проблеме очистки воздуха в животноводческих помещениях.

Ключевые слова: микроклимат, электрофильтр, рециркуляционный воздух, электроды, межэлектродное пространство, скорость воздушного потока.

Микроклимат животноводческих помещений определяется комплексом физических факторов (влажность, температура, скорость движения воздуха, атмосферное давление, солнечная радиация, освещенность и др.), газовым составом воздуха (углекислый газ, сероводород, аммиак, кислород и др.), количеством взвешенных частиц пыли, аэрозоля, а также наличием микроорганизмов, бактерий и вирусов. На формирование микроклимата в животноводческих помещениях большое влияние оказывают уровень воздухообмена, качество отопления и вентиляции.

В результате неудовлетворительного состояния микроклимата осенью, зимой и ранней весной фермерские хозяйства несут большие потери от снижения технологических показателей животно-

водства (привесы, воспроизводственная способность, падеж), а также от увеличения затрат кормов на производство единицы продукции, снижения ее качества.

Установлено, что высокопродуктивные животные более чувствительны к изменениям микроклимата, чем низкопродуктивные. Основные причины неудовлетворительного качества микроклимата в помещениях - низкая степень теплозащиты несущих и ограждающих конструкций, анти-санитарные условия содержания животных, а также недостаточный уровень воздухообмена.

Зимой в таких помещениях неблагоприятные условия создаются вследствие низкой температуры и высокой влажности воздуха, сырости стен, потолков, повышающих отдачу тепла телом животных и способствующих их охлаждению, снижению иммунитета. Летом

высокая температура и влажность в помещениях обуславливают перегрев животных и снижение их продуктивности. При несоблюдении правил эксплуатации помещений, недостаточной кратности воздухообмена в воздушной среде повышается влажность, концентрация вредных газов (аммиак, сероводород, кишечные газы, углекислый газ), снижается степень ионизации воздуха и содержание в нем легких отрицательных аэроионов, что в комплексе негативно влияет на здоровье животных и самочувствие обслуживающего персонала.

В связи с вышеперечисленными факторами обеспечению нормируемого (определенного нормами технологического проектирования) микроклимата, своевременному удалению из воздушной среды помещения образующихся в нем вредных веществ должно быть уделено серьезное внимание.

В действующих нормативных документах не содержится требований к рециркуляционному воздуху с точки зрения предельно допустимая концентрация вредных газов. Рециркуляция воздуха допускается в помещениях с выделением веществ 3 и 4 классов опасности, а также веществ 1 и 2 классов опасности, если эти вещества не являются определяющими при расчете расхода приточного воздуха.

Нормативными документами регламентируется также содержание пылевых частиц размером не более 10 мкм и вредных веществ в приточном воздухе – не более 30 % предельно допустимой концентрации.

Соответственно, возможный объем подаваемого в помещение рециркуляционного воздуха должен быть таким, чтобы содержание каждого вредного вещества в воздушной среде помещения в любой момент времени не превышало ПДК.

Объем используемого рециркуляционного воздуха совместно с необходимой эффективностью его очистки определяется в зависимости от параметров помещения, кратности воздухообмена, количества, возраста и массы содержащихся в нем животных, технологических способов содержания животных и др.

Степень очистки газа в электрофилт্রে можно определить теоретически, если в известной степени идеализировать условия работы электрофилтра, считая, что пыль однородна, ее распределение в поперечном сечении равномерно, скорость дрейфа частиц и скорость газа неизменны, вторичный унос и присосы воздуха отсутствуют.

Для электрофилтров коэффициент эффективности очистки может быть представлен в обобщенном виде (1), называемом уравнением Дейча:

$$\eta = 1 - e^{(-wf)} \quad (1)$$

где f - удельная поверхность осаждения, т.е. поверхность осадительных электродов, приходящаяся на 1 м³/с очищаемого газа, w - скорость дрейфа частицы, м/с.

Изменение показателя wf при постоянной скорости дрейфа прямо пропорционально изменению размеров электрофилтра.

Расчет конструктивных и технологических параметров электрофилтра - задача многофакторная. С одной стороны, известны исходные значения концентраций пыли ($C_{\text{пыль}}$) микроорганизмов ($C_{\text{мкр}}$) и вредных газов ($C_{\text{газ}}$) в животноводческом помещении. С другой – необходимо рассчитать параметры установки так, чтобы обеспечивалась необходимая степень очистки воздуха при требуемой кратности воздухообмена и скорости воздушного потока, проходящего через электрофилтр.

Процесс электроочистки воздуха от частиц пыли и аэрозоля можно условно разделить на следующие этапы:

- зарядка взвешенных в воздухе частиц;
- движение заряженных частиц к осадительным электродам;
- осаждение частиц на осадительных электродах;
- удаление уловленных частиц с осадительных электродов.

Зарядка пылевых и аэрозольных частиц в поле коронного разряда происходит в результате адсорбции ионов на поверхности частиц при прохождении через электрофильтр загрязненного газового потока. В результате зарядки частицы получают ускорение, направленное в сторону осадительного электрода. Столкновение ионов газа с взвешенными частицами определяется двумя механизмами: а) движением ионов по силовым линиям под действием сил электрического поля («ударная» зарядка); б) тепловым (броуновским) движением ионов газа, частиц пыли и аэрозоля («диффузионная» зарядка).

При ударной зарядке главную роль играют напряженность электрического поля, суммарная площадь поверхности взвешенных частиц, их диэлектрические свойства, а при диффузионной зарядке частиц определяющими факторами являются число ионов, их подвижность (которая зависит от температуры), а также время протекания этого процесса.

Поэтому механизм ударной зарядки является определяющим при зарядке крупных частиц размером более 1 мкм, а диффузионная зарядка имеет наибольшее значение для зарядки мелких частиц размером менее 0,2 мкм. Для частиц промежуточных размеров действуют оба механизма зарядки.

Рациональное соотношение между межэлектродным расстоянием h и расстоянием между коронирующими электродами d составляет:

$$\frac{d}{h} = 1,9 \dots 2,1 \text{ мм} \quad (2)$$

В свою очередь, оптимальное значение d равно 52 мм [1]. Таким образом, значение межэлектродного расстояния h составляет 24,76...27,36 мм.

Напряженность электрического поля для первой и второй ступени определяется по формуле 3:

$$E = - \frac{d\varphi}{dS} \quad (3)$$

где $\partial\varphi$ – разность потенциалов между двумя точками, В;

∂S – расстояние между этими точками, м.

При известном значении напряженности электрического поля по формуле 4 рассчитывается скорость дрейфа заряженных частиц.

$$W = 0,059 * \frac{10^{-10} E^2 \delta}{\mu} \quad (4)$$

Активная длина осадительных электродов определяется по формуле (5):

$$l = \frac{\frac{1}{2}\sqrt{2Rb-b^2} - \sqrt{R^2 - \frac{2Rb-b^2}{4} + 2\pi R^2 \frac{90 - \arccos \frac{R-b}{R}}{360}}}{R-b} \quad (5)$$

где R – радиус осадительного электрода, м;

b – глубина фиксации осадительного электрода в верхнюю изоляционную плиту.

Скорость воздушного потока, проходящего через электрофильтр, определится по формуле 6:

$$u = \frac{L}{S}, \quad (6)$$

где L – подача вентилятора, м³/ч.;

S – площадь входного отверстия, м².

Начальное значение скорости воздушного потока задается, исходя из объема помещения и требуемой кратности воздухообмена.

Конструкция электрофильтра приведена на рисунке 1.

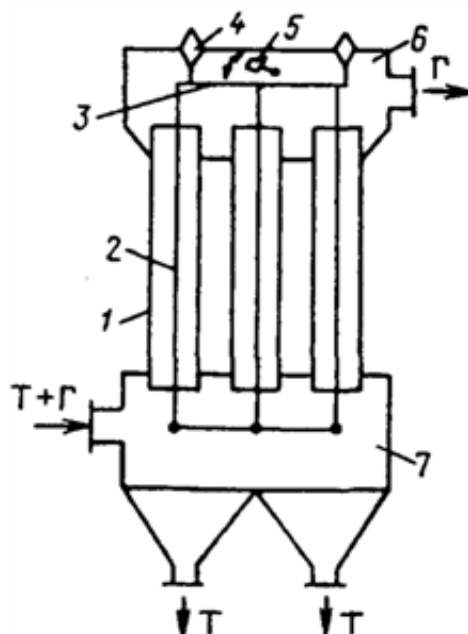


Рисунок 1 – Конструкция электрофильтра:

1 – осадительный электрод;

2 – коронирующий электрод;

3 – рама;

4 – высоковольтный изолятор;

5 – встряхивающее устройство;

6 – верхняя камера;

7 – сборник пыли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дмитриев А.А. Энергоэффективная система комплексной очистки рециркуляционного воздуха животноводческих помещений. /Автореферат.-Тюмень.2015.

2. Баланин В.И. Микроклимат животноводческих зданий/ Издательство «ПРОФИКС», Санкт-Петербург, 2003г.С.15-18.

3. Мартынов В.М., Габидуллин И.Р. О целесообразности применения принудительной вентиляции животноводческих помещений для условий Башкирии/ Наука молодых – инновационному развитию АПК. Уфа, Башкирский ГАУ, – часть 2.–2015г.С.53-58.

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

5. Трушкин В.А., Спиридонов А.А., Иванкина Ю.В. Оценка надежности электрических систем в условиях эксплуатации // Аграрный научный журнал. 2015. № 5. С. 55-58.

УДК 621.314

О.В. Григораш, О.Я. Ивановский, А.С. Туаев

Кубанский государственный аграрный университет
имени И.Т. Трубилина, г. Краснодар

ОСОБЕННОСТИ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТАТИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Аннотация. Раскрываются особенности включения на параллельную работу статических преобразователей электроэнергии постоянного и переменного тока.

Ключевые слова: автономные системы электроснабжения, выпрямитель, конвертор, инвертор, преобразователей частоты.

В настоящее время в составе автономных системы электроснабжения (АСЭ) разные типы источников электроэнергии, генерирующие напряжение переменного и постоянного тока, в том числе возобновляемые источники энергии (ВИЭ): солнечные фотоэлектрические и ветроэнергетические установки. Для согласования параметров источников с потребителями электроэнергии в составе АСЭ применяются статические преобразователи электроэнергии (СПЭ): переменного и постоянного тока. Преобразователи переменного тока – выпрямители и преобразователи частоты, а постоянного тока – инверторы и конверторы [1, 2].

Для резервирования работы, а также, при необходимости наращивания выходной мощности СПЭ актуальной является задача обеспечения их параллельной работы. Кроме того, практика эксплуатации СПЭ показала, что с экономической точки зрения не всегда целесообразно применять мощный преобразователь, более выгодно использовать менее мощные преобразователи, но с возможностью включения их на параллельную работу [3].

Важным требованием при параллельной работе СПЭ является обеспечение необходимого качества параметров электроэнергии на выходных шинах АСЭ. Это требование обуславливает включение в состав АСЭ дополнительных автоматических устройств управления и защиты.

Система автоматики значительно проще при организации параллельной работы выпрямителей и конверторов, чем для преобразователей частоты, включая

преобразователи с звеном повышенной частоты и непосредственные преобразователи частоты, и инверторов, поскольку ее обеспечение связано с регулированием одного выходного параметра СПЭ – среднего значения напряжения постоянного тока. Включение на параллельную работу преобразователей частоты и инверторов связано с регулированием не только амплитуды напряжения и его синхронизации, но и частоты тока, что требует гораздо сложнее устройства автоматического включения на параллельную работу.

Сегодня известны три вида параллельной работы СПЭ на общие шины:

1) с разной мощностью преобразователей при условии, что мощность потребителей электроэнергии не превышает мощность одного преобразователя;

2) при равных мощностях преобразователей, при этом суммарная мощность потребителей электроэнергии не должна превышать суммарную мощность преобразователей (как правило, не более 80 % от общей мощности преобразователей;

3) с произвольным распределением мощности нагрузки между преобразователями, но с ограничением загрузки каждого из них на уровне номинальной мощности.

Для обеспечения параллельной работы СПЭ с выходным напряжением постоянного тока (выпрямители, конверторы) необходимо выполнять следующие условия:

– напряжение на выходе преобразователей должно быть одинаково,

если не выполняется это условие, то всю нагрузку берёт на себя преобразователь, у которого больше выходное напряжение;

– преобразователи должны иметь примерно одинаковую мощность, если преобразователи имеют разную мощность, то преобразователь с меньшей мощностью будет работать с перегрузкой;

– схемы выпрямителей, в том числе, выпрямителя конвертора, должны иметь одинаковое число пульсаций выпрямленного напряжения. Применение схем выпрямителей с разным количеством пульсаций выходного напряжения приводит к появлению уравнивающих токов.

Сегодня известны два основных метода обеспечивающие параллельную работу инверторов и преобразователей частоты – прямая импульсная синхронизация и метод фазовой настройки частоты. Эти методы основаны на синхронизации работы задающих генераторов преобразователей

электроэнергии, выполняющих функции опорных сигналов.

Развитие цифровой техники способствует улучшению характеристик автоматических систем управления, в том числе систем, обеспечивающих параллельную работу СПЭ, но принципы включения их на параллельную работу не изменяются [1].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Григораш О.В. Статические преобразователи и стабилизаторы автономных систем электроснабжения / О.В. Григораш, Ю.П. Степура, А.Е. Усков – Краснодар. – 2011. – 188 с.
2. Атрощенко В.А. Оценка эффективности и выбор оптимальной структуры систем автономного электроснабжения / В.А. Атрощенко, О.В. Григораш, В.В. Семякин, В.В. Ланчу // Промышленная энергетика. – 1997. – № 6. – С. 24–27.
3. Усков А.Е. Статические преобразователи электроэнергии с улучшенными эксплуатационно-техническими характеристиками / А.Е. Усков, П.Г. Корзенков, А.П. Донсков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 97. – С. 263–273.

УДК 621.314

О.В. Григораш, А.С. Туаев, О.Я. Ивановский

Кубанский государственный аграрный университет
имени И.Т. Трубилина, г. Краснодар

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Аннотация. Раскрываются причины возникновения электромагнитных помех и направления решения проблемы электромагнитной совместимости функциональных элементов автономных систем электроснабжения.

Ключевые слова: автономные системы электроснабжения, статический преобразователь электроэнергии, электромагнитная совместимость.

Широкое использование статических преобразователей электроэнергии (СПЭ) в автономных системах электроснабжения (АСЭ) привело к появлению одной из серьезных проблем – электромагнитной

совместимостью основных функциональных элементов системы [1].

Проблема состоит в том, что принцип работы СПЭ (выпрямители, инверторы, преобразователи частоты) неблагоприятно влияет на их источники и потребители

электроэнергии – коммутация силовых электронных (полупроводниковых) приборов, приводит к скачкообразным изменениям напряжения и тока на входе и выходе преобразователей электроэнергии. Скачкообразные изменения напряжения и токов приводят к появлению электромагнитных помех, которые распространяются не только по электрическим цепям, но и в пространстве. Степень влияния электромагнитных помех на функциональные элементы АСЭ различная и может приводить к сбоям работы как локальных так и центральной систем управления и защиты в целом.

Уровень электромагнитных помех в основном определяется мощностью преобразователя и величиной коммутирующего напряжения и тока.

В общем случае под электромагнитной совместимостью понимают способность основных функциональных элементов системы (источников, преобразователей, стабилизаторов и потребителей электроэнергии) работать совместно так, чтобы дестабилизирующие факторы, возникающие при такой работе, не приводили к недопустимому снижению показателей АСЭ, прежде всего, таких как показатели качества и потерь электроэнергии [1].

Определив электромагнитные помехи на входе и выходе СПЭ, можно обеспечить электромагнитную совместимость основных функциональных элементов АСЭ.

Решение проблемы электромагнитной совместимости должно начинаться со спектрального анализа напряжения и тока на входе и выходе СПЭ во всех режимах функционирования АСЭ, в том числе, изменения величины и характера нагрузки, т. е. полного исследования электромагнитных процессов, протекающих в силовых электрических цепях системы.

Эффективным средством решения проблемы электромагнитной совместимости является математическое моделирование физических процессов, протекающих между отдельными функциональными элементами и АСЭ в комплексе. Здесь точность расчетов, как правило, зависит от точности выбора параметров электрической схемы замещения и выбранного метода расчета системы дифференциальных и алгебраических уравнений. Полученные динамические (временные) характеристики токов и напряжений на элементах схемы замещения, а также их гармонический состав, во всех режимах функционирования АСЭ, позволяют оценить длительность переходных процессов, амплитудные значения токов и напряжений и разработать рекомендации по проектированию силовой части СПЭ, включая выбор параметров входных и выходных их фильтров [2].

С учетом требований потребителей к качеству электроэнергии и результатов математического моделирования проводится оптимизация структуры и параметров основных функциональных элементов АСЭ [3, 4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Григораш О.В. Статические преобразователи электроэнергии / О.В. Григораш, О.В. Новокрещенов, А.А. Хамула и др. – Краснодар. – 2006. – 264 с.
2. Григораш О.В. К вопросу электромагнитной совместимости основных узлов систем автономного электроснабжения / О.В. Григораш, А.В. Дацко, С.В. Мелехов // Промышленная энергетика. – 2001. – № 2. – С. 44–47.
3. Атрощенко В.А. Оценка эффективности и выбор оптимальной структуры систем автономного электроснабжения / В.А. Атрощенко, О.В. Григораш, В.В. Семякин, В.В. Ланчу // Промышленная энергетика. – 1997. – № 6. – С. 24–27.
4. Григораш О.В. Выбор оптимальной структуры систем автономного электроснабжения / О.В. Григораш, С.А. Симанков, А.М. Передистый и др. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2007. – № 8. – С. 31–33.

В. С. Демидов

Самарский государственный технический университет, г. Самара

ВЕРИФИКАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ ИСТЕЧЕНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ДЫМОВОЙ ТРУБЫ В УСЛОВИЯ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

***Аннотация.** В данной статье была произведена верификация компьютерной модели истечения загрязняющих веществ из дымовой трубы для жилого района города Самары. Были выполнены экспериментальные измерения концентраций загрязняющих веществ с помощью газоанализатора, и рассмотрена зависимость рассеивания выбросов от скорости ветра, которая была измерена анемометром. Полученные значения концентраций были нанесены на график, полученные с помощью компьютерной модели.*

***Ключевые слова:** загрязнение воздуха, компьютерное моделирование, концентрация, рассеивание выбросов, газоанализатор, **анемометр**.*

На сегодняшний день в России повсеместно преобладает децентрализованное теплоснабжение. Появляется все больше котельных, расположенных вблизи жилых районов. В связи с этим, чтобы обезопасить здоровье людей появляется необходимость усиленного контроля атмосферного воздуха и исследования рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере. Ранее была предложена компьютерная модель распространения дымовых газов в атмосфере для жилого района г. Самары «Волгарь» [4]. Данная работа посвящена верификации этой модели.

Компьютерная модель

Создание компьютерной модели осуществлялось в несколько этапов. На первом этапе в программе AutoCAD была построена геометрия модели жилого квартала. Далее были заданы параметры объекта и нанесена сетка.

Следующим этапом создавалась математическая модель, были заданы переменные, свойства слоев, граничные условия. Затем произведено решение для нестационарного и стационарного режимов. Подробное описание алгоритма приведено в предыдущем исследовании [4].

На основании ранее разработанного алгоритма была получена модель рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере при разных скоростях ветра. В этой модели проведены плоскости, на которых можно видеть значения концентраций веществ в воздухе. (Рис. 1).

С помощью данной модели и ПДК[2] был построен график содержания СО в атмосферном воздухе (Рис.2.)

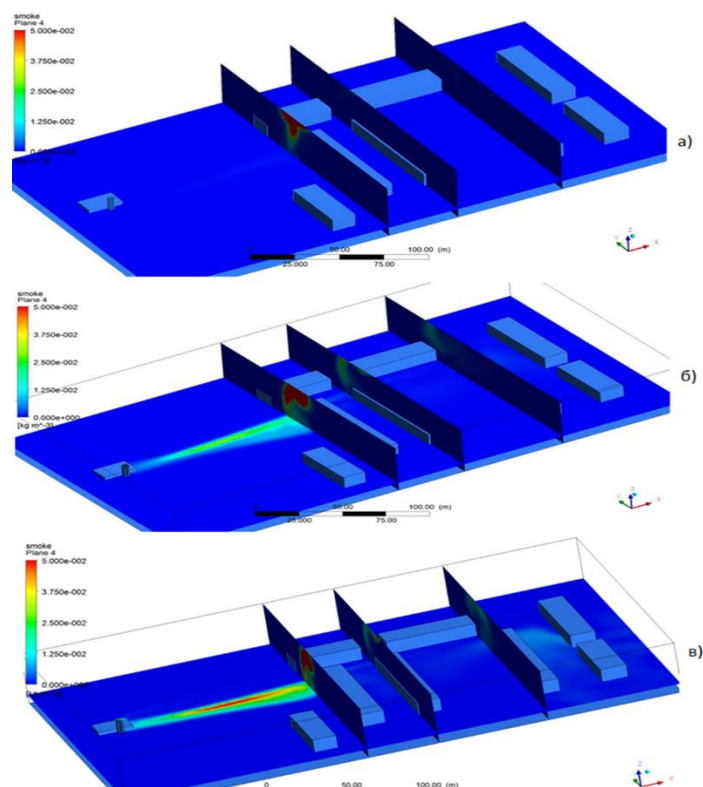


Рисунок 1. Плоскости для концентрации $0,05 \text{ кг/м}^3$ при разных скоростях
 а) Плоскости для концентрации $0,05 \text{ кг/м}^3$ при скорости ветра 1 м/с
 б) Плоскости для концентрации $0,05 \text{ кг/м}^3$ при скорости ветра 5 м/с
 в) Плоскости для концентрации $0,05 \text{ кг/м}^3$ при скорости ветра 10 м/с .

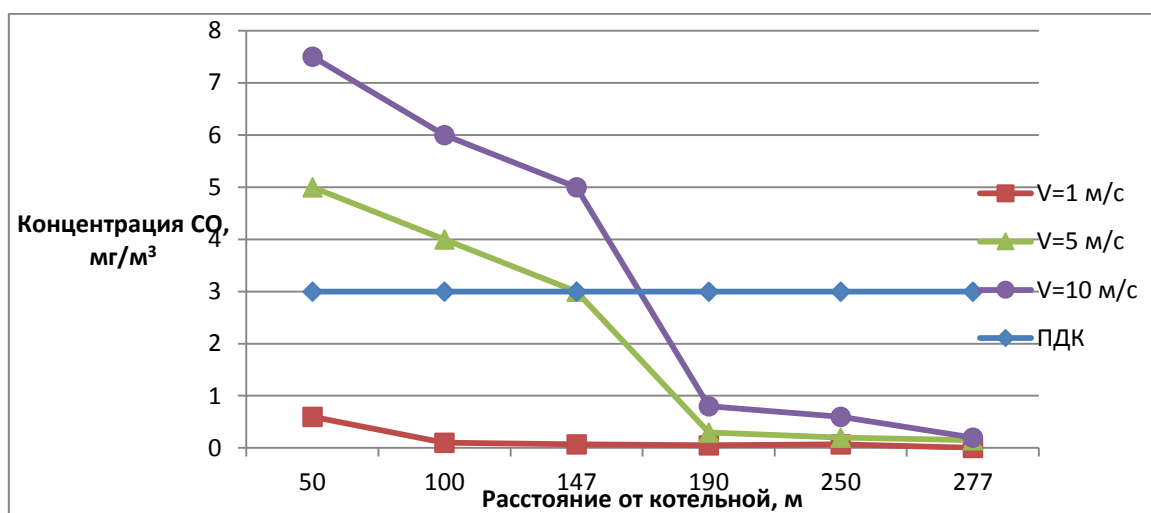


Рисунок 2. График концентрации СО в атмосфере

Верификация модели

Для проведения замеров на местности и дальнейшего исследования рассеивания дымовых газов в атмосфере нужно 2 прибора: анемометр – для измерения скорости ветра; газоанализатор – для измерения концентрация СО.

Карманный анемометр и газоанализатор изображены на рисунке 3.



Рисунок 3. Карманный анемометр и газоанализатор

Принцип его действия карманного анемометра прост: ветер вращает крыльчатку, и значение скорости показывается на дисплее[1].

Газоанализатор testo 340 позволяет точно и быстро осуществлять измерение выбросов на промышленных топливосжигающих системах. В прибор может быть одновременно установлено до 4-х газовых сенсоров, и подключен широкий спектр зондов отбора пробы дымовых газов. Таким образом, устройство может быть оптимизировано под любую сферу применения[5].

Анализ дымовых газов в ходе тепловых технологических процессов включает контроль выбросов загрязняющих веществ и мониторинг текущих параметров процессов. Измерения направлены на оптимизацию работы топливосжигающих установок. Анализаторы дымовых газов помогают определить максимально эффективный режим работы систем и экономить топливо. В то же время Вы можете с легкостью контролировать соответствие измеренных значений установленным предельно допустимым

концентрациям, а также тестировать стационарные устройства контроля выбросов. Анализаторы дымовых газов все чаще используются для мониторинга технологических процессов и гарантии качества промышленного производства[3].

Результаты и их обсуждение

С помощью данных приборов были проведены замеры на местности и получены значения концентраций. Нанеся эти значения на график, построенный с помощью модели, был получен следующий график (рис.4)

Отклонение экспериментальных результатов от теоретических связано с погрешностью при замере скорости ветра и концентраций загрязняющих веществ. Так же это связано с упрощениями, допущенными в компьютерной модели, такими, значение атмосферного давления и температуры воздуха и неточным заданием начальных условий модели. Вместе с тем, четко наблюдается совпадение общего характера экспериментальной и теоретической зависимостей.

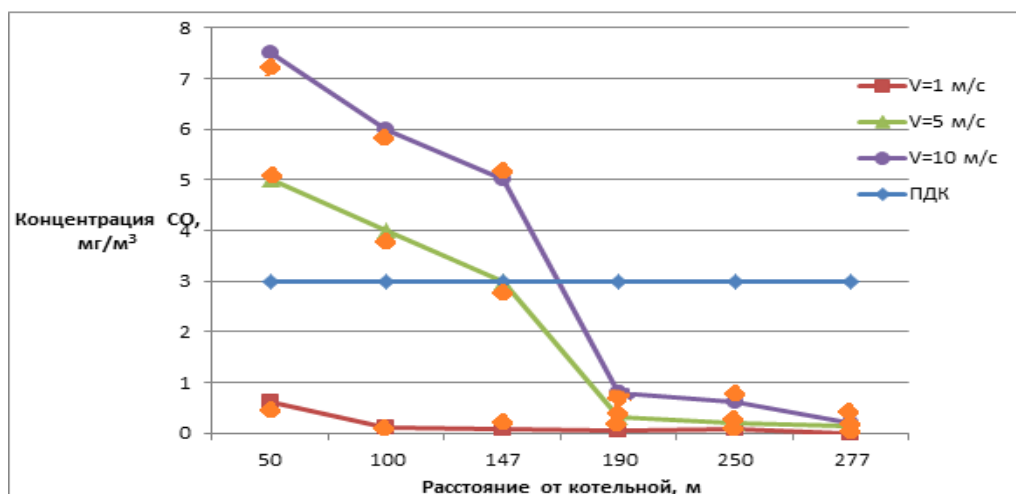


Рисунок 4. Измеренные концентрации CO

Заключение

Полученные результаты наглядно демонстрируют достоверность созданной компьютерной модели рассеивания дымовых газов от точечных источников, что позволяет ее использовать для дальнейших исследований.

Однако в будущем стоит уменьшить количество допущений в модели и применять измерительную технику с меньшими погрешностями, чтобы получать более точные результаты.

Список литературы

1. Анемометр: 145 разновидностей устройств и правильный выбор прибора [Электронный ресурс] /. — Электрон. текстовые дан. — Режим доступа: <http://zdesinstrument.ru/anemometr/#i>, свободный
2. ГН 2.1.6.3492-17 "Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений" (с изменениями на 31 мая 2018 года); 2017-22-12. — М: 2017. — 35с.
3. ГОСТ Р 50760-95 Анализаторы газов и аэрозолей для контроля атмосферного воздуха. Общие технические условия; 1996-07-01. — Москва: Издательство стандартов, 1995. — 20с.
4. Демидов В. С., Пашенко Д. И. Анализ выбросов дымовых газов от точечных источников /73-АЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ СТУДЕНТОВ И МАГИСТРАНТОВ САМГТУ «ДНИ НАУКИ-2018» 162-171
5. Описание средства измерений testo 340, 2011. - 6с.

УДК 631.365.314

И.П. Деревякин

Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова,
г. Саратова

Мобильная электроизгородь с независимым питанием

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы повышения эффективности использования летних пастбищ и равномерного использования зеленой массы животными путем использования электроизгороди с питанием от независимого источника питания. Приведены требования к конструкции и структурная схема предполагаемого устройства.

Ключевые слова: электроизгородь, солнечная панель, животные, летние пастбища, разделение пастбищ.

Современное сельское хозяйство невозможно без энергетических выращивание животных без применения стационарных установок, позволяющих оперативно управлять процессами и системами обеспечения кормами и поением, микроклиматом и охраной.

Одним из элементов снижения затрат в животноводстве является использование летних пастбищ, как для племенного, так и для мясомолочных направлений. Для повышения эффективности использования летних пастбищ, контроля за поедаемой зеленой массой селекционного разведения мы предлагаем использовать электроизгородь с питанием от солнечных панелей, что дает ряд дополнительных преимуществ в мобильности устройства и энергоэффективности.

Электрическая изгородь представляет собой проводник (провода) без изоляции, подвешенный на деревянных, металлических или пластиковых стойках с изоляторами. Высоту подвеса и расстояние между стойками выбирают в зависимости от вида животных.

Преимущества использования электроизгороди:

- низкая стоимость по сравнению с капитальной изгородью (на 70% дешевле);
- увеличение количества поедаемой зеленой массы на 25 – 30%;
- снижение потребности в пастбищах до 2 – 2,5 Га на одну корову с телятами;
- при двухрядном натяжении проволоки на 100 га пастбища расходуется до 50 кг. провода из расчета стоимости 1м / 1руб;
- быстрое и простое изготовление изгороди, различные конфигурации;
- возможность разделить пастбище на отдельные участки, улучшить контроль количества животных в любой части пастбища, контролировать стравливание пастбища;

- рациональное использование пастбища в период его медленного прироста;

- независимость от человеческого фактора (отсутствие необходимости нанимать пастуха, контролировать его, выплачивать ему вознаграждение);

- до 90% снижение ущерба от диких копытных животных сельскохозяйственным и другим культурам;

- эффективное управление стадами (например, при селекционной работе), защита важных технологических объектов от диких животных;

Предполагаемая компоновка устройства должна содержать возможность электроснабжения как от стационарной сети, так и от солнечных панелей с использованием резервной зарядкой аккумуляторных батарей от мобильного генератора, возможность быстрого монтажа и малой массой, простотой использования и монтажа.

Напряжение на неизолированных проводах электроизгороди выбирается в соответствии от шерстяного покрытия животного, и составляет от 2 до 7 кВ, потребление энергии от 4 до 80 Вт, что позволяет реализовать питание от солнечных панелей и применять аккумулятор.

Предполагаемая схема электроизгороди с независимым питанием представлена на рисунке 1.

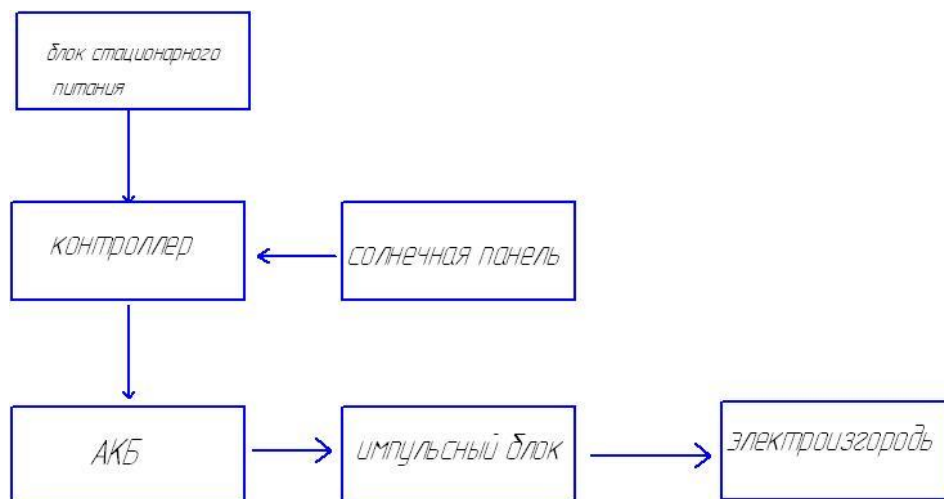


Рисунок 1 - Функциональная схема электроизгороди

Элементы схемы предположительно должны монтироваться в одном корпусе, иметь массу до 20 кг, не иметь сложных настроек при мобильном применении и использоваться для животных с высокой плотностью шерстяного покрова, при среднем уровне растительности зеленой массы.

Дальнейшие исследования будут направлены на компоновку устройства, отвечающего предъявленным требованиям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Андреева А.В. Электрическая изгородь электророботизированной фермы свободного содержания коров на культурном пастбище. Андреева УДК 621.314

А.В. Краусп В.Р. Вестник ВИЭСХ. 2015. № 3 (20). С. 89-92.

Заболотько И.В. Оборудование подогрева воды в коровнике для поения животных Заболотько И.В., Левин М.А. В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК Материалы IX международной научно-практической конференции. Под общ. ред. Трушкина В.А.. 2018. С. 40-41.

Левин М.А. Энергия ветра – как источник питания для бытовых и технических нужд. Левин М.А., Подшивалов Р.С.

В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК Материалы III Международной научно-практической конференции. Под редакцией А.В. Павлова. 2012. С. 198-201.

Левин М.А. Повышение эффективности использования роторных ветрогенераторов Левин М.А., Иванкина Ю.В. Техника и оборудование для села. 2017. № 3. С. 44-45.

Е.А. Денисенко, М.А. Попучиева, М.В. Дудкина

Кубанский государственный аграрный университет
имени И.Т. Трубилина, г. Краснодар

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОМЕХИ В транспортных СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Аннотация. Раскрываются причины возникновения электромагнитных помех в транспортных системах электроснабжения стабилизация напряжения генераторов у которых осуществляется преобразователями частоты.

Ключевые слова: транспортные системы электроснабжения, непосредственные преобразователей частоты, электромагнитные помехи.

В транспортных системах электроэнергии осуществляется электроснабжения, где привод генератора высокоскоростным двигателем, в качестве

стабилизатора параметров электроэнергии применяются непосредственные преобразователи частоты (НПЧ).

При работе НПЧ возникают электромагнитные помехи, во время коммутации силовых электронных приборов, оказывающие отрицательное влияние на работу системы управления автономного источника и потребители электроэнергии [1, 2].

Уровень электромагнитных помех существенно увеличивается при изменении частоты вращения приводного двигателя ($\pm 10\%$ от номинального значения). Из-за понижения точности определения угла управления силовыми полупроводниковыми приборами – времени сравнения опорного и ведущего сигнала системы управления.

При изменении величины нагрузки (от 50 до 100 %), а также ее характера (при колебаниях коэффициента мощности от 0,6 до 0,9), напряжение на выводах генератора может уменьшиться на 15–25 %. Стабилизатор напряжения – НПЧ восстанавливает напряжение в течение нескольких секунд. За этот промежуток времени существенно увеличиваются электромагнитные помехи, что дополнительно вносит погрешности в точности работы системы управления НПЧ.

Увеличивается уровень помех у генераторов небольшой мощности (от

единиц до нескольких десятков кВт), что приводит к ухудшению качества напряжения автономного источника электроэнергии (существенному отличию его от синусоидальной формы).

Таким образом, электрические и магнитные потери автономного генератора, работающего при случайных изменениях входных и выходных параметров, должны определяться с учетом гармонического состава его выходного напряжения, которое в большей степени определяется работой НПЧ [1].

Для улучшения качества напряжения автономного генератора на входе и выходе НПЧ должны применяться пассивные реактивные фильтры. Кроме того, опорным сигналом системы управления НПЧ должен быть сигнал синусоидальной формы [3]. Уменьшается уровень электромагнитных помех в транспортных системах электроснабжения при использовании в качестве источника электроэнергии бесконтактных генераторов и НПЧ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Григораш О.В. Статические преобразователи электроэнергии / О.В. Григораш, О.В. Новокрещенов, А.А. Хамула и др. – Краснодар. – 2006. – 264 с.
2. Григораш О.В. К вопросу электромагнитной совместимости основных узлов систем автономного электроснабжения / О.В. Григораш, А.В. Дацко, С.В. Мелехов // Промышленная энергетика. – 2001. – № 2. – С. 44–47.
3. Атрощенко В.А. Оценка эффективности и выбор оптимальной структуры систем автономного электроснабжения / В.А. Атрощенко, О.В. Григораш, В.В. Семякин, В.В. Ланчу // Промышленная энергетика. – 1997. – № 6. – С. 24–27.

УДК 621.31

М.М. Джумалиев, Л.А. Садыкова

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана
г. Уральск, Казахстан

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ТРАДИЦИОННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

***Аннотация:** в статье рассматривается понятие традиционной энергетики, выявляются характерные черты, приводится статистика по вырабатываемым мощностям. Анализируются технологические, экономические проблемы современного энергетического сектора. Дается прогноз последствий традиционной энергетики.*

Ключевые слова: традиционная энергетика, энергетические ресурсы, мощность.

Энергетика - отрасль промышленности, совокупность больших естественных и искусственных подсистем, служащих для преобразования, распределения и использования энергетических ресурсов всех видов. Её целью является обеспечение производства энергии путём преобразования первичной энергии топлива во вторичную, например, в электрическую или тепловую энергию. При этом производство энергии чаще всего происходит в несколько стадий:

- получение и концентрация энергетических ресурсов, примером может послужить добыча, переработка и обогащение ядерного топлива;
- передача ресурсов к энергетическим установкам, например, доставка мазута на тепловую электростанцию;
- преобразование с помощью электростанций первичной энергии во вторичную, например, химической энергии угля в электрическую и тепловую энергию;
- передача вторичной энергии потребителям, например, по линиям электропередачи.

Характерной чертой традиционной электроэнергетики является её давняя и хорошая освоенность, она прошла длительную проверку в разнообразных условиях эксплуатации. Основную долю электроэнергии во всём мире получают именно на традиционных электростанциях, их единичная электрическая мощность очень часто превышает 1000 МВт. Наиболее удобный вид энергии - электрическая, которая может считаться основой цивилизации. Преобразование первичной энергии в электрическую производится на электростанциях: ТЭС, ГЭС, АЭС. Производство энергии необходимого вида и снабжение ею потребителей происходит в процессе

энергетического производства, в котором можно выделить пять стадий:

1. Получение и концентрация энергетических ресурсов: добыча и обогащение топлива, концентрация напора воды с помощью гидротехнических сооружений и т.д.;

2. Передача энергетических ресурсов к установкам, преобразующим энергию; она осуществляется перевозками по суше и воде или перекачкой по трубопроводам воды, нефти, газа и т.д.;

3. Преобразование первичной энергии во вторичную, имеющую наиболее удобную для распределения и потребления в данных условиях форму (обычно в электрическую и тепловую энергию);

4. Передача и распределение преобразованной энергии;

5. Потребление энергии, осуществляемое как в той форме, в которой она доставлена потребителю, так и в преобразованной форме.

Потребителями энергии являются: промышленность, транспорт, сельское хозяйство, жилищно-коммунальное хозяйство, сфера быта и обслуживания. Если общую энергию применяемых первичных энергоресурсов принять за 100%, то полезно используемая энергия составит только 35- 40%, остальная часть теряется, причем большая часть - в виде теплоты.

Статистика

Производство электрической энергии в Казахстане осуществляют 138 электрических станций различной формы собственности. По состоянию на 01.01.2019 г. общая установленная мощность электростанций Казахстана составляет 21 901,9 МВт, располагаемая мощность — 18 894,9 МВт.

ТЭС – 90% (20% газ, менее 2% мазут, 69% уголь)

ГЭС – 9%

Альтернативная Энергия – менее 1%

Традиционная электроэнергетика делится на несколько направлений:

- тепловая энергетика
- гидроэнергетика
- атомная (ядерная энергетика)
- возобновляемая

Технологические проблемы традиционной энергетики:

- высокая доля изношенности основных фондов;

- использование устаревших технологий при производстве и транспортировке электроэнергии;

- угроза потери технологического суверенитета;

- низкие показатели энергоэффективности при производстве и транспортировке электроэнергии;

- отсутствие опыта проектирования и эксплуатации энергообъектов на основе инновационных технологий.

Экономические проблемы традиционной энергетики:

- привлекательность для инвестиций;

- недостаток средств для устранения высокой степени износа производственных фондов;

- высокие уровни тарифов на производство и транспорт электроэнергии, особенно для энергоемких потребителей;

- низкая мотивация для снижения издержек на транспорт электроэнергии;

- нерентабельность распределительных сетей в районах с низкой плотностью потребления.

Глава казахстанского правительства высказал заинтересованность в использовании немецкого опыта при создании национального законодательства, регулирующего рынок возобновляемых источников энергии.

Специалисты отмечают актуальность проблемы в развитии правовой и институциональной базы Казахстана в данной области. Так, ректор Алматинского института энергетики и связи Гумарбек Даукеев считает, что основной трудностью является отсутствие законодательной базы, поддерживающей внедрение возобновляемых источников энергии.

Даукеев Г. подтверждает: «На Джунгарских воротах длительное время обсуждался проект строительства опытно-экспериментальной станции мощностью 5 МВт. Только после 10 лет обсуждений все сдвинулось с места. Предполагается, что его реализация осуществится в ближайшие два года. Инвестируют проект Энергетический фонд и часть выделяется из бюджета Казахстана. Доктор технических наук, руководитель НИЛ «Ветроэнергетические установки из композиционных материалов» Карагандинского государственного университета им. Ш. Уалиханова Хайрулла Байшагиров отметил, что в Казахстане пока имеются отдельные группы специалистов в области ВИЭ, незамедлительное использование (финансирование) которых позволит в ближайшем будущем (2-3 года) развернуть собственное производство ветровых и солнечных установок. Для этого имеются начатые в советское время разработки, а также требующие возрождения производственные мощности. Наиболее перспективно развитие производства малых ветроустановок, так как они могут быть применены не только на 80-90 % территорий РК и сопредельных стран, но также в отдаленных и труднодоступных пунктах.

При этом Даукеев Г. прогнозирует, что в самом лучшем случае к 2030 году использование возобновляемых источников в Казахстане возрастет до 10%, а в ближайшие 5-10 лет - на 0,1%.

Директор TOO ND & Co Нурлан Джиенбаев в качестве примера приводит ту же Германию, которая, по его словам, к 2015 году переходит на 30% использования солнечной энергии, хотя находится в худших условиях (уровень солнечной активности). Так, в Германии потребитель платит 21-23 евро-цента за 1 кВт электроэнергии, но если он установит солнечную станцию, то появится возможность продать излишки выработанной электроэнергии в общую сеть, получив при этом за каждый кВт по 45 евроцентов.

Альтернативная энергетика - важная и разноплановая проблема. Одна ее сторона

в том, что не использовать возможности и ресурсы, данные природой, просто преступно, тем более в нашем, казахстанском, случае, когда сделано столь много.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Быстрицкий, Геннадий Федорович. Общая энергетика. Производство тепловой и электрической энергии : учеб. для вузов / Г. Ф. Быстрицкий, Г. Г. Гасангаджиев, В. С. Кожиченков. - 2-е изд., стер. - М. : КноРус, 2014.
2. Яншин С., Атомная и альтернативная энергетика Казахстана//АО НАК Казатомпром.- Астана, 2011.
3. Давкеев. Г. Ж. Энергетика Казахстана на современном этапе: факторы устойчивого развития –АУЭС, Алматы, 2012

УДК 621.313

С.Н. Дмитриев, К.В. Шеломанов, А.П. Моисеев, Е.В. Силантьева

Саратовский государственный аграрный университет
имени Н.И. Вавилова, г. Саратов

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ МОЛОКА ПРИМЕНЕНИЕМ УФ И ИК-ИЗЛУЧЕНИЙ

Аннотация. В настоящей статье приведены актуальная нетрадиционная электротехнология обработки молока, которая основана на использовании бактерицидных свойств УФ-излучения, при облучении молока УФ-излучением интенсивно происходит уничтожение микроорганизмов и синтез витаминов группы D.

Ключевые слова: молоко, микроорганизмы, УФ-излучение, ИК-излучение, электротехнология, бактерицидный поток, пастеризатор.

В настоящее время очистка молока от микроорганизмов и его пригодность для непосредственного употребления в пищу осуществляется тепловой обработкой. При тепловой обработке расходуется значительная часть электрической энергии. Развитие молочного производства предусматривает необходимость разработки и внедрения новых способов пастеризации, дополнительной бактерицидной обработки молока и максимального сохранения в нем биологически ценных веществ [1,2].

Одной из таких актуальных нетрадиционных электротехнологий может стать обработка молока, которая основана на использовании бактерицидных свойств УФ-излучения. При облучении молока УФ-излучением интенсивно происходит уничтожение микроорганизмов и синтез витаминов группы D. Проблема использования новых технических средств оптической электротехнологии для обработки молока требует комплексного решения, учитывающего органолептические, физико-химические и микробиологические показатели молока,

которые ранее ухудшались за счет применения озонобразующих ртутных ламп высокого давления. Появление в настоящее время безозонных амальгамных ртутных ламп низкого давления мощностью 100-300 Вт, позволило вновь вернуться к исследованию данного способа обеззараживания молока. Данной проблеме и посвящена приведенная статья [1,2].

Пастеризация молока является одним из основных процессов в молочной промышленности. Проводится она с целью уничтожения патогенной микрофлоры, а также с целью инактивации ферментных систем и создания определенных качеств готового продукта из молока. Высокотемпературные обработки молока, с использованием пара, гарантируют высокую стерильность, но при этом приводят к разрушению полезных компонентов, что в конечном итоге не благоприятно сказывается на продукте в целом [1].

Для тепловой пастеризации молока применяются пастеризаторы типа ПМР-02-ВТ с роторными нагревателями мощностью 17 кВт и производительностью 1000 л/час или с электрокотлом мощностью 25 кВт и производительностью до 2000л/час. Данное оборудование обеспечивает решение поставленных задач, но требует больших энергетических и капитальных затрат. Поэтому для снижения энергозатрат и повышения качества молочных продуктов представляется

перспективным комплексное использование УФ-излучения и ИК-пастеризатора, позволяющие снизить температуру пастеризации молока и обсемененность [1,3].

В работе [1] приведена установка ПМ-01-М, в которой используется комбинированный способ действия УФ-излучения и ИК-пастеризация, а внесение изменений в конструктивное исполнение (спиралевидная камера пастеризатора) и технологический процесс (регулирование скорости потока молока) позволит совершенствовать установки данного типа. Функциональная схема приведена на рис.1. Работает установка следующим образом. Молоко поступает в емкость 3, откуда центробежным насосом 5 продукт прокачивается через теплообменник-рекуператор 7, где перед поступлением в рабочее пространство УФ-облучателя 8 дополнительно подогревается и, пройдя тонким слоем через УФ облучатель 8, подается в спиралевидную камеру 13 ИК-пастеризатора 10, где нагревается до определенной температуры (заданной), затем насосом выдачи 12 молоко прокачивается через теплообменник-рекуператор 7, охлаждаясь в нем встречным потоком молока, поступающего на обработку. Клапан 14, в зависимости от температуры молока на выходе из рабочего пространства, направляет его в линию готового продукта или возвращает в приемную емкость 3 для повторной обработки.

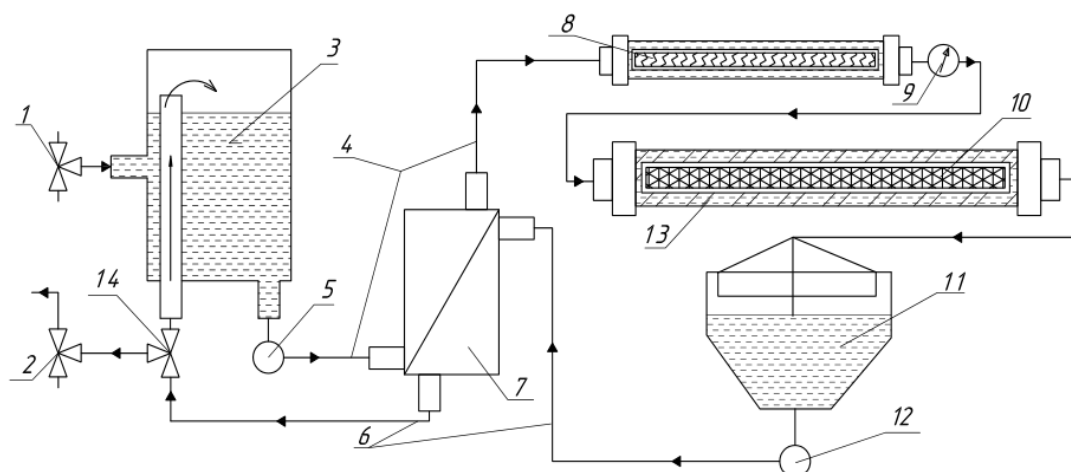


Рисунок 1. Функциональная схема установки.

1– молочный вентиль, 2– вентиль готового продукта, 3– приемная емкость, 4– трубопроводы подачи, 5– насос подачи, 6– трубопровод выдачи, 7– теплообменник, 8– УФ-излучатель, 9– регулятор расхода молока, 10– ИК-пастеризатор, 11– приемная камера, 12– насос выдачи, 13– спиралевидная камера, 14– регулировочный клапан.

Т.о. применение спиралевидной камеры ИК-пастеризатора, а также регулировка скорости подачи молока на УФ-излучатель, позволит увеличить производительность установки до 1400 л/час, а энергозатраты снизить на 20%, сохраняя качество обрабатываемого продукта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Летаев С.А. Обоснование параметров установки обеззараживания молока на фермах

ультрафиолетовым и инфракрасным излучением: автореф. дисс. ... канд. техн. наук / Летаев С.А. – Москва, ГНУ ВИЭСХ Российской академии сельскохозяйственных наук, 2012. – 21 с.

2. Моисеев, А.П. Светотехника и электротехнология: учебное пособие / А.П. Моисеев, А.В. Волгин, Л.А. Лягина. – ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ». 3-е изд. перераб. и доп. – Саратов: Амирит, 2017. – 129 с.

3. 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.

УДК 621.311.1

О.И. Долдонов, В.В. Головинов

Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донского Государственного аграрного университета, г. Зерноград, Ростовская область

К ОЦЕНКЕ КРИТЕРИЕВ БРАКОВКИ КОНТАКТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ ИНФРАКРАСНОЙ ДИАГНОСТИКЕ

Аннотация. Рассматриваются проблемные вопросы инфракрасной диагностики контактных соединений при проведении работ по их выбраковке в процессе эксплуатации.

Ключевые слова: тепловизионный контроль, электроустановка, контактные соединения, выбраковка, критерии состояния,

Выход из строя контактных соединений (КС) в высоковольтных электроустановках является актуальной на сегодняшний день проблемой. Часть электрооборудования в энергосистемах эксплуатируется на грани выработки своего нормативного срока службы или же превысило её и находится в критическом положении. Замена и ремонт устаревшего оборудования хоть и ведётся в плановом порядке, но это не снимает с повестки дня основные проблемы при эксплуатации КС, т. к. выход из строя КС приводит к большому количеству серьезных аварий на подстанциях.

Наиболее частыми причинами выхода из строя КС являются:

- превышение срока службы;
- повышенный износ, что характерно по климатическим условиям для некоторых регионов;
- токи короткого замыкания;
- ошибки персонала при сборке и проектировании КС.

При эксплуатации КС, как правило, наблюдается рост переходного сопротивления, который приводит к дополнительным потерям, а в некоторых случаях и к ухудшению качества электроэнергии. В свою очередь повышение переходного сопротивления ведет к росту температуры КС, что в конечном итоге приводит к повреждению контактного пятна, выходу из строя соединения и что немало важно может стать причиной возгорания. Помимо этого появляется дополнительный источник высших гармоник. Поэтому диагностика КС имеет первостепенное значение в плане предупреждения аварийных ситуаций на подстанциях. И наиболее объективным на данный момент методом диагностики является тепловизионный контроль.

Тепловизионный контроль в инфракрасном диапазоне это диагностический метод, с помощью которого можно своевременно выявить нарушения в нормальной работе КС, фиксируемые как продолжительный перегрев, который может привести к выходу из строя оборудования и предотвратить аварийные режимы с последующими простоями и недоотпуском электро-энергии потребителям. Практически все компоненты электрооборудования нагреваются перед отказом, а тепловизионный контроль является безопасной и экономически эффективной альтернативой для предприятий и организаций, осуществляющих технологический контроль над эксплуатацией электросетевых объектов. Это позволит лучше понять реальные условия эксплуатации, и осуществить или дополнить интеллектуальную стратегию обслуживания, что особенно важно в сложившейся тенденции к цифровизации энергетики.

Самым главным недостатком диагностики является отсутствие обоснованных критериев браковки контактных соединений. Базовым регламентирующим документом для тепловизионной диагностики является РД 153-34.0-20.363-99, который основывается либо на критерии ГОСТ 8024-90, либо на ГОСТ 13276-79. Последний основывается на браковке контактов при ускоренном старении, что актуально далеко не для всех условий.

Так для оценки критериев состояния КС может быть использована следующая расчетная формула [2]

$$T_{\text{крит.}} = \frac{2\sqrt{L}}{n \cdot \lambda \cdot S \cdot \sqrt{A}} \cdot \frac{I^2}{I_{\text{max}}} \cdot \sqrt{T_{\text{плав}}^2 - \left(\frac{A}{B}\right)^2} + \frac{B}{A},$$

в которой $A = \frac{\alpha \cdot p}{\lambda \cdot S}$ и $B = \frac{I^2 \cdot R + \alpha \cdot p \cdot T_0}{\lambda \cdot S}$,

где $T_{\text{крит}}$ – браковочная температура КС;
 L – коэффициент из закона Франца – Видемана;
 n – число отходящих от КС участков шин;
 λ – коэффициент теплопроводности;
 S – площадь поперечного сечения шины;
 I – текущий электрический ток на участке;
 I_{max} – максимальный возможный ток в данном КС;
 $T_{\text{плав}}$ – температура плавления металла покрытия или шины;
 α – коэффициент теплоотдачи с поверхности шины;
 p – периметр сечения шины;
 R – электрическое сопротивление на единицу длины;
 T_0 – температура окружающей среды.

Данный критерий опирается на хорошо изученное и многократно подтверждённое уравнение Хольма-Кольрауша и уравнения теплового баланса шины и его можно считать теоретически обоснованным [3].

Был проведен сравнительный анализ представленного критерия с требованиями действующего РД 153-34.0-20.363-99 [4].

Для расчетов были выбраны наиболее распространенные алюминиевые шины соответствующие ГОСТ 15176-89. Для примера расчета возьмем шину, параметры которой представлены в таблице. Температура окружающей среды была взята из общих соображений и равна $T_0 = 20^\circ\text{C} \approx 293^\circ\text{K}$.

Таблица 1 – Геометрические параметры и физические постоянные, необходимые для расчета браковочной температуры

Толщина шины, Н	3 мм
Ширина шины, В	10 мм
Радиус скругления шины, R	1 мм
Площадь поперечного сечения шины, S	0,29 см ²
Коэффициент теплопроводности алюминия, λ	226 Вт/(м · °K)
Экономическая плотность тока, J	1,1 А/мм ²
Электрическое сопротивление шин постоянного тока	0,0029 Ом · мм ² /м
Коэффициент из закона Франца – Видемана	$2,45 \cdot 10^{-8}$ Вт · Ом/°K ²
Номинальный ток выключателя, I _{ном}	2500 А
Номинальный ток отключения выключателя, I _{откл}	20 кА
Температура плавления алюминия, T _{плав}	931,7°K

Для расчета требуется определение периметр сечения шины:

$$p = 2(H + B) - 4 \cdot 2 \cdot R + 2 \cdot \pi \cdot R = 2(3 + 10) - 4 \cdot 2 \cdot 1 + 2 \cdot 3,14 \cdot 1 = 24,283 \text{ мм} = 0,024 \text{ м}.$$

Примем коэффициент теплоотдачи, равный 2 Вт/(м²·°K). Тогда расчетный коэффициент A будет:

$$A = \frac{\alpha \cdot p}{\lambda \cdot S} = \frac{2 \cdot 0,024}{226 \cdot 0,000029} = 7,410 \frac{1}{\text{м}^2}$$

Текущий электрический ток вычисляется через экономическую плотность тока по формуле: $I = J \cdot S = 1,1 \cdot 10^6 \cdot 0,000029 = 31,9 \text{ А}$.

Найдем электрическое сопротивление шины на единицу длины:

$$R' = \frac{\rho'}{S} = \frac{0,0029}{0,000029 \cdot 10^6} = 0,001 \frac{\text{Ом}}{\text{м}}.$$

При температуре окружающей среды $T_0 = 20^\circ\text{C}$ расчетный коэффициент B будет:

$$B = \frac{I^2 \cdot R' + \alpha \cdot p \cdot T_0}{\lambda \cdot S} = \frac{31,9^2 \cdot 0,001 + 2 \cdot 0,024 \cdot 293}{226 \cdot 0,000029} = 2326,451.$$

Принимая число отходящих шин от КС, равным 2, находится максимально возможный ток на данном КС:

$$I_{\text{max}} = \frac{I \cdot I_{\text{откл}}}{I_{\text{ном}}} = \frac{31,9 \cdot 20000}{2500} = 255 \text{ А}.$$

В итоге может быть определена браковочная температура КС по формуле:

$$T_{\text{крит.}} = \frac{2\sqrt{L}}{n \cdot \lambda \cdot S \cdot \sqrt{A}} \cdot \frac{I^2}{I_{\text{max}}} \cdot \sqrt{T_{\text{плав}}^2 - \left(\frac{A}{B}\right)^2} + \frac{B}{A} =$$

$$\frac{2\sqrt{2,24 \cdot 10^{-8}}}{2 \cdot 226 \cdot 0,000029 \cdot \sqrt{7,410}} \cdot \frac{31,9^2}{255} \cdot \sqrt{931,7^2 - \left(\frac{2326,451}{7,410}\right)^2} - \frac{7,410}{2326,451}$$

$$= 345\text{K} \sim 71^\circ\text{C}.$$

Но ГОСТ 8024-90, опираясь на другие критерии, приводит значение критической температуры 110°C , а для полноты картины можно взять температуру $115^\circ\text{C} = 388^\circ\text{K}$, что превышает расчетное значение на 44°C .

Результаты расчетов позволяют построить графики соотношения реальных температур с нормируемыми значениями. Сравнение расчетных температур с данными, которые определены требованиями ГОСТ 8024-90, представлены графически на рисунке 1.

Таким образом, анализируя полученные данные можно сделать вывод о том, что для шин большего сечения существует определенный запас, который

больше, чем нормируемая по ГОСТ 8024-90 температура КС. При этом на шинах малого сечения температура по критериям ГОСТ 8024-90 является сильно завышенной и в практических условиях становится причиной нарушения пятна контакта, что ведет к ускоренному разрушению и выходу из нормальной работы КС. Следовательно, критерий для тепловизионной диагностики должен учитывать сечение шин, в отличие от критериев с фиксированной температурой. В противном случае для шин с большим сечением будет наблюдаться большое число ложных браковок, а для шин с малым сечением - пропуск дефектов.

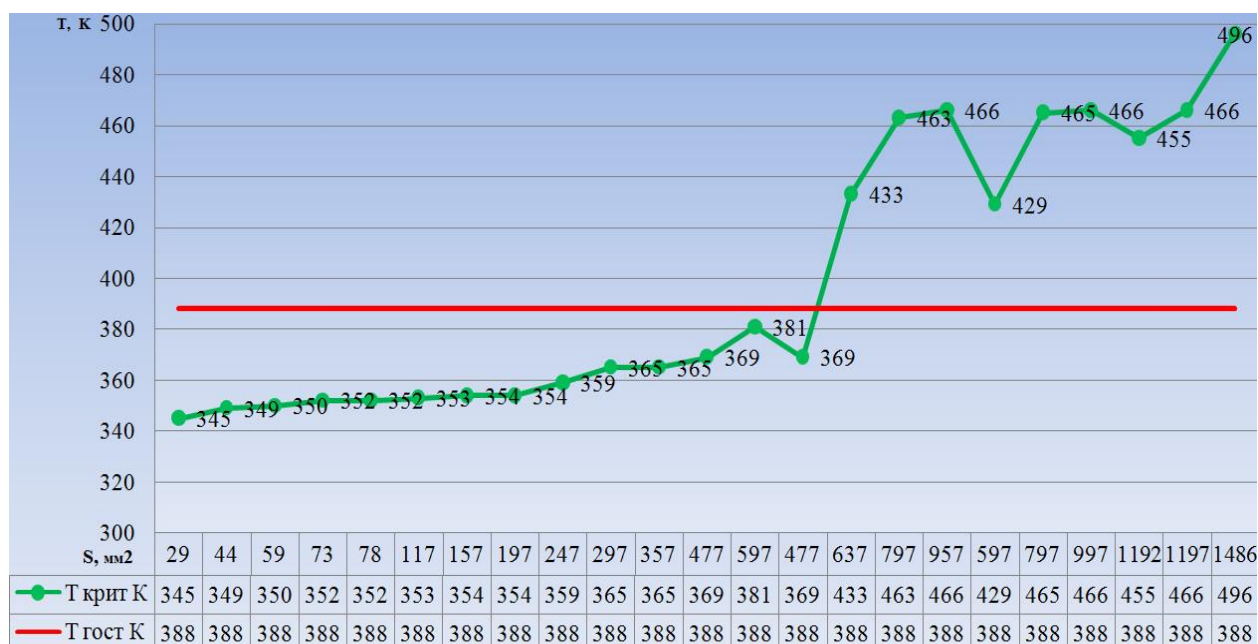


Рисунок 1- Сравнительное соотношение расчетной температуры КС с нормируемыми требованиями по ГОСТ 8024-90 в зависимости от площади поперечного сечения

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бойченко В.И., Дзекцер Н.Н. Контактные соединения токоведущих шин. -Л.: Энергия, 1978. - С. 144.
2. Титков В.В., Сухичев М.И. Критерий оценки состояния контактных соединений при тепловизионной диагностике электрооборудования //Энерго-эксперт №2 (37): Информационно-аналитический журнал.- М.: Вся электро-техника, 2013. - С. 80.
3. Сухичев М.И., Титков В.В. Тепловые процессы в шинах электроустановок // Научно-технические УДК 631.544.4.1: 535.5: 699.86

ведомости СПбГПУ: №3 (106).- СПб: Издательство Политехнического университета, 2010. - С. 14-21.

4. РД 153-34.0-20.363-99. Основные положения методики инфракрасной диагностики электрооборудования и ВЛ /Разработано ОАО "Фирма по наладке, совершенствованию технологии и эксплуатации электростанций и сетей ОРГРЭС". Утв. Департаментом стратегии развития и научно-технической политики РАО "ЕЭС России" 14.12.99 г.

А.И. Жижко, Н.В. Осадчий

Саратовский государственный аграрный университет им.Н.И. Вавилова, г. Саратов

ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ «УМНЫХ ОКОН»

Аннотация. В статье рассмотрены перспективы применения новых технологических окон на основе перовскитов.

Ключевые слова: перовскиты, солнечная энергия, солнечные батареи.

Тема развития альтернативных способов получения энергии в данное время является очень актуальной. Традиционные источники стремительно иссякают и уже через какие-нибудь десятки лет могут быть исчерпаны. Уже сейчас энергетические ресурсы довольно дороги и в значительной мере влияют на экономику

многих государств. Всё это заставляет искать новые способы получения энергии. И одним из наиболее перспективных направлений является преобразование солнечной энергии[7-13].

Солнечная энергия претерпела революцию в последние годы, благодаря открытию семейству кристаллических

материалов, называемых перовскитами. Созданы окна, которые собирают энергию, как солнечные батареи. Новая технология может теперь помочь охлаждать здания, затеняя солнечный свет и генерируя при этом электричество[2-4].



Рисунок 1-Перовскитные окна могут как охлаждать, так и нагревать здания.

"Умные окна"- это такие окна, которые переключают свое состояние между прозрачными и непрозрачными. Например, самолет Boeing 787 Dreamliner использует так называемые электрохромные окна, которые требуют внешнего источника питания для затемнения. Но такие окна из-за их высокой стоимости и их несоответствия блокировке наружного света не смогли оказать влияния на строительный рынок[5, 9].

Перовскиты предлагают путь к новым технологиям, трансформируя окна в трансформеры. Перовскиты-это материалы, изготовленные из смеси элементов с определенной кристаллической структурой. Солнечные элементы, изготовленные из них, почти также эффективны при преобразовании солнечного света в электричество, как и современные кремниевые солнечные панели. Лучшие из них преобразуют более 22% энергии солнечного света в электричество, по сравнению с 25% кремниевых.

Перовскит, являющийся природным минералом титаната кальция (CaTiO_3), открыли в районе Уральских гор в 1839 году, но его подлинные возможности были выявлены совсем недавно. В связи с этим в 2013 году этот минерал был назван

«прорывным материалом». Кристаллическая структура напоминает куб неправильной формы, что характерно для соединений со свойствами полупроводников. Для изготовления фотоэлемента нужен очень тонкий слой перовскита. В процессе изготовления используются также свинец и растворенный в диметилформамиде металлоорганический иодид. Все составляющие наносятся на подложку, в качестве которой, как правило, используется органический полимер. Процесс изготовления завершается их обжигом при температуре от 90 до 110 градусов по Цельсию. При этом из молекул перовскита образуется поликристаллическая пленка, превращающаяся в гибкие полупрозрачные панели. Из кремния такие панели получить невозможно. Работы по созданию из перовскита солнечных батарей начинались с использования жидкого электролита, в результате чего фотоэлементы получались недолговечными. Замена жидкой фракции электролита на твердую увеличила КПД таких фотоэлементов до 15%.

Принцип работы перовскитных фотоэлементов. Фотопроводящий слой из перовскита в фотоэлементе оказывается зажатым двумя полупроводниками, предназначенными для переноски электрического заряда. Энергия электронов в этих полупроводниках различная, поэтому их разделяют по уровням. Ученые исследовали три верхних уровня, где наблюдается перемещение носителей заряда. На нижнем уровне (в валентной зоне) электроны практически не способны передвигаться. Законы природы не позволяют им перескакивать на следующий уровень, а для прыжка через уровень электронам нужна энергия. Такая энергия есть в солнечном свете, который как бы подталкивает электроны.

Электроны, прыгая в зону проводимости, оставляют на своем месте положительный заряд, названный дыркой. Через полупроводниковый слой электроны перемещаются к катоду, а через другой полупроводник двигаются к аноду дырки. В конструкции фотоэлементов из перовскита

полупроводниковые слои являются как бы приемщиками носителей электрического заряда, доставляя их к электродам фотоэлемента[3]. Структура солнечного элемента на основе перовскитов представлена на рис. 1[4].

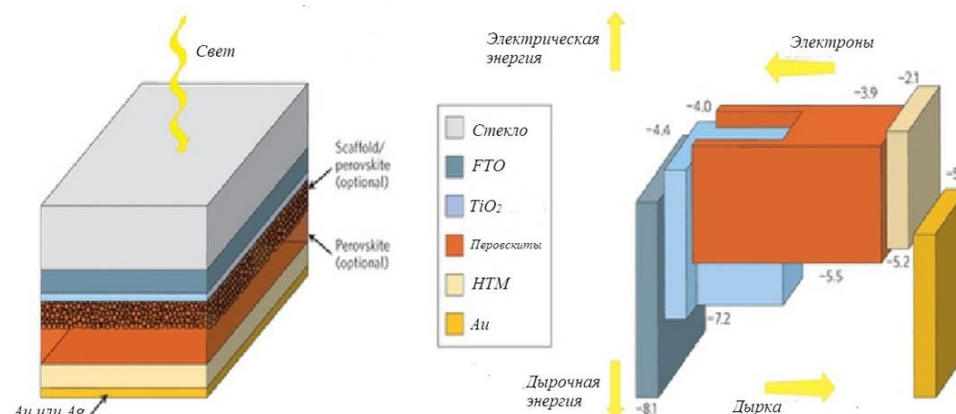


Рисунок 1-Структура солнечного элемента с перовскитом.

Меняя компоненты перовскитов, можно также контролировать их прозрачность. Исходные материалы для перовскитов намного дешевле, чем на существующие солнечные элементы. Первое солнечное окно из перовскита на основе свинца, которое переключалось с прозрачного на непрозрачное при температуре 60 ° C, было создано в 2017 году. При более низкой температуре перовскит образует комплекс с органическим соединением, называемым метиламином. При нагревании метиламин испаряется и отрывается от перовскита, в результате чего последний темнеет и поглощает солнечный свет. Когда тепло рассеивается, или когда солнце садится, пар метиламина возвращается в перовскит, снова превращая его в прозрачный. Утепленный перовскит преобразует до 11,3% своей энергии в электричество. Солнечные окна затемняют и собирают свет жаркую погоду и становятся прозрачными, когда падает температура.

Но такие технологичные окна имеют и свои недостатки. Самый большой заключается в том, что эффективность

солнечных батарей падает после того, как только несколько раз происходит переключение из прозрачного состояния в непрозрачное и обратно. Это происходит потому, что метиламин не в состоянии полностью вернуть перовскит к его начальной кристаллической структуре.

Сейчас создан перовскит на основе цезия для солнечного окна, которое становится непрозрачным и производит электричество при нагревании, но без метиламина. Это позволяет повторно переключаться между окнами без снижения производительности.

Солнечные элементы на основе перовскитов обладают явными преимуществами перед своими конкурентами:

1. Простота получения и изготовления. При производстве таких солнечных элементов используются дешевые и доступные технологии, такие как центрифугирование, спрей-пиролиз, роллерный метод и т. д.;

2. Абсолютно нетоксичное производство, не загрязняющее окружающую среду;

3. Возможность работы в небольшой лаборатории без использования дорогостоящего и громоздкого оборудования;

4. Возможность повторного использования промышленных отходов, таких как старые отработанные автомобильные аккумуляторы, в качестве источника свинца;

5. Малый вес итоговой конструкции;

6. Способность поглощать солнечный свет в широком диапазоне длин волн;

7. Полупрозрачность и гибкость[5-6].

В связи с описанными выше преимуществами солнечные элементы на основе перовскитов являются отличной альтернативой уже существующим солнечным элементам на основе кристаллического кремния за счет лучшего соотношения цены и качества, а также возможности их размещения на корпусах автомобилей, мобильных телефонов и крышах домов[6].

ИСТОЧНИКИ

1. Федеральный закон РФ №261-ФЗ от 23 ноября 2009 г. (ред.от 13.07.2015) «Об энергосбережении и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» / Справочная правовая система «Консультант плюс».

2. Solarway. [Электронный ресурс]/ . Справочно-информационный интернет-портал - Режим доступа http://www.solarway.su/light_space/свободный. Загл. С экрана.

3. Экоподмосковье. Альтернативная энергия.[Электронный ресурс]/ . Справочно-информационный интернет-портал - Режим доступа <https://eco50.ru/blog/ecopodmoskove/?page=2>/свободный. Загл. Сэкрana.

4. Liu, D. Y., Kelly L. Perovskite solar cells with a planar heterojunction structure prepared using room-temperature solution processing techniques // Nature Photonic — 2014. — P. 133–138.

5. PerovskitePhotovoltaics 2015–2025: Technologies, Markets, Players. — 2015 — N 7 — P. 100–107

6. Шамин, А.А. Получение и исследование пленок перовскита/А.А. Шамин, Е.А. Печерская //Молодой ученый: международный научный журнал./- Казань:- ООО «Издательство Молодой ученый», 2017. № 4.

7. Ерошенко, Г.П. Специальные требования к электронагревательным установкам для систем микроклимата/Г.П. Ерошенко, И.Ю. Лошкарёв, О.В. Логачева, Д.В. Ульянов, Н.В. Шевчук//Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VIII международной научно-практической конференции/Под общ.ред. Трушкина В.А.- Саратов: ООО «ЦеСАин», 2017. С. 86-89.

8. Лошкарёв, И.Ю. Энергосбережение в системе освещения в сельскохозяйственных и складских помещениях/ И.Ю. Лошкарёв, И.В. Шестаков, О.В. Малецкий, В.И. Лошкарёв, Д.С. Куртмамбетов//Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы IX международной научно-практической конференции/Под общ.ред. Трушкина В.А. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2018. – С.106-109 .

9.Ербаева, Н.Б. Автономная система электроснабжения с помощью солнечных панелей для электрического освещения территории университета/ Н.Б. Ербаева, Р.Р.Файзуллин, А.В. Садырин,Е.Т. Ербаев, И.Ю. Лошкарёв, В.И. Лошкарёв // Актуальные проблемы энергетики АПК материалы VII международной научно-практической конференции. Под общей редакцией Трушкина В.А.. 2016. С. 57-62.

10. Лошкарёв, И.Ю. Оценка возможности применения возобновляемых источников энергии в Александрово-Гайском районе Саратовской области/ И.Ю. Лошкарёв, А.П. Клепиков, В.И. Лошкарёв//Актуальные проблемы энергетики АПК VI Международная научно-практическая конференция. Под общей редакцией Трушкина В.А.. 2015. С. 139-144.

11. Широбокова, Т.А. Методика оценки параметров светодиодного освещения в животноводческих помещениях/ Т.А. Широбокова, И.Ю.Лошкарёв, Н.Н.Белова// Известия Международной академии аграрного образования. 2018. № 43. С. 47-50.

12. Лошкарёв, И.Ю. Оценка эффективности внедрения светоаэратора в систему вентиляции коровника/ И.Ю. Лошкарёв, А.Я. Аберясьев, В.И. Лошкарёв//Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы IX международной научно-практической конференции/Под общ.ред. Трушкина В.А. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2018. – С.104-106 .

13. Лошкарёв, И.Ю. Эффективность внедрения световодов для системы освещения в животноводческих помещениях/ И.Ю. Лошкарёв, О.В. Малецкий, В.И. Лошкарёв, Н.Н. Белова // Известия Международной академии аграрного образования. 2018. № 39. С. 19-24.

А.И. Жижко, С.В. Саенко

Саратовский государственный аграрный университет им.Н.И. Вавилова, г. Саратов

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ

Аннотация. Исследуются современные методы энергосбережения в животноводческих комплексах. Предлагается применять биогазовую установку для энергообеспечения свинофермы.

Ключевые слова: биогазовая установка, биогаз, биореактор, энергосбережение.

Установка, которая производит из навоза, пищевых отходов и специальных видов растений биогаз, называется биореактор, и в названии отражается, что происходит некая реакция. И это на самом деле так, потому что процесс получения биогаза состоит из нескольких этапов. На входе, в самом начале процесса, в биореактор загружается сырьё для получения биогаза, которым может быть, например, моно сырьё в виде навоза, или специальная смесь. В специальной установке сырьё проходит предварительную подготовку, так называемую гомогенизацию, и перемешивание. Затем в эту смесь добавляются специальные бактерии, благодаря которым и происходит получение биогаза в процессе управляемого анаэробного, то есть бескислородного, сбраживания. Собственно говоря, сам биогаз является продуктом жизнедеятельности этих бактерий. Таким образом, биореактор производит смесь газов, содержащую метан и углекислый газ в соотношении примерно 70 на 30 процентов. Эта газовая смесь накапливается в газгольдере и из него направляется для дальнейшего использования. Соотношение газов в смеси может колебаться, и доля углекислого газа может возрастать до 50%. Также в ней могут присутствовать в очень

незначительных количествах некоторые другие газы[1-9].

Помимо биогаза на выходе биогазовой установки получается также натуральное биоудобрение, в котором содержатся биологически активные вещества и микроэлементы. У биоудобрений имеется преимущество перед традиционными удобрениями, заключающееся в форме, доступности и сбалансированности всех элементов питания. После внесения биоудобрений в почву активно происходят процессы усвоения азота и другие микробиологические процессы. Таким образом, использование биоудобрений, получаемых на выходе из биогазовой установки, позволяет повысить урожайность на 30-50%.

Для комбинированной выработки электрической и тепловой энергии используют оборудование на основе двигателей внутреннего сгорания с газопоршневым двигателем внутреннего сгорания, работающем на биогазе. При охлаждении двигателя в когенерационной установке получается тепло. Помимо этого, тепло получается при прямом сжигании биогаза в котле.

Расчету биогазовых установок должен предшествовать выбор технологии и конструктивного выполнения, т.е. прежде всего нужно определить и обосновать:

- температуру брожения (мезофильный или термофильный);

- продолжительность брожения; 109 голов общей полезной площадью 592
 - режим заполнения метантенка; м², состоит из трех блоков: помещение для
 - систему сбора биогаза; содержания свиноматок, родильное
 - технологию загрузки биомассы и отделение, помещение для откорма свиней
- разгрузки шлама. (откормочник).

Объектом энергообеспечения является Проектируемая свиноферма содержит свиноферма на 109 голов. Свиноферма на 109 голов.

Таблица 1- Состав поголовья свинофермы

Племенное стадо	14 гол.
Поросята сосуны	21 гол.
Поросята отъёмыши	23 гол.
Поросята на дорастивание	27 гол.
Свиньи на окорм	24 гол.

Рассчитаем суточный выход биомассы для сбраживания в метантенке. Она определяется из выражения[10]:

$$m_{\text{сут}} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot m_i = 109 \cdot 4 = 436 \text{ кг}, \quad (1)$$

где N_i - количество животных, которое содержится на ферме; m_i – суточный выход навоза от одного животного; n – количество групп животных.

В зависимости от условий содержания животных к их навозу прибавляется количество примесей: вода, остатки корма, подстилка и прочее.

Следовательно, суточный выход навоза с учетом содержащегося прочих примесей определяется:

$$m_{\text{сут.}}^{\text{общ.}} = k_n \cdot m_{\text{общ.}} = 1,6 \cdot 436 = 697,6 \text{ кг} / \text{сут}, \quad (2)$$

где k_n – поправочный коэффициент (1,3-1,6), учитывающий подстилку и остатки корма. Масса сухого вещества в навозе определяется:

$$m_{\text{с.в.}} = m_{\text{сут.}}^{\text{общ.}} \cdot \left(1 - \frac{W\%}{100}\right) = 697,6 \cdot \left(1 - \frac{75}{100}\right) = 244,16 \text{ кг} / \text{сут}, \quad (3)$$

где $W\%$ - влажность навоза, %.

Масса сухого органического вещества:

$$m_{\text{с.о.в.}} = m_{\text{с.в.}} \cdot \frac{P_{\text{с.о.в.}}\%}{100} = 244,16 \cdot \frac{65}{100} = 158,7 \text{ кг} / \text{сут}, \quad (4)$$

где $P_{\text{с.о.в.}}\%$ – содержание сухого органического вещества в навозе.

Выход биогаза при полном разложении (сбраживании):

$$V_{\text{пол}} = m_{\text{с.о.в.}} \cdot n_{\text{СК}} = 158,7 \cdot 70 = 11109 \text{ м}^3 / \text{сут}, \quad (5)$$

где $n_{\text{СК}}$ – содержание сухого органического вещества в экскрементах, %.

Объем метантенка при полной загрузке:

$$V_{\text{пол.загр.}} = \frac{m_{\text{сут.}}^{\text{общ.}}}{\tau_{\text{сут}} \cdot \rho_c} = \frac{697,6}{4 \cdot 5,5} = 30,084 \text{ м}^3 / \text{сут}, \quad (6)$$

где $\tau_{\text{сут}}$ – число загрузки реактора за сутки, ρ_c – плотность субстрата, кг/м³.

Энергия биогаза, которая вырабатывается на протяжении суток:

$$Q_{\text{б.г.}} = V_{\text{б}} \cdot Q_{\text{н}}^{\text{п}} = 30,084 \cdot 21 = 631,8 \text{ МДж} / \text{м}^3, \quad (7)$$

где Q_{H^p} - теплота сгорания биогаза, можно принять; $Q_{H^p} = 21-28 \text{ МДж/м}^3$.

Коэффициент товарности биогазовой установки, %:

$$K_{\sigma} = \frac{Q_{\sigma.г.} - Q_{H^p}}{Q_{\sigma.г.}} \cdot 100\% = \frac{631,8 - 21}{631,8} \cdot 100\% = 96,7. \quad (8)$$

Установка вырабатывает биогаз на протяжении 350 дней. На профилактический ремонт биогазовой установки дается 15 суток.

Экономия условного топлива, кг, за счет полученного в течение года биогаза составляет:

$$B_{y.m.} = \frac{Q_{\sigma.г.} \cdot 350}{29,3} = \frac{631,8 \cdot 350}{29,3} = 7547,1 \text{ кг}. \quad (9)$$

Кроме того, в результате анаэробного сбраживания субстрата вырабатывается значительное количество ценного органического удобрения. Его использование позволяет повысить рентабельность сельхозпроизводства [10].

Также биогазовая установка повышает надежность сети, так как может работать как резервный источник энергии. Дополнительный экономический эффект ожидается от замещения части покупной электроэнергии из сети, электроэнергией вырабатываемой биогазовой установкой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ербаева, Н.Б.** Автономная система электроснабжения с помощью солнечных панелей для электрического освещения территории университета/ Н.Б. Ербаева, Р.Р. Файзуллин, А.В. Садырин, Е.Т. Ербаев. И.Ю. Лошкарёв. В.И. Лошкарёв // Актуальные проблемы энергетики АПК материалы VII международной научно-практической конференции. Под общей редакцией Трушкина В.А.. 2016. С. 57-62.

2. **Ербаева, Н.Б.** Управление потоками энергии разной мощности в автономной системе электроснабжения ветро-дизельной установке/ Н.Б. Ербаева, Р.Р. Файзуллин, А.В. Садырин, Е.Т. Ербаев. И.Ю. Лошкарёв. В.И. Лошкарёв // Актуальные проблемы энергетики АПК материалы VII международной научно-практической конференции. Под общей редакцией Трушкина В.А.. 2016. С. 52-56.

3. **Ерошенко, Г.П.** Специальные требования к электронагревательным установкам для систем микроклимата/ Г.П. Ерошенко, И.Ю. Лошкарёв, О.В. Логачева, Д.В. Ульянов, Н.В. Шевчук // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VIII международной научно-практической

конференции/ Под общ. ред. Трушкина В.А. - Саратов: ООО «ЦеСАин», 2017. С. 86-89.

4. **Лошкарёв, И.Ю.** Энергосберегающие принципы в тепличных комплексах/ И.Ю. Лошкарёв И.Ю., В.М. Наход, А.Я. Аберясьев // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы IX международной научно-практической конференции/ Под общ. ред. Трушкина В.А. - Саратов: ООО «ЦеСАин», 2018. - С. 109-110.

5. **Лошкарёв, И.Ю.** Методы выращивания культур в защищенном грунте/ И.Ю. Лошкарёв, В.М. Наход, А.Я. Аберясьев // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы IX международной научно-практической конференции/ Под общ. ред. Трушкина В.А. - Саратов: ООО «ЦеСАин», 2018. - С. 117-120.

6. **Лошкарёв, И.Ю.** Использование биотоплива в качестве источника тепла/ И.Ю. Лошкарёв И.Ю., А.Я. Аберясьев, В.М. Наход // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы IX международной научно-практической конференции/ Под общ. ред. Трушкина В.А. - Саратов: ООО «ЦеСАин», 2018. - С. 125-127.

7. **Лошкарёв, И.Ю.** Применение теплового насоса как метод энергосбережения/ И.Ю. Лошкарёв, Д.В. Одрозов // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы IX международной научно-практической конференции/ Под общ. ред. Трушкина В.А. - Саратов: ООО «ЦеСАин», 2018. - С. 110-112.

8. **Лошкарёв, И.Ю.** Типовые схемы тепловых насосов/ И.Ю. Лошкарёв, Д.В. Одрозов // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы IX международной научно-практической конференции/ Под общ. ред. Трушкина В.А. - Саратов: ООО «ЦеСАин», 2018. - С. 112-116.

9. **Ерошенко, Г.П.** Рациональные варианты теплоснабжения животноводческих помещений / Г.П. Ерошенко, И.Ю. Лошкарёв // Научное обозрение, 2017, №3, С. 38-46.

10. **Амерханов, Р.А.** Проектирование систем энергообеспечения/ Р.А. Амерханов, А.В. Богдан, С.В. Вербицкий, К.А. Гарькавый // Учебник для вузов 2-е изд., перераб. и доп. / под ред. Д. Т. Н., проф. Р. А. Амерханова. М.: Энергоатомиздат, 2010. 548 с.

УДК 621.317.7

ПРОБЛЕМЫ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СОВРЕМЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

В жизни современного общества в период глобального использования энергоресурсов, сложно переоценить роль электроэнергетической отрасли. В настоящее время практически ни одно производство не обходится без использования тепловой и электрической энергии.

Электрическая энергия как продукт применяется во всех сферах жизнедеятельности человека, она обладает совокупностью своеобразных качеств и непосредственно принимает участие в производстве иных видов продукции, воздействуя на их качество, количество и себестоимость конечного продукта. Свойства электрической энергии заметно отличаются от свойств других типов продукции. [2,1] Каждый электроприемник спроектирован для работы при конкретных параметрах электроэнергии: частоте, напряжении, токе. Вследствие этого для корректной его работы следует обеспечить требуемое показатели качества электроэнергии. Качество электроэнергии напрямую зависит от износа электрических сетей и их загрузки. Следовательно, измерения параметров сети являются одним из основным факторов в оценке качества электрической энергии. [3] Технические показатели потребителей электрической энергии рассчитываются и производятся для долговременную работы с определенными электрическими параметрами, при которых они обладают

заявленными техническими характеристиками и гарантированным сроком эксплуатации. Несовпадению параметров качества электроэнергии с установленными значениями крайне негативно сказывается на работе электроприемников при этом качество электроэнергии является неотъемлемой частью экономической составляющей современного производства, что приводит к увеличению стоимости продукции.

Отклонения и колебания напряжения в электросетях, вызываемые постоянным изменением загруженности сети, способствуют изменению освещенности, увеличению затрат энергии, изменению технологических процессов, и отрицательным последствиям, снижающим эффективность сельскохозяйственного производства. [6] Предпосылкой, вызывающей изменение напряжения и тока в сети, являются нелинейные потребители, работа которых вносит в ток несинусоидальную составляющую. Среди таких источников стоит отметить электродвигатели с инверторной системой управления, комплексы плавного запуска двигателей, выпрямители управляемого и неуправляемого типа, блоки питания, лазеры, дуговые и высокочастотные индукционные печи, сварочные аппараты и другие устройства с подобными характеристиками. Вышеперечисленные приборы могут создавать и многократно увеличивать [4,5] отрицательное воздействие в электрической сети, а

именно, несимметричность и несинусоидальность напряжения.

Современное математическое моделирование сложных энергетических систем, электроустановок и процессов, возникающие в сети, может на этапе проектирования дать достаточно точную оценку эффективной работы задействованного электрооборудования, показателей качества электрической энергии, а также способы устранения негативных факторов или их уменьшению до приемлемых значений, спрогнозировать величину и характер энергопотребления, провести оптимальный с точки зрения финансовых затрат и эксплуатационной надежности выбор электрооборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тропин В. В. Методика определения потерь энергии в четырехпроводной электрической сети по показаниям счетчиков электроэнергии / В. В. Тропин, А. В. Савенко, А. В. Емелин // Известия вузов. Электромеханика. 2007. Специальный выпуск. С 61-62.
2. Савенко А.В., Емелин А.В. Аппаратные средства определения относительного отклонения напряжения и коэффициента несимметрии напряжения

по нулевой и обратной последовательности на предприятиях АПК / А. В. Савенко, А. В. Емелин, Удалый М.В. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. №111. С. 1797-1811.

3. Емелин А.В. Методики обработки результатов энергоаудита / А. В. Емелин, А.В. Савенко, А.С. Зименский // В сборнике: Современное развитие науки: вопросы теории и практики Сборник материалов 2-ой международной научно-практической конференции. 2016. С. 46-49.

4. Савенко А. В., Емелин А. В. Определение длины линии 0,4кВ электрической сети на имитационной математической модели / А. В. Савенко, А. В. Емелин, В. А. Перепечин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2007. №8. С 9-10.

5. Савенко А. В. Аппаратное обеспечение энергоаудита системы электроснабжения и электропотребления электрической сети 0,4 кВ сельскохозяйственного предприятия / А.В. Савенко, А. В. Емелин, А. С. Белах // Известия вузов. Электромеханика. 2008. Специальный выпуск. С.123-124.

6. Савенко А. В. Математическое моделирование системы электроснабжения и электропотребления предприятия АПК при проведении на нем экспресс-энергоаудита/ А. В. Савенко, А. В. Емелин // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. Труды 6-й Международной конференции (13-14 мая 2008 года, г.Москва, ГНУ ВИЭСХ). В 5-ти частях. Часть 1. Проблемы энергообеспечения и энергосбережения. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2008. С. 196-199.

УДК 635.134

Г. П. Ерошенко¹, С. М. Бакиров¹, Ш. З. Зиниев², А. С. Грачев¹

¹ Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, г. Саратов

² Грозненский государственный нефтяной технический университет им. М. Д. Миллионщикова, г. Грозный

ЗНАЧЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Аннотация В статье приведен список производственных участков, где используется большее количество электродвигателей. Рассматривается проблема компенсации реактивной мощности для электродвигателей средней и большей мощности в сельскохозяйственном производстве. Указаны негативные последствия пусковых режимов таких двигателей. Приведены данные экспериментов по измерению количества энергии составляющих активной, реактивной и полной мощностей. Предложена схема включения динамической компенсации.

Ключевые слова: компенсация реактивной мощности, электродвигатель, конденсатор, электрический ток, электрическая энергия.

В сельскохозяйственном производстве основным электроприемником является электродвигатель.

Особенность эксплуатации электродвигателей такова, что в различных режимах он потребляет значительное количество реактивной мощности. Она необходима для создания вращающего магнитного поля. Как известно [1], на холостом ходу электродвигатель в 1,1...1,8 раз потребляет реактивную, чем активную энергию. Когда электродвигатель загружен в соответствии с его номинальной мощностью, то потребление реактивной мощности можно выразить по его

номинальному коэффициенту мощности, указанным заводом изготовителем [2].

По разным данным на современных сельскохозяйственных предприятиях эксплуатируется от 2 до 2000 шт. электродвигателей различной мощности от 0,03 до 75 кВт. Количество и мощность электродвигателей зависит от типа рабочих органов: транспортеры, зернодробилки, нории, насосы водоподачи, компрессорные насосы, насосы циркуляционные, вентиляторы, электрозадвижки и т.п. Отметим некоторые участки, где сконцентрировано значительное количество электродвигателей (таблица 1).

Таблица 1 – Производственные участки с наибольшим числом электродвигателей

Название участка	Технологический процесс
Птичник	Вентиляция (до 60 шт.)
Зерноочистительный ток	Транспортеры, нории (до 30 шт.)
Котельные	Насосы (до 30 шт.)
Насосные станции водоподачи	Насосы (до 20 шт.)

Многие крупные сельскохозяйственные предприятия заключают договора на поставку электроэнергии в значительном количестве на сотни миллионов $кВт*ч$. Снабжающие организации ставят условия по уровню потребления реактивной мощности или по норме коэффициента мощности. При невыполнении данных условий потребителям выставляют штраф. Поэтому энергетические службы предприятий должны проводить различные мероприятия по снижению потребления реактивной мощности.

Самым простым методом является установка устройств компенсации реактивной мощности (УКРМ). Различают различные устройства компенсации [3], а также мест их установки. Как показывают исследования [3], лучшим местом установки УКРМ является клеммная

коробка электродвигателя. Для электродвигателей малой мощности УКРМ имеет малые габаритные размеры и может быть установлено рядом. Однако для двигателей большой мощности УКРМ невозможно устанавливать рядом в связи со значительными габаритными размерами и различными технологическими особенностями процессов.

Размеры УКРМ зависят от емкости конденсаторов, расчет которых ведется на основе потребляемой реактивной мощности. Чтобы оценить реальное потребление реактивной мощности необходимо провести измерение с помощью счетчиков активной и реактивной энергии.

Рассмотрим потребление реактивной мощности в котельной тепличного хозяйства (таблица 2).

Таблица 2 – Измерение потребления активной, реактивной и полной электроэнергии

Дата (8.01 — 8.00)	Счетчик №1			Счетчик №2			Счетчик №3		
	<i>WP, кВт*ч</i>	<i>WQ, кВар*ч</i>	<i>WS, кВА*ч</i>	<i>WP, кВт*ч</i>	<i>WQ, кВар*ч</i>	<i>WS, кВА*ч</i>	<i>WP, кВт*ч</i>	<i>WQ, кВар*ч</i>	<i>WS, кВА*ч</i>
01.04.19	564	460	728	556	444	712	1 089	1 071	1 527
02.04.19	1 019	903	1 362	1 032	853	1 339	2 177	2 167	3 072
03.04.19	1 089	928	1 431	1 108	927	1 445	2 322	2 306	3 273
04.04.19	1 374	984	1 690	1 105	926	1 442	2 377	2 355	3 346
05.04.19	1 366	952	1 665	1 112	897	1 429	2 331	2 235	3 229
06.04.19	1 280	929	1 582	1 070	884	1 388	2 200	2 172	3 092
07.04.19	1 167	932	1 493	1 108	918	1 439	2 366	2 332	3 322
08.04.19	1 291	930	1 591	1 649	1 285	2 091	2 279	2 186	3 158
09.04.19	1 471	992	1 774	1 713	1 367	2 192	2 148	2 137	3 030
10.04.19	1 243	961	1 571	1 718	1 370	2 197	2 313	2 302	3 263
11.04.19	1482	925	1747	1 690	1 335	2 154	2 334	2 280	3 263
12.04.19	1515	955	1791	1 393	1 133	1 791	2 281	2 325	1 791
13.04.19	1536	959	1811	1 639	1 341	2 117	2 341	2 355	3 320
14.04.19	1524	936	1788	1 116	901	1 435	2 331	2 265	3 250
15.04.19	1517	919	1774	1 070	846	1 364	2 027	1 950	2 813
16.04.19	519	327	613	418	342	540	765	776	1 090
17.04.19	1455	901	1711	1 122	871	1 421	2 236	2 137	3 093
18.04.19	1539	918	1792	1 117	865	1 412	2 330	2 197	3 203
19.04.19	1535	915	1787	1 115	864	1 410	2 182	2 088	3 020
20.04.19	1527	917	1781	1 116	871	1 415	2 297	2 202	3 182

В таблице 2 указаны три счетчика электроэнергии:

- счетчик № 1 марки Меркурий 230 art-03PQRSIDN установлен на группу с одним электродвигателем АИР250М6 мощностью 55 кВт, установленного приточной системе в котельной;

- счетчик № 2 марки Меркурий 230 art-03PQRSIDN установлен на группу с тремя электродвигателями марки 5АИ180М4 мощностью 30 кВт, установленных на вытяжной системе котельной;

- счетчик № 3 марки Меркурий 230 art-03PQRSIDN установлен на группу с 11-ю электродвигателями марки АИР160 мощностью 15 кВт, установленных в тепловом распределительном пункте.

По данным эксперимента видно потребление реактивной мощности. Рассчитаем емкость конденсаторов

устройства компенсации РМ для электродвигателя счетчика № 1.

Значение емкости конденсатора должно соответствовать потребляемой реактивной энергии из сети. Величина тока УКРМ должно покрывать величину тока, потребляемого из сети электродвигателем. В противном случае возникают потери в сети из-за недокомпенсации или перекомпенсации.

Таким образом, принимая номинальный ток электродвигателя можно определить емкость конденсатора через его реактивную мощность [4]

$$Q = U I \sin \varphi, \quad (1)$$

где U – напряжение на зажимах электродвигателя, B, I – сила тока в цепи переменного напряжения, A (принимая номинальный ток АД); φ – угол сдвига фаз, град.

Выразим реактивную мощность через емкостное сопротивление

$$Q_C = U^2 \omega C \sin \varphi, \quad (2)$$

где ω – радиальная частота, рад./с, $\omega = 2\pi f$, f – частота сети, Гц, C – емкость конденсатора, Ф.

Чтобы покрыть потребление реактивной мощности индуктивной нагрузки, необходимо создать потребление РМ емкостной нагрузки, обусловленной опережающим током

$$I = U \omega C, \quad (3)$$

тогда емкость конденсатора

$$C = \frac{I}{2\pi f U}$$

Зная номинальный ток двигателя, можно определить емкость конденсаторов необходимых для компенсации РМ

$$C = \frac{152}{380 \cdot 314} = 1,27 \cdot \text{мФ}.$$

Конденсатор емкостью 1,27 мФ способствует полной компенсации РМ для рассматриваемого электродвигателя. Однако в различных режимах, а именно при пуске, когда пусковой ток достигает 1300 А, расчетного УКРМ с емкостью конденсаторов 1,27 мФ становится недостаточно.

Как видно из эксперимента, в пусковых режимах также необходимо выполнять компенсацию реактивного тока. Причем продолжительность пуска зависит от нагрузки и качества сети. В данном случае необходимо разработать устройство динамической компенсации, которая включается на пусковой момент электродвигателя.

Потребление реактивной мощности в этот момент в 3...5 раз превышает номинальную реактивную мощность, обусловленную магнитной системой электродвигателя (рисунок 1) [4].

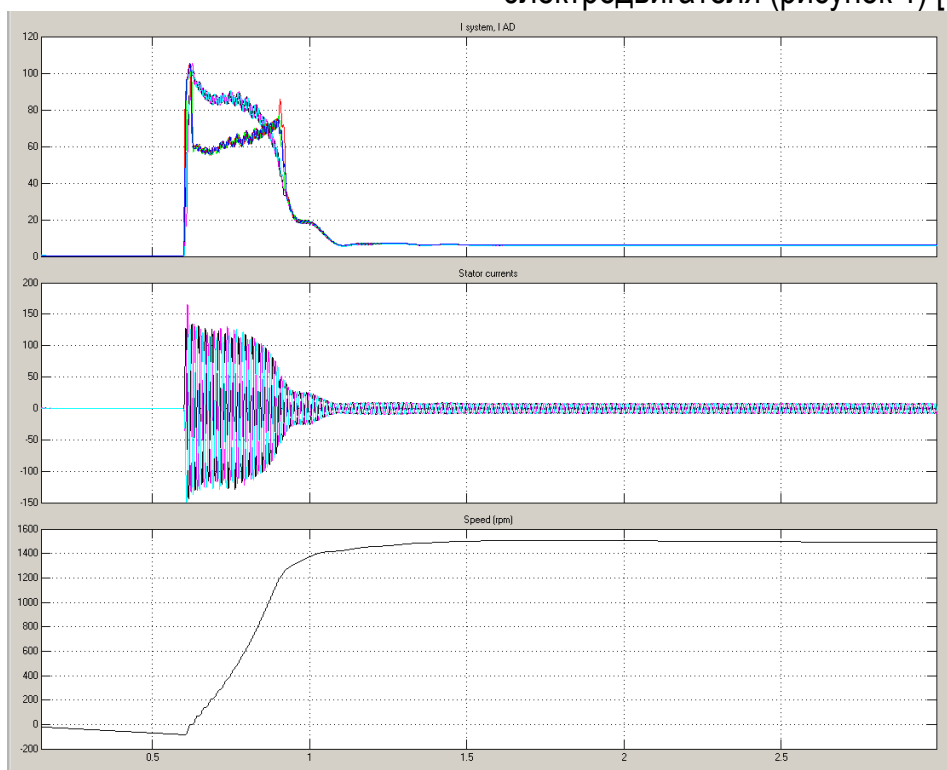


Рисунок 1 – Графики зависимостей изменения параметров при запуске электродвигателя в программе MathCad (ток, мощность, скорость вращения)

На рисунке 1 изображен пусковой момент продолжительностью 1...1,1 секунды электродвигателя с нагрузкой 30% от номинальной. В других же режимах

загрузки продолжительность запуска может увеличиться до 5 секунд. Поэтому для электродвигателей средней и большой

мощности необходимо применение динамической компенсации.

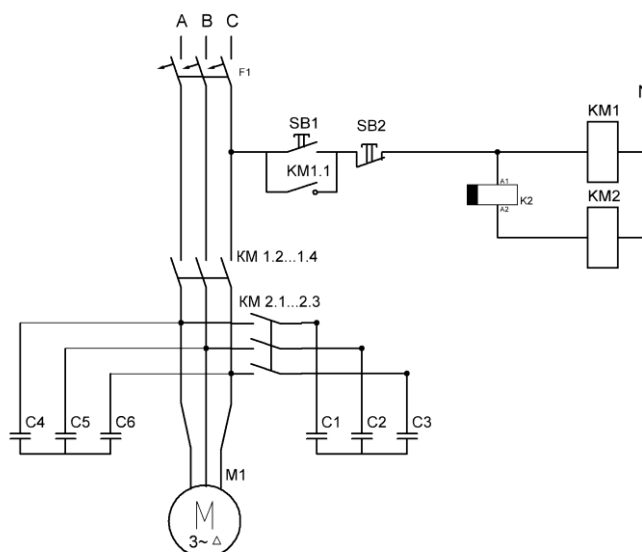


Рисунок 2 – Электрическая принципиальная схема подключения устройства динамической компенсации (K2 – реле времени для отключения динамической компенсации C1...C3)

Таким образом, устройство динамической компенсации необходимо для электродвигателей мощностью 15 кВт и выше. Данное устройство обеспечивает значительное снижение реактивной составляющей на момент пуска, сохраняет показатели сети в диапазоне номинальных значений и обеспечивает легкий пуск для загруженного электродвигателя. В настоящий момент необходимо продолжить работу над совершенствованием управления динамической компенсаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ерошенко, Г. П.* Эксплуатация энергооборудования сельскохозяйственных предприятий / Г. П. Ерошенко, М. А. Таранов, Ю. А. Медведко. – Ростов – на – Дону: Терра, 2001. – 590 с.
2. *Шишкин, С. А.* Повышение эффективности энергосбережения в электросетях предприятий АПК при компенсации реактивной мощности: дис. канд. техн. наук: 05.20.02. защищена в 2004 г. / С.А. Шишкин. – Москва: 2004. – 125 с.
3. *Фурсанов, М. И.* Определение и анализ потерь электроэнергии в электрических сетях энергосистем / М. И. Фурсанов. – Минск: УВИА при УП «Белэнергосбережение». – 2005. – 128 с.
4. *Зиниёв, Ш. З.* Выбор режимов работы конденсаторных установок / Г. П. Ерошенко, Ш. З. Зиниёв, Р. А-М. Магомадов // Аграрный научный журнал –2014. – Вып. № 12. – С. 56 – 58.

Г. П. Ерошенко¹, С. М. Бакиров², Ш. З. Зиниёв³, А. С. Грачев⁴

1 – Профессор, д.т.н., профессор кафедры «Инженерная физика, электрооборудование и электротехнологии» Саратовского государственного аграрного университета им. Н.И. Вавилова, г. Саратов

2 – Доцент, к.т.н., доцент кафедры «Инженерная физика, электрооборудование и электротехнологии» Саратовского государственного аграрного университета им. Н.И. Вавилова, г. Саратов

3 – Главный инженер Шахлинских районных электрических сетей АО «Чеченэнерго», к.т.н., доцент кафедры «Электротехника и электропривод» Грозненского государственного нефтяного технического университета им. М. Д. Миллионщикова, г. Грозный

4 – Главный энергетик ООО «Завод керамического кирпича», обучающийся магистратуры группы МАИ-22 Саратовского государственного аграрного университета им. Н.И. Вавилова, г. Саратов

И. В. Иванова, Т. С. Бакрунова

Самарский государственный технический университет, г. Самара

iwi2014@mail.ru

НЕТРАДИЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Дефицит природных источников энергии побуждает ученых всех стран задуматься о поисках альтернативных видов энергии. Причина поиска альтернативных источников энергии — потребность получать её из энергии возобновляемых или практически неисчерпаемых природных ресурсов и явлений. Во внимание может браться также экологичность и экономичность. Рассмотрим основные виды альтернативных источников энергии.

Ветровая энергия

Запасы энергии ветра более чем в сто раз превышают запасы гидроэнергии всех рек планеты. Климатические условия позволяют развивать ветроэнергетику на огромной территории – от наших западных границ до берегов Енисея. Богаты энергией ветра северные районы страны вдоль побережья Северного Ледовитого океана. В наши дни двигатели, использующие ветер, покрывают всего одну тысячную мировых потребностей в энергии.

Новейшие исследования направлены преимущественно на получение электрической энергии из энергии ветра. Некоторые из ветроэнергетических машин достигают десятков метров в высоту.

Ветряные электростанции строят в местах с высокой средней скоростью ветра – от 4,5 м/с и выше. Скорость ветра возрастает с высотой, поэтому ветряные электростанции строят на вершинах холмов или возвышенностей, а генераторы устанавливают на башнях высотой 30 – 60

метров. Сооружаются ветроэлектрические станции преимущественно постоянного тока.

Энергия солнца.

Сегодня для преобразования солнечного излучения в электрическую энергию мы располагаем двумя возможностями: использовать солнечную энергию как источник тепла для выработки электроэнергии традиционными способами (например, с помощью турбогенераторов) или же непосредственно преобразовывать солнечную энергию в электрический ток в солнечных элементах. Реализация обеих возможностей пока находится в зачаточной стадии.

Поскольку энергия солнечного излучения распределена по большой площади, любая установка для прямого использования солнечной энергии должна иметь собирающее устройство (коллектор) с достаточной поверхностью.

Пока еще электрическая энергия, рожденная солнечными лучами, обходится намного дороже, чем получаемая традиционными способами. Но, тем не менее, станции-преобразователи солнечной энергии строят, и они работают.

Геотермальная энергия

Энергетика земли – геотермальная энергетика базируется на использовании природной теплоты Земли. В некотором смысле земное ядро можно считать вечным двигателем: есть сильное давление (361 ГПа), которое благодаря гравитации будет всегда, а значит есть

высокая температура (5000 °С) и атомные реакции. Но пока не создано ни технологий, ни материалов, которые смогли бы выдержать столь жёсткие условия и позволить добраться до ядра. Сегодня мы можем использовать теплоту приповерхностных слоёв, температура которых несравнима с тысячами градусов, но вполне достаточна для выгодного её использования.

По сравнению с энергией ветра и солнечной радиацией, геотермальная энергия имеет то преимущество, что круглый год, независимо от погоды и времени суток обеспечивает равномерную энергию тепла.

Тепловая энергия океана

Известно, что запасы энергии в Мировом океане колоссальны, ведь две трети земной поверхности (361 млн. км²) занимают моря и океаны. Однако пока что люди умеют использовать лишь ничтожные доли этой энергии, да и то ценой больших и медленно окупающихся капиталовложений, так что такая энергетика до сих пор кажется малоперспективной.

Энергия приливов и отливов.

Ритмичное движение морских вод вызывают силы притяжения Луны и Солнца. Решающую роль играет прилив, вызванный Луной (лунный прилив). В морских просторах приливы чередуются с отливами теоретически через 6 ч 12 мин 30 с. Если Луна, Солнце и Земля находятся на одной прямой, Солнце своим притяжением

усиливает воздействие Луны, и тогда наступает сильный прилив.

Приливы и отливы являются мощным источником водных потоков. Потенциально приливы и отливы могут дать человечеству примерно 70 млн. миллиардов киловатт-часов в год.

Энергия морских течений

Неисчерпаемые запасы кинетической энергии морских течений, накопленные в океанах и морях, можно превращать в механическую и электрическую энергию с помощью турбин, погруженных в воду (подобно ветряным мельницам, «погруженным» в атмосферу).

Водородная энергетика

Водород, самый простой и легкий из всех химических элементов, можно считать идеальным топливом. Он имеется всюду, где есть вода. При сжигании водорода образуется вода, которую можно снова разложить на водород и кислород, причем этот процесс не вызывает никакого загрязнения окружающей среды. Водород обладает очень высокой теплотворной способностью: при сжигании 1 г водорода получается 120 Дж тепловой энергии, а при сжигании 1 г бензина – только 47 Дж.

Водород можно транспортировать и распределять по трубопроводам, как природный газ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нетрадиционные источники энергии [Электронный ресурс]. URL: <https://studfiles.net/preview/5679641/>
2. Нетрадиционный источник энергии и его применение [Электронный ресурс]. URL: <http://fb.ru/article/147614/netraditsionnyiy-istochnik-energii-i-ego-primenenie/>

ПРИМЕНЕНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА НА ПРИМЕРЕ РЕГИОНА СЕВЕРНОГО КАВКАЗА

Аннотация В данной статье исследуется вопрос применения альтернативных источников электроэнергии для энергоснабжения труднодоступных регионов АПК на примере региона Северного Кавказа. В качестве источников электроэнергии рассматриваются солнечная и ветроэнергетическая установки. В ходе работы был произведен расчет энергопотребления частного дома. На основании полученных результатов выбраны солнечная и ветроэнергетическая установки. Произведен экономический расчет стоимости установок и сравнение полученных данных. В результате была выбрана наиболее эффективная электроэнергетическая система.

Ключевые слова: альтернативные источники электроэнергии, солнечная электроустановка, ветроэнергетическая установка, агропромышленный комплекс.

Annotation This article explores the use of alternative sources of electricity for the power supply of remote regions. Solar and wind power plants are used as energy sources. In the course of the work, the energy consumption of a private house was calculated. Based on the results obtained, solar and wind power plants were selected. Produced an economic calculation of the cost of installations and the comparison of the data. As a result, the most efficient power system was chosen.

Key words: alternative sources of electricity, solar electrical installation, wind power installation, agro-industrial complex.

Введение

Вопрос энергоснабжения разрозненных сельскохозяйственных потребителей наиболее актуально стоит в большинстве регионов России, территории которых имеют природные ресурсы, возможность развития инфраструктуры и создания производства. Необходимость неоправданно больших капиталовложений в строительство линий электропередач в условиях сложного рельефа местности в совокупности с относительно малой потребляемой мощностью объекта подтверждает актуальность поиска альтернативных методов решения задачи электрификации.

В период мирового кризиса энергетика села все чаще сталкивается с глобальной зависимостью от топливно-энергетических ресурсов и их дефицитом, а также с неизменным ростом цен на топливо, что сказывается на стоимости производства.

Внедрение альтернативной энергетики на основе возобновляемых источников энергии может создавать надежные, редко обслуживаемые локальные системы энергоснабжения на территории агропромышленного комплекса (АПК). При этом одними из наиболее доступных и выгодных вариантов являются солнечная и ветроэнергетика. Они могут располагаться в местах рядом с объектами потребления (горные массивы, холмы, поймы рек, болота, земли с низким геотермальным потенциалом и т.д.). В связи с вышесказанным внедрение автономных энергетических установок в сельской местности может обеспечить полным или частичным энергоснабжением небольшие поселки, жилые объекты, фермы, офисные помещения или малые цеха с целью развития инфраструктуры на удаленных территориях страны.

Одним из наиболее перспективных регионом РФ для внедрения ветровых или солнечных электроустановок является территория Кавказа. Согласно исследованиям средняя годовая скорость ветра в этом регионе составляет 5-6 м/с. Так же данная территория подвержена высокой солнечной радиации и имеет среднегодовую продолжительность

светового дня более 9 часов. На примере региона Кавказа в данной работе выясним какой из видов альтернативных источников энергии наиболее целесообразен.

1 Расчет ветроэнергетической установки.

Для проведения расчета выберем потребители электроэнергии для частного дома (табл.1).

Таблица 1 - Энергопотребление приборов

Электроприбор	Установленная мощность P_i , Вт	Время работы, ч				Потребление электрической энергии, Вт · ч
		Утро 3 ч	День 9 ч	Вечер 4 ч	Ночь 8 ч	
Телевизор	150	0,5	0	2	0	375
Компьютер	200	0	0	3	0	600
Электроплита	1500	0,3	0	0,5	0	1200
Лампы накаливания	600	1	0,5	3	1	3300
Электрочайник	2000	0,1	0	0,2	0	600
Система обогрева	300	2	2	2	2	2400
Холодильник	150	1,5	4,5	2	4	1800
Другие приборы	500	0,5	0	0,5	0,5	750
ИТОГО	5400					11025
Суммарное потребление энергии, Вт · ч		2400	1575	5000	2050	

1) Максимальная пиковая мощность за сутки $P_{\Pi} = 5400$ Вт. Мощность инвертора должна удовлетворять условие: $P_{\Pi} \geq P_{\Pi}$ (выбираем инвертор ТВЕ 6000 Вт).

2) Количество энергии, потребляемой объектом в сутки, показано в правой нижней ячейке таблицы 1: $E_{\text{сут}} = 11025$ Вт · ч

3) Среднее потребление энергии в час составляет:

$$E_{\text{ч}} = \frac{E_{\text{сут}}}{24} = \frac{11025}{24} = 460 \text{ Вт} \cdot \text{ч}.$$

4) Мощность $P_{\text{ВЭУ}}$, развиваемая ВЭУ, составляет:

$$P_{\text{ВЭУ}} = \frac{E_{\text{ч}}}{T} = \frac{460}{1} = 460 \text{ Вт}.$$

$P_{\text{МГНВЭУ}} \geq P_{\text{ВЭУ}}$, при скорости ветра 5,5 м/с $P_{\text{МГНВЭУ}} = 500$ Вт.

(выбираем ветрогенератор ВЭУ-3, номинальная мощность $P_{\text{ВЭУ-3}} = 3$ кВт)

5) Расчет аккумуляторной батареи

Потребляемая мощность в вечернее время:

$$P_{\text{веч}} = \frac{E_{\text{веч}}}{T} = \frac{5000}{4} = 1250 \text{ Вт}.$$

где $E_{\text{веч}}$ - суммарное потребление энергии в вечернее время (табл.1)

Ток аккумуляторной батареи:

$$I = \frac{P_{\text{веч}}}{U_{\text{РЕГ}}} = \frac{1250}{24} = 52,1 \text{ А}.$$

Исходя из этого выбираем контроллер заряд аккумуляторной батареи Outback Power FM60.

Емкость аккумуляторной батареи:

$$C_{\text{АКБ}} = \frac{P_{\text{веч}}}{U_{\text{РЕГ}}} * T = 52,1 * 4 = 208,4 \text{ А} * \text{ч.}$$

$$C_{\text{АКБ реал}} = \frac{C_{\text{АКБ}}}{\alpha} = \frac{208,4}{0,5} = 416,8 \text{ А} * \text{ч.}$$

где $\alpha = 0,5$ (т.е. аккумуляторы можно разряжать на 50% от номинальной емкости).

Выбираем аккумуляторную батарею 12х5PzS500 емкостью 500 А * ч.

2 Расчет солнечной электроустановки

Отличительной особенностью расчета солнечной электроустановки является тот факт, что заряд аккумуляторных батарей может происходить только в освещенное время суток, то есть преимущественно в дневное время.

1) Определим значения потребляемой энергии и значения мощности:

Энергия, потребляемая в дневное время:

$$E_{\text{днпотр}} = 1575 = \text{Вт} * \text{ч.}$$

Энергия, потребляемая в ночное время:

$$E_{\text{нчпотр}} = 8450 = \text{Вт} * \text{ч.}$$

2) В ночное, утреннее и вечернее время солнечные батареи практически не генерируют энергию. Для того чтобы обеспечить в это время энергоснабжение потребителей, необходима установка аккумуляторных батарей, ($E_{\text{разАКБ}} = E_{\text{нчнагр}}$) общей емкостью:

$$E_{\text{АКБ}} = \frac{E_{\text{разАКБ}}}{\alpha} = \frac{8450}{0,5} = 16900 \text{ Вт} * \text{ч.}$$

Приводим полученное значение к напряжению батареи (24 В).

$$C_{\text{АКБ}} = \frac{E_{\text{АКБ}}}{U} = \frac{16900}{24} = 700 \text{ А} * \text{ч.}$$

Рекомендуется устанавливать батареи с небольшим запасом. Выбираем 1 аккумуляторную батарею 12х8PzS800 емкостью 800Ач.

3) Количество электроэнергии, которое необходимо получать от солнечных панелей, чтобы обеспечить заряд батарей и снабжение потребителей энергией в дневное время:

$$E_{\text{СФЭУ}} = E_{\text{зарАКБ}} + E_{\text{дннагр}} = 9389 + 1575 = 10964 \text{ Вт} * \text{ч.}$$

4) Общая установленная мощность солнечных панелей:

$$N_{\Sigma} = \frac{E_{\text{СФЭУ}}}{T_{\text{СС}}} = \frac{10964}{9} = 1219 \text{ Вт.}$$

Выбираем 7 панелей ZDNY-200С по 200 Вт, чтобы обеспечить небольшой запас.

5) Ток от каждой панели составляет:

$$I = \frac{N}{U} = \frac{200}{24} = 8,33 \text{ А.}$$

Тогда суммарный ток при соединении панелей параллельно составит:

$$I_{\Sigma} = 7 * I = 7 * 8,33 = 58,31 \text{ А.}$$

Для полученного значения тока можно использовать контроллер из первой части расчета.

Таблица 2 - Расчет себестоимости и рыночной цены

Компонент ВЭУ	Стоимость, руб.	Компонент СЭС	Стоимость, руб.
Ветрогенератор	144000	Солнечная панель (4 шт.)	154476
Инвертор	46350	Инвертор	46350
Стабилизатор напряжения	38 300	Стабилизатор напряжения	38 300
Аккумулятор	97 238	Аккумулятор	143 738
Контроллер	47420	Контроллер	47420
Крепеж, руководство погрузка	15 000	Крепеж, руководство погрузка	15 000
ИТОГО:	388 308		445284

В таблице 2 указана себестоимость и рыночная цена компонентов солнечной и ветроэнергетической установок.

Вывод

В данной работе рассматривалась целесообразность применения таких

альтернативных источников энергии, как солнечная и ветроэнергетическая установки в труднодоступных для проведения ЛЭП регионах на примере территории Кавказа. Сравнив полученные результаты, можно сделать вывод о том, что экономически выгоднее в данном регионе устанавливать ветроэнергетические установки. При этом разница в стоимости составила 57000р. В то же время для регионов, имеющих большую продолжительность светового дня или более высокую среднюю скорость ветра, стоимость данных установок может быть значительно снижена.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабина, Л. В. Анализ ветроустановок для электростанций малой мощности / Л. В. Бабина // Научный журнал КубГАУ. – 2012. – № 78. – С. 424–433.
2. Кирпичникова, И. М. Ветроэнергетические установки. Расчет параметров компонентов : учеб. пособие / И. М. Кирпичникова, Е. В. Соломин. – Челябинск : Издательский центр ЮУрГУ, 2013. – 83 с.

3. Охоткин Г. П. Методика расчета мощности солнечных электростанций // Вестник Чувашского университета. 2013. № 3. С. 222–230.

4. Атлас ветров России = Russian Wind Atlas / А. Н. Старков [и др.] / М-во топлива и энергетики России, Нац. лаб. Рисо (Дания), Рос.-Дат. ин-т энергоэффективности. – М. : Можайск-Терра, 2000. – 551 с.

11. Аккумуляторная батарея 12x8PzS800, [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://forklift-ural.ru/p323710697-akkumulyatornaya-batareya-12h8pzs800.html> (дата обращения 18.04.2019)

12. Аккумуляторная батарея 12x5PzS500, [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://chelyabinsk.catalogy.ru/board/b311509569-akkumulyatornaya-batareya-12h5pzs500.htm> (дата обращения 18.04.2019)

7. Ветрогенератор ВЭУ-3, [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.energoportal.ru/catalog/vetrogenerator-3-kvt-209080.html> (дата обращения 16.04.2019)

4. Инвертор 6кВт, 12, 24, 48В - 220В, чистый синус [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://solar-dom.com/catalog/77/invertor-tbe-6000-vt/> (дата обращения 17.04.2019) 10. Контроллер Outback Power FM60, [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.sosvetom.ru/cat/kontroller-zaryada-outback-power-fm60/> (дата обращения 17.04.2019)

9. Солнечная батарея ZDNY-200C, [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://teplotek-ug.ru/p331378270-solnechnaya-batareya-zdny.html> (дата обращения 18.04.2019)

УДК 621.311.1

Е.А. Извеков, В.Ю. Карташов

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», г. Воронеж

СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Аннотация. Проведён сравнительный анализ установленной мощности генераторов электростанций, силовых трансформаторов и потребителей. Определено влияние силовых трансформаторов на потери мощности и электроэнергии в электроэнергетической системе. Рассмотрены основные направления оптимизации работы трансформаторов, направленные на снижение потерь.

Ключевые слова: силовой трансформатор, потери электроэнергии.

Электрическая энергия вырабатывается генераторами атомных, тепловых и гидравлических электростанций на напряжении 6,3-36,75

кВ (в зависимости от типа генераторов) [1]. Перед подачей в системообразующую сеть единой энергетической системы, электроэнергия трансформируется в

повышающих трансформаторах на более высокое напряжение 110-750кВ. Затем передаётся по системообразующей сети к системным подстанциям, питающим крупные узлы нагрузки, при этом она может пройти несколько ступеней трансформации до напряжения 110-330 кВ. В системных подстанциях напряжение снижается до 110-35кВ и передаётся по распределительным сетям к районным подстанциям, которые понижают напряжение до 10(6) кВ. По распределительной сети 10(6) кВ электроэнергия передаётся к потребительским подстанциям 10(6)/0,4кВ, где окончательно трансформируется до потребительского напряжения 380/220В. Таким образом, в процессе передачи от генераторов электростанций до потребителей электроэнергия, как минимум, четыре раза проходит через силовые трансформаторы. Учитывая базовый принцип равенства вырабатываемой и потребляемой энергии в единый момент времени, можно смело сказать, что мощность трансформаторов, участвующих в передаче и распределении электроэнергии, в разы превышает мощность работающих генераторов и мощность включённых потребителей.

Применение трансформаторов приводит к потерям мощности и электроэнергии. Конечно, суммарные потери мощности и электроэнергии складываются из потерь во всех элементах электроэнергетической системы, но существенным образом из-за потерь в трансформаторах.

Даже поверхностный анализ режимов работы силовых трансформаторов позволяет сказать, что они преимущественно работают далеко не в оптимальных режимах, что приводит к увеличению потерь и снижению

эффективности энергосистемы в целом [2]. Для оптимизации их работы следует провести ещё много организационных и технических мероприятий [3]. Рассмотрим основные направления оптимизации работы трансформаторов.

1. Замена морально устаревших трансформаторов в распределительных сетях на трансформаторы с меньшими потерями мощности холостого хода. Уменьшение потерь холостого хода в современных трансформаторах достигается за счёт применения магнитопроводов из аморфной стали, имеющей некристаллическую структуру и характеризующуюся высокой магнитной проницаемостью и малыми удельными потерями.

2. Совершенствование конструктивного исполнения трансформаторов, путём оптимизации конструкции и режимов работы вентиляторов и насосов системы охлаждения. Целесообразно применить специализированные контроллеры, которые, в зависимости от температуры окружающего воздуха и температуры масла внутри баков, будут регулировать продолжительность работы охладителей, тем самым, ограничив расход электроэнергии на их питание.

3. Следует также развивать технологии по утилизации тепла, образующегося при нагреве силовых трансформаторов и использовании его для отопления зданий управления на подстанциях.

4. При проектировании электрических сетей следует более внимательно относиться к выбору мощности и числа трансформаторов, предварительно проанализировав реальные и перспективные нагрузки, дабы не допустить работу трансформаторов в перегруженном состоянии [4]. Срок естественного износа трансформатора, работающего в номинальном режиме,

составляет примерно 25 лет. Срок определяется старением изоляции обмоток под влиянием температур, превышающих допустимую для данного класса изоляции. По рекомендациям Международной энергетической комиссии (МЭК) для нормального суточного износа изоляции трансформатора температура наиболее нагретой точки обмоток не должна превышать $+ 98^{\circ}\text{C}$. Если температуру увеличить на 6°C , то срок службы изоляции сократится почти вдвое.

5. Включение трансформаторов на параллельную работу, позволяет равномерно распределить их общую нагрузку. При параллельной работе трансформаторов потери активной мощности будут меньше, чем при раздельной их работе.

На подстанциях, имеющих два или три трансформатора, которые работают на общие шины, можно осуществить оптимизацию режимов их работы в части определения числа включённых трансформаторов, в зависимости от суммарной нагрузки подстанции [5].

6. Снижение времени холостого хода и периоды времени работы с малыми нагрузками. Наиболее экономичным режимом работы следует считать режим работы трансформаторов с перегрузкой в период максимальных нагрузок. При этом возникает возможность получить минимальные потери и одновременно с этим выровнять график нагрузок. При всем этом, в данном случае необходимо правильно найти перегрузку с учётом температуры воздуха и начальной нагрузки так, чтобы не допустить преждевременного старения изоляции обмоток.

7. Ощутимый эффект по снижению потерь электроэнергии может дать выравнивание суточного графика нагрузки потребителей и элементов электрической сети за счёт применения многотарифной

систему учёта потреблённой электроэнергии и/или применения накопителей энергии [6,7,8].

8. Оптимизация проведения технического обслуживания трансформаторов. Уменьшить потери электрической энергии в трансформаторах возможно, выполняя некоторые профилактические работы, под напряжением, то есть без его отключения, потому что любой наладочный режим увеличивает потери, в сравнении с нормальными режимами.

9. За счёт рациональной организации работ по ремонту силовых трансформаторов можно увеличить межремонтный период и сократить продолжительность отключения одного из параллельно работающих трансформаторов.

Анализ существующих путей оптимизации работы трансформаторов показал, что известные на сегодняшний день пути оптимизации имеют разную применимость в современной электроэнергетике. Некоторые из них реализуются достаточно просто, поэтому хорошо изучены и имеют повсеместное распространение, другие до сих пор не реализованы в полной мере, так как их реализация усложняет схемы распределительных устройств, систем режимного управления и контроля, а также систем противоаварийной автоматики. Можно смело сказать, что потенциал оптимизации работы силовых трансформаторов далеко не исчерпан. Анализ обозначенных путей оптимизации и выявление их неиспользованных возможностей является весьма актуальной задачей, требующей дальнейшей проработки.

Список литературы:

1. Электроснабжение: учебное пособие для бакалавров направления 35.03.06 – «Агроинженерия» профиль подготовки

«Электрооборудование и электротехнологии в АПК» Очной и заочной форм обучения / В.В. Картавец, Е.А. Извеков. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2016. – 142 с.

2. Извеков Е.А. Влияние загрузки трансформаторов на показатели их работы / Е.А. Извеков, Т.А. Контарев // Энергоэффективность и энергосбережение в современном производстве и обществе: Материалы международной научно-практической конференции. – Ч. I. – Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», 2018. С. 92-102.

3. Юрьев В.В. Обзор путей оптимизации параметров и режимов систем электроснабжения / В.В. Юрьев, Е.А. Извеков // Инновационные технологии и технические средства для АПК: Материалы международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2018. с. 488-492.

4. Учебно-методическое пособие для лабораторных занятий по дисциплине «Проектирование систем электроснабжения» для обучающихся по направлению подготовки 35.04.06 «Агроинженерия», профиль «Системы электроснабжения сельскохозяйственных потребителей» /

Е.А. Извеков, В.В. Картавец – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2017. – 90 с.

5. Понявин Н.С. Оценка влияния регулирования мощности средств компенсации реактивной мощности на режимы работы электрической сети / Н.С. Понявин, Е.А. Извеков // Молодежный вектор развития аграрной науки: Материалы 69-й студенческой научной конференции. – Ч. I. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2018. с. 136-141.

6. Извеков Е.А. Оценка эффективности вторичного использования АКБ в качестве хранилища энергии / Е.А. Извеков // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2017. - №4(55). – С.150-156.

7. Извеков Е.А. Перспективы вторичного использования отработавших АКБ для покрытия пиковых нагрузок энергосистемы / Е.А. Извеков, С.Ю. Жачкин // Наука, образование и инновации в современном мире: Материалы национальной научно-практической конференции. – Ч. I. – Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский ГАУ имени императора Петра I», 2018. С. 41-47.

8. Извеков Е.А. Перспективы вторичного использования АКБ в качестве хранилища энергии / Е.А. Извеков // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. – 2018. - №7. – С.12-18.

УДК 6.62.620.98

А. М. Исупова, А. Зубенко

Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, г.Зерноград

К ВОПРОСУ О СОБСТВЕННОЙ МАЛОЙ ГЕНЕРАЦИИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ АПК

Аннотация. В статье рассмотрены основные проблемы, существующие в электроэнергетической системе России, ставшие одной из причин внедрения на промышленных предприятиях АПК собственной малой генерации, рассмотрены возможные варианты ее реализации.

Ключевые слова. собственная малая генерация, потери электрической энергии, надежность электроснабжения.

В настоящее время на территории Российской Федерации электроснабжение большинства потребителей выполняется от единой энергосистемы (ЕЭС). Становление и бурное развитие которой происходило в первой половине двадцатого века. На тот период приходилось строительство основных крупных электростанций, линий электропередач. Происходящие позже изменения в политической и экономической сферах страны не могли не коснуться

энергетической отрасли. В результате инвестиции в энергетику резко сократились, что привело, в настоящее время, к старению основных фондов, эксплуатации морально и физически устаревшего оборудования.

В таблице 1 приведена динамика отработки паркового ресурса по основному оборудованию электростанций в России [1].

Таблица 1 - Динамика отработки паркового ресурса (в % от установленной мощности 2004 г.) по всем типам электростанций России /1/

Год %	2000*	2005	2010	2015	2020
	12	25	37	46	55

*от установленной мощности 2000 г.

Видно, что в 2000 г. 12 % от установленной мощности работало за пределами паркового ресурса, в 2005 г. – уже 25 %, а к 2020 г. такого оборудования будет уже 55 %.

На рисунке 2 приведена протяженность воздушных линий электропередачи со сроком службы 40 лет и более (в процентах от суммарной протяженности линий) для различных регионов России [2].

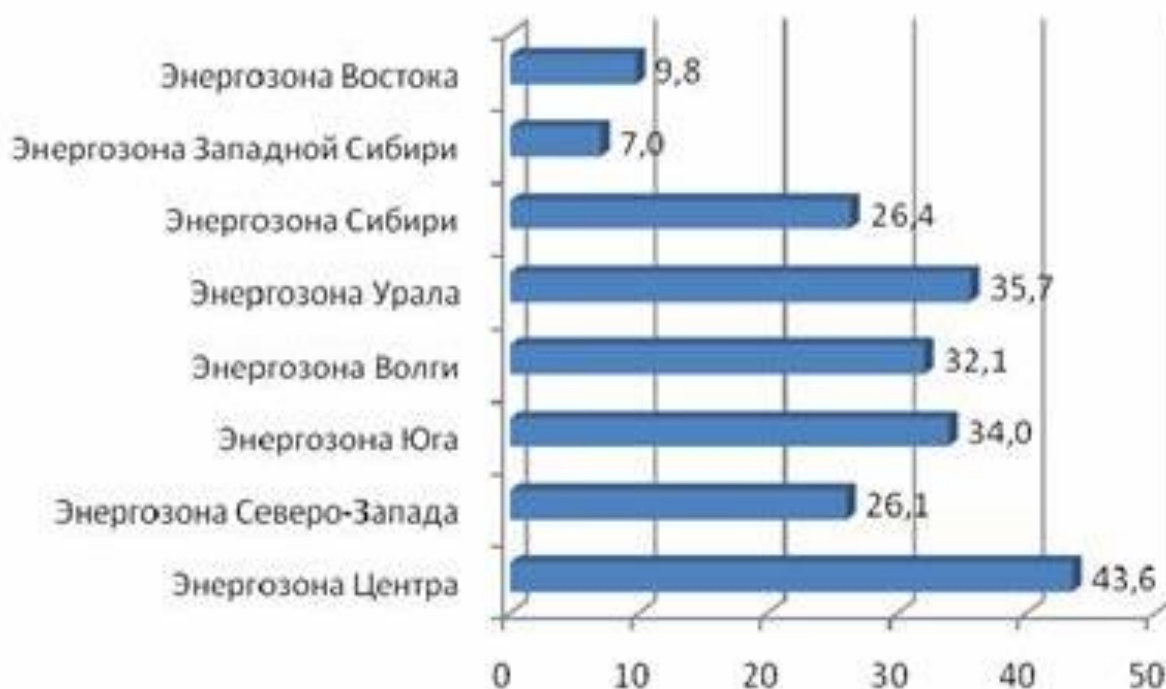


Рисунок 2 – Структура протяженности (по трассе) ВЛ, в эксплуатации более 40 лет, %

В среднем доля изношенного оборудования составляет 29,3 %, в зоне ОЭС Центра она достигает 43,6 %. Средний износ электрических сетей России – 50–60 %, из них 2–3 % находятся в непригодном состоянии [2].

Таким образом, существующая тенденция старения основных фондов и объективная динамика их выбытия за пределы паркового ресурса приводит к снижению надежности электроснабжения от энергосистемы. Наглядным примером тому является крупная авария 2005 года в г. Москве, в результате которой были

обесточены не только потребители самой столицы, но и соседних областей.

Ещё одной острой проблемой для энергосистемы России является нехватка генерирующих мощностей. Это связано, в первую очередь, с медленными темпами строительства и ввода новых электростанций, с использованием изношенного оборудования с низким КПД на действующих, а также слабым развитием электрических сетей, когда даже произведенную электроэнергию невозможно эффективно передавать потребителям. В свою очередь многие

промышленные потребители используют энергоемкие технологии – и это формирует в настоящее время глобальную проблему в Российской электроэнергетике.

На рисунке 2 приведена динамика потребления электроэнергии в Российской Федерации, которая имеет тенденцию к росту [3].

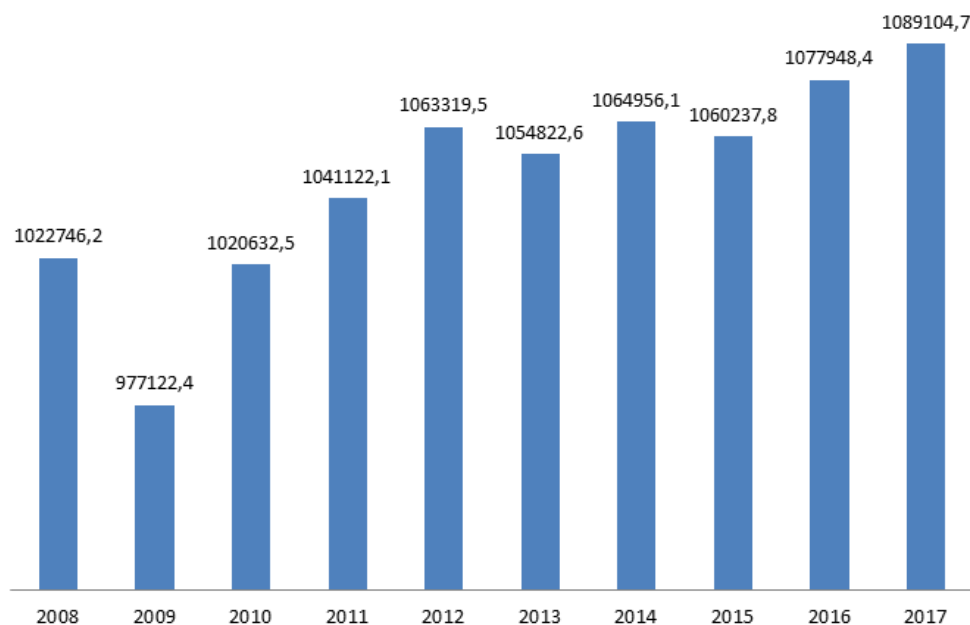


Рисунок 2 – Потребление электроэнергии в РФ (млн.кВт·ч) по /3/

Среди важнейших проблем в развитии электроэнергетической отрасли следует выделить высокие темпы роста тарифов на электрическую энергию /4/. По данным /5/ основными факторами роста цен на электроэнергию являются рост цен на газ и другие виды топлива, а также оплата труда, включение инвестиционной составляющей в цены (тарифы) и изменение налогового законодательства. Для промышленных предприятий данный факт означает необходимость увеличивать стоимость производимой продукции. Такая ситуация существенно сокращает конкурентные преимущества российских производителей, которые во многом обеспечиваются за счет низких базовых издержек.

В связи с названными выше причинами, ряд производственных потребителей для обеспечения своего надежного и экономичного электроснабжения, помимо получения электрической энергии от энергосистемы, предусматривает установку местных генерирующих мощностей. При этом, в ряде случаев, генерируемые мощности обеспечивают не только производственные процессы самих потребителей, но и передаются в энергосистему. В таблице 2 приведены данные по производству электроэнергии на электростанциях различного типа, в том числе и электростанциях промышленных предприятий [6].

Таблица 2 – Структура выработки электроэнергии, млрд. кВт·ч /6/

Тип электростанций	ТЭС	ГЭС	АЭС	ВИЭ	Электростанции промышленных предприятий	Всего
2016 год	628,5	186,7	196,4	0,61	59,8	1071,9
2017 год	622,4	187,4	202,9	0,69	60,3	1073,7

Как видно из таблицы объем электроэнергии, вырабатываемой на электростанциях промышленных предприятий, увеличивается.

Проведенный анализ литературных источников показал, что при организации собственной генерации теоретически возможны следующие варианты:

— электроснабжение собственных объектов по внутренним сетям предприятия. При этом возможна либо автономная работа генераторов, либо в параллели с энергосистемой. При автономной работе за счет собственной генерации обеспечивается вся потребность объекта в электроэнергии. Однако в таком режиме генераторы загружаются неравномерно, это ведет к сложностям в управлении режимами работы оборудования и сокращению их срока службы. Надежность электроснабжения во многом будет зависеть от организации эксплуатации оборудования (квалификации обслуживающего персонала, выполнения технологических и режимных требований, качества топлива, качества управления режимами загрузки, наличием и укомплектованностью аварийных служб и пр.). При параллельной работе с энергосистемой выработка малой генерации поддерживается на едином уровне, не превышающем минимальной часовой нагрузки. В таком режиме обеспечивается равномерная загрузка, однако генерация в целом становится малоэффективной — коэффициент использования мощности не превышает 50% [7];

— отпуск во внешние сети гарантирующему поставщику розничного рынка электроэнергии. Но такой путь затруднен нормативными требованиями Правил функционирования розничных рынков электроэнергии и очень сложен для генератора;

— отпуск во внешние сети потребителям по прямым договорам. Однако, в ряде случаев цена энергии от малой генерации не конкурентна стоимости энергии, закупаемой энергокомпаниями на оптовом рынке, что невыгодно потребителю. Кроме того, возможны случаи, при которых в силу технологических причин малая генерация не сможет обеспечить надежное энергоснабжение сторонних (удаленных) потребителей.

Исходя из проведенного анализа вариантов электроснабжения видно, что в сложившейся в настоящее время ситуации в энергетической отрасли использование собственной генерации может быть выгодно для промышленных предприятий. Однако, для выбора того или иного варианта организации собственной малой генерации необходимо проведение соответствующих технико-экономических расчетов, учитывающих совокупные затраты на генерацию, объем генерирующих мощностей и режимные показатели сети.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Суржикова О.А. Состояние Российской электроэнергетики // Известия Томского политехнического университета. Т. 312., 2008. — № 4.
2. Развитие электрических сетей и рынков электроэнергии. [Электронный ресурс]: <https://lektsia.com/6x9f84.html>
3. Сайт органов государственной статистики РФ [Электронный ресурс]: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/industrial/
4. Перспективы развития электрической отрасли. [Электронный ресурс]: <https://studfiles.net/preview/2463254/page/6/>
5. Федяков И. Цена электроэнергии в России для промышленности и населения // Рекламно-информационный журнал Электротехнический рынок, 2013 — №4 (52) [Электронный ресурс]: <https://market.elec.ru/nomer/48/cena-elektroenergii-v-rossii-dlya-promyshlennosti/>
6. Официальный сайт Министерства энергетики России. [Электронный ресурс]: <https://minenergo.gov.ru>
7. Малая генерация электрической энергии. [Электронный ресурс]: <http://docplayer.ru/29269016->

А. А. Ишманов, Т.С. Бакрунова

Самарский государственный технический университет, г. Самара

ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В ТЕПЛО- И ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЯХ

В настоящее время проблема энергоресурсосбережения в тепло- и электротехнологиях является одной из актуальных задач. Связано это тем, что возрастает дефицит основных энергоресурсов, их стоимость добычи и сегодня большую роль играют экологические проблемы.

Экономия энергии – это эффективное использование энергоресурсов за счет применения передовых технологий, использование которых осуществимы технически, обоснованы экономически, удовлетворительны с экологической и социальной точек зрения, не изменяют привычного образа жизни.

Основной задачей энергосбережения является снижение "пустых" потерь энергии. По известным данным, в сфере электроэнергии огромная часть потерь (до 90%) составляет сфера энергопотребления, а на передачу электроэнергии приходится лишь 8-10% потерь энергии. Таким образом, основной упор для энергосбережения должен быть направлен в сферу потребления энергии.

Есть и другие пути экономии использования электроэнергии, причем не только на производстве, но и в быту. Так, уже давно, известны "умные" системы освещения. Энергосберегающий эффект основан на том, что свет включается автоматически, именно когда он нужен. Выключатель имеет оптический датчик и микрофон. Днем освещение не работает,

так как солнце обеспечивает достаточный уровень освещенности. При наступлении сумерек происходит включение микрофона. Если в радиусе до 5 м возникает шум (например, шаги или звук открываемой двери), свет автоматически включается и горит до тех пор, пока человек не уйдет из помещения. Для таких систем освещения используются энергосберегающие лампочки.

Светодиодные светильники позволяют достичь большой экономии электроэнергии по сравнению с традиционными источниками света: лампами накаливания (до 80%) и люминесцентными лампами (свыше 40%). Эти светильники можно использовать в освещении самых разных объектов: подземных пешеходных переходов и автомобильных парковок, садово-парковом освещении, уличном освещении, освещении в ЖКХ и аварийном освещении.

Что касается сферы энергоресурсосбережения в теплотехнологиях - здесь основной упор должен делаться на модернизации котельных. Современные технологии позволяют существенно понизить расход энергоресурсов, затраты на обслуживание и даже увеличить КПД. Кроме того, переход работы котельного оборудования с угля или мазута на чистое и более дешевое топливо, такое как: газ или древесные гранулы, позволяют существенно улучшить экологическую обстановку.

Значительная экономия возникает и в том случае, если вместо отдельно стоящих центральных тепловых пунктов разместить в здании индивидуальный тепловой пункт, оснащенный современными бесшумными насосами, компактными и эффективными пластинчатыми теплообменниками.

При организации вентиляции в здании применяют системы рекуперации (утилизации для повторного использования) тепла отработанного воздуха и переменной производительности приточно-вытяжных агрегатов в зависимости от числа людей в здании. Эти системы позволяют не тратить впустую тепло, вырабатываемое людьми, осветительными приборами, торговым и офисным оборудованием, и снижают тем самым потребление тепла от внешнего источника – теплосети или котельной.

Увеличение эффективности использования энергии так же можно достичь путем внедрения современных энергосберегающих технологий. Энергосберегающая технология - новый или усовершенствованный технологический процесс, характеризующийся более высоким КПД использования ТЭР (топливно-энергетических ресурсов).

Распространение энергосберегающих технологий в хозяйственной деятельности как предприятий, так и частных лиц на бытовом уровне, является одним из наиболее актуальных шагов в решении многих экологических проблем – изменения климата, загрязнения атмосферы

(например, выбросами от ТЭЦ), истощения ископаемых ресурсов и др.

В большинстве случаев, предприятия внедряют следующие типы технологий, которые дают значительный энергосберегающий эффект:

- общие технологии для многих предприятий, связанные с использованием энергии (двигатели с переменной частотой вращения, теплообменники, сжатый воздух, освещение, пар, охлаждение, сушка и пр.);

- более эффективное производство энергии, включая современные котельные, когенерацию (совместная выработка тепловой и электрической энергии), а также тригенерацию (совместная выработка электричества, холод и тепла); замена старого промышленного оборудования на новое, более эффективное;

- альтернативные источники энергии.

Вывод: проблема решения энергоресурсосбережения, в настоящий период времени, является одной из приоритетных задач современной энергетики, и с каждым годом ее актуальность будет только увеличиваться.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бернер М.С. Анализ зарубежных законодательных актов в области энергосбережения. «Энергосбережения», 2007, № 8.
2. Жильцов А.В. Деятельность ведущих государств мира в сфере внедрения новых источников энергии – позитивный опыт для России. «Вестник Нижегородского университета им.Н.И.Лобачевского», 2009, № 3.
3. ГОСТ Р 51387-99 Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение. Основные положения.
4. <https://ria.ru/20081205/156573930.html>

УДК 621.313

О.Г. Завертяев

Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова,
г. Саратов

УПРАВЛЕНИЕ КАСКАДНОЙ НАСОСНОЙ УСТАНОВКОЙ

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы организации управления и компоновки схем насосных станций каскадного типа. Рассмотрены вопросы параллельного подключения с разными типами управления, анализируются применение частотного и традиционного управления

Ключевые слова: насосная установка, каскадное подключение, управление, частотный привод, поддержание режима.

Для целей экономии энергии, что немаловажно в настоящее время, применяют каскадный способ управления насосами.

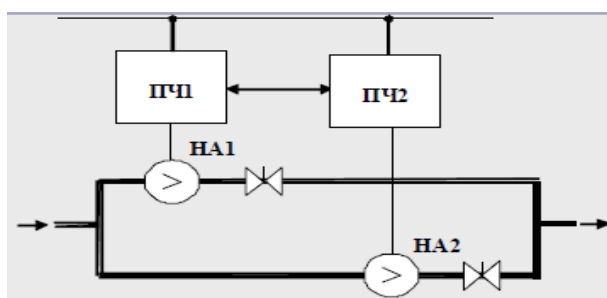
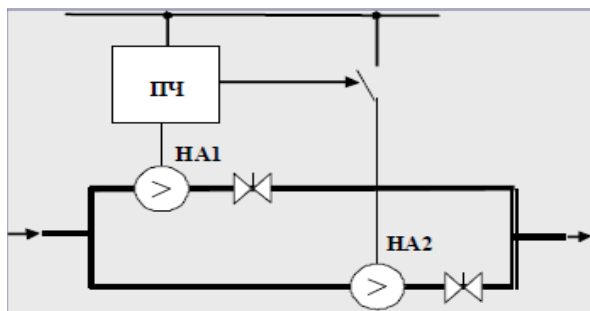


Рисунок 1 - Схема группового управления с индивидуальным частотным управлением каждым НА

На насосных станциях при каскадно-частотном управлении в качестве технических характеристик используются: подача, напор, максимальное давление, температура рабочей жидкости, количество насосов, требования к питающей сети, ток перегрузки, рабочая температура, потребляемая мощность и т.д. Применение частотно-регулируемых приводов АД в совокупности с



автоматизацией позволяет существенно экономить ресурсы и энергию по разным направлениям, а именно, за счет экономии электроэнергии,

непроизводительных утечек воды и уменьшения износа оборудования

Старое решение управление двумя насосами состояло в том, что насосы выбирали с запасом и никак ими не управляли. Затем появились каскадные (параллельные) схемы, причем на практике запускать их было не так просто. Систему приходилось снабжать вентилями, чтобы избежать ударов, которые могли разрушить гидравлическую арматуру при пуске дополнительных насосов.

Появление устройства плавного пуска частично решило проблему, мощность стало возможно регулировать ступенчато.

С частотным преобразователем оказалось возможно полностью решить проблему. Теперь не требуется никаких вентиля и сложных инструкций о порядке работы с ними. Сокращается персонал, а также достигается большая экономия энергии. Ниже показано каскадное управление двумя насосами с поддержанием давления, использующее два двигателя (насоса).

Частотное управление группой насосных агрегатов, включенных параллельно в настоящее время реализуют в основном по двум схемам:

- с индивидуальным частотным управлением каждым насосным агрегатом;
- с одним преобразователем частоты и коммутационной аппаратурой группового управления.

Схема по рисунку 2 очень привлекательна в виду ее простоты и

Рисунок 2 - Схема группового управления с одним преобразователем частоты

соответственно низкой стоимости. Данную схему предлагают многие производители преобразователей частоты в виде опции для насосных станций. Однако в простоте данной схемы кроются серьезные проблемы при ее использовании в системах поддержания давления (на водопроводных насосных станциях).

Проблемы связаны, прежде всего, с параллельной работой частотно-регулируемого (ЧР) насоса и насоса без частотного регулирования и сводятся к следующему:

- определению диапазона работы НА с ЧР (определению момента подключения/отключения дополнительного НА);
- исключению работы насосных агрегатов вне рекомендуемой производителями насосов рабочей области и, как следствие, исключению перегрузки приводных электродвигателей.

Рассмотренная выше схема может легко быть распространена на три, четыре и более насосов, при помощи логического контроллера. Возможны разные конфигурации управления.

Помимо рассмотренного каскадного управления могут быть схемы с переключением насосов. Это помогает уменьшить износ оборудования. На первый взгляд это неочевидно: простаивающее оборудование не изнашивается механически, но определенно, также портится (коррозия, растрескивание изоляции от холода и т.п.). Схема с переключением насосов легко позволяет вводить аварийный резерв, причем

безотказно, чего не скажешь о схемах с длительно простаивающим резервным оборудованием.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванкина, Ю.В. Повышение надежности эксплуатации асинхронных электродвигателей в сельском хозяйстве / Иванкина Ю.В., Левин М.А., Акишин Д.Д. // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VIII международной научно-практической конференции. 2017. С. 93-96.
2. Левин М.А. Анализ состояния технической эксплуатации электрооборудования сельскохозяйственных предприятий Саратовской области / Левин М.А., Ерошенко Г.П., Трушкин В.А., Гузачев А.С. // Аграрный научный журнал. 2017. № 12. С. 70-72.
3. Евликова, О.И. Функциональные возможности частотного преобразователя привода асинхронного двигателя в качестве устройства защиты/ Евликова О.И., Левин М.А. // Актуальные проблемы энергетики АПК материалы VII международной научно-практической конференции. Под общей редакцией Трушкина В.А. 2016. С. 42-44.
4. Левин, М.А. Влияние коэффициента нагрузки на надежность электродвигателей насосных станций / Левин М.А., Иванкина Ю.В., Чурляева О.Н. // Научное обозрение. 2015. № 8. С. 111-113.
5. Левин, М.А. Способы очистки теплообменного оборудования от отложений / Левин М.А., Мухин А.И. // Актуальные проблемы энергетики АПК Материалы V Международной научно-практической конференции. Под редакцией В.А. Трушкина. 2014. С. 193-196.
6. Левин, М.А. Элементы комплектования электропривода / Левин М.А. // Актуальные проблемы энергетики АПК Материалы II Международной научно-практической конференции. 2011. С. 163-165.
7. Каскадно-частотное управление асинхронными двигателями на насосных станциях [Электронный ресурс]. – Точка доступа: <https://en-res.ru/statii/kaskadno-chastotnoe-upravlenie-pumps-st4.html>
8. Автоматическая насосная установка с каскадно-частотным регулированием [Электронный ресурс]. – Точка доступа: <http://www.stroyka74.ru/articles/avtomaticheskaya-nasosnaya-ustanovka-s-kaskadno-chastotnym-regulirovaniem/>
9. Частотно-каскадное управление электродвигателями на насосных станциях [Электронный ресурс]. – Точка доступа: <http://chistotnik.ru/chastotno-kaskadnoe-upravlenie-elektodvigatelyami-na-nasosnyx-stanciyax.html>

УДК 662.614

А. А. Земсков, Т. С. Бакрунова

Самарский государственный технический университет, г. Самара

СПОСОБЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕПЛООБМЕНА

Проблема интенсификации процесса теплообмена и создание теплообменных аппаратов, обладающих высокой эффективностью, стала очень актуальна в современной теплоэнергетике.

Важность этой проблемы объясняется тем, что на некоторых предприятиях размеры теплообменных аппаратов иногда сильно превышают размеры основного оборудования, что существенно затрудняет решение производственных задач. Также задача интенсификации актуальна в тех случаях, когда теплоносители обладают малыми коэффициентами теплоотдачи.

За счет интенсификации теплообмена увеличивается количество тепла, передаваемого через единицу поверхности теплообмена, и, соответственно, уменьшаются массогабаритные показатели теплообменника; достигается более выгодное соотношение между передаваемым количеством тепла и мощностью, затрачиваемой на перемещение теплоносителей. Высокое техническое качество интенсифицированного теплообменного оборудования улучшает общие характеристики энерготехнологических установок.

Помимо сохранения высоких температурных, аэродинамических и тепловых показателей трудность достижения высокоэффективного теплообменного аппарата заключается в том, что теплообменный аппарат должен быть прост предельно по конструкции, технологичен в изготовлении, надёжен в эксплуатации и, конечно, иметь относительно небольшую стоимость.

Обычно задача интенсификации теплообмена сводится к:

1. уменьшению размеров и массы теплообменных устройств;

2. снижению температурного напора, т. е. к увеличению температуры теплоносителя при заданной температуре стенок или к снижению температуры стенок при заданной температуре теплоносителя.

Основные способы интенсификации теплообмена в теплообменных аппаратах:

1. Изменение термического сопротивления.

Ниже представлена формула коэффициента теплопередачи для плоской стенки:

$$\kappa = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

Анализ этого уравнения показал, что для интенсификации процесса теплопередачи необходимо прежде всего уменьшать термическое сопротивление с той стороны, с которой оно является наибольшим.

Для этого необходимо применять материалы с высоким коэффициентом теплопроводности (медь, алюминий);

2. Турбулизация потока теплоносителя (увеличение скорости потока).

Увеличение скорости потока в 2 раза дает рост интенсивности теплоотдачи примерно в 1,75 раза, но при этом гидравлическое сопротивление возрастает в 3.5 раза;

При низких значениях критерия Re , соответствующих ламинарному режиму, можно прибегнуть к искусственной турбулизации потока. Её осуществляют установкой специальных решеток, нанесением шероховатостей или закручиванием потока. Это позволяет достичь значений коэффициента теплоотдачи, соответствующих турбулентному режиму.

3. Оребрение или ошиповка теплообменных поверхностей.

Было доказано, что применять оребрение выгоднее со стороны поверхности с меньшим коэффициентом теплоотдачи, так как увеличение поверхности теплообмена поможет выравнять коэффициенты теплоотдачи и, следовательно, передать больше теплоты.

Также для интенсификации процесса теплообмена можно использовать такой приём как предотвращение отложений (солей, шлама) путём систематической промывки и очистки поверхностей теплообмена. Это важно, так как различные твердые отложения дают дополнительное термическое сопротивление, что отрицательно сказывается на интенсивности теплообмена.

УДК 621.22:621.314.241

В большинстве случаев эти способы работают в совокупности друг с другом.

Вывод: поиск новых, а также развитие уже найденных способов интенсификации процесса теплообмена является приоритетной деятельностью ученых, работающих в сфере энергетики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вознесенский А.А. Повышение эффективности установок промышленной теплотехники. М. – Л., издательство «Энергия», 1965, 344 с.
2. Калинин Э.К., Дрейцер Г.А., Ярхо С.А. Интенсификация теплообмена в каналах. М., «Машиностроение», 1972, 220 стр.
3. Горшенин А. С. Методы интенсификации теплообмена // Электронная библиотека СамГТУ. [Электронный ресурс]. URL: http://pte.samgtu.ru/sites/pte.samgtu.ru/files/gorshenin_metod_intensif.20091.pdf

Е.М. Камышникова, Д.А. Войтов, Н.В. Нестерова

Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я.Горина, г. Белгород

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ВОЛН В ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ

Аннотация. В данной статье представлены результаты эффективного применения преобразования энергии волн в электроэнергию. На основании изучения и анализа, были выявлены их преимущества и недостатки.

Ключевые слова: энергия, волны, источник, генератор, океан.

Тема возобновляемых источников энергии - это актуальная тема, особенно в мире, где доминирует ископаемое топливо. Возобновляемая энергия в современном мире широко обсуждается, потому что она не ограничена, также она стабильна и не выделяет парниковых газов, которые наносят ущерб окружающей среде и здоровью человека. Классическим примером возобновляемой энергии является волновая энергия. Энергия волн, также известная, как энергия океана или энергия морских волн - это энергия, извлекаемая из волн океана или моря.

Строгое вертикальное движение поверхностных океанских волн содержит много кинетической энергии, которая улавливается технологией волновой энергии для выполнения полезных задач, таких как производство электроэнергии, опреснение воды и откачка воды в резервуары [1,2].

Успешное и выгодное использование энергии волн в больших масштабах происходит только в нескольких регионах мира. Волновая энергия, по сути, представляет собой конденсированную форму солнечной энергии, создаваемой

действием ветра, дующего на поверхность воды океана, которая затем может быть использована в качестве источника энергии. Интенсивность солнечного света, попадающего в земную атмосферу, значительно различается в разных частях света. Это несоответствие температуры воздуха во всем мире вызывает перемещение атмосферного воздуха из более горячих в более холодные районы, вызывая ветры [3].

Эти волны могут путешествовать по огромным океанам, не теряя много энергии. Однако, когда они достигают береговой линии, где глубина воды значительно мала, их скорость уменьшается, а их размеры значительно увеличиваются. В конечном итоге волны достигают береговой линии, испуская огромное количество кинетической энергии. Энергия волны, которая достигает побережья, преобразуется в электричество с помощью преобразователя энергии волны. Принцип работы этой силовой установки прост и гениален. Это закрытая камера с отверстием под морем, которая позволяет сильным морским волнам течь в камеру и обратно. Уровень воды в камере поднимается и падает с ритмом волны, и поэтому воздух нагнетается взад и вперед через турбины, соединенные с верхним отверстием в камере. Сжатый воздух обладает достаточной мощностью для привода турбин. Турбина движется в одном направлении из-за движения воздуха назад и вперед. Привод турбины вращает вал, соединенный с генератором [4,5].

Генератор вырабатывает электроэнергию, которая транспортируется в электрические сети, а затем подается в центры спроса и распределительные линии, которые соединяют отдельные дома и промышленные объекты. Преимущество этого волнового преобразователя энергии состоит в том, что даже значительно

слабые волновые движения могут создавать достаточный поток воздуха, чтобы турбина могла двигаться и генерировать энергию [6].

Преимущества энергии волн:

- Предсказуемость.
- Возобновляемая форма энергии.
- Экологически безопасна.
- Энергетическая безопасность.
- Земля остается нетронутой.

Недостаток энергии волн:

- Высокое капиталовложение.
- Изменчивость размера волны может повредить оборудование.
- Ущерб морской экосистеме.
- Недостаток места.

Таким образом, мы видим, что существует устройство для преобразования энергии волн. Вышеупомянутое устройство волновой энергии, построенное на береговой линии, значительно упрощает проектирование и конструкцию этих схем, устраняя необходимость прокладки длинных подводных кабелей. Плотность мощности волн намного меньше, чем на некотором расстоянии от побережья. Однако это может быть частично компенсировано концентрацией энергии волны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нестерова, Н.В. Электроэнергетика. Проблемы и перспективы [Текст] / Н.В. Нестерова, Л.С. Острова // В книге: Молодежный аграрный форум – 2018. Материалы международной студенческой научной конференции. 2018. – С. 280.
2. Нестерова, Н.В. Повышение надежности электрического снабжения в АПК [Текст] / Н.В. Нестерова, А.С. Галеженко // В сборнике: Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 30-летию кафедры технической механики конструирования машин. 2018. – С.523-527.
3. Нестерова, Н.В. Электробезопасность в АПК [Текст] / Н.В. Нестерова, С.А. Поданев // В книге: Молодежный аграрный форум – 2018. Материалы международной студенческой научной конференции. 2018. – С. 281.
4. Нестерова, Н.В. Энергосбережение в Белгородской области [Текст] / Н.В. Нестерова, В.Ю. Страхов // Материалы международной студенческой научной конференции. Том 2. Г. Белгород. 2015. С. 238.

5. Нестерова, Н.В. Выбор мероприятий по реагированию на техногенные риски предприятий [Текст] / Н.В. Нестерова, М.А. Латкин, В.Г. Шаптала, В.Ю. Радоуцкий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2017. №4. – С. 145-149.

6. Нестерова, Н.В. Математическое моделирование состояния безопасности объектов

[Текст] / Н.В. Нестерова, М.Н. Степанова, А.В. Харьбин // Инновационные процессы в научной среде. Сборник статей Международной научно-практической конференции. – 2016. – С. 11-14.

УДК 621.313

В.А. Каргин, А.В. Волгин, А.К. Федоров, А.С.Панкратов

Саратовский государственный аграрный университет
имени Н.И. Вавилова, г. Саратов

РЕГИСТРАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ИМПУЛЬСНЫХ МАШИН

Аннотация. В настоящей статье рассмотрена методика визуализации динамических характеристик импульсных машин с линейными электромагнитными двигателями с помощью многофункциональной платы аналого-цифрового преобразователя.

Ключевые слова: линейные электромагнитные двигатели, ударные машины, аналого-цифровые преобразователи.

В настоящее время применение импульсных линейных электромагнитных двигателей (ЛЭМД) в приводе ударных машин для погружения стержневых элементов в грунт, ударного бурения неглубоких скважин, динамического зондирования грунтов признано вполне эффективным [1-3].

Время переходных процессов в ЛЭМД подобных устройств составляет не более 0.25 с, что затрудняет получение наиболее полной информации об их характеристиках [2, 5, 6]. Решение данной задачи с помощью традиционных технических средств представляется затруднительным.

В статье рассматривается методика визуализации динамических характеристик импульсных машин с ЛЭМД с помощью многофункциональной платы аналого-цифрового преобразователя (АЦП).

Экспериментальные исследования рабочих процессов импульсных ЛЭМД ударных машин проводятся с целью получения полной информации о

характеристиках испытуемой машины. Изучение закономерностей работы, выработка рекомендаций по рациональному выбору отдельных конструктивных и режимных параметров позволяют обеспечить максимальную механическую энергию на выходе двигателя при возможно большем КПД [4, 7].

Исследования проводились с помощью экспериментальных установок, оснащенных комплексом контрольно-измерительной аппаратуры (КИА), позволяющей регистрировать интересующие физические величины [1, 4, 5]. Набор КИА включает приборы непосредственной оценки, по которым производится визуальный контроль электрических параметров: амперметры, вольтметры (использованы цифровые приборы В7-21А, В7-22А) и регистрирующее устройство – персональный компьютер с аналого-цифровым преобразователем ЛА-2М5.

Электрическая схема стенда, включающая элементы систем управления ЛЭМД и измерения физических величин

при питании обмотки от сетевого импульсного преобразователя показана на рисунке 1.

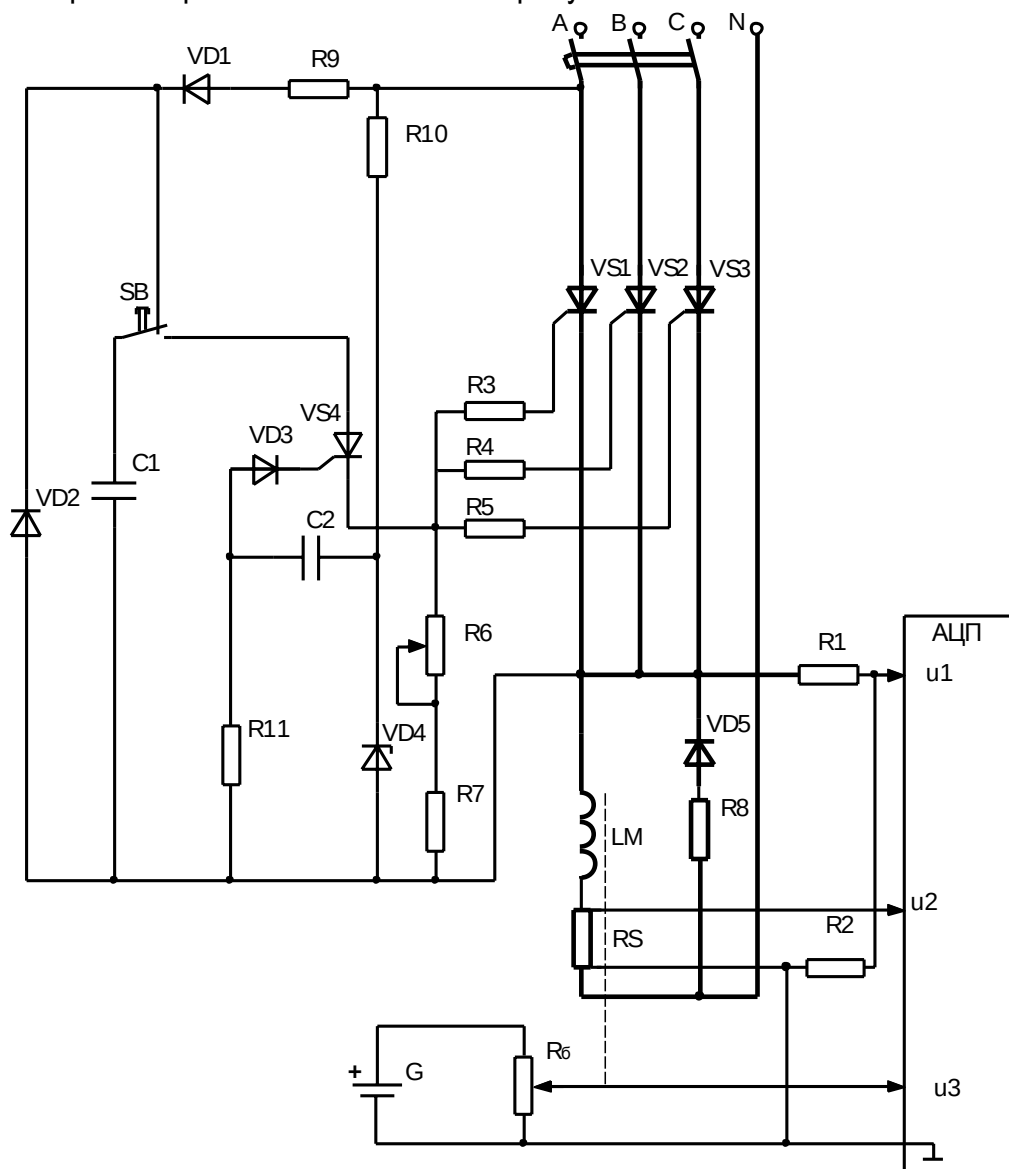


Рисунок 1. Схема регистрации динамических характеристик ЛЭМД

Силовая часть электрического преобразователя (рис. 1) представляет собой однополупериодный трехфазный управляемый выпрямитель на тиристорах $VS1...VS3$, нагруженный обмоткой LM ЛЭМД и формирователь импульсов (ФИ) [1].

Для детального выявления особенностей электрического взаимодействия импульсной нагрузки (ЛЭМД) с источниками и электрическими преобразователями проводилась

одновременная регистрация динамических характеристик исследуемого ЛЭМД: мгновенных значений напряжения $u(t)$ и тока $i(t)$, протекающего по его обмотке, а также перемещения якоря $\delta(t)$ в функции времени. Одновременная запись указанных величин производилась на персональный компьютер, связанный с исследуемой системой через многофункциональную плату аналого-цифрового преобразователя (АЦП).

На рисунках 2-3 показаны, в качестве ЛЭМД с различной длительностью примера, динамические характеристики протекания тока через его обмотку.

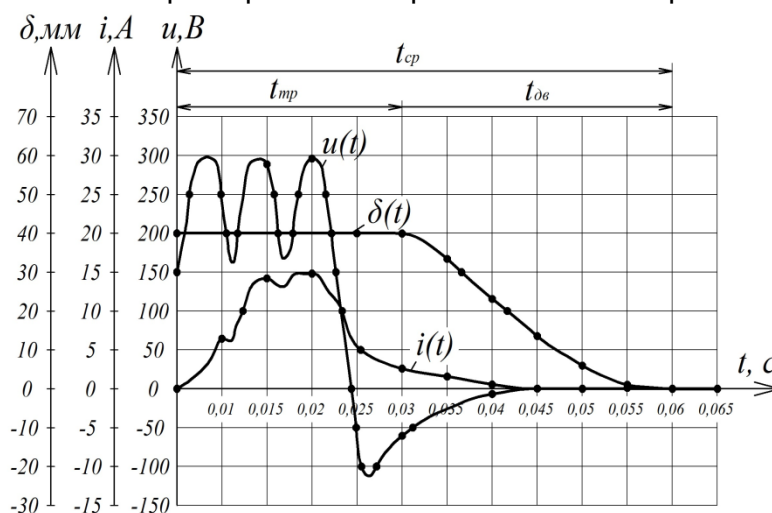


Рисунок 2. Динамические характеристики ЛЭМД при трехфазном питании ($A_\gamma=4$ Дж): $t_{тр}$ – время трогания, с; $t_{дв}$ – время движения, с; $t_{ср}$ – время срабатывания, с.

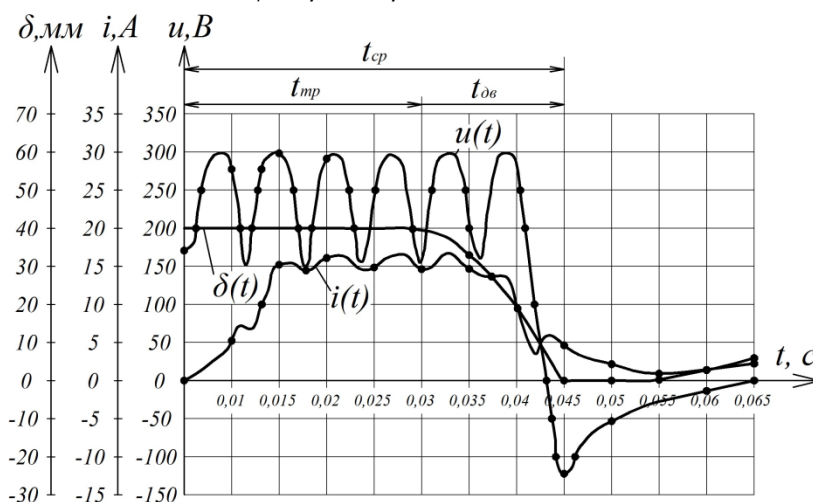


Рисунок 3. Динамические характеристики ЛЭМД при трехфазном питании ($A_\gamma=46$ Дж)

Из диаграмм, в частности, следует, что такие электрические преобразователи позволяют регулировать механическую энергию двигателя в диапазоне 4...46 Дж.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Усанов, К.М. Линейный импульсный электромагнитный привод машин с автономным питанием: монография [Текст] / К.М. Усанов, В.И. Мошкин, Г.Г. Угаров. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2006. – 284 с.
2. Усанов, К.М. Интенсификация охлаждения импульсных машин с линейными электромагнитными двигателями / К.М. Усанов, В.А. Каргин, А.С. Козлов // Техника в сельском хозяйстве, 2013, №1. – С.16-17.

3. Каргин, В.А. Система управления электромагнитной ударной машиной / В.А. Каргин. – Образовательная среда сегодня и завтра: Материалы X Международной научно-практической конференции, 2015. – С. 303-306.
4. Каргин, В.А. Методы расчета тепловых и гидравлических процессов в ЛЭМД импульсных машин / В.А. Каргин, А.М. Марадудин, Д.П. Щербаков // В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК, материалы VI Международной научно-практической конференции, 2015. – С.75-78.
5. Усанов, К.М. Оценка эффективности энергопреобразований в электромагнитной ударной машине с упругим возвратным элементом / К.М. Усанов, В.А. Каргин, А.В. Волгин // Труды Кубанского государственного аграрного университета, 2008. № 3. – С.86-87.

6. Каргин, В.А. Система управления плавным ходом якоря ЛЭМД кормораздаточных транспортеров за счет автоматической корректировки выходного усилия / В.А. Каргин, А.П. Моисеев, А.В. Волгин, Н.Н. Белова // Известия Международной академии аграрного образования, 2017. № 37. – С.15-18.

7. Каргин, В.А. Электрический преобразователь с автоподстройкой выходного усилия электромагнитного формователя колбасных изделий / В.А. Каргин, А.В. Волгин, А.П. Моисеев, О.В. Логачева // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2018. №2 (160). – С.176-180.

УДК 621.313

В.А. Каргин, А.В. Волгин, А.К. Федоров, Г.Н. Селезнев

Саратовский государственный аграрный университет
имени Н.И. Вавилова, г. Саратов

ЛИНЕЙНЫЙ ШАГОВЫЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ ПРИВОДА КОНВЕЙЕРОВ

***Аннотация.** В настоящей статье проведен силовой анализ взаимодействия рабочего органа со стопорным механизмом в шаговом линейном электромагнитном двигателе привода конвейеров. Выявлена степень влияния угла наклона стопорных элементов на величину усилия, необходимого для привода рабочего органа.*

***Ключевые слова:** линейный шаговый электромагнитный двигатель, привод конвейеров, стопорные элементы.*

Подъем и устойчивое развитие электромагнитные машины с новыми сельскохозяйственных предприятий свойствами, в которых механическая неразрывно связаны с созданием мощностей выводятся с помощью зубчатой конкурентоспособной техники для штанги любой необходимой длины [2, 5, 6, 7]. прогрессивных технологий. В Важных этапом разработки линейных совершенствовании различных технологий электромагнитных двигателей привода важная роль принадлежит силовым конвейерам представляется обоснование дискретным приводам с линейными устройств передачи механической энергии электромагнитными двигателями (ЛЭМД), двигателя перемещаемому рабочему органу которые позволяют отказаться от [1-4].

преобразователей движения и особенно В работе проведен силовой анализ успешно конкурируют с традиционными взаимодействия рабочего органа со электродвигателями в машинах и стопорным механизмом в шаговом ЛЭМД установках, где необходимо дискретное привода конвейеров.

поступательное движение рабочего органа Процесс взаимодействия рабочего органа со стопорными элементами во время [1-4].

Кинематическое разделение якоря и рабочего хода показан на рисунке 1. выходного вала и использование осевого Проведем его силовой анализ. канала в ЛЭМД позволило создать

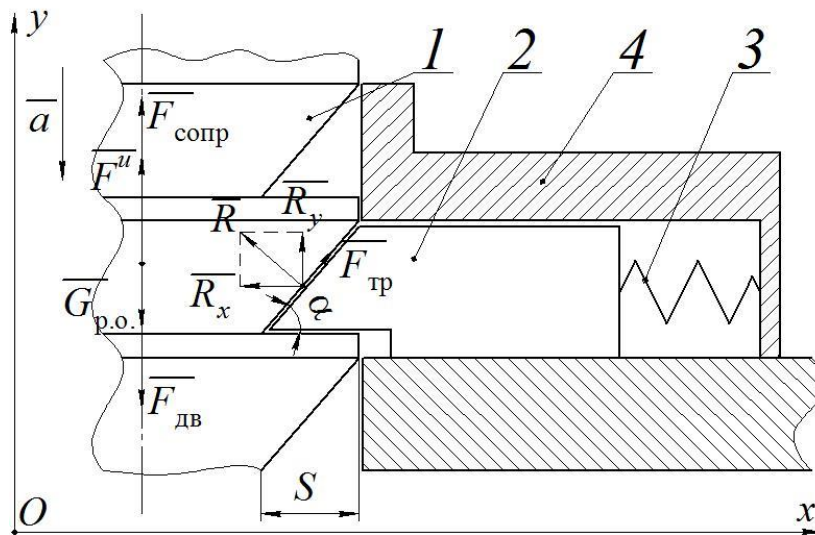


Рисунок 1. Силовая схема рабочего органа: 1 – рабочий орган; 2 – стопорный элемент; 3 – прижимная пружина; 4 – корпус ЛЭМД

На рабочий орган 1 действуют следующие силы:

$G_{\delta.1.}$ – сила тяжести; $G_{\delta.1.} = m_{\delta.1.} \cdot g$, где $m_{\delta.1.}$ – масса рабочего органа;

F^e – сила инерции, $F^e = m_{\delta.1.} \cdot a$, где a – ускорение, с которым перемещается рабочий орган;

$F_{\delta\delta}$ – движущая сила, необходимая на перемещение рабочего органа 1;

$F_{\delta\delta}$ – сила сопротивления перемещению рабочего органа 1 вследствие его взаимодействия с направляющими стенками 4 корпуса ЛЭМД и другими объектами внешней среды;

R – реакция, действующая на рабочий орган 1 со стороны стопорного элемента 2. Разложим реакцию R на горизонтальную и вертикальную составляющие: $R_x = R \cdot \sin \alpha$, $R_y = R \cdot \cos \alpha$, где α – угол наклона стопорных элементов.

$F_{\delta\delta}$ – сила трения рабочего органа по поверхности стопорного элемента, $F_{\delta\delta} = R \cdot f$, где f – коэффициент трения скольжения (при трении стали о сталь $f = 0,15$).

Используя принцип Даламбера, спроецируем все силы, действующие на рабочий орган, на выбранную ось y (рис. 1):

$$-F_{\delta\delta} + R_y + F^e + F_{\delta\delta} \cdot \sin \alpha + F_{\delta\delta} - G_{\delta.1.} = 0. \quad (1)$$

Рассмотрим систему сил, действующих на стопорный элемент (рис. 2):

$G_{\delta\delta}$ – сила тяжести; $G_{\delta\delta} = m_{\delta\delta} \cdot g$, где $m_{\delta\delta}$ – масса стопорного элемента;

F^e – сила инерции, $F^e = m_{\delta\delta} \cdot a_{\delta\delta}$, где $a_{\delta\delta}$ – ускорение, с которым перемещается стопорный элемент;

$F_{\delta\delta}$ – реакция, действующая со стороны пружины, равная по модулю силе упругости пружины, т.е. $F_{\delta\delta} = c \cdot S$, где S – величина деформации пружины, c – коэффициент жесткости пружины; $c = \frac{G \cdot d_{\delta\delta}^4}{8 \cdot d_{\delta\delta}^3 \cdot n}$ [13], где

$d_{\delta\delta}$ – диаметр проволоки пружины; $d_{\delta\delta}$ – диаметр намотки (измеряемый от оси проволоки); n – число витков; G – модуль сдвига (для пружинной стали $G \approx 78,5$ ГПа);

R' – реакция, действующая на стопорный элемент со стороны рабочего

органа, равная по модулю R и направленная в противоположную сторону;

$R'_{\delta\delta}$ – сила трения стопорного элемента по поверхности рабочего органа, $F'_{\delta\delta} = R' \cdot f$;

N – нормальная реакция направляющей поверхности;

$F_{\delta\delta.\dot{a}}$ – сила трения боковой поверхности стопорного элемента о направляющую поверхность; $F_{\delta\delta.\dot{a}} = N \cdot f'$.

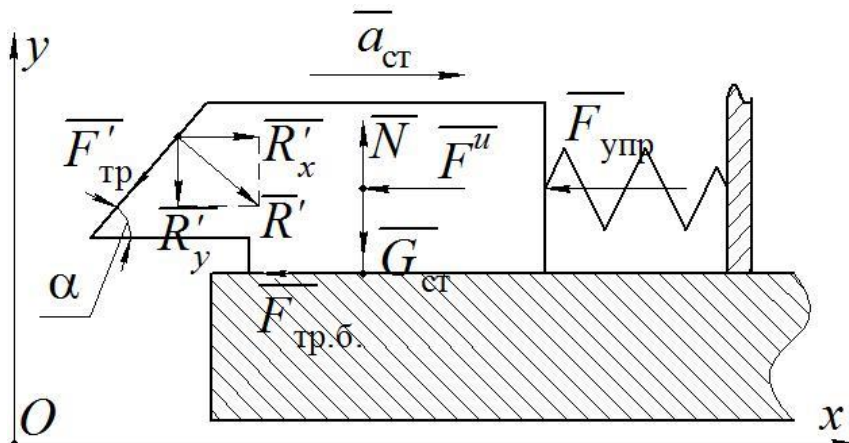


Рисунок 2. Силевая схема стопорного элемента

Стопорные элементы имеют сравнительно небольшую массу, поэтому с небольшой погрешностью в расчетах можем не учитывать усилия $F_{\delta\delta.\dot{a}}$, F^e и N .

В соответствии с принципом Даламбера составим сумму проекций системы сил, действующей на стопорный элемент, на ось x :

$$\left. \begin{aligned} R'_x - F'_{\delta\delta} \cdot \cos \alpha - F_{\delta\delta.\dot{a}} &= 0, \\ R'_x - R' \cdot f \cdot \cos \alpha - c \cdot S &= 0, \\ R'_x - \frac{R'_x}{\sin \alpha} \cdot f \cdot \cos \alpha - c \cdot S &= 0, \\ R'_x &= \frac{c \cdot S}{1 - \operatorname{ctg} \alpha f}. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

С учетом выражений (2) уравнение (1) примет вид:

$$-F_{\dot{a}\dot{a}} + \frac{c \cdot S}{\operatorname{tg} \alpha \cdot (1 - \operatorname{ctg} \alpha f)} + m_{\delta\dot{a}} \cdot \alpha + \frac{c \cdot S \cdot f}{(1 - \operatorname{ctg} \alpha f)} + F_{\dot{m}\dot{a}} - G_{\delta\dot{a}} = 0.$$

Тогда

$$F_{\dot{a}\dot{a}} = c \cdot S \cdot \left(\frac{1}{\operatorname{tg} \alpha - f} + \frac{1}{1/f - \operatorname{ctg} \alpha} \right) + m_{\delta\dot{a}} \cdot \alpha + F_{\dot{m}\dot{a}} - G_{\delta\dot{a}}. \quad (3)$$

Из выражения (3) следует, что на движущую силу оказывают влияние конструктивные особенности стопорных элементов, кинематический режим работы комбинированного якоря ЛЭМД и составляющие силы сопротивления перемещению рабочего органа.

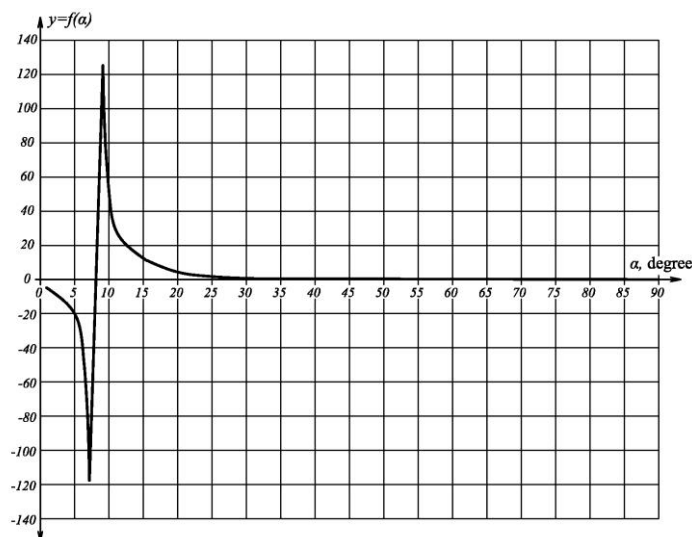


Рисунок 3. График функции $y = \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha - f} + \frac{1}{1/f - \operatorname{ctg} \alpha}$

Для выявления степени влияния угла наклона стопорных элементов α на $F_{\text{дв}}$, построим график зависимости вида $y = \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha - f} + \frac{1}{1/f - \operatorname{ctg} \alpha}$ на интервале $0^\circ < \alpha < 90^\circ$

(рис. 3).

Из графика видно, что величина усилия, приводящего в движение рабочий орган, уменьшается с ростом величины угла α . При $\alpha > 35^\circ$ значение движущей силы не меняется.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Усанов, К.М. Линейные электромагнитные двигатели и приводы в импульсных процессах и технологиях : монография [Текст] / К.М. Усанов, В.И. Мошкин, В.А. Каргин, А.В. Волгин. – Курган : Изд-во Курганского гос. ун-та, 2015. – 202 с.
2. Патент на полезную модель. Линейный шаговый электромагнитный двигатель / Мошкин В.И., Усанов К.М., Волгин А.В., Львицын А.В. / RU59343, МПК H02K 41/03 Оpubл. 10.12.2006 Бюл. № 34.
3. Моисеев, А.П. Силовые характеристики электромагнитного двигателя с осевым каналом/ А.П. Моисеев, А.В. Волгин, Лошкарев, А.А. Леонтьев, // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VI международной научно-

практической конференции – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2015.- С. 179-180.

4. Патент на изобретение. Реверсивный линейный электромагнитный двигатель с осевым каналом / Усанов К.М., Моисеев А.П., Каргин В.А., Волгин А.В. / RU2440661, МПК H02K 41/03 Оpubл. 20.01.2012 Бюл. № 2.
5. Каргин, В.А. Методы расчета тепловых и гидравлических процессов в ЛЭМД импульсных машин / В.А. Каргин, А.М. Марадудин, Д.П. Щербаков // В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК, материалы VI Международной научно-практической конференции, 2015. – С.75-78.
6. Усанов, К.М. Оценка эффективности энергопреобразований в электромагнитной ударной машине с упругим возвратным элементом / К.М. Усанов, В.А. Каргин, А.В. Волгин // Труды Кубанского государственного аграрного университета, 2008. № 3. – С.86-87.
7. Каргин, В.А. Система управления электромагнитной ударной машиной / В.А. Каргин. – Образовательная среда сегодня и завтра: Материалы X Международной научно-практической конференции, 2015. – С. 303-306.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛИНЕЙНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ДВИГАТЕЛЯ В ПРИВОДЕ КЛИПСАТОРА ОБОЛОЧЕК ПРОДУКТОВ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

***Аннотация.** В настоящей работе рассмотрена классификация и проведен анализ оборудования для наложения скрепок на оболочки продуктов пищевой промышленности, которое целесообразнее использовать для наложения скрепок на упаковку.*

***Ключевые слова:** Ручные клипсаторы; автоматические клипсаторы; линейные электромагнитные двигатели.*

Высокий уровень качества продукции и высокая производительность, обусловленные применением прогрессивных технологий и технических средств, позволят обеспечить интеграцию России в мировую экономику.

Развитие современной науки и техники связано с созданием машин, повышающих производительность. Наибольший интерес вызывают машины для предприятий пищевой продукции. Они разнообразны по принципу действия и конструктивному исполнению технологического оборудования, базируются на программировании и автоматизации операций по выработке отдельных видов продукции.

Отличительной особенностью пищевой промышленности является выпуск широкого и постоянно обновляющегося ассортимента продукции, связанного с обязательным изменением и обновлением технологических процессов.

Одним из основных этапов производства изделий пищевой промышленности

является упаковка готового изделия. Упаковка производится для повышения механической плотности и увеличения срока хранения продукта. Заострив внимание на мясоперерабатывающей промышленности, стоит отметить, что на качество конечного продукта значительное влияние оказывает процесс наложения скрепок – клипсование[4].

Решить вопрос производительности и качества в выполнении этой операции можно только широким применением клипсаторов – устройств для наложения скрепок на оболочку изделия.

Цель данной работы: рассмотреть и проанализировать существующие разработки оборудования для наложения скрепок на оболочки продуктов пищевой промышленности.

Патентный поиск и анализ литературных источников показал многообразие технических средств наложения скрепок на упаковку и позволил составить классификационную схему (рис.1).

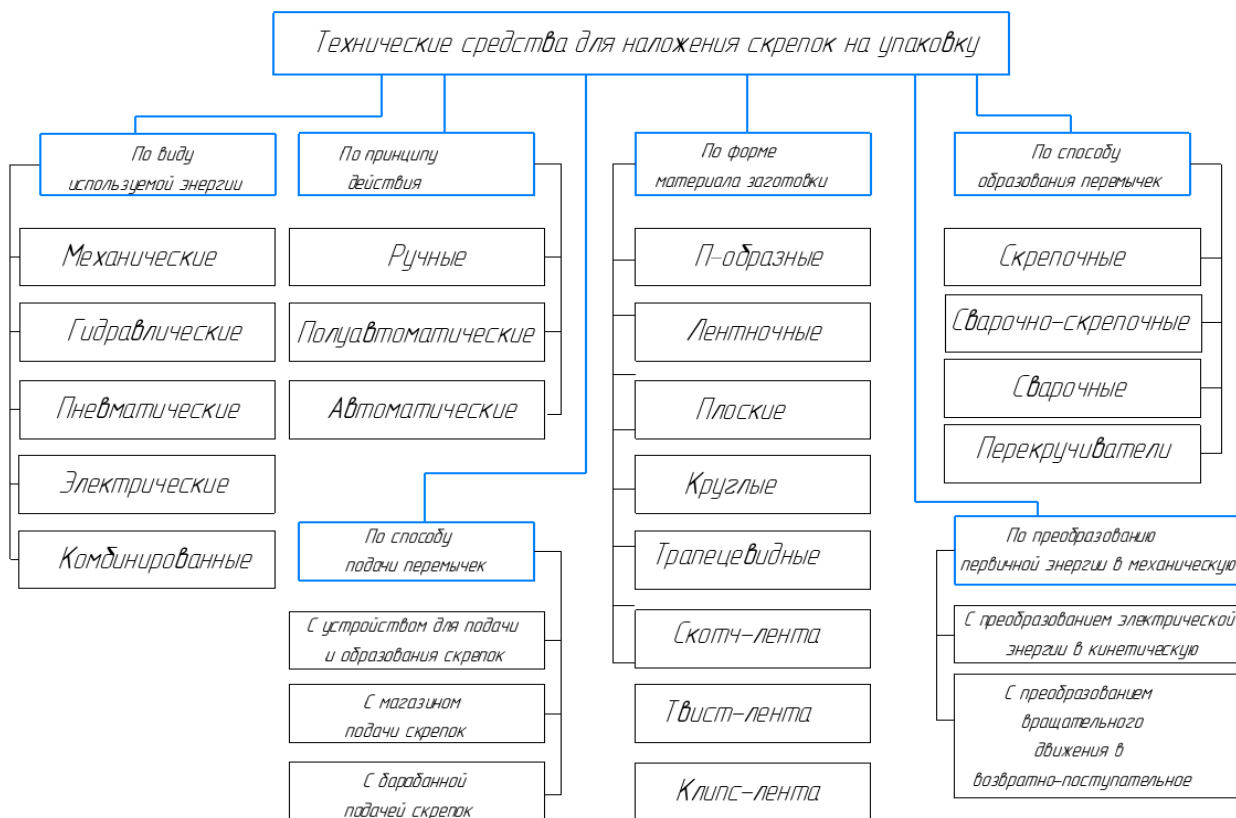


Рисунок 1 – Классификация технических средств для наложения скрепок на упаковку

По принципу действия различают ручные, полуавтоматические и автоматические клипсаторы. В свою очередь их классифицируют по роду используемой энергии: механические, гидравлические, пневматические, электрические и комбинированные [1,3].

Основными требованиями, предъявляемыми к техническим средствам для клипсования изделий пищевой промышленности, являются: предотвращение попадания смазки, частиц от изнашивающихся деталей, на формирующий колбасный батон; возможность регулирования давления скрепляемой клипсы; минимальное использование ручного труда; простота и надежность в работе; отсутствие прецизионных узлов; возможность автоматизации; высокие удельные показатели, компактность, малая металло- и

энергоёмкость [1,2].

В условиях малого фермерского хозяйства при производстве колбасных изделий используются ручные клипсаторы. При данном способе клипсования колбасной оболочки обжим клипсы осуществляют вручную. При этом скорость клипсования зависит только от оператора. Для данного способа клипсования характерным является цикличность технологического процесса и как следствие низкая производительность [1].

Широкое распространение получили пневматические и гидравлические клипсаторы периодического действия, которые осуществляют клипсование практически всех видов оболочек. Использование пневматики позволяет снизить энергозатраты при его работе, но стоит учесть, что пневмопривод предполагает наличие пневмосети или передвижного компрессора. Это

значительно ограничивает применение данных устройств в небольших фермерских хозяйствах, а также обладает повышенным шумом при работе и быстро изнашивается [3].

Перспективным направлением в разработке устройств для наложения скрепок на оболочку, отвечающих современным требованиям, является использование линейного электромагнитного двигателя (ЛЭМД), отличающегося относительно малым энергопотреблением, сравнительно высокими удельными выходными показателями, и обеспечивающего непосредственное преобразование электрической энергии в механическую работу с линейной траекторией движения рабочего органа – пуансона [6].

Применение ЛЭМД в приводе оборудования для клипсования позволяет снизить интенсивность отказов на 9...13% и увеличить период нормальной эксплуатации на 15...25% [2].

В заключение, стоит отметить, что количество предприятий и фермерских хозяйств, которые стремятся перейти к углубленной переработке сырья с целью производства конечных продуктов (колбасы, полуфабрикатов, хлебобулочных изделий), увеличивается [3]. Поэтому

предложение о внедрении машин с линейным электромагнитным двигателем является наиболее перспективным направлением в области пищевых технологий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ивашов В.И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности: Учеб. пособие - СПб.: Дели, 2007. - 464 с.
2. Каргин, В.А. Оценка надежности электроприводов с линейным перемещением рабочего органа в установках для клипсования колбасных изделий/ В.А. Каргин, О.В. Логачева, С.С. Лёвин // В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК.- Саратов: Саратовский ГАУ, 2018.-С.58-61.
3. Забашта А.Г. Технология мяса и мясных продуктов / Казюлин Г.П., Рогов И.А. – М.: Колос, 2009. – 565 с
4. Усанов, К.М. Импульсные электромагнитные двигатели в приводе оборудования пищевого производства / К.М. Усанов, В.А. Каргин, А.В. Ивченко, С.М. Зубарев // В сборнике: Научное обеспечение агропромышленного производства, материалы Международной научно-практической конференции, 2010. – С.228-231.
5. Усанов, К.М. Перспективы применения импульсных электромагнитных машин в приводе оборудования для вязки колбасных батонов / К.М. Усанов, В.А. Каргин, А.В. Ивченко // В сборнике: Технология и продукты здорового питания, материалы III Международной научно-практической конференции, 2009. – С.152-156.
6. Усанов, К.М. Использование линейного электромагнитного двигателя для упаковки сельскохозяйственной продукции / К.М. Усанов, В.А. Ивченко, С.А. Ивченко // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 2012. № 1. – С. 22-23.

УДК 621.314

А.В. Квитко, М.А. Калюта

Кубанский государственный аграрный университет
имени И.Т. Трубилина, г. Краснодар

СТАБИЛИЗАТОР НАПРЯЖЕНИЯ И ЧАСТОТЫ ТОКА ГЕНЕРАТОРА ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

Аннотация. Предлагается в качестве стабилизатора напряжения бесконтактного генератора ветроэнергетической установки применить непосредственный преобразователь частоты.

Ключевые слова: ветроэнергетическая установка, бесконтактный генератор, асинхронный генератор, непосредственный преобразователь частоты.

Для улучшения эксплуатационно-технических характеристик (ЭТХ) ветроэнергетических установок (ВЭУ) необходимо в качестве источника электроэнергии использовать бесконтактные асинхронные генераторы (АГ) [1, 2].

АГ имеют высокие показатели надежности и КПД, в сравнении с другими типами эксплуатируемых автономных генераторов. Одним из недостатков их является сложность стабилизации напряжения. Кроме того, для возбуждения и компенсации реактивной мощности нагрузки АГ, необходимы конденсаторы. Масса которых, может быть соизмерима, а иногда и превышать массу генератора электроэнергии. Однако применение в качестве стабилизатора напряжения и частоты тока АГ непосредственного преобразователя частоты (НПЧ), с регулируемым углом сдвига фаз на входе, позволит улучшить характеристики ВЭУ, за счет нескольких положительных свойств комплексного использования рассмотренных электротехнических устройств.

Во-первых, упрощается конструкция и повышается КПД (5–7 %) редуктора скорости ветроагрегата, за счет исключения из его конструкции автоматического стабилизатора частоты вращения вала ветроколеса.

Во-вторых, исключаются из состава АГ конденсаторы, обеспечивающие емкостной ток компенсации реактивной мощности нагрузки.

В-третьих, стабилизацию параметров электроэнергии АГ осуществляет НПЧ: напряжения при изменениях величины и характера нагрузки, за счет изменения угла сдвига фаз на входе преобразователя; частоты тока за счет поддержания постоянного значения опорного сигнала синусоидальной формы системы управления преобразователем.

Важным достоинством НПЧ является то, что его система управления обеспечивают независимую стабилизацию напряжения и частоты тока. Для улучшения качества выходного напряжения на выходе НПЧ необходимо чтобы частота тока на входе его была в несколько раз выше выходной частоты. Это достигается путем увеличения числа передачи частоты вращения редуктором скорости или увеличением числа пар полюсов генератора или эти способа могут применяться одновременно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Квитко А.В. Генераторы электроэнергии ветроэлектрических установок и способы стабилизации их напряжения / А.В. Квитко, А.О. Хицкова // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 98. – С. 255–269.
2. Григораш О.В. Расчет мощности и выбор элементов ветроэлектрической установки / О.В. Григораш, А.В. Квитко, Т.А. Сторожук // Труды Кубанского государственного университета. – 2013. № 33. – С. 300–303.
3. Атрощенко В.А. Непосредственные преобразователи частоты с улучшенными техническими характеристиками для автономных систем электроснабжения / В.А. Атрощенко, О.В. Григораш // Электротехника. – 1997. – №11. – С.56–60.

Ю.В. Кирячек, В.В. Головинов

Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донского государственного аграрного университета, г. Зерноград, Ростовская область

КОНТРОЛЬ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ НА КОНТАКТАХ КОММУТАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ И ОБОРУДОВАНИЯ

Аннотация. Рассматривается вопрос измерения перенапряжений на контактах многополюсных коммутационных аппаратах для асинхронных электродвигателей.

Ключевые слова: коммутационные перенапряжения, старение изоляции, магнитный пускатель, бесконтактная регистрация, фильтр токов нулевой последовательности.

Экспериментально установлено, что в сетях сельскохозяйственных производственных предприятий имеют место значительные коммутационные перенапряжения [1, 2], которые оказывают существенно влияние на старение изоляции эксплуатируемых асинхронных электродвигателей, постепенно снижая её электрическую пробивную прочность.

Причиной перенапряжений являются переходные процессы при коммутациях (включение, отключение и т. п.), в результате которых происходит изменение запасов электромагнитной энергии в индуктивностях и емкостях обмоток электродвигателей, кабелей [1, 2].

По статистике электродвигатели, работающие в сельскохозяйственном производстве имеют низкую надежность, в основном из-за выхода из строя обмотки статора (до 85...90% от всех аварийных выходов из строя). Средний срок службы колеблется от 0,7 до 5,8 года. Значительная доля отказов приходится на электродвигатели, работающие в кратковременном и повторно кратковременном режимах. Также наиболее часто встречаются в обмотке электродвигателей витковые замыкания 32,9%, из них 18,4% являются следствием коммутационных перенапряжений [1,2].

Одной из причин выхода электродвигателей из строя являются коммутационные перенапряжения, разрушающее воздействие которых усиливается высоким содержанием влаги и агрессивных газов в окружающей среде [1,2]. Основным коммутационным элементом для электродвигателей выступает магнитный пускатель, который вследствие наличия дребезга и разновременности коммутации контактов, инициирует импульсные перенапряжения при включении и отключении. Для бесконтактной регистрации коммутационных перенапряжений и неисправности силовой контактной группы магнитных пускателей, может быть использовано устройство, блок-схема которого приведена на рисунке 1.

Данное устройство работает следующим образом. При отключении и включении коммутационного оборудования из-за дребезга или неодновременной коммутации его контактов по электрической цепи кратковременно протекает переменный высокочастотный электрический ток, который сопровождается высокочастотными импульсами перенапряжения.

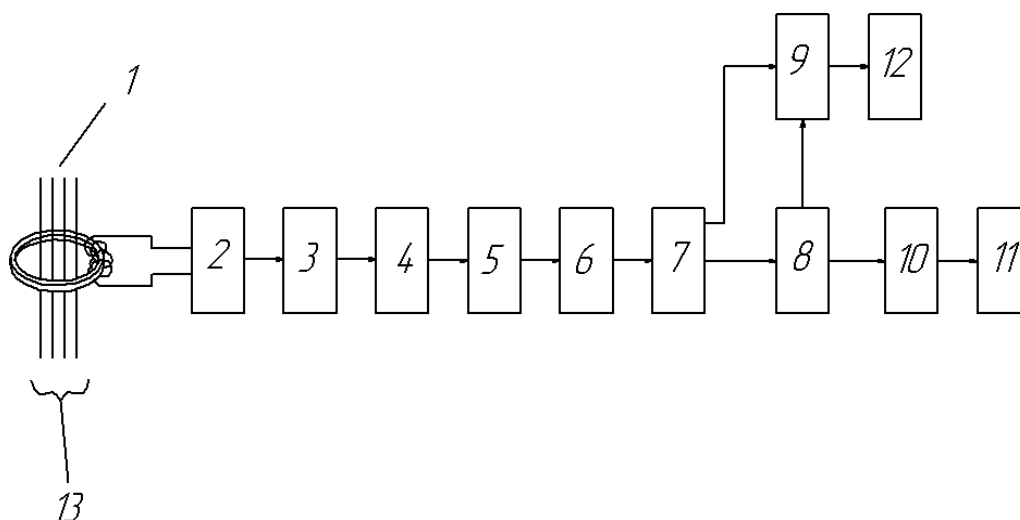


Рисунок 1 – Блок-схема устройства

Устройство для регистрации коммутационных перенапряжений с помощью фильтра токов нулевой последовательности 1 фиксирует наличие переменного высокочастотного магнитного потока, созданного проходящим через фильтр токов нулевой последовательности силовым питающим кабелем 13. Далее сигнал усиливается усилителем 2 со стабильным коэффициентом усиления, а фильтр верхних частот 3 отсекает все частоты ниже 4 кГц. С фильтра 3 сигнал поступает на вход выпрямителя 4, а далее на амплитудный анализатор 5, который сравнивает уровень входного сигнала с установленным пороговым значением. В случае превышения этого порогового значения на выходе анализатора 5 появляется сигнал высокого уровня, поступающего на вход одновибратора 6, который формирует на своём выходе прямоугольный импульс, поступающий на вход электронного коммутатора 7. Если электронный коммутатор 7 находится в режиме «накопление», то импульс от одновибратора 6 через второй выход электронного коммутатора 7 поступает на вход счётчика 8, после чего выходной сигнал со второго выхода блока 8

преобразуется в дешифраторе 10 и представляется на устройстве отображения информации 11. Если электронный коммутатор 7 находится в режиме «регистрация», то сигнал с первого выхода электронного коммутатора 7 поступает на первый вход триггера 9, который после этого подаёт сигнал высокого логического уровня на схему индикации 12 и удерживает его до прихода сигнала сброса на второй вход от первого выхода счётчика 8. Появление сигнала в схеме индикации 12 свидетельствует о наличии перенапряжения в контролируемой цепи, а накопление импульсов, отображаемых в устройстве 11, позволяет судить о количестве перенапряжений за исследуемый период времени.

Во вторичной обмотке датчика фильтра 1 наводится ЭДС за счёт магнитных потоков всех токов протекающих в жилах кабеля, проходящих сквозь ферритовое кольцо, при этом не имеет особого значения наличие нейтрали, среди проводов, проходящих через ферритовое кольцо. Наличие нейтрали снижает только амплитуду периодического высокочастотного сигнала, обусловленного протеканием токов третьей гармонической составляющей [4]. Выходной сигнал – вторичный для трёх фаз

[3] ток фильтра токов нулевой последовательности будет равен:

$$\underline{I}_{ВЫХ} = (\underline{I}_{НС} + \underline{I}_{УТ} + \underline{I}_{ГАРМ} + \underline{I}_{ВЧ}) \cdot k_{ТР} , ,$$

где $\underline{I}_{НС}$ - ток несимметрии; $\underline{I}_{УТ}$ - ток несимметрии; $\underline{I}_{ГАРМ}$ - ток несим-метрии; $\underline{I}_{ВЧ}$ - ток несимметрии; $k_{ТР}$ - коэффициент трансформации.

В случае наличия нейтрального провода выражение будет иметь вид [3]:

$$\underline{I}_{ВЫХ} = (\underline{I}_{УТ} + \underline{I}_{ВЧ}) \cdot k_{ТР} .$$

Как видно из вышеперечисленных формул, если сквозь ферритовое кольцо проходят три фазы и нейтраль, то исчезают периодические высокочастотные колебания обусловленные протеканием токов гармонических составляющих, кроме того, устраняется влияние тока несимметрии, это подтверждают данные практических измерений [4].

Таким образом, для регистрации коммутационных перенапряжений следует использовать фильтр токов нулевой последовательности, при этом параметры выходного сигнала на вторичной обмотке фильтра токов нулевой

последовательности зависят от входных сигналов на его первичной обмотке. Несмотря на то, что параметры выходного сигнала датчика фильтра искажаются его собственной амплитудно-частотной характеристикой, но по форме кривой выходного сигнала, его продолжительности и амплитуде можно судить о кратности коммутационных перенапряжений, его частоте и его продолжительности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кабдин Н.Е. Повышение эксплуатационной надёжности асинхронных электродвигателей в сельскохозяйственном производстве [Текст]: автореф. дисс. ... канд. техн. наук : 05.20.02; Московский гос. аграрный ун.-т им. В.П. Горячкина. – М., 2002. – 21 с.
2. Медведев А.А., Кабдин Н.Е. Коммутационные перенапряжения в асинхронных электродвигателях сельскохозяйственных электроприводов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1993. – №3.
3. Калашников С. Г. Электричество: Учебное пособие. – М.: ФИЗМАТ-ЛИТ, 2003. – 624с.
4. Орлов К.В. Метод и средства диагностирования состояний коммутационных устройств электрооборудования АПК: автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.20.02; Московский гос. аграрный ун.-т им. В.П. Го- рячкина. – М., 2010. – 19 с.

УДК 664.723

В.А. Кожухов, А.В. Себин, В.Ю. Ушкалов

Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПИРОЛИЗА СОЛОМЫ И ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ

Аннотация: В статье приведена блок-схема многофункциональной энергетической установки на основе использования пиролизного котла. Установка предназначена для снабжения тепловой и электрической энергией сельскохозяйственных объектов.

Abstract: The article presents a block diagram of a multifunctional power plant based on the use of a pyrolysis boiler. The unit is designed to supply heat and electricity to agricultural facilities.

Ключевые слова: пиролиз, солома, блок-схема, тепловая энергия.

Keywords: pyrolysis, straw, block diagram, thermal energy.

Основное преимущество использования вглядом – это доступность и избыток соломы для производства твердого сырья. Если раньше солома была очень топлива, которое видно невооруженным

востребованным продуктом, то сегодня ситуация немного изменилась.

Стоит обратить внимание на соотношение количества произведенного зерна отходов – таблица 1 [3].

С точки зрения физики солома является высококалорийным топливом: 1кг соломы

дает примерно 3кВт*ч энергии. Это значит, что при сжигании 3кг соломы можно получить столько же энергии, сколько при сжигании 1л дизтоплива или 1 м³ природного газа. Таким образом, 1 рулон соломы весом 300кг сможет заменить 100 м³ газа или 100л дизельного топлива.

Таблица 1 - Соотношение количества произведенного зерна и отходов

Вид с/хозяйственных культур	Вид отходов	Остатки производства на 1 тонну готового продукта
Рис	Солома, шелуха, отруби	1,5т соломы + 0,2т околоплодника
Пшеница	Солома, шелуха, отруби	2т отходов
Кукуруза	Стебель, листья	2т листья + 4т стебли
Ячмень	Солома, отруби	1,5т соломы

Показатели теплотворной способности твердого топлива из разных видов сельскохозяйственных отходов приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Показатели теплотворной способности твердого топлива из разных видов сельскохозяйственных отходов

Вид с/х отходов	Теплотворная способность, МДж/кг
Пшеничная солома	17-18
Рапсовая солома	16-17
Кукуруза	18
Льнокостра	21

Для использования энергии от сжигания соломы нужен твердотопливный котел. Это значительные затраты. Но если учесть разницу в стоимости топлива, то такое вложение довольно быстро окупится.

При непосредственном сжигании соломы в чистом виде КПД установки будет невысокий. Это обусловлено низкой плотностью соломы и влажностью. А еще габариты соломенных рулонов и тюков, которые влияют на стоимость логистики. Эти две проблемы решаются довольно просто – из соломы сегодня легко можно произвести топливные брикеты или пеллеты. Плотность брикета из соломы составляет 1,3кг/дм³.

Если сравнивать солому и прочие сельскохозяйственные отходы по теплотворности с древесиной, то они почти не уступают дереву. Да и отличий в производстве топливных брикетов из соломы и древесины не так уж много. Технология отличается только на стадии подготовки сырья. Таким образом, представляется возможность иметь топливо буквально «из-под ног». То есть переработка соломы в брикеты позволяет решить многие проблемы – от хранения сырья независимо от времени года и его транспортировки до автоматизации процесса загрузки в топочные устройства.

Технология сгорания соломы в пиролизном котле

Высокая температуры превращает солому в газ. Вокруг рулона образуется слой золы, который затрудняет доступ воздуха и замедляет процесс горения. В действие вступает вентилятор камеры заполнения и газообразования, который всасывает горячий воздух и прокачивает его по каналам на стороны рулона. Зола обдувается, кислород вновь поступает к рулону. С обеих сторон рулон пронизывают пустоты, встречающиеся друг с другом. В результате этого рулон оседает. Процесс повторяется, и в итоге рулон превращается в тлеющую массу, излучающую тепло. [1]

Камера заполнения и газогенерации имеет изоляционную керамическую обшивку для того, чтобы сохранялась необходимая для процесса газообразования температура. Вихревая камера сгорания газа керамическая, изолированная снаружи высокопрочным огнеупорным изоляционным материалом. Вентилятор обеспечивает равномерную и в нужных количествах подачу соломенного газа, который там циркулирует. [2]

Теплоэнергетическая установка на основе пиролизного котла дает возможность реализовать следующие энергетические возможности:

- выработка электроэнергии в газогенераторе;
- использование горячего воздуха для сушки растительного сырья;
- получение горячей воды для теплоснабжения.

Для определения необходимой тепловой мощности был проведен расчет тепловой нагрузки фермерского хозяйства, включающего жилой дом площадью 80м², теплицу из поликарбоната с водяным почвенным обогревом площадью 100м², хозяйственные постройки. Расчет тепловой мощности проводился по упрощенной методике на основе уравнения теплового баланса. Таким образом, расчетная тепловая мощность составила 90,2кВт.

На рисунке 1 приведена блок-схема многофункционального энергетического блока на основе пиролизного котла WICHLACZ GK - 1 мощностью 100кВт.

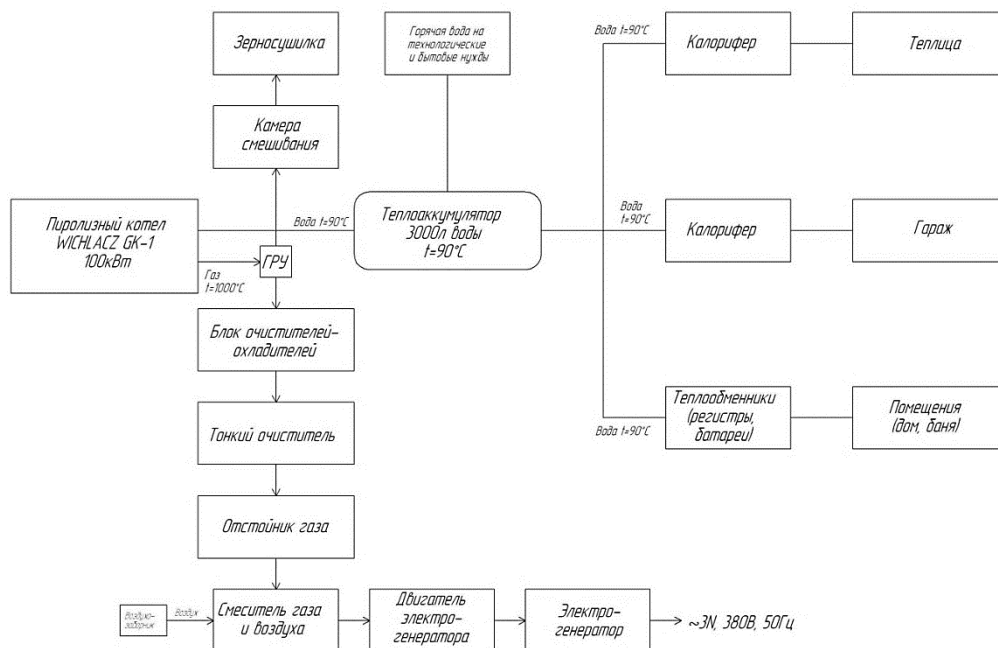


Рисунок 1 - Блок-схема многофункционального энергетического блока на основе пиролизного котла WICHLACZ GK - 1 мощностью 100 кВт

Выработка электроэнергии в газогенераторе. Топочные газы из пиролизного котла подаются на газопоршневой двигатель с электрогенератором через газораспределительное устройство (ГРУ).

Из ГРУ газ температурой около 1000°C подается в блок очистителей-охладителей, далее через тонкий очиститель и отстойник газа в смеситель, где очищенный газ смешивается с воздухом и подается в поршневой двигатель, который с помощью синхронного генератора мощностью 20кВт вырабатывает трехфазное напряжение 380В, 50Гц. Газопоршневой двигатель электрогенератора оборудован глушителем и стартером, а также системой смазки и жидкостным охлаждением. Рабочий моторесурс до капитального ремонта 60 тысяч часов. Выбросы двигателя в 3 раза экологичнее, чем при работе на дизельном топливе. Данная электростанция является более надёжным и дешевым решением для выработки электроэнергии, чем солнечная электростанция, а также ветряные электростанции. Генератор оснащен пультом автоматического управления. КПД такого генератора около 90%.

Использование горячего воздуха для сушки растительного сырья. Из газораспределительного устройства часть

газов может быть отправлена в камеру смешивания и использоваться в зерносушилке и для сушки различных сельскохозяйственных продуктов и пиломатериалов.

Получение горячей воды для теплоснабжения. В схеме предусмотрен теплоаккумулятор на 3000 литров воды, из которого нагретый до 90°C теплоноситель подается в систему теплоснабжения и горячего водоснабжения фермерского хозяйства. Теплица и гараж отапливаются с помощью водяных калориферов. Дом и баня – отопительными регистрами и батареями радиаторов.

Предложенная энергетическая установка является высокоэффективным многофункциональным устройством, позволяющим снизить затраты на энергообеспечение фермерского хозяйства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. В.А. Кожухов, Н.Б. Михеева, А.В. Себин, Пиролизный теплогенератор на соломе для мобильной зерносушилки, Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы IX международной научно-практической конференции/Под общ. ред. Трушкина В.А. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2018. – 255 с.
2. Ямпольский Ю.П. Элементарные реакции и механизм пиролиза углеводородов, Москва, Химия, 1990. — 216 с.
3. Новый справочник химика и технолога. Сырье и продукты промышленности органических и неорганических веществ. 4.И. - СПб.: АНО НПО «Профессионал», 2007. - 1142 с.

УДК 619.2:618+619.2:615.83

Н.Н. Курзин

Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина,
г. Краснодар

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В ПРОТИВОМАСТИТНЫХ УСТРОЙСТВАХ ДЛЯ МОЛОЧНОГО ЖИВОТНОВОДСТВА

В последние годы, благодаря серьезной государственной поддержке стала заметно развиваться животноводческая отрасль.

Интенсивное ведение современного молочного животноводства невозможно без внедрения высокотехнологичных

наукоемких инновационных технологий производства мяса и молока. Как правило, высокопродуктивные коровы наиболее подвержены заболеваниям мастита. Одним из перспективных направлений решения этой проблемы, кроме специальных ветеринарных мероприятий являются электротехнологические методы воздействия на вымя животных.

В Кубанском государственном аграрном университете разработаны, успешно прошли лабораторные испытания и внедрены устройства, способные заметно повысить эффективность массажа вымени коров и первотелок. Подготовка первотелок к запуску перед машинным доением является важнейшей технологической задачей, от решения которой зависит продуктивность будущей фуражной коровы. Техническая новизна и методы воздействия на животных подтверждены патентами на изобретения. [2, с. 1-4, 3, с. 1-2, 4, с. 1-3].

Такие устройства позволяют при низких материальных затратах увеличить технические возможности массажа из-за расширения верхней границы частоты и амплитуды возбуждаемых колебаний, а также за счет воздействия импульсными электромагнитными волнами непосредственно на биологический объект – вымя животного.

Вымя животного подвергается воздействию двух факторов одновременно, а именно колебаний широкого спектра частот и амплитуд и импульсного электромагнитного поля. При этом величина различных факторов воздействия может легко регулироваться изменением режимов работы импульсного генератора, что в свою очередь позволяет определить и установить оптимальные режимы массажа вымени, как с лечебным эффектом, так и с общеоздоравливающим воздействием в целом на организм

животного. Импульсный режим работы генератора значительно менее энергоемок по сравнению со всеми известными конструктивными разработками, что позволяет рекомендовать его к широкому практическому внедрению.

Для повышения молочной продуктивности и снижения заболевания маститом первотелок при машинном доении также предложен способ стимуляции молочной железы и устройство для его осуществления [1, с. 14-17, 5, с. 1-12.]. В процессе доения в такт отдыха на основания сосков воздействуют: электрическими высокочастотными однонаправленными импульсами с переменной частотой 10 Гц-200кГц и амплитудой 10-100В, модулированными низкочастотной колоколообразной огибающей с частотой следования 0,01-2 Гц. Устройство содержит датчик давления, генератор прямоугольных импульсов, формирователь колоколообразной огибающей, амплитудный модулятор, усилитель прямоугольных импульсов, соединенный с электродом, расположенным на доильном стакане на сосковой резине и выполненный в виде диска с осевым отверстием из токопроводящей резины.

Рекомендации по применению и инструкция по эксплуатации комплекса устройств, используемых в системе мероприятий по борьбе с маститами [6, с. 1-10], разработанные учеными Кубанского государственного университета совместно с Государственным управлением ветеринарии Краснодарского края используются на предприятиях АПК.

Комплексное применение данных устройств в ЗАО «Госплемзавод Гулькевичский» Гулькевичского района и в АО «Колос» Выселковского района Краснодарского края под контролем ветеринарных служб показали высокую

эффективность каждого из этих способов. Например, молочная железа у первотелок развивалась лучше у тех животных, на которых воздействовали электростимуляцией. Обхват вымени увеличился на 19,2% против контрольной группы, длина – на 13,8%, ширина – на 14,7%, продуктивность и интенсивность молокоотдачи возросли соответственно на 12,4% и 14,6%. Восстановление функций молочной железы коровы при высокочастотном импульсном воздействии происходит в более короткие сроки за 3-4 дня.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Курзин Н.Н. Моделирование электроимпульсного воздействия при профилактике и лечении мастита / Н.Н. Курзин, Л.А. Дайбова // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – № 5. – 2003. – С 14-17.
2. Патент 2255467 Российская Федерация, МПК С1 А 01 J 7/00 Устройство для массажа вымени животных

/ Н.Н. Курзин, И.А. Потапенко, Д.Н. Курзин и др.; заявитель и патентообладатель КГАУ. – № 2004100498/12 заявл. 05.01.2004; опубл. 10.07.2005. Бюл. № 19. – 4 с.

3. Патент 2263446 Российская Федерация, МПК С1 А 01 J 7/00, J 7/04 Устройство для массажа вымени животных / Н.Н. Курзин, И.А. Потапенко, М.В. Лепетухин и др.; заявитель и патентообладатель КГАУ. – № 2004117306/12 заявл. 07.06.2004; опубл. 10.11.2005. Бюл. № 31. – 4 с.

4. Патент 2299559 Российская Федерация, МПК С2 А 01 J 7/00 (2006.01) А 01 J 7/04 (2006.01) Устройство для массажа вымени животных / Н.Н. Курзин, И.А. Потапенко, А.Л. Кулакова и др.; заявитель и патентообладатель КГАУ. – № 2004134316/12 заявл. 24.11.2004; опубл. 27.05.2007. Бюл. № 15. – 4 с.

5. Патент 2190324 Российская Федерация, МПК С2 А 01 J 7/00 Способ стимуляции молочной железы первотелок при машинном доении и устройство для его осуществления / Н.И. Богатырев, М.В. Назаров, Л.А. Дайбова и др.; заявитель и патентообладатель КГАУ. – № 2000110973/13 заявл. 28.04.2000; опубл. 10.10.2002. Бюл. № 28. – 12 с.

6. Рекомендации по применению и инструкция по эксплуатации комплекса устройств, используемых в системе мероприятий по борьбе с маститами Богатырев Н.И., Курзин Н.Н., Назаров М.В., Дайбова Л.А., Демьянченко Н.А., Отчет о НИР (Кубанский государственный аграрный университет).

УДК 621.311.16

И.В. Лакомов, И.И. Аксенов

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», г. Воронеж, Россия

АНАЛИЗ АВАРИЙНОСТИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ

Аварии в электроэнергетических системах представляют собой нарушения нормальной работы систем электроснабжения, объектов промышленности и инфраструктуры регионов страны и связаны с повреждениями оборудования и сооружений электрических станций, подстанций, линий электропередачи, электрических и тепловых сетей, а также с отказами в работе устройств управления и релейной защиты и ошибками персонала энергосистем.

Достаточно высокая вероятность возникновения аварий, значительный материальный ущерб, как от перерывов электроснабжения, так и от выхода оборудования из строя, а также существенные затраты на необходимые мероприятия по предупреждению и предотвращению аварий в ходе строительства и эксплуатации, заставляют заниматься анализом статистики аварийности объектов и энергосистем в целом, и расследованием причин возникновения и развития каждой аварии, в частности. Этот анализ феномена аварии

позволяет определить наиболее уязвимые элементы системы и мероприятия по предупреждению подобных явлений в будущем, а также корректировать правила и инструкции для персонала [2].

Инструкция по расследованию и учету технологических нарушений в работе электростанций, сетей и энергосистем обязывает соответствующую комиссию установить причины и обстоятельства возникновения аварии и дать оценку:

- действиям обслуживающего персонала, соответствию объектов и организации их эксплуатации действующим нормам и правилам;

- качеству и срокам проведения ремонтов, профилактических осмотров и контроля состояния оборудования, соблюдению технологической дисциплины при проведении ремонтных работ;

- своевременности принятия мер по устранению аварийных очагов и дефектов оборудования, выполнению требований распорядительных документов и мероприятиям, направленным на повышение надежности оборудования;

- качеству изготовления оборудования и конструкций, выполнения проектных, строительных, монтажных и наладочных работ;

- соответствия фактических параметров стихийных явлений (толщины гололеда, скорости ветра и т.п.) расчетным значениям, принятым в проекте или установленным нормам.

При расследовании должны быть выявлены и описаны причины (технические, технологические и организационные) возникновения и развития нарушения, его предпосылки, а также причинно-следственные связи между ними.

Организация расследования аварий, технологических нарушений и несчастных случаев, является одной из

первостепенных задач и нуждается в научно-обоснованных методах, использующих современную информационную технологию, как для анализа процесса возникновения, развития и локализации аварии, так и для проверки гипотез и версий при определении виновности в условиях неопределенности, и для оценки эффективности предлагаемых мер и средств предотвращения возникновения, развития и тяжелых последствий аварий в будущем [1].

Основными причинами отключений кабельных линий являются электрические пробой (45,2%) и механические повреждения (34,3%). Электрические пробой главным образом из-за небрежной прокладки кабелей (вмятины на кабелях, крутые изгибы) и некачественного монтажа соединительных кабельных муфт и концевых заделок.

Механические повреждения кабельных линий в большинстве случаев происходят вследствие наблюдения правил проведения раскопок в зоне прохождения кабельных трасс. Особенно этим злоупотребляют строительные организации. Нередко этому способствуют промышленные предприятия, не обеспечивающие своевременную установку опознавательных знаков на трассах своих кабельных линий и необходимый надзор за состоянием кабельных трасс.

Основными причинами отключений воздушных линий являются обрыв и замыкание проводов (41,7%). Обрывы возникают вследствие плохой вязки и необеспечения необходимого контакта в местах соединения проводов. Замыкания возникают в результате возможных набросов на провода, схлестывания проводов при ветре из-за несоблюдения стрелы провеса в пролетах, падения на

провода деревьев из-за несвоевременной очистки трасс, проходящих по лесной местности. Обрывы и замыкания проводов вызываются также строительными механизмами, особенно стрелами кранов при их работе или передвижении в зоне прохождения воздушных линий [3].

Значительное количество отказов (27,2%) возникает во время грозы, причем 63% всех грозовых отключений линий протекает с повреждением оборудования. Объясняется это тем, что потребители все еще недооценивают роль молниезащиты линий, формально относятся к профилактическим ее проверкам перед наступлением периода грозовой активности, несвоевременно заменяют неисправные разрядники.

Все еще велико число отключений потребительских линий, на центрах питания энергосистемы из-за неселективных действий и отказа в работе релейных защит, эксплуатируемых потребителями, а также по вине эксплуатационного персонала потребителей (17% общего количества отключений кабельных и воздушных линий). Неселективные действия релейных защит и отказ их в работе явились следствием неправильного выбора уставок защит по току и времени, особенно для реле с ограниченно зависимыми и зависимыми характеристиками, и необоснованного сокращения отдельными наладочными организациями программ по наладке и проверке защит [3].

Отключения линий по вине персонала потребителей, возникают главным образом из-за нарушения порядка оперативных переключений в электроустановках (включения линий в работу на неснятую закоротку, отключение разъединителей под нагрузкой и т.д.).

Распространенным видом аварий электроустановок являются пожары.

Анализ крупных пожаров на подстанциях показал, что их развитие связано с большим временем, затрачиваемым на снятие напряжения с электроустановок, силовых кабелей, щитовых устройств. Переключение подстанционных электрических устройств является сложным организационным и техническим процессом, задерживающим начало тушения пожара, что ведет к быстрому его распространению и обрушению строительных конструкций.

Основными виновниками пожаров являются работники электрических сетей (48,3%). Кроме того, пожары возникали по вине заводов-изготовителей (13,5%), из-за стихийных явлений (7%), ошибок в проектах (1%) [2].

Пожары, возникающие по вине персонала электрических сетей, происходят по причинам: ошибочных действий при переключениях в электроустановках, формального проведения испытаний оборудования и силовых кабелей, некачественного выполнения ремонтных работ, утечки масла из маслонаполненного оборудования, дефектов в уплотнении вводов, попадания влаги и т.д.

По причинам возникновения пожары на электрооборудовании ПС распределяются так: внутренние повреждения, повреждения вводов, перенапряжения, старение изоляции, загрязнение масла, заводской дефект, атмосферные явления, неисправность переключателей регулирования напряжения, от действий посторонних лиц (набросы, механические повреждения).

Оперативный персонал согласно правилам технической эксплуатации электрических станций и сетей должен проводить осмотры трансформаторов в определенные сроки в установках с

постоянным дежурством (1 раз в сутки) и без него (1 раз в месяц).

При внешнем осмотре трансформаторов могут быть установлены некоторые неисправности: поверхностное покрытие, пробой и разрушение изоляторов вводов, нарушение прочности швов бака, наличие течи масла, неисправности работы маслоуказателя. Показателем состояния трансформатора может служить характер его шума. Свидетельством возможной неисправности служат потрескивание или щелчки, периодическое изменение уровня или тока шума. Внеочередные осмотры трансформаторов наружной установки необходимо производить при экстремальных условиях: резкое снижение температуры окружающего воздуха, ураган, сильный снегопад, гололед и др.

Однако анализ актов расследования пожаров свидетельствует о том, что оперативный персонал не уделяет достаточного внимания профилактическому осмотру трансформаторов. В ряде энергосистем нарушаются требования норм испытания электрооборудования и заводских инструкций.

В грозовой период (апрель, май, июнь) интенсивность пожаров на подстанциях резко возрастает до 36,5%, что указывает на недостаточную защиту от атмосферных перенапряжений со стороны воздушных линий электропередачи и от прямых ударов молний.

С целью совершенствования пожарной безопасности предприятий электрических сетей (ПЭС) необходимо:

□ усилить работу с персоналом, по вине которого происходит почти половина нарушений, резко улучшить

эксплуатационную работу всех подразделений ПЭС. Особое внимание при этом следует уделять профилактике, осмотрам и ремонту электрооборудования;

□ проверить, восстановить и усилить грозозащитные устройства (вентильные разрядники, стержневые молниеотводы, защитное заземление);

□ повысить ответственность руководителей ПЭС к выполнению мероприятий по пожарной безопасности согласно требованиям отраслевых противопожарных документов;

□ повысить эффективность работы пожарно-технических комиссий, состоящей в устранении недостатков и нарушений во время эксплуатации электрооборудования;

□ оснастить подстанции пожарной сигнализацией, средствами диагностики и АСУ еще на стадии проектирования;

□ улучшить взаимодействие энергопредприятий с органами государственного пожарного надзора в обеспечении объектов средствами противопожарной защиты и пожарной техникой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Веников, В.А. Электрические системы. Режимы работы электрических систем и сетей [Текст]: монография / В.А. Веников. – Москва: Энергия, 1975. – 309 с.: илл.
2. Захаренко, С.Г. Анализ аварийности в электросетевом комплексе [Текст] // Вестник Кузбасского государственного технического университета / С.Г. Захаренко, Т.Ф. Малахова, С.А. Захаров. – 2016. – №4. – С. 95-98
3. Лакомов, И.В. Выбор оптимальных параметров линий электропередач [Текст] // Вестник Воронежского государственного аграрного университета / И.В. Лакомов, Ю.М. Помогаев. – 2017. – №3. – С. 110 – 116.
4. Помогаев, Ю.М. Практикум по электроснабжению «Надежность и режимы» [Текст]: учебное пособие/ Ю.М. Помогаев, В.В. Картавцев, И.В. Лакомов. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2016. – С. 191.

ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ НАПРЯЖЕНИЙ 6 И 10 КВ

***Аннотация.** Применение современных систем управления при канализации электроэнергии необходимое условие сокращения затрат и повышение оперативности коммутаций в трансформаторных подстанциях.*

***Ключевые слова:** цифровая подстанция, МЭК 61850, оптоволоконная связь, цифровое управление, архитектура, сокращение затрат.*

Современное производство, канализация и использование электрической энергии на промышленные и бытовые нужды невозможно без применения автоматизации процессов, возможных только при внедрении исполнительных механизмов коммутации и защиты. Управление этими процессами можно реализовать применением блоков контроля состояния параметров электрической сети. Наиболее вероятное внедрений таких технологий возможно на электрических подстанциях различного уровня напряжения. Настоящее время уже реализованы цифровые подстанции напряжением в 220 и 110 кВ.

Цифровая подстанция (ЦПС) - это подстанция, оснащенная комплексом цифровых устройств, обеспечивающих функционирование систем релейной защиты и автоматики, учета электроэнергии, АСУ ТП, регистрации аварийных событий по протоколу МЭК 61850

Внедрение МЭК 61850 дает возможность связать всё технологическое оборудование подстанции единой информационной сетью, по которой передаются не только

данные от измерительных устройств к терминалам РЗА, но и сигналы управления.

Основное внимание в данных решениях относят к оперативности принятия решения о работе элементов ЦПС, гальваническая развязка цепей РЗА и силовых цепей применением оптоволоконной связи вместо медного провода, замена аналоговых сигналов цифровыми, применение цифровых блоков РЗА, диспетчеризация ПС и сокращение затрат на постоянное присутствие персонала на ПС, уменьшение времени простоя из за технологических и аварийных переключений.

Рассмотрим модель цифровой подстанции (далее – ЦПС) по МЭК 61850. Согласно стандарту система автоматизации информационного обмена на энергообъекте по схеме ЦПС должна состоять из трех уровней: процесса, присоединения и станции. В свою очередь каждый уровень выполняет соответствующие ему функции, за которые отвечают определенные типы устройств: измерительные для уровня процесса, наблюдения и реагирования для уровня присоединения и диспетчерский центр для уровня станции (Рис.1).



Рисунок 1 - Архитектура системы автоматизации ЦПС

Такая схема автоматизации ЦПС представлена в первой главе первой редакции стандарта МЭК 61850. Во второй редакции архитектура ЦПС была расширена и приведена в соответствии с функциями между каждым из уровней, а также рассмотрен вопрос взаимодействия нескольких ЦПС (Рис.2).

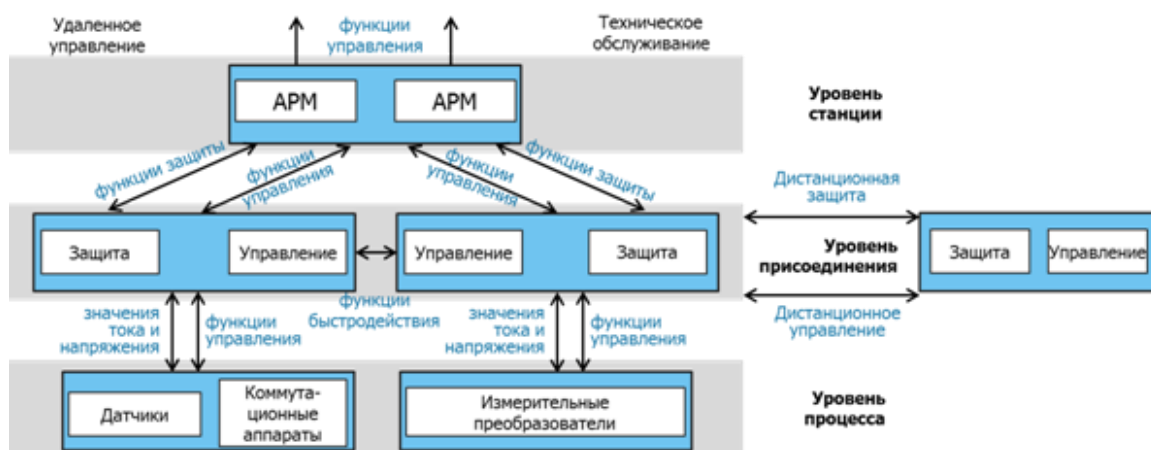


Рисунок 2 - Архитектура системы связей в модели ЦПС

Датчики сбора информации на уровне процесса передают данные о значениях тока и напряжения на уровень присоединения, где их обрабатывают устройства мониторинга. По результатам проверки значений при обнаружении ошибки подается сигнал в устройства релейной защиты и автоматики, при помощи функции защиты отправляются данные на уровень станции. Через функции управления АРМ сообщает на уровень присоединения в устройства управления и далее на уровень процесса команду, например, «выключить коммутационные аппараты».

Вышеперечисленные функции детально указаны в технических рекомендациях МЭК 61850-5 первой редакции. Пятая глава

стандарта регламентирует требования к производительности системы в разрезе временных характеристик процессов.

Таким образом, обязательно должны быть учтены такие составляющие полного времени передачи сигнала по сети как:

- время кодирования поступившего сигнала от уровня процесса;
- время передачи сигнала по сети связи;
- время декодирования полученных данных и их передачи в другие устройства [3].

Применение ЦПС позволяет реализовать ряд преимуществ:

- Сокращение времени проектирования на 25%

Типизация схемных и функциональных решений. Сокращение числа

функциональных цепей, клеммных рядов в релейных отсеках ячеек.

- Сокращение объема монтажных и наладочных работ на 50%

Применяется решение высокой заводской готовности. На заводе производится монтаж оборудования КРУ по главным и вспомогательным цепям. Прокладываются меж шкафные связи систем оперативного тока, монтируются системы АСУ ТП, АСКУЭ. Осуществляется параметрирование, конфигурирование и тестирование систем РЗиА.

- Сокращение затрат на обслуживание на 15%

Переход от проведения планового технического обслуживания по времени к обслуживанию по состоянию оборудования за счет On-line диагностики состояния оборудования. Тем самым снижается количество выездов работников для проведения регламентных работ.

- 100% оперативных переключений производится дистанционно с видеоконтролем операций. Простая интеграция всех систем в единое цифровое пространство позволяет управлять подстанцией безопасно и оперативно, а

также встраивать в систему АСУ ТП других уровней.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Построение информационной модели цифровой подстанции на основе стандарта мэк 61850 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://research-journal.org/technical/postroenie-informacionnoj-modeli-cifrovoj-podstancii-na-osnove-standarta-mek-61850> (апрель 2016 г.)

2. Структура стандарта МЭК 61850 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://digitalsubstation.ru/blog/2012/10/18/struktura-standarta-mek-61850/> (дата обращения 21.03.2016).

3. Левин, М.А. Влияние коэффициента нагрузки на надежность электродвигателей насосных станций / М.А. Левин, Ю.В. Иванкина, О.Н. Чурляева // Научное обозрение. - № 8. - 2015. - С. 111-113.

4. Трушкин, В.А. Оценка надежности электрических систем в условиях эксплуатации / В.А.Трушкин, А.А. Спиридонов, Ю.В. Иванкина //Аграрный научный журнал. - № 5. - 2015. - С. 55-58.

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.

5. Иванкина, Ю.В. Повышение надежности системы электроснабжения в сельском хозяйстве / Ю.В. Иванкина, Д.П. Неструев // 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.

УДК 621.316

С.К. Леонов, В.В. Головинов

Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донского Государственного аграрного университета, г. Зерноград, Ростовская область

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Аннотация. Рассматриваются проблемы компенсации реактивной мощности во внутренней электросети перерабатывающих предприятий на основе исследования режимов работы силового электрооборудования.

Ключевые слова: автоматическая конденсаторная установка, снижение коэффициента мощности, асинхронный электродвигатель, компенсация реактивной мощности.

Основной нагрузкой электрической сети современных перерабатывающих предприятий АПК являются трёхфазные асинхронные электродвигатели и распределительные трансформаторы. Когда речь заходит о мощности нагрузки, то потребителя обычно волнует вопрос об уровне активной составляющей мощности, т. к. она определяет не только полезную работу, но и величину финансовой ответственности перед энергосбытовой организацией. Величина реактивной мощности зависит от степени загрузки электрооборудования, прежде всего - асинхронных двигателей (АД).

Обследование энергетических хозяйств крупных зерноперерабатывающих предприятий Краснодарского края и Ростовской области, имеющих присоединенную мощность более 1 МВА (режим работы – круглосуточный), показало, что основной парк АД приходится на мощности до 4 кВт, для которых

величина коэффициента мощности (КМ) $\cos\varphi$ при работе в номинальном режиме составляет от 0,7 до 0,82. Однако в нынешних условиях небольшого роста объемов производства и в целях обеспечения более длительного срока эксплуатации применяется электрооборудование, рассчитанное на большую номинальную мощность. При этом такой щадящий режим эксплуатации электроприводов с АД при неполной загрузке по мощности характеризуется повышенным уровнем поступающей в сеть реактивной мощности (РМ) и соответственно низким КМ АД (таблица 1) [1].

Кроме того, невозможность эксплуатации с полной загрузкой по мощности часто является следствием ремонта АД, при котором производятся изменения конструкции:

- уменьшенное число витков обмотки;
- замена провода обмотки новым, имеющим большее сечение.

Таблица 1 - Снижение КМ при неполной загрузке АД

Загрузка АД, % по мощности	100	80	60	50	40
$\cos\varphi$, в % от номинального значения	100	90	80	70	60

На сегодняшний день большинство перерабатывающих предприятий не использует устройства компенсации РМ (КРМ), вследствие чего имеют место значительные активные потери во внутренней силовой сети напряжением $U=0,38$ кВ, которая во многих случаях

является достаточно протяженной. Реальные потери в питающем кабеле с сопротивлением R при передаче полной мощности S можно определить по следующему выражению [1]

$$\Delta P = 3I^2 R = \frac{S^2}{U^2} R = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} R = \frac{P^2}{U^2} R + \frac{Q^2}{U^2} R = \Delta P_A + \Delta P_P \quad (1)$$

где I – ток в питающем кабеле;

ΔP_A и ΔP_P — соответственно активная и реактивная составляющие потерьот передачи активной и реактивной мощности.

При круглосуточной работе крупных перерабатывающих предприятий реактивная мощность за большую часть

суточного времени превышает активную $\Delta P_A \ll \Delta P_P$, значительно снижая при этом

даже средневзвешенное значение коэффициента мощности.

В производственных условиях единственным способом снижения потерь от передачи РМ является компенсация реактивной мощности с помощью конденсаторных установок, многосупенчатая автоматизация которых позволяет практически полностью убрать реактивную составляющую потерь. В условиях реального производства общие потери в питающей сети могут уменьшиться вдвое, что приведет к повышению энергоэффективности электроснабжения всего предприятия.

Установка автоматических конденсаторных установок (АКУ) на производственных участках предприятия требует более детального подхода к выбору комплектующих элементов КУ, которые бы по своим эксплуатационным и технологическим преимуществам при присоединенной мощности потребителей до нескольких сотен кВт предпочтительнее электромашинных (синхронные компенсаторы и двигатели) способов компенсации.

Современные основные комплектующие элементы КУ - силовые (косинусные) конденсаторы, регуляторы РМ, электромагнитные и тиристорные контакторы, фильтрующие антирезонансные и разрядные дроссели, несмотря на многообразие модификаций, имеют много общего в конструктивном исполнении.

Наиболее дорогостоящим элементом АКУ являются силовые конденсаторы, значение мощности которых определяется по формуле

$$Q_C = P_{\max} \cdot (tg\varphi_1 - tg\varphi_2), \quad (2)$$

где $P_{\max}$ – максимальная активная мощность потребителей производственного участка, определяемая по реальному графику нагрузки;

$tg\varphi_1$ и $tg\varphi_2$ – соответственно коэффициенты реактивной мощности нагрузки до и после компенсации (определяются из соответствующих $cos\varphi_1$ и $cos\varphi_2$, т.е. коэффициентов активной мощности до и после компенсации).

Кроме того, при применении АКУ следует использовать средства защиты от коммутационных перенапряжений, которые продлевают срок службы не только конденсаторных батарей, но и АД [2, 3].

Таким образом, в условиях реального низкого значения коэффициента использования активной мощности на перерабатывающих предприятиях АПК имеют место значительные потери активной энергии во всех элементах питающей сети: высоковольтной линии электропередач, силовом трансформаторе, силовом кабеле 0,38 кВ, питающем узлы нагрузки конечных потребителей. Энергоэффективное электроснабжение предприятий перерабатывающего комплекса АПК должно основываться на мероприятиях по снижению потерь электроэнергии, прежде всего связанных с наличием значительной долей реактивной мощности, которую следует компенсировать с помощью автоматических средств на основе конденсаторных батарей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геворкян М.В. Современные компоненты компенсации реактивной мощности (для низковольтных сетей). - М.: Издательский дом "Додэка-XXI", 2003. – 67 с.
2. Головинов В.В. Устройства для снижения коммутационных перенапряжений в асинхронном электроприводе / Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы IV Международной научно-практической конференции. Под ред. А.В. Павлова. - Саратов, 2013.- с. 62-66.
3. Патент на полезную модель № 117237 РФ / Комбинированное устройство для защиты конденсаторных установок / Головинов В.В. и др. Оpubл. 20.06.2012г., бюл № 17.

РАСЧЕТ ВЕЛИЧИНЫ ТЕПЛОПРИТОКОВ СИСТЕМЫ ЕСТЕСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Ключевые слова: световоды, солнечная радиация, теплопритоки.

Аннотация. В статье рассмотрен расчет величины теплопритоков системы естественного освещения с внедрением полых трубчатых световодов.

Энергосбережение в системе агропромышленного комплекса является актуальной задачей. Снижение затрат энергии при освещении помещений посредством нетрадиционных технологий нового уровня, кроме того, повысит экологическую безопасность и комфортность зданий [1, 7-17]. Это возможно сделать, применив для освещения технологию полых трубчатых световодов [2-6]. Для применения этих систем естественного освещения нужна оценка теплопритоков и теплопотерь.

Исследовалось помещение 28 м x 8 м x 3,3 м. В нем предполагается установить 10 световодов, общей площадью 2,2 м².

Необходимо определить величину теплопритоков, поглощенную через систему естественного освещения.

Для расчета теплопритоков использовался онлайн программный пакет, основанный на пособии 2.91 к СНиП 2.04.05-91 "Расчет поступления теплоты солнечной радиации в помещения". Расчет теплопритоков проводился только для теплового потока через световой проем. Теплопритоки от наружных стен, через покрытие, от техники и находящихся в помещении людей не учитывались для простоты и локализации расчета [3-6].

Результаты расчета для Саратова по теплопритокам через световой проем 10 световодов:

Результаты расчета

I. Информация о населенном пункте

Исходные данные:

1. город Саратов;
2. географическая широта 52 град. СШ;
3. в помещении планируется поддерживать температуру 22°C;
4. климатические параметры согласно [1] сведены в таблицу 1.

Таблица 1. Климатические параметры теплого периода года для города Саратов

Параметр	Значение
Температура воздуха с обеспеченностью 0.95 (0.98)	25.1°C (29.1°C)
Средняя макс. температура воздуха наиболее теплого месяца	27.5°C
Абсолютная максимальная температура воздуха	41°C
Средняя суточная амплитуда температуры наиболее теплого месяца	11.5°C
Минимальная из скоростей ветра по румбам за июль	4.3 м/с

II. Тепловой поток через световой проем

Исходные данные для расчета:

1. площадь остекления 2.2 м²;
2. ориентация остекления: юго-запад;
3. угол наклона остекления к горизонтальной плоскости: 1°;
4. солнцезащитные устройства: нет.

Таблица 2. Промежуточные вычисления

Параметр	Значение
Коэффициент теплопропускания солнцезащитных устройств	1
Коэффициент теплопропускания остекления	0.41
Максимальный тепловой поток через одинарное остекление светового проема, Вт/м ²	662
Начало (продолжительность) прямой солнечной радиации через окна, час	10 (9)
Показатель поглощения помещением теплового потока	1.37

Таблица 3. Почасовые поступления теплоты через световой проем (Вт):

Q_{oc1} — тепловой поток солнечной радиации, поглощенный помещением и переданный его воздуху;

Q_{dt} — тепловой поток теплопередачей через световой проем;

$Q_{oc} = Q_{oc1} + Q_{dt}$ — суммарно через световое окно.

час	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Q_{oc1}	119	113	106	99	93	93	86	86	79	79	73	106
Q_{dt}	-1	-0	2	6	11	16	22	28	34	38	42	44
Q_{oc}	118	113	108	105	104	109	108	114	113	117	115	150
час	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Q_{oc1}	166	232	291	338	358	358	331	285	212	166	146	132
Q_{dt}	45	44	42	38	34	28	22	16	11	6	2	-0
Q_{oc}	211	276	333	376	392	386	353	301	223	172	148	132

Рисунок 1

Анализируя данные расчета по теплопритокам, видно, что суммарный теплоприток через световоды за световой рабочий день составит 530 Вт. Поступление теплоты через систему световодов оценивается незначительным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон РФ №261-ФЗ от 23 ноября 2009 г. (ред.от 13.07.2015) «Об энергосбережении и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» / Справочная правовая система «Консультант плюс».

2. Solarway. [Электронный ресурс]/Справочно-информационный интернет-портал - Режим доступа http://www.solarway.su/light_space/свободный. Загл. С экрана.

3.СНиП 23-01-99 "Строительная климатология"

4.СНиП II-3-79 "Строительная теплотехника"

5.СНиП 2.04.05-91 (2000) "Отопление, вентиляция и кондиционирование"

6.ПОСОБИЕ 2.91 к СНиП 2.04.05-91 "Расчет поступления теплоты солнечной радиации в помещения"

7. Палагин, А.В. Сравнение систем естественного освещения зданий по функционально-энергетическим факторам/ А.В. Палагин, А.И. Стерхов, Е.В. Корепанов// [Интеллектуальные системы в производстве](#). 2014. № 2 (24). С. 191-194.

8. Корепанов, Е. В. Математическое моделирование теплопередачи через наружные стены зданий с окнами : монография. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2011. – 192 с.

9. Корепанов, Е. В. Термическое сопротивление теплопередаче окна с селективным покрытием и газовым заполнением // Энергосбережение и водоподготовка. – 2005. – № 6. – С. 59–62.

10. Ерошенко, Г.П. Специальные требования к электронагревательным установкам для систем

микроклимата/Г.П. Ерошенко, И.Ю. Лошкарев, О.В. Логачева, Д.В. Ульянов, Н.В. Шевчук//Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VIII международной научно-практической конференции/Под общ.ред. Трушкина В.А.- Саратов: ООО «ЦеСАин», 2017. С. 86-89.

11. Лошкарев, И.Ю. Энергосбережение в системе освещения в сельскохозяйственных и складских помещениях/ И.Ю. Лошкарев, И.В. Шестаков, О.В. Малецкий, В.И. Лошкарев, Д.С. Куртмамбетов//Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы IX международной научно-практической конференции/Под общ.ред. Трушкина В.А. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2018. – С.106-109.

12.Ербаева, Н.Б. Автономная система электроснабжения с помощью солнечных панелей для электрического освещения территории университета/ Н.Б. Ербаева, Р.Р.Файзуллин, А.В. Садырин,Е.Т. Ербаев, И.Ю. Лошкарев, В.И. Лошкарев // [Актуальные проблемы энергетики АПК](#) материалы VII международной научно-практической конференции. Под общей редакцией Трушкина В.А.. 2016. С. 57-62.

13. Ербаева, Н.Б. Управление потоками энергии разной мощности в автономной системе электроснабжения ветро-дизельной установке/ Н.Б. Ербаева, Р.Р.Файзуллин, А.В. Садырин,Е.Т. Ербаев, И.Ю. Лошкарев, В.И. Лошкарев // [Актуальные проблемы энергетики АПК](#) материалы VII международной научно-практической конференции. Под общей редакцией Трушкина В.А.. 2016. С. 52-56.

14. Лошкарев, И.Ю. Оценка возможности применения возобновляемых источников энергии в Александрово-Гайском районе Саратовской области/ И.Ю. Лошкарев, А.П. Клепиков, В.И. Лошкарев//Актуальные проблемы энергетики АПК VI Международная научно-практическая конференция. Под общей редакцией Трушкина В.А.. 2015. С. 139-144.

15. Широбокова, Т.А. Методика оценки параметров светодиодного освещения в животноводческих помещениях / Т.А. Широбокова,

И.Ю. Лошкарев, Н.Н. Белова // [Известия Международной академии аграрного образования](#). 2018. № 43. С. 47-50.

16. Лошкарев, И.Ю. Оценка эффективности внедрения светоаэратора в систему вентиляции коровника / И.Ю. Лошкарев, А.Я. Аберясьев, В.И. Лошкарев // //Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы IX международной научно-практической конференции/Под общ.ред.

Трушкина В.А. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2018. – С.104-106 .

17. Лошкарев, И.Ю. Эффективность внедрения световодов для системы освещения в животноводческих помещениях/ И.Ю. Лошкарев, О.В. Малецкий, В.И. Лошкарев, Н.Н. Белова // [Известия Международной академии аграрного образования](#). 2018. № 39. С. 19-24.

УДК 699.86

И.Ю. Лошкарев, Н.В. Осадчий, А.Я. Аберясьев, С.В. Саенко

Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, г. Саратов

АКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ СВЕТОЗАХВАТА ДЛЯ ОСВЕЩЕНИЯ ПОМЕЩЕНИЙ

***Аннотация.** В статье рассмотрены перспективы применения активных систем освещения с перенаправлением и концентрацией светового потока с помощью различных устройств.*

***Ключевые слова:** энергоэффективность, естественное освещение, энергосбережение, светозахват, оптическая система, концентрация, перенаправление света.*

Потребность в электрической энергии непрерывно увеличивается как в нашей стране, так и за рубежом. Это удовлетворяется либо наращиванием добычи нефти, газа, угля и т.д., либо нужно сосредоточиться на повышении эффективности использования топливно-энергетических ресурсов, энергосбережении, разработке и повсеместном внедрении ресурсосберегающих технологий. Второй путь представляется более эффективным как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе. Сегодня многие страны прилагают огромные усилия для создания систем энергосбережения и стремятся к сокращению выбросов CO₂ из-за угрозы парникового эффекта. Всё это заставляет искать новые способы получения энергии. И одним из наиболее перспективных направлений является повышение

эффективности использования солнечной энергии[1,13,14,16-18].

В настоящее время, искусственный свет составляет значительную часть общего потребления энергии, как агропромышленного сектора, так и жилого сектора и офисных помещений. Необходимо стремиться к созданию энергоэффективного помещения, в котором используются энергосберегающие системы освещения с системой автоматического управления освещенностью. Огромным потенциалом также является использование современных способов доставки и перенаправления светового потока в здание. На рисунке 1 показана диаграмма энергопотребления одного из энергоемких сельскохозяйственных помещений и офисного здания, обычных и энергоэффективных[2,3,12].

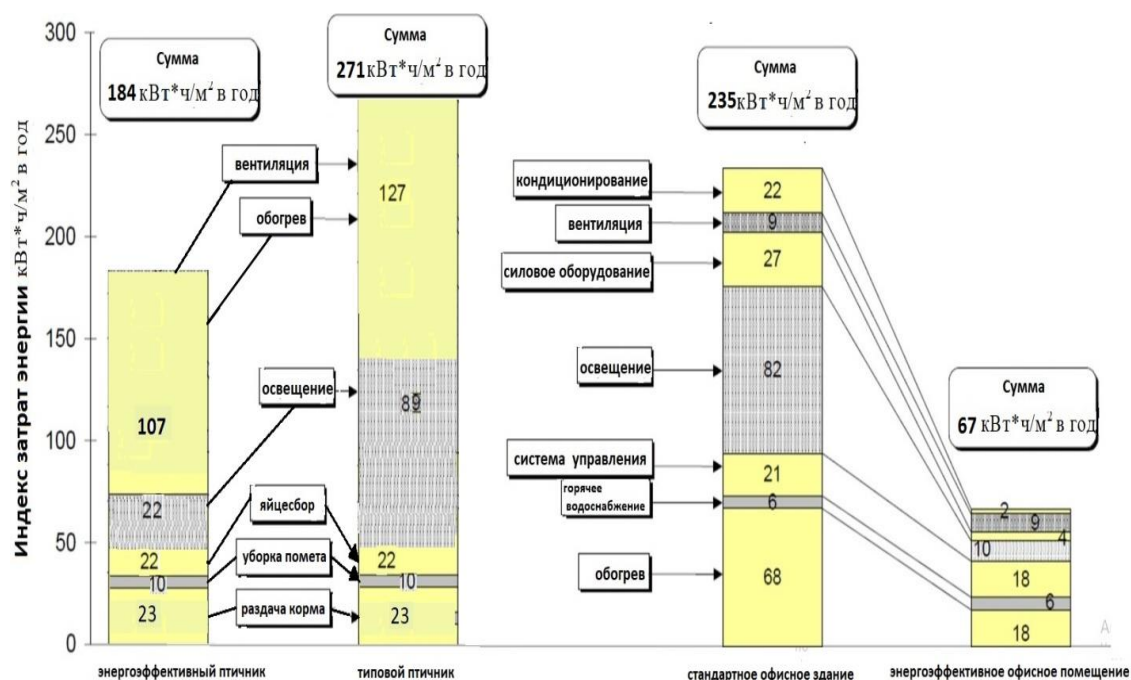


Рисунок 1-Энергетический индекс для «стандартного» и «эффективного» птичника на 30 000 кур-несушек и офисного помещения.

Одним из больших резервов энергосбережения является использование современных способов и средств, усовершенствующих систему освещения. При существующей системе затраты электроэнергии на освещение доходят до 30% от всех суммарных затрат в офисных зданиях и до 61% на предприятиях животноводства и птицеводства[3,12]. Таким образом, применяя современные системы перенаправления и концентрации светового потока, мы будем снижать потребление электроэнергии с одной стороны, и с другой, создавать комфортную и безопасную для человека среду.

Естественное освещение предпочтительнее искусственного, потому что оно имеет идеальную цветопередачу и оказывает положительное психологическое воздействие на человека. Речь идет не только об обеспечении комфорта, но и об экономии электроэнергии за счет уменьшения использования искусственного света.

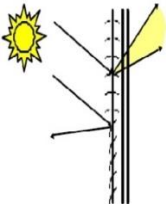
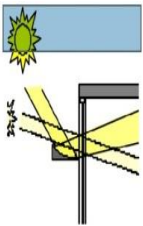
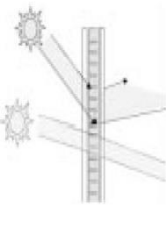
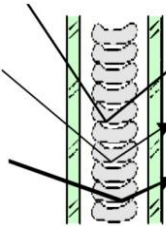
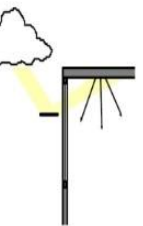
Дневной свет состоит из двух составляющих-это прямое и рассеянное в

атмосфере солнечное излучение. Световая отдача (отношение светового потока к мощности) дневного света, включает прямое солнечное излучение, 90-117 лм/Вт, и рассеянное излучение, 110-175 лм/Вт. У искусственного света световая отдача составляет 13,6-120 лм/Вт. Дневной свет имеет очень высокую световую эффективность даже в пасмурный день[4-6,15]. Освещенность облачного неба (5000-20 000 люкс) низкая, но превышает освещенность внутри здания в 10-50 раз. Для обеспечения хорошего освещения всегда необходимо учитывать три фактора: количество, качество света и его распределение. Интенсивные источники света (солнечный свет или электрический свет) приводят к возникновению сильных бликов, которые могут как раздражать, так и даже ухудшать зрение. По этой причине необходимо контролировать попадание солнечного света в помещение. Необходимо защищать оконные проемы от солнечного света для уменьшения бликов и попадания излишнего тепла внутрь помещения. Но это, в свою очередь, будет снижать эффективность естественного

освещения.Эту проблему возможно решить, разделив окно на две части. Верхняя часть окнабудет предназначена для зоны перенаправления и концентрации солнечного света.Она будет пропускать солнечный свет в помещение для увеличения естественного освещения в комнате с помощью специальных

устройств. Нижняя часть окнадолжна быть спроектирована так, чтобы быть зоной передачиестественного освещения. Онабудет защищать от бликов, служить для проветривания помещения и обеспечивать обычные функции окна. В таблице 1 показано разделение функций окна различных систем освещения.

Таблица 1-Сравнение различных систем перенаправления естественного света

Тип естественного освещения		Прямой солнечный свет					Рассеивающее окно в крыше
Тип системы		Зеркальная жалюзи или штора	Световая полка для перенаправления	Призматическая панель	Солнцезащитное стекло	Световая полка	
Схема направления света в помещение							
Функции окна	Перенаправление дневного света	да	да	да	да	да	
	Экранирование солнечного света	нет	нет	нет	нет	нет	
	Передача видимости	регулировка	да	рассчет	нет	да	
	Защита яркого света	да	да	да	да	да	
	Экранирование солнечного света	да	да	рассчет	рассчет	да	
	Защита яркого света	регулировка	рассчет	рассчет	рассчет	рассчет	
	Передача видимости	регулировка	регулировка	регулировка	регулировка	регулировка	
	Вентиляция комнаты	рассчет	рассчет	рассчет	рассчет	рассчет	
	Более глубокая освещенность комнаты	рассчет	да	да	да	рассчет	
	Возможность экономии	рассчет	да	да	да	рассчет	

Рассмотрим достоинства таких систем:

- 1.Использование дневного света вдали от оконных проемов;
- 2.Увеличение полезного действия естественного освещения для климатов с преимущественно пасмурным небом;
- 3.Увеличение полезного действия дневного света для очень солнечного климата, где нужно уменьшать воздействие прямого солнечногоизлучения;

4. Увеличение полезного действия дневного света для окон, которые заблокированы внешними препятствиями;
5. Передача полезного дневного света в помещения без окон [7, 12,15].

Таким образом, можно выделить две системы: а) на использовании прямых солнечных лучей и рассеянного освещения; б) на механизме уменьшения действия света.

Управление системой корреляции попадания естественного освещения в помещение подразделяется также на два типа: ручное и автоматическое. Эти системы регулируют количество и качество попадающего в помещение естественного света. Автоматическая система состоит из датчика, измеряющего световой поток, и системы управления, согласованной с этим датчиком.

Существует множество различных систем концентрации и перенаправления света в помещение. Рассмотрим систему, состоящую из навесных полок, помещенных над окном. Они прикрепляются к фасаду здания, чтобы изменить ориентацию прямых солнечных лучей и направить их в

центральную либо дальнюю часть помещения[9]. Солнечный свет распространяется внутри здания через цепочку световодов, которые доставляют солнечный свет вглубь помещения, а также при необходимости включают искусственные источники света, чтобы они могли обеспечивать нужную освещенность(рис. 2а).

Система состоит из регулируемых заслонок, тонких квадратных зеркал, которые защищены от непогоды навесом. Каждое зеркало поддерживается тремя креплениями, два из которых перемещают зеркало в любой ориентации по углам, а третье в центре зафиксировано(рис. 2б).

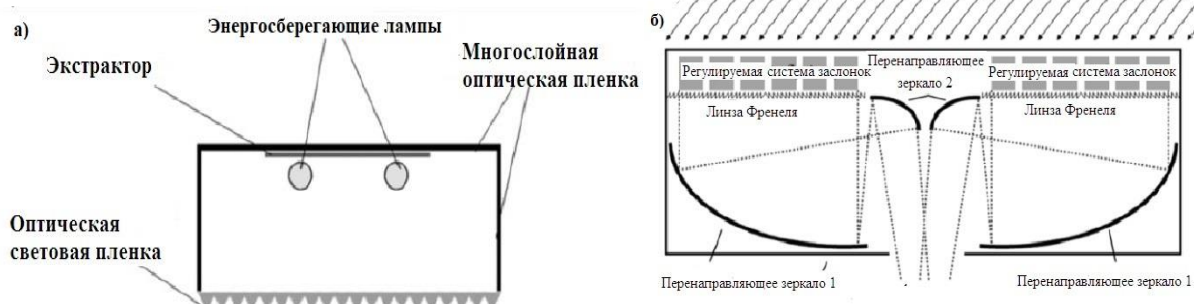


Рисунок 2:

а) схема системы передачи света; б) вид сверху системы перенаправления света.

Вторая система - это электрически управляемая микрозеркальная решетка, установленная между стеклами окна с двойным остеклением. Такая микрозеркальная матрица состоит из миллионов микрозеркал[10]. На рисунке 3 показаны основные функциональные возможности системы. Каждое окно разделено также на две части. Здесь используется интеллектуальная система датчиков, позволяющая получить любую необходимую конфигурацию освещения. Такое невозможно со стандартными шторами или жалюзи. Прохождение света сквозь такие зеркала практически не нарушается из-за небольшого размера этих

микрозеркал(в открытом положении). В закрытом положении, окно выглядит как более или менее тонированное окно, которое также выполняет стандартные функции окна (рис.3). Кроме того, так как система установлена между двумя стеклами, она защищена от ветра, непогоды и загрязнения. Это обеспечивает механическую прочность и длительный срок службы. Ожидается, что система не будет требовать технического обслуживания в течение многих лет.

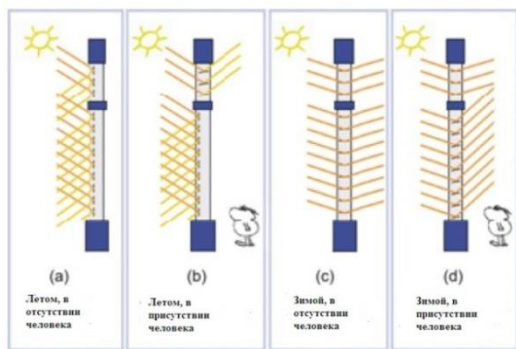


Рисунок 3- Схема системы микрозеркал в присутствии и отсутствии человека.

Третья система, в которой солнечные лучи захватываются и перенаправляются горизонтальными и вертикальными отражающими элементами [11]. В данной разработке элементами можно регулировать попадание светового потока в различных направлениях с помощью микроконтроллера. Для достижения равномерного и естественного освещения, солнечное излучение направляется через потолок на верхнюю часть дальней стены (рис. 4). Такая система способна перенаправлять свет на 20 метров и более, так как изготавлена из зеркального материала с отражающей способностью 0,98.



Рисунок 4- Система перенаправления солнечных лучей через потолок.

Очень перспективными являются и другие активные системы концентрации и светозахвата для дальнейшего перенаправления в закрытые от света части помещения. Используя для систем освещения такие устройства, мы переводим наше здание в энергоэффективное.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ербаева, Н.Б.** Автономная система электроснабжения с помощью солнечных панелей для электрического освещения территории университета/Н.Б. Ербаева, Р.Р. Файзуллин, А.В. Садырин, Е.Т. Ербаев, И.Ю. Лошкарёв, В.И. Лошкарёв // Актуальные проблемы энергетики АПК материалы VII международной научно-практической конференции. Под общей редакцией Трушкина В.А. 2016. С. 57-62.
2. **Knissel D.J.** Energy Efficient Office Buildings. Expert Information, Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt. 2004.
3. **Ерошенко, Г.П.** Электроёмкость продукции промышленного птицеводства/Г.П. Ерошенко, И.Ю. Лошкарёв, И.В. Шестаков, В.И. Лошкарёв// Аграрный научный журнал, №2, 2016.
4. **Tregenza P, Loe D.** The Design of Lighting. London, UK: E & FN Spon; 1998.
5. **Robbins CL.** Daylighting: Design and Analysis. New York, US: Van Nostrand Reinhold; 1986.
6. **Hopkinson RG, Petherbridge P, Longmore J.** Daylighting. London, UK: Heinemann; 1966.
7. **Johnsen K, Watkins R.** Daylight in Buildings. ECBCS Annex 29 / SHC Task 21 Project Summary Report, 2010.
8. **Ruck N, Aschehoug Ø, Aydinli S, Christoffersen J, Courret G, Edmonds I, Jakobiak R, Kischkoweit-Lopin M, Klinger M, Lee M, Michel L, Scartezzini JL, Selkowitz S.** Daylight in Buildings: A Source Book on Daylighting Systems and Components. California, US: International Energy Agency; 2000. Materials
9. **Rosemann A, Mossman M, Whitehead L.** Development of a cost-effective solar illumination system to bring natural light into the building core. *Solar Energy*. 2008;82:302-310.
10. **Viereck V, Ackermann J, Li Q, Jäkel A, Schmid J, Hillmer H.** Sun glasses for buildings based on micro mirror arrays: technology, control by networked sensors and scaling potential. *Proceedings of the 5th International Conference on Networked Sensing Systems, INSS'2008*. Kanazawa. 2008:135-139.
11. **Kinney L, McCluney R, Cler G, Hutson J.** New designs in active daylighting: good ideas whose time has (finally) come. *Proceedings of International Solar Energy Society 2005 Solar World Conference*. Orlando. 2005.
12. **Huang T, Hocheng H, Chou T, Yang W.** Bring free light to buildings: overview of daylighting system. *Materials and processes for energy: communicating current research and technological developments* (A. Méndez-Vilas, Ed.), FORMATEX. 2013.
13. **Лошкарёв, И.Ю.** Энергосбережение в системе освещения в сельскохозяйственных и складских помещениях/ И.Ю. Лошкарёв, И.В. Шестаков, О.В. Малецкий, В.И. Лошкарёв, Д.С. Куртмамбетов// Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы IX международной научно-практической конференции/Под общ. ред. Трушкина В.А. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2018. – С.106-109.
14. **Лошкарёв, И.Ю.** Оценка возможности применения возобновляемых источников энергии в Александрово-Гайском районе Саратовской области/ И.Ю. Лошкарёв, А.П. Клепиков, В.И.

Лошкарёв//Актуальные проблемы энергетики АПК VI Международная научно-практическая конференция. Под общей редакцией Трушкина В.А.. 2015. С. 139-144.

15.Полякова, Л.С. «Метеорология и климатология»/Л.С. Полякова, Д.В. Кашарин// Учебное пособие. - Новочеркасск, НГМА, 2004, с.107.

16.Широбокова, Т.А. Методика оценки параметров светодиодного освещения в животноводческих помещениях/ Т.А. Широбокова, И.Ю.Лошкарёв, Н.Н.Белова// [Известия Международной академии аграрного образования](#). 2018. № 43. С. 47-50.

17.Лошкарёв, И.Ю. Оценка эффективности внедрения светоаэратора в систему вентиляции коровника/ И.Ю. Лошкарёв, А.Я. Аберясьев, В.И. Лошкарёв // //Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы IX международной научно-практической конференции/Под общ. ред. Трушкина В.А. – Саратов:ООО «ЦеСАин», 2018. – С.104-106.

18.Лошкарёв, И.Ю. Эффективность внедрения световодов для системы освещения в животноводческих помещениях / И.Ю. Лошкарёв, О.В. Малецкий, В.И. Лошкарёв, Н.Н. Белова // [Известия Международной академии аграрного образования](#). 2018. № 39. С. 19-24.

УДК. 631.365.3/4:633.88

Л.А. Лягина, Е.В. Богомолов

Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова
г. Саратов

АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЕМ ПРОЦЕССА ДОСУШИВАНИЯ ПРЕССОВАННОЙ В РУЛОНЫ ТРАВЫ

Аннотация. В настоящей статье предложен комбинированный способ досушивания прессованной в рулоны травы, с целью повысить качество продукта, уменьшить энергозатраты.

Ключевые слова: технология досушивания, влажность продукта, рулон травы, параметры.

Повышение эффективности сельхозпроизводства неразрывно связано с внедрением новых и совершенствованием существующих технологий и технических средств [1]. При этом разработка автоматизации технологических процессов призвана значительно снизить затраты на производство сельхозпродукции и повысить ее качество [1-3].

Так, используемые в настоящее время сушильные установки имеют ряд недостатков. Таким образом, комбинированный способ досушивания прессованной в рулон травы представляется важным.

На рисунке 1 представлена структурная схема объекта исследования.

Сушильная установка отличается большим количеством входных и выходных параметров и сложностью связей между

ними. Основные выходные параметры процесса – конечная температура и влажность, температура сушильного агента на выходе, эффективность. В качестве регулирующих воздействий используем изменение подачи электроэнергии и загружаемого продукта.

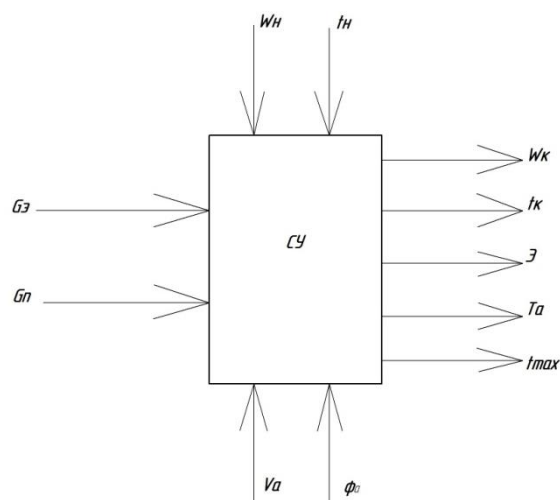


Рисунок 1– Структурная схема объекта исследования.

$G_э$ – подача электроэнергии, кВт; G_n – объем продукта (травы), кг; СУ – сушильная установка; W_n – начальная влажность, %; t_n – начальная температура, °C; W_k – конечная влажность, %; t_k – конечная температура, °C; T_a – температура сушильного агента, °C; t_{max} – максимальная температура нагрева, °C; $\mathcal{E}$ – технико-экономический критерий (эффективность); V_a – расход сушильного агента; ϕ_a – влажность сушильного агента, %.

Остальные входные параметры – начальная влажность и температура, расход сушильного агента и его влажность – относятся к возмущающим воздействиям. С точки зрения показателя эффективности управления сушилкой должно быть оптимальным. Целевая функция оптимального управления сушилкой имеет вид:

$$\max \mathcal{E} = f(t_n, t_{max}, W_n, W_k, t_k) \quad (1)$$

при ограничениях по конечной влажности и максимально допустимой величине нагрева.

Циклограммы процесса досушивания прессованного в рулоны травы представлены на рисунке 2.

Технология досушивания прессованного в рулоны травы представляется следующим образом. В течении шести минут происходит прогрев продукта ИК-нагревателями. Далее осуществляется четырехминутный цикл продува травы с использованием электрокалорифера. В течении которого удаляется выделенная из продукта влага за пределы сушильной установки [4]. Циклы досушивания повторяются до тех пор, пока продукт не достигнет кондиционной влажности 16...17 % [5]. Температурный режим в сушильной установке поддерживается в соответствии с графиком (рис.2).

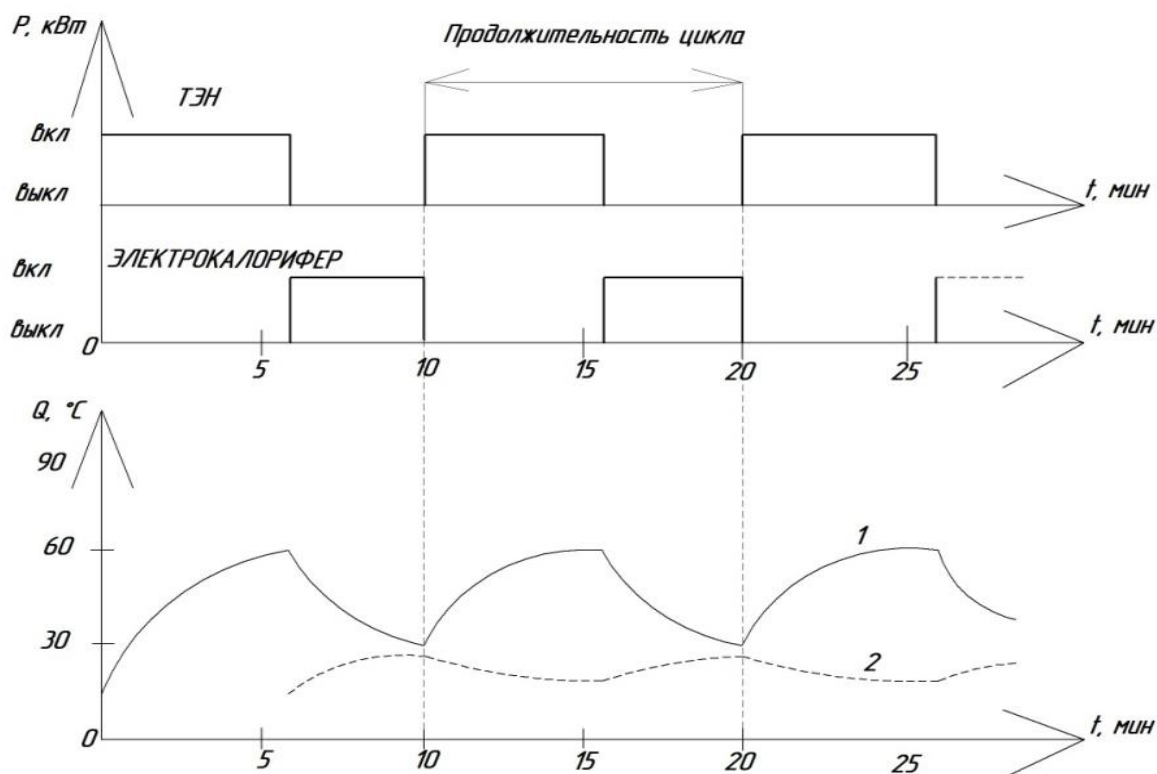


Рисунок 2 – Циклограммы процесса досушивания прессованного в рулоны травы: кривые 1– ТЭН; 2– электрокалорифер.

Продукт с такой влажностью может храниться несколько лет без значительного снижения своей питательности [2,5,6].

Таким образом, предложенный способ досушивания прессованного в рулон травы позволяет повысить качество продукта, уменьшить энергозатраты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каргин, В.А. Автоматизация систем управления технологическими процессами [Текст]: учебное пособие / В.А. Каргин, А.П. Моисеев, А.В. Волгин, Л.А. Лягина, Е.А. Четвериков. – Саратов: Амирит, 2018. – 177с.

2. Моисеев, А.П. Электрооборудование технологий производства и обработки сельскохозяйственной продукции [Текст]: учебное

пособие / А.П. Моисеев, А.В. Волгин, Л.А. Лягина, В.А. Каргин. – Саратов: Амирит, 2018. – 141с.

3. Моисеев, А.П. Электротехнологическое оборудование в сельскохозяйственном производстве [Текст]: учебное пособие / А.П. Моисеев, А.В. Волгин, В.А. Каргин, Л.А. Лягина. – Саратов: Амирит, 2018. – 103с.

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. Кузнецов, Н.Н. Повышение эффективности заготовки прессованного в рулоны сена путем оптимизации параметров процесса сушки и режимов работы оборудования: автореф. дисс. ...канд. техн. наук / Н.Н. Кузнецов. – Санкт-Петербург, 2007. – 17с.

6. Четвериков, Е.А. Микроволновое и инфракрасное излучение в технологиях сушки продукции растительного происхождения: монография / Е.А. Четвериков, Л.А. Лягина, А.П. Моисеев. ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ». – Саратов: Амирит, 2016. – 186с.

УДК 631.365.3/4:633.88

Л.А. Лягина, Д.П. Курников

Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова,
г. Саратов

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО СПОСОБА СУШКИ ПЛОДОВ И ЯГОД

Аннотация: Сушка – самый простой, наиболее дешевый и наименее трудоемкий способ консервирования плодов и ягод. Сушеные продукты хорошо сохраняются, не требуют специальных помещений для хранения, занимают мало места.

Ключевые слова: ягоды, плоды, сушка, инфракрасное излучение, поток воздуха.

Одним из важнейших условий сохранения здоровья и поддержания нормальной жизнедеятельности человека является своевременное и полноценное снабжение организма необходимым набором витаминов и минеральных веществ. У существенной части населения нашей страны наблюдается недостаточное потребление микронутриентов. Одним из путей повышения качества питания и решения данной проблемы является включение в рацион растительного сырья, содержащего в своем составе необходимый

набор витаминов, белков, минеральных веществ и незаменимых аминокислот и обладающих высокими вкусовыми и лечебными свойствами [1-4]. Одним из наиболее перспективных видов растительного сырья являются плоды и ягоды. В холодных климатических условиях производство данной продукции носит сезонный характер, что обуславливает необходимость в применении различных технологий переработки сельскохозяйственного сырья в продукты длительного хранения. При этом соответствующие

технологии должны по возможности в максимальной степени сохранять биологически-ценные компоненты плодово-ягодного сырья [5,7].

Таким образом, для получения высокого качества продуктов необходимо применение комбинированного способа (рис.1).

К наиболее распространенным и перспективным способам консервирования плодов и ягод относится комбинированная сушка (конвективная и инфракрасная).

Плоды и ягоды подаются в решетчатый контейнер 3. В зависимости от их начальной влажности включается необходимое количество нагревательных ИК-элементов 14. Для сохранения структуры высушиваемых плодов и ягод не

рекомендуется применять мощные потоки инфракрасного излучения.

Нагрев инфракрасными лучами плодов и ягод происходит в течение нескольких секунд. Одновременно с нагревом происходят охлаждение поверхности плодов и ягод потоком воздуха, создаваемого вентилятором 9, и удаление влажного воздуха 2 из камеры сушки. Скорость обдува может также меняться в пределах 10 – 30 м/с. Благодаря обдуву влага начинает перемещаться к поверхности, что в 2 раза увеличивает скорость сушки. Этот способ позволяет получить продукт с полностью сохраненными органолептическими показателями, витаминным составом, длительными сроками хранения [6].

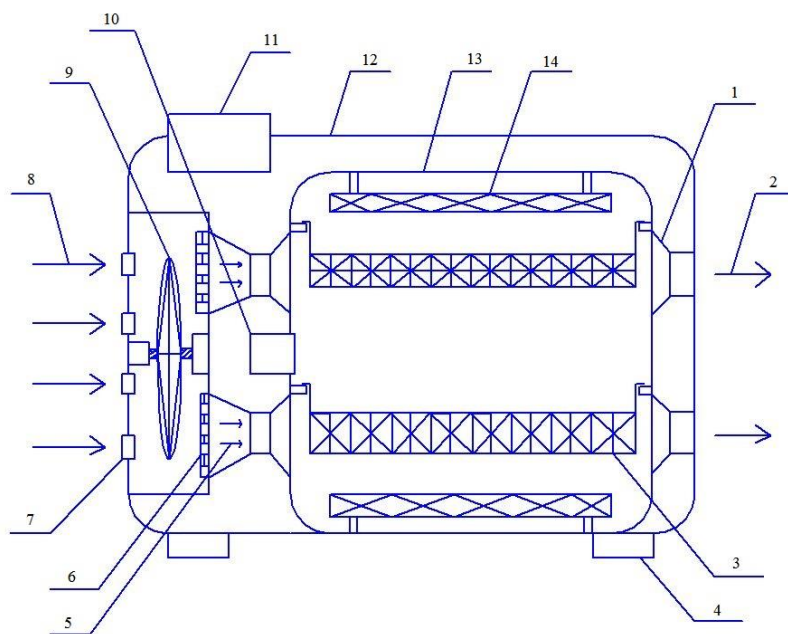


Рисунок 1 Технологическая схема комбинированного способа сушки плодов и ягод:

1 – воздуховод; 2 – исходящий воздушный поток, насыщенный влагой; 3 – решетчатый контейнер; 4 – ножка сушильной установки; 5 – горячий воздушный поток; 6 – электрокалорифер; 7 – воздушные каналы; 8 – входящий воздушный поток; 9 – вентилятор; 10 – измерительный блок; 11 – органы управления; 12 – корпус сушильной установки; 13 – алюминиевый экран; 14 – ИК-нагревательные элементы.

Комбинированный способ сушки применяется с целью повышения экономичности процесса и снижения расхода электроэнергии. Данный технологический способ обработки плодов и ягод является наиболее целесообразным

и перспективным, так как снижаются потери сырья, улучшается качество и устойчивость хранения продукта [5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Расщепкин, А.Н. Теоретическое обоснование и практическая реализация низкотемпературных технологий в производстве сухих плодов и ягод:

автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / А.Н. Расщепкин. – Кемерово. 2016. – С. 3-4.

2. Четвериков, Е.А. Микроволновое и инфракрасное излучение в технологиях сушки продукции растительного происхождения: монография / Е.А. Четвериков, Л.А. Лягина, А.П. Моисеев. ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ». – Саратов: Амирит, 2016. – 186с.

3. Каргин, В.А. Автоматизация систем управления технологическими процессами [Текст]: учебное пособие / В.А. Каргин, А.П. Моисеев, А.В. Волгин, Л.А. Лягина, Е.А. Четвериков. – Саратов: Амирит, 2018. – 177с.

4. Моисеев, А.П. Электрооборудование технологий производства и обработки сельскохозяйственной продукции [Текст]: учебное пособие / А.П. Моисеев,

А.В. Волгин, Л.А. Лягина, В.А. Каргин. – Саратов: Амирит, 2018. – 141с.

5. Ермолаев, В.А. Переработка сельскохозяйственной продукции. Анализ сублимационной сушки малины / В.А. Ермолаев, М.А. Яковченко // «Вестник АПК Верхневолжья», № 4 (40) декабрь 2017 г. – Ярославль. 2017. – С. 55-58.

6. Самарина, Ю.Р. Обоснование способа сушки корнеплодов с использованием ИК-излучения. / Ю.Р. Самарина, А.В. Якименко, Ю.Б. Курков, К.Б. Постовитенко. // «Техника и оборудование для села», № 12. Москва. 2013. – С. 29-38.

7. Лягина, Л.А. Повышение экологичности и эффективности сушки растительного сырья электронагревателем. / Л.А. Лягина, А.В. Волгин, В.В. Белов, Е.А. Четвериков, А.П. Моисеев // Известия, № 38, 2018. – С. 14-19.

УДК 621.311.182

А.Ю. Мамонтов, С.В. Вендин

Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я.Горина, п. Майский, Белгородская область

РАСЧЕТ МОЩНОСТИ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛОТЫ ДЛЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО БИОГАЗОВОГО РЕАКТОРА

Аннотация. В статье проведен расчет мощности дополнительных источников теплоты для подогрева биомассы в цилиндрическом биогазовом реакторе.

Ключевые слова: биогаз, биомасса, реактор, источники теплоты, уравнение теплопроводности Фурье, граничные условия первого рода, температурное поле.

Эффективная переработка органических отходов в биогаз является актуальной научно-технической задачей [1-4]. Традиционная конструкция биогазового реактора представляет собой цельную емкость, в которой процесс сбраживания происходит в едином перемешивающем режиме при соблюдении определенных температурно-влажностных режимов в зависимости от типа брожения. Требования к допустимым пределам колебания температуры для оптимального газообразования тем жестче, чем выше температура процесса сбраживания: при психрофильном температурном режиме – ± 2 °С в час; мезофильном – ± 1 °С в час; термофильном – $\pm 0,5$ °С в час [1].

Поэтому для обеспечения температурного режима и управляемости процессом сбраживания биомассы весьма важно выбрать мощность дополнительных источников теплоты.

Расчет мощности дополнительных источников теплоты может быть проведен на основе решения уравнения теплопроводности Фурье [5-9]. В первом приближении физическая расчетная модель биогазового реактора может быть представлена цилиндром радиуса R и высотой H , а для расчета температуры можно предположить осесимметричное распределение температурного поля, когда температура внутри реактора зависит только от координаты R , т.е. рассматривать одномерную задачу.

Был проведен анализ и получено следующее выражение для расчета тепловой мощности равномерно распределенных дополнительных источников теплоты P :

$$P = 4\pi\lambda H\Delta T. \quad (1)$$

где H - высота реактора; λ - теплопроводность биоматериала; $\Delta T = T(0) - T(R)$ - разница температур между центром $T(0)$ и у внутренней стенки реактора $T(R)$.

Из выражения (1) следует, что мощность равномерно распределенных

дополнительных источников теплоты, необходимая для поддержания разницы температур ΔT между стенкой и центром реактора зависит от высоты реактора H и теплопроводности биомассы λ и не зависит от его радиуса R .

На рисунке 1 представлены расчетные значения мощности источника теплоты в зависимости от высоты реактора H при различных значениях ΔT для биомассы с теплопроводностью $\lambda=0,6$ Вт/(м·К).

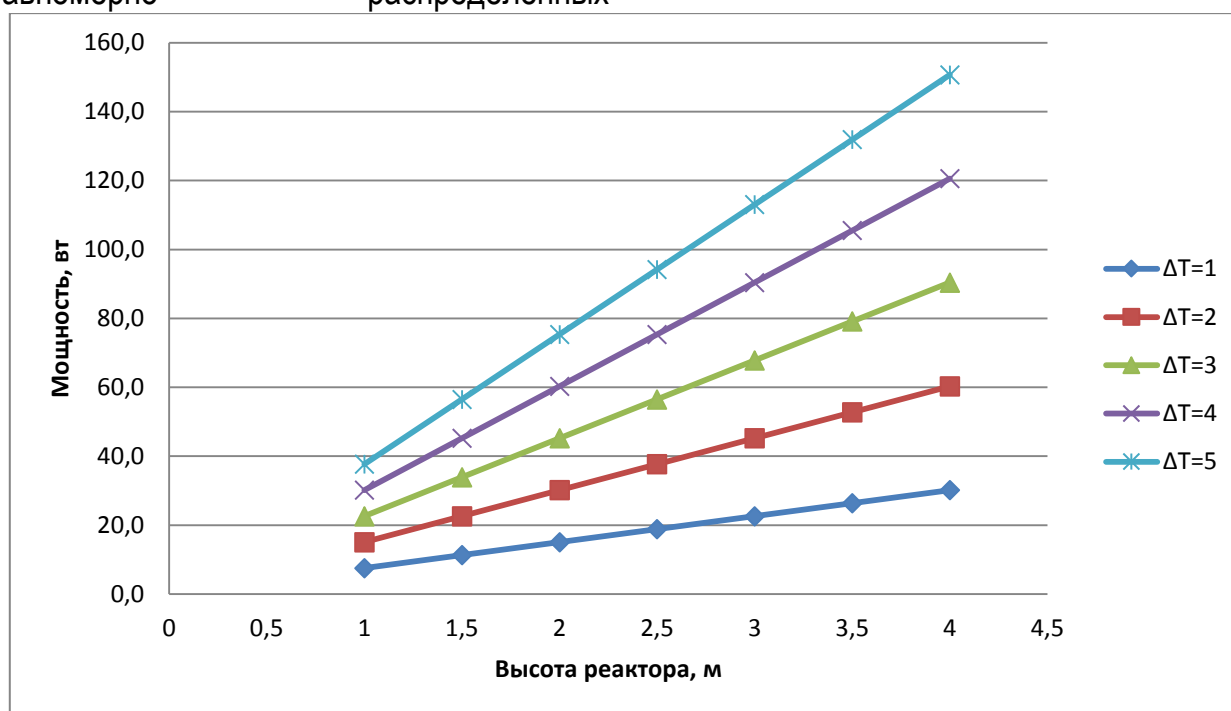


Рисунок 1 - Расчетные значения мощности источника теплоты

В заключение отметим, что полученное выражение (1) позволяет оценить тепловую мощность равномерно распределенных по объему дополнительных источников теплоты для подогрева биомассы в биогазовом реакторе цилиндрической формы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Садчиков А.В. Оптимизация теплового режима в биогазовых установках [текст] / А.В. Садчиков, Н.Ф. Кокарев // Фундаментальные исследования. 2016. № 2-1. С. 90-93.
2. Вендин С.В. Электрооборудование биогазового реактора [текст] / С.В. Вендин, А.Ю. Мамонтов // Сельский механизатор – 2017. – №5. – С. 26-27.
3. Вендин С.В. Программа расчета геометрических и конструкционных параметров биогазового реактора [текст]

/ С.В. Вендин, А.Ю. Мамонтов, А.В. Каплин // Промышленная энергетика.- 2017. №3.- С.51-55.

4. Вендин С.В. Автоматизация механических и тепловых процессов в многокамерном биогазовом реакторе непрерывной загрузки сырья [текст] / С.В. Вендин, А.Ю. Мамонтов // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина.- 2016. №4 (74).- С.55-60.

5. Вендин С.В. К расчету нестационарной теплопроводности в многослойных объектах при граничных условиях третьего рода [текст] / С.В. Вендин // ИФЖ, 1993.- Т.65, №8.-С.249-251.

6. Вендин С.В. К решению задач нестационарной теплопроводности в слоистых средах [текст] / С.В. Вендин, И.А. Щербинин // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. №3. С.96-99.

7. Вендин С.В. Расчет мощности дополнительных источников теплоты для подогрева биомассы в биогазовом реакторе [текст] / С.В. Вендин, А.Ю. Мамонтов // Вестник

Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. №7. С.97-99.

8. Vendin S.V. Calculation of nonstationary heat conduction in multilayer objects with boundary conditions of the third kind/ [Journal of Engineering Physics and Thermophysics](#). 1993. T. 65. № 2.C. 823.

9. Vendin S. On the Solution of Problems of Transient Heat Conduction in Layered Media / S. Vendin// [International Journal of Environmental and Science Education](#).- 2016.- V. 11. N. 18.- p.12253-12258.

УДК 631.3

A.Kh. Massad¹, P.P. Алимов²

¹Head of Electrical and Mechanical Engineering Department at An-Najah Univer-sity, in Palestine.

²Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, г. Саратов

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЛОКАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРОЙ ВОЗДУХА В ЖИВОТНОВОДЧЕСКОМ ПОМЕЩЕНИИ

Аннотация. В статье приведены некоторые результаты разработки локальных систем автоматического управления температурой воздуха в животноводческом помещении; рассмотрены передаточные функции отдельных звеньев и системы в целом.

Ключевые слова: программируемые логические контроллеры, автоматизация технологических процессов, система автоматического управления.

Повышение производительности труда и снижение энергозатрат на производство единицы продукции, улучшение использования электрооборудования и условий труда работников невозможно без внедрения системной автоматизации в сельскохозяйственное производство [1-3]. Уровень автоматизации является определяющим фактором, в том числе, себестоимости производимой продукции – важного показателя конкурентоспособности производства в условиях рыночной экономики [4,5].

Таким образом, создание новых и совершенствование существующих систем автоматического управления технологическими процессами, например, микроклиматом в животноводческом помещении, использованием современных микропроцессорных технических средств, представляется актуальным [6-8].

В настоящей статье приведены некоторые результаты разработки локальных систем автоматического управления температурой воздуха в животноводческом помещении; рассмотрены передаточные функции отдельных звеньев и системы в целом.

На рисунке 1 представлена функциональная схема системы регулирования температуры воздуха в животноводческом 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.

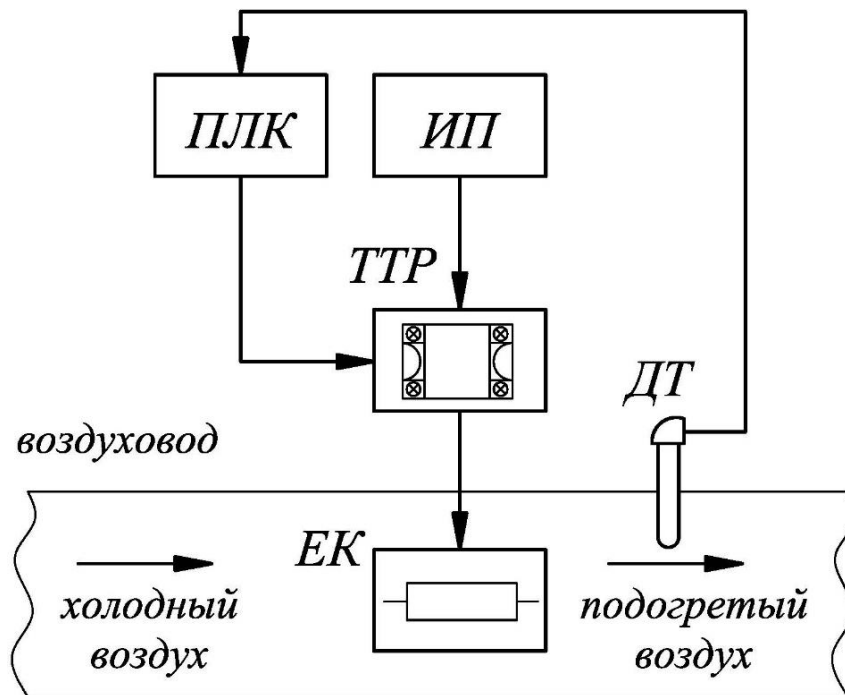


Рисунок 1 – Функциональная схема системы регулирования температуры воздуха: ПЛК – программируемый логический контроллер; ИП – источник питания; ТТР – твердотельное реле; ДТ – термодатчик; ЕК – электрокалориферная установка

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 $\pm 5\%$.

В инженерной практике для оценки статических и динамических свойств элементов и систем широко используют математические модели, устанавливающие взаимосвязь входных и выходных величин в установившихся и переходных режимах и получаемые аналитически или экспериментально [9,10]. Запишем передаточные функции отдельных звеньев системы:

– объекта регулирования по управляющему воздействию W_1 :

$$W_1(p) = \frac{k_1(Tp + 1)}{T_2^2 p^2 + T_1 p + 1} = \frac{0,03(196p + 1)}{224p^2 + 401p + 1}$$

где k_1 , T , T_1 , T_2 – коэффициент передачи и постоянные времени объекта управления, p – оператор дифференцирования;

– калорифера по каналу «мощность нагревателя – температура теплоносителя» W_2 :

$$W_2(p) = \frac{k_2 \cdot e^{-p\tau_1}}{T_3 p + 1} = \frac{1,33}{70p + 1},$$

где k_2 , T_3 , τ_1 – коэффициент передачи, постоянная времени и время запаздывания (с учетом малого значения пренебрегается) калорифера;

– датчика по каналу «температура среды – сопротивление» W_3 :

$$W_3(p) = \frac{k_3}{T_4 p + 1} = \frac{0,42}{5p + 1},$$

где k_3 , T_4 , – коэффициент передачи и постоянная времени датчика;

– твердотельного реле W_4 :

$$W_4(p) = k_4 = 38,$$

где k_4 – коэффициент передачи твердотельного реле.

На рисунке 2 представлена структурная схема системы регулирования температуры

воздуха для исследования динамических характеристик и свойств САУ.

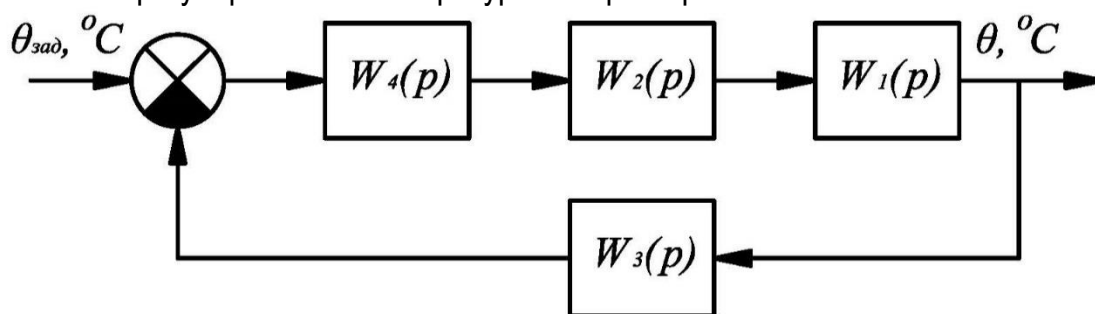


Рисунок 2 – Структурная схема системы регулирования температуры воздуха

В соответствии с правилами [11] определим передаточную функцию всей системы регулирования

$$W(p) = \frac{W_1(p)W_2(p)W_4(p)}{1 + W_1(p)W_2(p)W_3(p)W_4(p)}.$$

После преобразования получим

$$W(p) = \frac{250p + 1,5}{15680p^3 + 28294p^2 + 471p + 1}$$

Проверка устойчивости системы по критерию Михайлова свидетельствует об устойчивости САУ [11].

По известной математической модели САУ определяются показатели качества и даются рекомендации по аппаратной реализации алгоритмов управления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бородин И.Ф., Судник Ю.А. Автоматизация технологических процессов. – М.: КолосС, 2005. – 344 с.
2. Усанов, К.М. Проектирование электроустановок [Текст]: учебное пособие / К.М. Усанов, В.А. Каргин, А.П. Моисеев, Л.А. Лягина. – Саратов: Амирит, 2017. – 123 с.
3. Змеев А.Я. Проектирование систем электрификации: Учебное пособие / А.Я. Змеев, К.М.

Усанов, В.И. Мошкин, В.А. Каргин. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2016. – 292 с.

4. Каргин, В.А. Автоматизация систем управления технологическими процессами [Текст]: учебное пособие / В.А. Каргин, А.П. Моисеев, А.В. Волгин, Л.А. Лягина, Е.А. Четвериков. – Саратов: Амирит, 2018. – 177 с.

5. Усанов К.М. Технические средства автоматики: учебное пособие / К.М. Усанов, А.Я. Змеев, В.А. Каргин, А.П. Моисеев, А.В. Волгин. – Саратов: ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2014. – 188 с.

6. Лосев, С.Е. Микропроцессорные системы: учебное пособие для вузов. [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – СПб.: БГТУ «Военмех» им. Д.Ф. Устинова, 2012. – 102 с.

7. Каргин, В.А. Электрический преобразователь с автоподстройкой выходного усилия электромагнитного формователя колбасных изделий / В.А. Каргин, А.В. Волгин, А.П. Моисеев, О.В. Логачева // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2018. №2 (160). – С.176-180.

8. Руководство пользователя по программированию ПЛК в CoDeSyS 3.1. – редакция RU 3.1, для CoDeSyS v3.1

9. 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.

10. Рошин, А.В. Основы теории автоматического управления: учебное пособие / А.В. Рошин. – М.: МГУПИ, 2015. – 100 с.

11. Ерофеев, А.А. Теория автоматического управления: учебник для вузов / А.А. Ерофеев – М.: Политехника, 2008. – 302 с.

А.В. Медведев, В.М. Попов, В.Н. Левинский, В.А. Афонькина

Южно-уральский государственный аграрный университет, г. Троицк

К ВОПРОСУ КОМБИНИРОВАННОЙ ИНФРАКРАСНОЙ СУШКИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

***Аннотация.** Проведен анализ существующих способов сушки пищевых продуктов, рассмотрены различные виды, их плюсы и минусы. Выявлены следующие основные недостатки: большая энергоёмкость процесса, низкое качество готового продукта. Цель исследования – повышение эффективности сушки, посредством совместного использования инфракрасных пленочных электронагревателей и солнечной энергии. Представлен опытный макет установки.*

***Ключевые слова:** гелиосушка, ИК-сушка, пленочный электронагреватель, опытный макет.*

Сушка - это процесс выведения влаги из твердых, влажных, пастообразных или жидких материалов путем их испарения и удаления образовавшихся паров. Скорость сушки определяется скоростью внутренним диффузионным переносом влаги в высушиваемом материале.

Процессы сушки принципиально делят на две группы: естественная и искусственная.

На сегодняшний день самое большое распространение получили сушилки конвективного типа, которые используют для сушки пищевых продуктов. Они отличаются простой конструкцией и простотой в эксплуатации, а так же способностью работы от различных источников энергии. К сожалению у таких установок так же есть недостатки. Сушильные установки конвективного типа имеют значительные потери тепла с отходящим отработанным воздухом. Их эффективность работы зависит от влажности атмосферного воздуха и как правило в процессе сушки оказывается негативное влияние горячего воздуха на качество готового продукта. Данные недостатки конвекционной сушки объясняются особенностями взаимодействия горячего воздуха с материалом, который подвергается сушке

на различных ее этапах. В самом начале сушильного процесса взаимодействие проходит достаточно эффективно, с малой энергоёмкостью процесса, и высокой скоростью сушки. Однако по мере протекания процесса сушки и связанного с этим снижения тепло- и массо- проводящих характеристик, эффективность расходования тепловой энергии значительно уменьшается. Время процесса значительно увеличивается как и энергоёмкость, и может возникнуть перегрев продукта. Это напрямую влияет на конечный результат. Пищевые продукты теряют свою пищевую ценность при увеличении времени и температуры процесса сушки. Сохранность содержащихся в них полезных веществ и витаминов снижается, а так же ухудшаются органолептические характеристики продукта (изменяется цвет, слипаются отдельные частицы и т.д.).

Схожие проблемы возникают и при использовании других вариантов сушки. Они имеют те же недостатки в псевдокипящем слое и других, основанных (как и конвекционная сушка) на поверхностном обогреве высушиваемых продуктов.

ИК-сушка, в отличие от стандартных способов нагрева продукта, имеет ряд

преимуществ. Во-первых, не нуждается в использовании теплоносителя, который загрязняет обрабатываемый материал. Во-вторых, температура материала превышает температуру вблизи теплопередающих стенок, тепловыделение происходит в объеме материала. В-третьих, быстрота нагрева не зависит от агрегатного состояния материала, а только от его оптических, диэлектрических свойств. При использовании ИК-излучения эффективность сушки увеличивается в 2 раза при снижении энергетических затрат в 1,5 раза [1,2,3].

Некоторые плюсы ИК-сушки очень схожи с естественной сушкой. С помощью солнечных установок существенно

повышается эффективность сушки и уменьшаются потери продукции. Значительно сокращается время сушки и улучшается качество продукта, в том числе сохранность витаминов.

Естественная сушка происходит при температуре, соответствующей длине волны 8,5-9,5 мкм. Эффективность данного процесса сводится к минимуму при наступлении ночного времени суток или пасмурной дождливой погоде. Данную проблему можно решить за счет применения инфракрасных пленочных электронагревателей (рис. 1), т.к. данный электронагреватель способен создать длину волны в диапазоне 8,5-9,5 мкм [4,5,6].

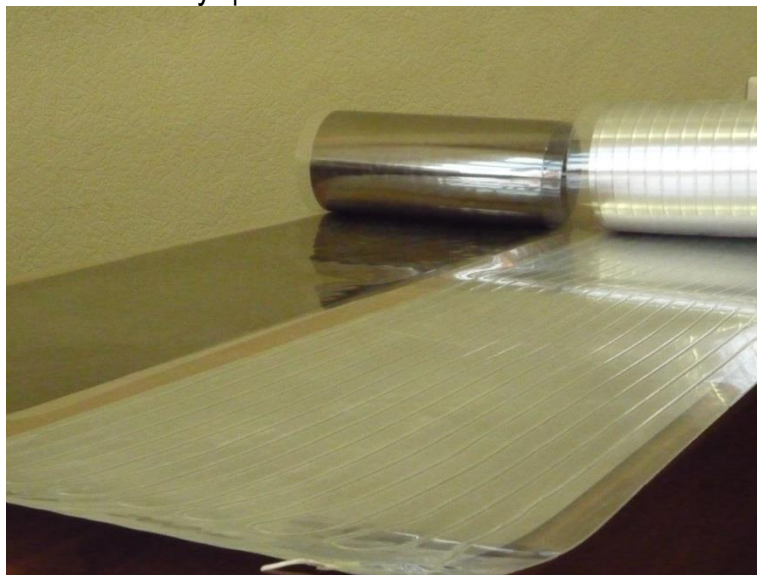


Рисунок. 1 – инфракрасный пленочный электронагреватель.

Для повышения эффективности сушки, нами предложено сконструировать опытный макет, в котором будет скомбинирована энергия солнца и энергия, вырабатываемая пленочным электронагревателем (рис. 2)

Сушильная комбинированная установка состоит из фундамента (поз.1), на которой установлены основание 2. Выполнена с теплоизолированным материалом и проходными отверстиями 3, которые служат для притока свежего

воздуха. На этом же фундаменте устанавливаются стенки (поз. 4), с вытяжными отверстиями (поз. 5). Крыша данной сушильной установки выполнена из прозрачного для солнечных лучей материала (поз. 6). Внутри сушильной установки устанавливается платформа для материала (поз. 2). Она состоит из твердого основания (поз. 7), на которое установлен светоотражающий материал, который служит для того чтобы инфракрасные лучи, падающие на продукт частично

поглотились, а те которые прошли мимо продукта вернулись и вновь частично поглотились продуктом, чтобы не расходовать энергию на прогрев почвы. А на светоотражающее покрытие устанавливается пленочный нагреватель (поз. 9). На пленочный нагреватель устанавливается подложка (поз. 10), на которой будет располагаться продукт.

Позиция 11 обозначает блок автоматического управления, который крепится на стену 4, и будет отслеживать внешние характеристики окружающей среды и на их основе автоматически регулировать процесс комбинирования воздействия энергии солнца и энергии, вырабатываемая пленочным электронагревателем.

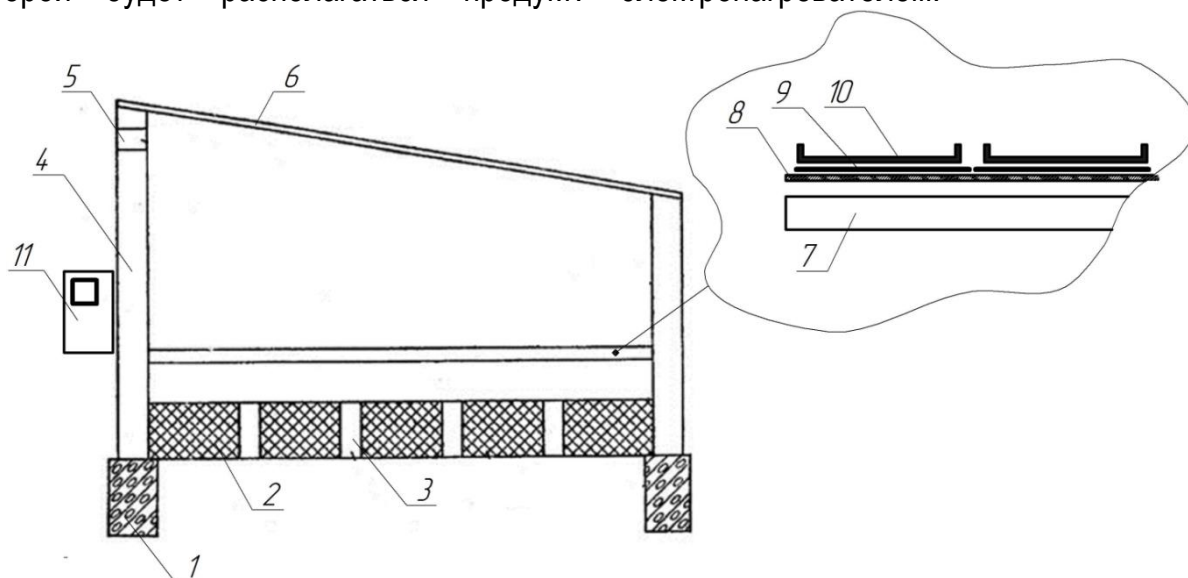


Рисунок. 2 – сушильная комбинированная установка гелиосушки и ИК-сушки

Таким образом предложенная нами установка позволит повысить эффективность сушки и применять данную установку в том числе в зоне опасного земледелия Уральского федерального округа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попов В.М., Афонькина В.А., Левинский В.Н. Применение инфракрасного пленочного электронагревателя в конструкции сушильных установок прессованного чая // Материалы национальной научной конференции Института агроинженерии. Под ред. М.Ф. Юдина. 2018. С. 284-290.
2. Попов В.М., Афонькина В.А., Шукшина Е.И., Левинский В.Н. Результаты исследований качественных показателей процесса ик-сушки зеленых культур // Материалы LIII международной научно-технической конференции «Достижения науки – агропромышленному производству» под редакцией П. Г. Свечникова. Челябинск – 2014. – С. 363-367.

3. Левинский В.Н., Попов В.М., Афонькина В.А., Майоров В.И. Применение инфракрасного излучения в технологическом процессе обработки чайного сбора из иван-чая // Материалы IX международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы энергетики АПК» под общ. ред. Трушкина В.А. Саратов - 2018. - С. 91-93.
4. Афонькина В.А., Попов В.М., Левинский В.Н. Результаты исследований качественных показателей процесса ик-сушки томатов с установкой сроков хранения // Вестник Красноярского государственного аграрного университета №4(139). Красноярск – 2018. - С. 174-180.
5. Левинский В.Н. Исследование характеристик ик-излучателей: актуальные проблемы энергетики АПК // Материалы VIII международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы энергетики АПК». Саратов - 2017. - С. 148-150.
6. Попов В.М., Афонькина В.А., Левинский В.Н. К вопросу об инфракрасной сушке томатов // материалы LV международной научно-технической конференции «Достижения науки – агропромышленному производству». Челябинск - 2016. - С. 267-274.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ УДАРНОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ С ЛЭМД ДЛЯ УБОЯ СКОТА

Аннотация. В настоящей статье приведены наиболее эффективные способы убоя домашнего скота и птицы, рассмотрены ключевые признаки, выявлены достоинства и недостатки способов, и определено перспективное направление в развитии технических средств убоя крупного рогатого скота.

Ключевые слова: линейный шаговый электромагнитный двигатель, способ, оглушение, электромолот.

С развитием животноводства необходимо разрабатывать новые наиболее эффективные способы убоя домашнего скота и птицы, которые были бы наиболее гуманными и помогали сохранить дальнейшее качество и вкусовые свойства мяса. [1,2]. В основном это оглушение скота, целью которого является обездвиживание животного и приведение его в бессознательное состояние. Данная процедура обычно производится перед тем, как осуществить закол и обескровливание.

Несмотря на множество общих характеристик, технология убоя и обработки скота отличается по нескольким ключевым признакам: объект (животное или птица); вид (крупный рогатый скот, свинья, овцы, кролики); принцип действия (умерщвление при помощи автоматических процессов или механическим способом); основная технология убоя и

обездвиживания (электричество, газ, непосредственное ударное воздействие на головной мозг или другие варианты) (рис.1, рис.2).

Электрооглушение. Заключается во влиянии непосредственно на животное электротоком и являющееся минимально затратным способом, требующий незначительных усилий и минимум времени. Эффективность зависит от уровня напряжения и периодичности подачи электротока. Обе величины выбираются в каждом случае индивидуально, это делается исходя из физических особенностей животного. Однако данный способ имеет ряд недостатков: вероятность появления локальных излияний крови; уменьшение срока хранения мяса в дальнейшем; вероятность перелома костей животного; возможность смерти животного; повышается уровень жесткости мяса.

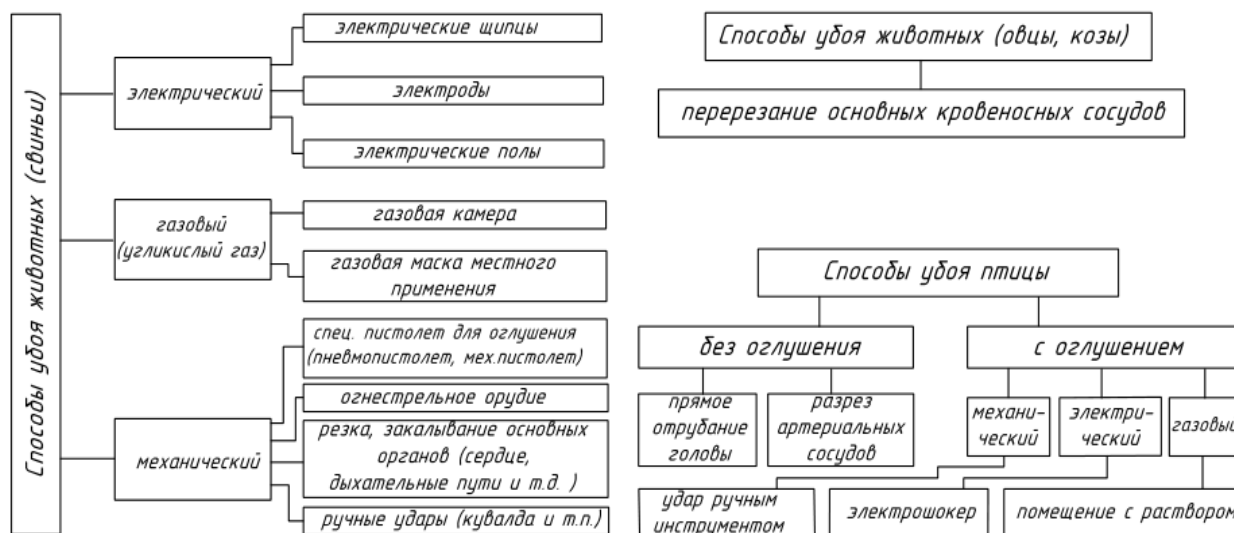


Рисунок 1. Классификация способов убоя птицы и животных (свиньи, овцы, козы).

Газовая анестезия. Данный способ в основном используется при оглушении свиней. Суть данного метода заключается в следующем: скот запускается в камеру, которая предварительно обработана газовой смесью. Животное находится там под обработкой газом в течение примерно 1 минуты. Затем в результате такого влияния у скота наступает неподвижность, которое длится пару минут. Как раз в это время животное поднимают для дальнейших действий. Данный способ также имеет ряд недостатков: обязательное наличие газовых камер или масок, время действия газовой анестезии зависит от многих факторов.

Механический способ. Суть заключается в нанесении удара в лобную часть головы животного непосредственно пневмомолотом или механическим пистолетом, либо вручную. Достоинства данного способа: перелома нет; качество мяса намного выше, чем при применении электрооглушения; мясо сохраняет свойства парного в течение 4-6 часов. Недостатком является отсутствие гарантии в том, что оглушение произойдет с первой попытки, что требует от персонала соответствующего уровня подготовки.



Рисунок 2. Классификация способов убоя животных (КРС).

Таким образом, анализ способов и технических средств убоя скота показал, что в новую группу представленной

классификации (рис.2), добавление ударной электромагнитной системы с линейным электромагнитным двигателем [3-6], которая

позволяет отказаться от преобразования движения и способна конкурировать с традиционными пневмосистемами, где необходимы многочисленные узлы и агрегаты для преобразования энергии, является вполне перспективным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алехина, Л.Т. Технология мяса и мясопродуктов./ Л.Т. Алехина, А.С. Большаков, В.Г. Боресков и др. - М.: Агропромиздат, 1988. - 576с.
2. Грицай, Е. В. Убой скота и разделка туш./ Е. В. Грицай, Н. П. Грицай. — 3-е изд.—М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983.— 264 с.
3. Моисеев А.П. Применение линейных электромагнитных приводов в шайбовых

кормораздаточных транспортерах: автореф. дисс. ... канд. техн. наук / Моисеев А.П. – Саратов, ФГБОУ ВПО СГАУ им. Вавилова Н.И., 2011. – 26 с.

4. Патент на изобретение. Реверсивный линейный электромагнитный двигатель с осевым каналом / Усанов К.М., Моисеев А.П., Каргин В.А., Волгин А.В. / RU2440661, МПК H02K 41/03 Оpubл. 20.01.2012 Бюл. № 2.

5. Моисеев, А.П. Некоторые перспективы применения электромагнитных машин с осевым каналом в процессах и технологиях АПК / Усанов К. М., Моисеев А. П. // «Вестник» Саратовского госагроуниверситета им. Н. И. Вавилова, № 7, 2008 с. 64 – 67.

6. Усанов, К.М. Электромагнитные машины с осевым каналом в процессах и технологиях АПК / К.М. Усанов, А.П. Моисеев. Ж. «Механизация и электрификация сельского хозяйства», №5, 2008. – С. 31–33.

УДК 537.56

Д.А. Нормов, Д.В.Пожидаев , Д.А.Добровольский

Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина,
г. Краснодар

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ЭЛЕКТРООЗОНАТОРА

Для производства озона наибольшее распространение получили электроозонаторы, в которых образование озона идет в барьерном разряде [6]. Так как они позволяют получить необходимую концентрацию озона при небольшой стоимости. Важнейшими характеристиками таких озонаторов является их производительность и стабильность характеристик. Рассмотрим процессы, происходящие в разрядном промежутке. Можно считать, что основной химической реакцией образования озона является [3]:



где O, O₂, O₃ – молекулы кислорода, состоящий соответственно из одного, двух и трех атомов кислорода;

M – энергия, Дж.

Появление кислородных атомов, участвующих в реакции (1) происходит в результате реакций диссоциации молекул

кислорода электронным ударом. Необходимое число свободных электронов образуется при ионизационных процессах во время разряда, причем для получения большего числа свободных электронов необходимы мощные импульсы тока. Для создания же нужного распределения электронов по энергиям в промежутке, должна быть определенная напряженность электрического поля.

Производительность озонатора в зависимости от концентрации озона можно представить следующим выражением:

$$Q = M_{O_3} \cdot F \cdot v \quad (2)$$

где Q – производительность электроозонатора, мг/ч,

v – скорость озоновоздушного потока на выходе, м/ч,

M_{O₃} – концентрация озона, мг/м³,

F – площадь озоновоздушного потока, м².

Из уравнения (2) видно, что производительность электроозонатора зависит от процессов, происходящих в разрядном промежутке (образование O_3), и процессов, происходящих во внешней области, которые, в свою очередь, зависят от трех групп факторов: электрических, геометрических, микроклиматических [5].

К электрическим или режимным параметрам можно отнести напряженность электрического поля в разрядном промежутке, эффективное и среднее значение силы тока, активную мощность, коэффициент мощности и частоту тока. Одним из факторов, влияющих на напряженность поля и на величину тока, является электрическое сопротивление разрядного промежутка. Причем, при увеличении сопротивления увеличивается напряженность электрического поля, следовательно, увеличивается вероятность диссоциации молекул кислорода электронным ударом, в тоже время уменьшается ток, т.е. уменьшается количество свободных электронов образующихся при ионизационных процессах во время разряда.

Факторами внешней среды являются температура, влажность и газовый состав воздуха, подаваемого в озонатор. Здесь необходимо отметить, что влияние микроклиматических факторов, достаточно хорошо изучено в работах [1,2] и в данном технологическом процессе не будут иметь решающего значения.

К конструктивным параметрам относятся: величина разрядного промежутка, толщина и электрические свойства диэлектрических барьеров и газового промежутка, скорость прохождения воздуха через разрядное устройство, площадь электродов. В

контексте технических требований, предъявляемых к генератору озона, основными интересующими нас факторами будут режимные: напряженность электрического поля и частота питающего напряжения [4], а также конструктивные, дающие возможность максимально увеличивать производительность генератора озона при тех же габаритных размерах. Конструктивно существуют два основных типа электроозонаторов, цилиндрической и плоской конструкции. Для определения наиболее подходящей конструкции для озонирования зерна рассмотрим эти их особенности более подробно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нормов Д.А., Шевченко А.А., Квитко А.В., Попов Е.А., Федоренко Е.А. патент РФ RUS 2331577 28.02.2007.
2. Бородин И.Ф., Нормов Д.А. Электроозонные технологии в сельскохозяйственном производстве. Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2009. № 1. С. 85-86.
3. Нормов Д.А. Разработка и исследование электроозонатора для повышения эффективности сжигания топлива в котельных АПК автореферат дис. ... кандидата технических наук / КубГАУ. Краснодар, 1997.
4. Пожидаев Д.В. Применение озона в агробиотехнологии/ Паршинцев П.П., Азарян А.А., Напольских А.А.// Научное обеспечение агропромышленного комплекса. Сборник статей по материалам X Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 120-летию И.С. Косенко 29-30 ноября 2016г. Краснодар КубГАУ С. 1316-1317
5. Нормов Д.А. Баланс озона при детоксикации фуражного зерна/ Нормов Д.А., Пожидаев Д.В.// Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №10(094). С. 180 – 195.
6. Нормов Д.А. Анализ эффективности применения электротехнологий в сельскохозяйственном производстве/ Нормов Д.А., Пожидаев Д.В., Волов Р.В., Н.С. Левшакова, П.П. Паршинцев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – №113(09). С. 43-55.

Д.А. Нормов, Д.А.Добровольский, Д.В.Пожидаев

Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина,
г. Краснодар

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЛАСТИНЧАТЫХ ЭЛЕКТРООЗОНАТОРОВ

Согласно анализу литературных источников [1, 2,], для производства озона наибольшее распространение получили электроозонаторы, в которых образование озона идет в барьерном разряде. Так как они позволяют получить необходимую концентрацию озона при небольшой стоимости. Важнейшими характеристиками таких озонаторов является их производительность и стабильность характеристик.

Электроозонаторы, применяемые в сельскохозяйственном производстве, чаще всего имеют пластинчатую конструкцию [3,4].

Производительность озонатора в зависимости от концентрации озона можно представить следующим выражением:

$$Q = M_{O_3} \cdot F \cdot v$$

где Q - производительность электроозонатора, мг/ч;

v - скорость озоновоздушного потока на выходе, м/ч;

M_{O_3} - концентрация озона, мг/м³;

F - площадь озоновоздушного потока, м².

Из уравнения (1) видно, что производительность электроозонатора зависит от процессов, происходящих в разрядном промежутке (образование O_3), и процессов, происходящих во внешней области, которые, в свою очередь, зависят от трех групп факторов: электрических, геометрических, микроклиматических.

К электрическим или режимным параметрам относятся напряженность электрического поля в разрядном промежутке, эффективное и среднее значение силы тока, активная мощность, коэффициент мощности и частота тока.

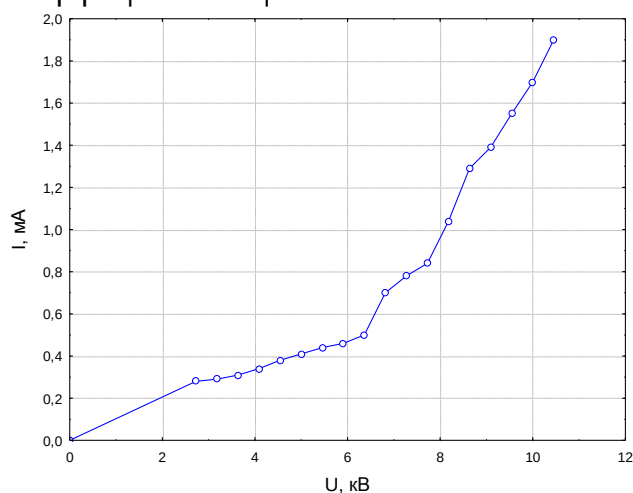


Рисунок 1 – Вольтамперная характеристика разрядного устройства с диэлектрическими барьерами из стекла 4 мм.

Факторами внешней среды являются температура, влажность и газовый состав воздуха, подаваемого в озонатор [5].

К конструктивным параметрам относятся: величина разрядного промежутка, толщина и электрические свойства диэлектрических барьеров и газового промежутка, скорость прохождения воздуха через разрядное устройство, площадь электродов.

В контексте технических требований, предъявляемых к генератору озона, основным интересующим нас фактором является конструктивный, дающий возможность максимально увеличить

производительность генератора озона при тех же габаритных размерах.

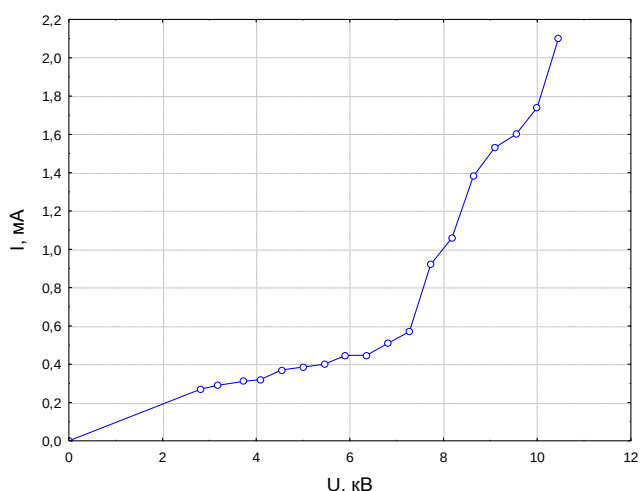


Рисунок 2 – Вольтамперная характеристика разрядного устройства с диэлектрическими барьерами угловой конструкции

При увеличении напряженности, увеличивается энергия свободных электронов промежутка, что увеличивает производительность электроозонатора.

Эксперимент показал, что напряженность поля зависит от тока цепи,

Таблица 1 – Основные электрические параметры разрядных устройств полученные в результате анализа вольтамперных характеристик

параметр	прототип	угловая конструкция
Напряжение зажигания разряда – U_3 , кВ	6,4	7,3
Напряжение горения разряда – U_r , кВ	4,8	6,2
Фактическое напряжение питания – U' , кВ	10,45	10,45
Напряженность электрического поля диэлектрическими барьерами – E_r , кВ/см	16	20,7
Ток зажигания – I_{cp}^k , мА	0,50	0,57
Полный ток – I_{cp}' , мА (при U')	1,9	2,1
Активный ток разряда – I_{cp}^a , мА (при U')	1,4	1,53
Активная мощность РУ – Р, Вт (при U')	6,7	9,5
Полная мощность РУ – S, ВА (при U')	19,9	22
Коэффициент мощности – $\cos\varphi$, о.е. (при U')	0,33	0,43

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нормов Д.А., Шевченко А.А., Сапрунова Е.А., Шхалахов Р.С., Нормова Т.А. Параметры электроозонирования для предпосевной обработки семян кукурузы (монография) Краснодар: КубГАУ, 2007. - 124 с.

расстояния между пластинами и угла концентратора. Наиболее интересным показателем здесь является угол концентратора. Поэтому барьеры были выполнены шероховатыми.

В результате проведения эксперимента было установлено, что оптимальным углом концентратора при частоте питающей сети в 50 Гц является угол в 122° . На базе анализа осциллограмм, получены вольтамперные характеристики для конструкции электроозонатора с плоским стеклом 4 мм (рисунок 1) и для разработанной конструкции (рисунок 2), на основании которых определены основные электрические параметры электроозонаторов.

Таким образом, данные из таблицы 1 свидетельствуют о преимуществе угловой конструкции над прототипом, в первую очередь потому, что она имеет наиболее высокий коэффициент мощности, $\cos\varphi = 0,43$ в сравнении с $\cos\varphi = 0,33$.

2. Нормов Д.А., Пожидаев Д.В. Определение производительности установки для электроозонирования семян. Механизация и Электрификация сельского хозяйства. - 2015. - №10. - С. 35-36

3. Нормов Д.А. Способ обеззараживания животноводческих помещений от возбудителей эшхериоза/ Нормов Д.А., Терехов В.И., Сердюченко

И.В., Пожидаев Д.В., Абауи М.М. // Патент РФ №2546015. Бюл № 10 от 10.04.2015

4. Нормов Д.А. Анализ эффективности применения электротехнологий в сельскохозяйственном производстве/ Нормов Д.А., Пожидаев Д.В., Волос Р.В., Н.С. Левшакова, П.П. Паршинцев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный

журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – №113(09). С. 43-55.

5. Нормов Д.А. Баланс озона при детоксикации фуражного зерна/ Нормов Д.А., Пожидаев Д.В.// Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №10(094). С. 180 – 195.

УДК 620.9

А.Ю. Попов, А.А. Фурсов, С.А. Беверики

ФГКВОУ ВО «Краснодарское высшее авиационное училище летчиков имени Героя Советского союза А.К. Серова» Министерство Обороны Российской Федерации

МИКРО - И МИНИГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ: ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

***Аннотация.** Раскрываются перспективы малой гидроэнергетики в России, её основные достоинства и недостатки, особенности проектирования, в том числе выбора генераторов электроэнергии.*

***Ключевые слова:** возобновляемая энергетика, минигидроэлектростанции, автономные источники электроэнергии.*

Микро- и минигидроэлектростанции (МГЭС) могут применяться в качестве резервных источников электроэнергии для потребителей отдаленных от внешних энергетических систем. Их эффективность возрастает при наличии накопителей электроэнергии [1, 2].

Сегодня МГЭС, кроме малой, средней и большой мощности разделяют также еще на два класса:

– микроГЭС мощностью до нескольких десятков кВт;

– миниГЭС мощностью от нескольких десятков до нескольких сотен кВт.

МиниГЭС используется, как правило, для электроснабжения крупных предприятий, а миниГЭС – для электроснабжения фермерских хозяйств, загородных домов, дач.

Принцип действия МГЭС аналогичен принципу работы крупных ГЭС. Отличие состоит в мощности установленного оборудования.

Производство электроэнергии осуществляется генератором переменного тока, приводом которого является гидротурбина. Кинетическая энергия падающей воды преобразуется гидротурбиной во вращательное движение.

Источниками энергии МГЭС являются перепады высот на водосбросах водоемов и на трубопроводах. Принцип работы МГЭС основан по одному из следующих вариантов [3].

1. Принцип «водяного колеса». Приемное колесо таких гидроэлектростанций не полностью погружается в воду. Напор воды приводит во вращение водяное колесо, которое

находится на одном валу с редуктором и генератором электроэнергии. Такая конструкция МГЭС отличается своей простотой в изготовлении и имеет относительно высокий КПД и высокие показатели надежности.

2. ГЭС гиляндрного типа. Трос соединяет два берега реки, на котором жестко закрепляется несколько роторов. При этом конец троса на одном берегу соединен с подшипником, а второй, который находится на противоположном берегу, соединен с валом генератора электроэнергии. Под напором воды вращаются роторы, которые жестко закреплены на тросе, что приводит во вращательное движение самого троса, который вращает вал генератора электроэнергии. ГЭС гиляндрного типа не нашли широкого применения из-за низкого значения КПД, большой материалоемкости и опасности для окружающей среды при их работе.

3. Пропеллерные ГЭС конструктивно имеют вертикальный ротор с лопастями небольшой ширины, как правило, несколько сантиметров. Такая ширина лопастей обеспечивает минимальное сопротивление водяному потоку и максимальную скорость вращения ротора. Рассмотренная конструкция МГЭС обладает сравнительно высокими показателями надежности и КПД.

4. ГЭС с ротором Дарье. Такая ГЭС также имеет ротор, размещенный в конструкции гидроагрегата вертикально, который вращается за счет разности давлений на его лопастях водяного колеса. Однако ГЭС такой конструкции не нашли применения из-за сложности производства.

МГЭС в зависимости от способа использования энергии воды подразделяются на следующие типы:

1. Плотиновые. В ГЭС такого типа водяной напор, создается за счет плотины, потоки воды направляются к турбине по специальной отводной трубе.

2. Деривационные. В ГЭС этого типа используется естественный напор воды предгорных и горных рек. Часть воды также по специальной отводной трубе отводится из русла реки и направляется к турбине.

3. Плотино-деривационные. В данном типе ГЭС, используется как естественный напор, от перепада уровня воды в водотоке, так и напор, создаваемый плотиной.

4. Свободно-поточные. Такие ГЭС не содержат напорные сооружения, кинетическая энергия воды используется в ее свободном течении, путем установки специальных устройств (наплавного или погружного типа) отбирающих эту энергию.

Отличительной конструктивной особенностью, рассмотренных МГЭС, являются их гидротурбины. Которые делятся на три типа осевые, радиально-осевые и турбины ковшевого типа.

В осевых турбинах поток воды движется вдоль оси, попадая на лопатки турбины. В радиально-осевых турбинах поток воды вначале движется радиально, а затем в осевом направлении. В турбинах ковшевого типа вода с большой скоростью попадает на лопатки турбины, после чего колесо начинает вращаться, далее под струю подставляется другая и т. д.

Основные преимущества МГЭС в сравнении с другими видами возобновляемых источников:

- низкие эксплуатационные затраты;
- экологичность и безопасность установки;
- вырабатываемая электроэнергия обладает низкой себестоимостью;
- не загрязняют атмосферу.

Более широкие перспективы раскрываются перед МГЭС, когда они применяются в качестве автономных источников электроэнергии, используя потенциал малых водотоков, для электроснабжения потребителей,

удаленных от энергосистемы. Такие МГЭС имеют относительно низкую стоимость, высокую надежность работы и малые эксплуатационные затраты.

На практике эффективность строительства автономных МГЭС определяется путем сравнения капитальных и эксплуатационных затрат с такими же затратами на альтернативные варианты, выполненные с использованием дизельных или газопоршневых электростанций, а также с возможностью прокладки линий электропередачи.

Эффективность автономных МГЭС повышается, когда они параллельно работают с другими видами возобновляемых источников энергии (солнечными или ветроэнергетическими установками) или (и) с традиционными автономными источниками, к примеру, дизельными электростанциями.

Конструктивно МГЭС содержат следующие основные функциональные элементы: гидроагрегат, основным конструктивным элементом которого является гидротурбина, кроме (энергоблок, водозаборное устройство и элементы управления); генератор электроэнергии; стабилизатор напряжения.

Основой любой МГЭС является гидроагрегат, основной функциональный элемент которого - гидротурбина.

МГЭС классифицируются также по максимальному использованию напора воды:

- высоконапорные (более 60 м);
- средненапорные (от 25 м);
- низконапорные (от 3 до 25 м).

При выборе оборудования МГЭС необходимо ориентироваться на то, чтобы основные характеристики энергетического оборудования были адаптированы под конкретные потребители электрической энергии. Кроме того, оборудование МГЭС должно отвечать следующим требованиям:

- электромеханический генератор электроэнергии и гидротурбина должны иметь надёжную защиту от возможных аварийных режимов работы энергосистемы;

- площади строительных работ для установки гидроэлектростанции должны быть минимальными;

- система автоматического управления и контроля должна быть надёжной в работе и проста в эксплуатации;

- должна быть обеспечена возможность перехода из автоматического управления станцией в ручное управление;

- должно быть предусмотрено резервирование работы ненадёжных элементов станции;

- основные функциональные элементы станции должны быть построены по модульному принципу, обеспечивая автоматическую замену неисправных модулей.

КПД современных МГЭС, как правило, находится в пределах от 80 до 87 %, в зависимости от их мощности.

Сегодня в России известны предприятия, которые занимаются проектированием, разработкой, сдачей в эксплуатацию и техническим обслуживанием МГЭС. Они выпускают оборудование с различными типами гидротурбин мощностью от 5 до 180,0 кВт. Стоимость комплекта оборудования, в настоящее время, в зависимости от типа и мощности ГЭС не превышает 2 млн. руб. [4].

В настоящее время в Китае производятся МГЭС мощностью до 3000 кВт, стоимость которых составляет около 4 млн. руб.

В городе Бишкек (Кыргызстан) производятся МГЭС мощностью от 0,5 до 5 кВт. Стоимость электростанций составляет от 300 тыс. руб.

Основным фактором, от которого зависит эффективность применения МГЭС, в том числе ее КПД, является энергетический потенциал потока воды.

При выборе места размещения МГЭС необходимо также решать задачу, связанную с определением максимального количества электроэнергии использования водотока.

При оценке целесообразности применения МГЭС на этапе проектирования должны учитываться следующие факты и параметры:

- напор воды (в метрах);
- расход воды ($\text{м}^3/\text{с}$);
- размеры отводного трубопровода;
- расстояния до потребителей электроэнергии и их мощности;
- график нагрузок (суточный, сезонный, годовой);
- наличие резервных источников энергии, включая возможность подключения к внешней сети.

Известно, что мощность МГЭС любой конструкции зависит в основном от напора и расхода воды, меньшее влияние оказывают КПД гидроагрегата и генератора электроэнергии.

При определении напора воды необходимо учитывать полный напор (расстояние между верхней точкой подводящей трубы и точкой, где вода освобождается из гидротурбины) и рабочий напор (полный напор с вычетом гидравлических потерь, связанных с трением и явлением турбулентности в трубопроводе).

Основными недостатками МГЭС являются:

– перебои в электроснабжении при неисправностях оборудования, а также изменениях напора и расхода воды (в горных и предгорных реках), если МГЭС используется как автономный источник электроэнергии;

– необходимость применения резервного источника для обеспечения бесперебойного электроснабжения потребителей электроэнергии; недостаточная производственная и ремонтная база этой отрасли в нашей стране.

Улучшить эксплуатационно-технические характеристики МГЭС можно за счёт применения в их конструкции новых технических решений источников электроэнергии: бесконтактных генераторов, стабилизаторов параметров электроэнергии и коммутационных аппаратов, выполненных с использованием силовых электронных приборов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атрощенко, В.А. Оценка эффективности и выбор оптимальной структуры систем автономного электроснабжения / В.А. Атрощенко, О.В. Григораш, В.В. Семякин, В.В. Ланчу // Промышленная энергетика. – 1997. – № 6. – С. 24–27.
2. Гарькавый, К.А. К вопросу экономической и энергетической эффективности систем, использующих возобновляемые источники энергии / К.А. Гарькавый, Р.А. Амерханов // Энергосбережение и водоподготовка. – 2009. – № 4 (60). – С. 57–59.
3. Лукитин Б. В. Автономное электроснабжение от микрогидроэлектростанций: Монография / Б. В. Лукитин, С. Г. Обухов, Е. Б. Шандарова. – Издатель, Томск, 2001, с.104.
4. Перспективы развития возобновляемых источников энергии в России. Результаты проекта TACIS Europe Aid/116951/ C/SV/RU. // Под ред. В.Г. Николаева. – М.: Изд. «АТМОГРАФ». 2009. 456 с.

В.В. Пугачёв

ФГБОУ ВО Оренбургский государственный аграрный университет, г. Оренбург

КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ В СОСТАВЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

Ряд производственных механизмов совершают свой рабочий процесс при поступательных или возвратно-поступательных перемещениях. Для привода от вращающихся машин необходимо промежуточное звено, преобразующее вращательное движение в поступательное, что вызывает дополнительные потери мощности, снижение КПД и надежности приводного механизма. Это положение определило необходимость создания простого и надежного линейного двигателя, в котором электрическая энергия преобразуется в механическую энергию поступательного или возвратно-поступательного перемещения без механических передач [1, 6, 8].

Линейные двигатели нашли применение в высокоскоростном наземном транспорте, в подъемно-транспортных устройствах (низкоскоростные двигатели непрерывного поступательного движения) и в промышленных механизмах, приборах и устройствах автоматики, в технологических машинах сельского хозяйства, где требуется поступательное или возвратно-поступательное движение [2, 4].

Основным преимуществом линейного двигателя является отсутствие кинематических цепей, преобразующих вращательное движение в линейное, что упрощает приводной механизм и повышает его надежность и КПД. Также одним из функциональных особенностей является

то, что линейные двигатели могут быть изготовлены бесконтактными, т.е. не иметь электрической и механической связи между статором и индуктором. Данный факт позволяет применить такие двигатели в условиях герметизации, в агрессивной среде, в вакууме и т.д.

Наряду с достоинствами линейные двигатели обладают и рядом недостатков: относительно низким КПД и коэффициентом мощности вследствие большого рабочего зазора и влиянием краевых эффектов при разомкнутой магнитной системе [3].

Основными видами линейных двигателей являются асинхронные, синхронные, постоянного тока. Наибольшее распространение получили линейные АД как наиболее простые по конструкции. Линейные АД по конструктивным признакам и особенностям физических процессов можно разделить на машины с поперечным и аксиальным магнитным потоком. Если обычный АД вращательного движения условно разрезать по осевой плоскости и развернуть в полосу, то получим линейный двигатель с поперечным магнитным потоком. Длина развертки статора $l_1 = 2\pi\tau$, где τ – полюсное деление статора. Вращающееся магнитное поле, создаваемое синусоидальными токами многофазной обмотки статора, преобразуется в бегущее магнитное поле

вдоль статора, которое сообщает ускорение подвижной части машины (вторичному элементу) [5, 7].

Вторичный элемент или бегун может быть выполнен в виде сплошной токопроводящей ферромагнитной или немагнитной плоской пластины с обмоткой типа «беличья клетка». По признаку размеров статора и вторичного элемента линейные АД подразделяют на два вида: двигатели с коротким статором и двигатели с коротким вторичным элементом. По типу магнитопровода первичной части ЛАД могут быть выполнены с односторонним и с двусторонним статором. Последний вариант позволяет создать более сильный магнитный поток через вторичный элемент.

Односторонние ЛАД с двумя обмотками статора позволяют осуществить вертикальное перемещение подъемно-транспортных устройств. Для некоторых систем электроприводов с малыми линейными перемещениями применяются коаксиальные ЛАД. Они состоят из статора, установленного внутри трубы из магнитопроводящего материала и заполненного чередующимися дисковыми катушками и металлическими шайбами. Наружный диаметр катушек и шайб равен внутреннему диаметру трубы, а внутренний несколько больше внешнего диаметра внутренней трубы, расположенной коаксиально с трубой и втягиваемой внутрь статора. Катушки двигателя соединяют группами и составляют обмотки отдельных фаз статора. При подключении обмоток к сети переменного тока вдоль поверхности внутренней трубы создается бегущее магнитное поле. В этой трубе возникают токи, направленные по ее окружности и создающие при взаимодействии с магнитным потоком статора силу, действующую вдоль оси трубы.

Примером машины с аксиальным потоком служит цилиндрический ЛАД. Этот

двигатель можно получить, если плоский ЛАД условно свернуть в трубку вокруг оси, параллельной направлению движения бегущего магнитного поля. В цилиндрическом двигателе обмотка статора принимает вид уложенных друг на друга цилиндрических катушек. Магнитный поток, идущий от одного полюса к другому, проходит в продольном направлении обмотки вторичного элемента.

Обмотки ЛАД имеют те же схемы соединения, что и обычные АД. Схема соединения обмоток оказывает влияние на механические характеристики и энергетические показатели двигателя. В машинах с коротким статором рационально включать обмотки последовательно, а в машинах с коротким вторичным элементом – параллельно. Последовательное соединение обмоток обеспечивает равенство токов в катушках статора и равномерное распределение потерь мощности вдоль машины. При параллельном включении магнитный поток вдоль машины практически постоянный, а токи зависят от положения вторичного элемента. Достоинства двухслойных обмоток – укорочение шага обмотки, малая длина лобовых частей – обеспечивают меньшее активное сопротивление рассеяния, что важно для ЛАД, которые работают при большом намагничивающем токе. Однако при применении двухслойных обмоток в ЛАД часть пазов по краям статора остается наполовину незаполненной. Это снижает мощность двигателя, но при этом уменьшается и пульсирующее поле статора, обусловленное разомкнутым магнитопроводом, что оказывает положительный эффект на работу двигателя. Для низкоскоростных ЛАД никакой иной компенсации пульсирующего поля не применяется. В высокоскоростных ЛАД полупустые пазы можно использовать

для укладки компенсационных элементов, что существенно улучшает поле в активной зоне [1].

Однослойные обмотки плоских статоров также можно выполнить компенсированными. При этом обмотка статора является несимметричной, что приводит к неравенству сопротивлений отдельных фаз и к появлению обратной составляющей бегущего поля статора (в случае соединения обмоток в звезду). Это снижает полезную мощность ЛАД и увеличивает потери. Однослойные обмотки целесообразно применять в цилиндрических коаксиальных ЛАД, где секции выполняются в виде одинаковых круглых плоских катушек.

В связи с разомкнутостью магнитной системы ЛАД индуктивности и взаимные индуктивности катушечных групп различны в зависимости от их расположения по длине статора.

Токи в фазах обмотки статора (при симметричной системе напряжения питания) становятся несимметричными. Наибольшие токи имеют место в фазах обмотки, катушечные группы которых расположены на концах статора. Появляются токи обратной последовательности, а при соединении фаз обмотки в треугольник или звезду с нулевым проводом возникают токи нулевой последовательности. Все это приводит к искажению распределения магнитного поля в рабочем зазоре [1].

В рабочем зазоре ЛАД кроме основного бегущего поля существует и пульсирующее поле, обусловленное конечностью магнитопровода. Пульсирующее поле можно представить в виде бегущих полей: прямого и обратного. В отличие от АД вращательного движения в ЛАД как прямая, так и обратная составляющая магнитного поля при определенных скоростях вызывает силы,

противодействующие силам, создаваемым основным бегущим магнитным полем.

Возникновение пульсирующих магнитных полей в рабочем зазоре статора при равномерной линейной нагрузке получило название продольного краевого эффекта в первичной цепи. Продольный краевой эффект проявляется: в неравномерном распределении магнитного потока вдоль статора при движении; в отставании в пространстве токов, наводимых во вторичной части ЛАД, относительно набегающего и сбегающего концов статора; в появлении паразитных тормозных усилий, обусловленных наличием пульсирующей составляющей магнитного поля; в неравномерном распределении токов в фазах обмотки и появлении дополнительных потерь в обмотке статора и во вторичном элементе при определенной схеме соединений обмоток. Все это приводит к ухудшению тяговых и энергетических характеристик ЛАД. Наиболее эффективными средствами уменьшения пульсирующей составляющей магнитного поля являются: применение специальных компенсирующих обмоток, увеличение числа полюсов статора, выполнение обмотки статора двухслойной с укороченным шагом.

В плоских ЛАД магнитные потоки, шунтирующие основной поток рабочего зазора, исходят из торцевых и боковых граней сердечника и спинки статора. В цилиндрических ЛАД шунтирующие потоки возникают в основном только с торцов сердечника, поэтому пульсирующее поле в этих двигателях слабее и практически может быть компенсировано добавочными кольцевидными катушками, расположенными по концам магнитопровода в дополнительных пазах. Один из способов снижения пульсирующих полей сводится к плавному изменению линейной токовой нагрузки до нуля на

концах статора (это приводит к неполному использованию магнитопровода, что особенно существенно при небольшой длине статора) [1].

Конечная длина статора вызывает продольный краевой эффект и во вторичном элементе. Вследствие этого эффекта токи, наводимые во вторичном элементе, распределяются и за пределы активной зоны машины, что приводит к уменьшению силы тяги и потерям энергии во вторичном элементе.

Кроме продольного эффекта в машине имеется еще так называемый поперечный краевой эффект, обусловленный конечной шириной вторичного элемента. Он проявляется в неравномерном распределении токов по ширине вторичного элемента и связанном с этим неравномерным распределением магнитной индукции по ширине статора; а также в появлении поперечных сил, если продольные оси вторичной полосы и статора смещены. Для ослабления поперечного краевого эффекта вторичный элемент берется обычно шире сердечника статора. Эффективными средствами борьбы с поперечным краевым эффектом являются применение поперечных прорезей в той части вторичного элемента, которая находится под статором, и увеличение зазора под статором и магнитного сопротивления вдоль зубцов статора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Специальные электрические машины. Источники и преобразователи энергии: учеб. пособие. – В 2-х кн.: кн. 1 / А.И. Бертинов, Д.А. Бут, С.Р. Мизюрин, Б.Л. Алиевский. – М.: Энергоатомиздат, 1993. – 320 с.
2. Пугачёв, В.В. Совершенствование электропривода сепарирующей машины с плоским решетом применением цилиндрического линейного асинхронного двигателя [Текст] / В.В. Пугачёв // Развитие энергосистем АПК: Перспективные технологии: материалы международной научно-практической конференции Института агроинженерии. – Челябинск: ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2018. – с. 132-137.
3. Пугачёв, В.В. Интенсификация вибрационных процессов очистки зерна применением линейных асинхронных двигателей [Текст] / В.В. Пугачёв, И.З. Аширов, И.Ю. Пятков // Совершенствование инженерно-технического обеспечения производственных процессов и технологических систем: материалы международной научно-практической конференции – Оренбург: Издательский центр ОГАУ, 2018. – с. 79-82.
4. Пугачёв, В.В. Колебательный привод технологической машины АПК как мехатронная система [Текст] / В.В. Пугачёв, С.В. Акчурин // Роль молодых ученых-инноваторов в решении задач по ускоренному импортозамещению сельскохозяйственной продукции: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2015. – с. 211-215.
5. Аипов, Р.С. Вибрация как способ разделения сыпучих смесей [Текст] / Р.С. Аипов, С.В. Акчурин, В.В. Пугачёв // Совершенствование инженерно-технического обеспечения технологических процессов в АПК: материалы международной научно-практической конференции. – Оренбург: Издательский центр ОГАУ, 2015. – с. 28-30.
6. Аипов, Р.С. Линейные электрические машины и линейные асинхронные электроприводы технологических машин [Текст] / Р.С. Аипов, А.В. Линенко. – Уфа: Башкирский ГАУ, 2013. – 308 с.
7. Аипов, Р.С. Система очистки плоского решета с приводом сложного движения от линейного асинхронного двигателя [Текст] / Р.С. Аипов, С.В. Акчурин, В.В. Пугачёв // Достижения науки и инновации – аграрному производству: материалы национальной научной конференции. – Уфа: Башкирский ГАУ, 2017. – с. 61-67.
8. Ушаков, Ю.А. Применение безредукторного электропривода для машин послеуборочной обработки зерна [Текст] / Ю.А. Ушаков, В.В. Пугачёв, Е.В. Пугачёва // Инновации в сельском хозяйстве. – 2016. - №1(16) – с. 148-150.

Д.И. Редкозубов, В.И. Редкозубов

Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, г. Саратов

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕНЕРАТОРА ВОДОРОДА ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ ТЕПЛИЧНОГО БЛОКА

Аннотация. В статье рассмотрены мероприятия энергосбережения и повышения энергоэффективности в тепличных хозяйствах нашего региона. Предложен альтернативный источник энергии «Водородный котел».

Ключевые слова: энергосберегающие технологии, модернизация, снижение потерь, водородный котел, надежность.

Тепличная отрасль тратит большое количество электроэнергии на поддержание светового и теплового режима, обогрева почвы, полива необходимого для полноценного роста и развития растений. Система отопления в теплице должна обеспечить минимальную требуемую температуру в теплице, особенно в периоды с экстремально низкими температурами. Системой отопления обеспечивается равномерность распределение тепла по всей площади теплицы, а также контроль над уровнем влажности [4].

С ростом цен на энергоносители приходится находить альтернативные источники энергии. Одним из видов альтернативной и экологически чистой энергией являются возобновляемые источники энергии, такие как энергия солнца, ветра и другие [1].

В качестве источника альтернативной и экологически чистой энергией для отопления теплицы можно использовать водородный котел (электролизер). Основа работы устройства является принцип электролиза.

Электролизер-это специальное устройство, которое предназначено для разделения компонентов соединения или раствора с помощью электрического тока. Конструкция

электролизера достаточно простая и состоит из нескольких элементов:



Рисунок 1 – Конструкция генератора водорода

Установку данного типа можно использовать в качестве генератора водорода. Нас, прежде всего, интересует устройство, производящее газ Брауна (водород с кислородом) поскольку именно эта смесь имеет все перспективы для использования в качестве альтернативного энергоносителя.

Аппараты для производства гремучего газа, в целях безопасности, не предполагают его хранение, то есть газовая смесь сжигается сразу после получения. Это несколько упрощает конструкцию. Для поддержания необходимой температуры в теплице

площадью 500 м² требуется электролизеромощностью 7кВт. Водородная установка является заводской и сертифицированной работающей от напряжения 380 В.

При таком количестве плюсов есть и минус, поскольку стоимость водорода, полученного путем электролиза значительно больше природного газа и других теплоносителей. Такие установки следует применять на тепличных

комплексах, которые расположены на значительном удалении от трубного природного газа.

Для повышения эффективности водородных котлов и снижения затрат на электроэнергию, можно воспользоваться возобновляемыми источниками энергии, например, ветра. Ветрогенераторы будут эффективны в степных районах Саратовской области, где ветер дует практически каждый день [3].

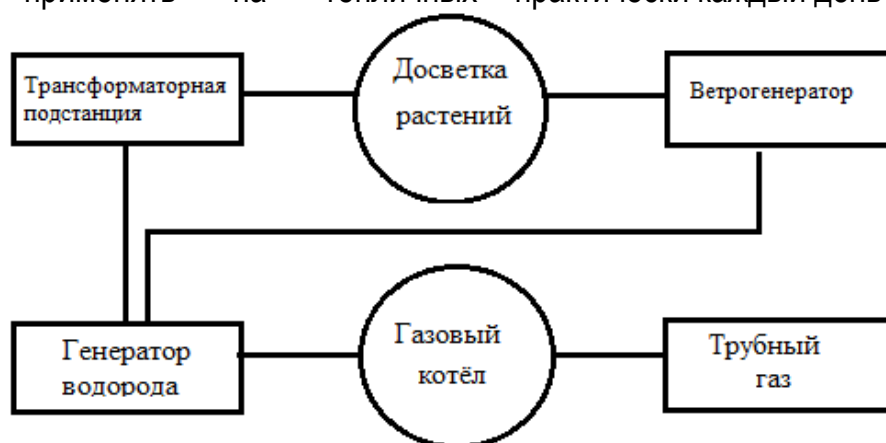


Рисунок 2. – Функциональная схема снабжения энергоресурсами тепличного хозяйства.

В период, когда от котлов не требуется работа на полную мощность, газ можно заменить на газ Брауна (водород) сжигаемый в том же котле. Исходя из графика, можно заметить, что водородом

тепличный блок сможет отапливаться четыре месяца в году, что значительно снизит затраты на отопление тепличного блока.

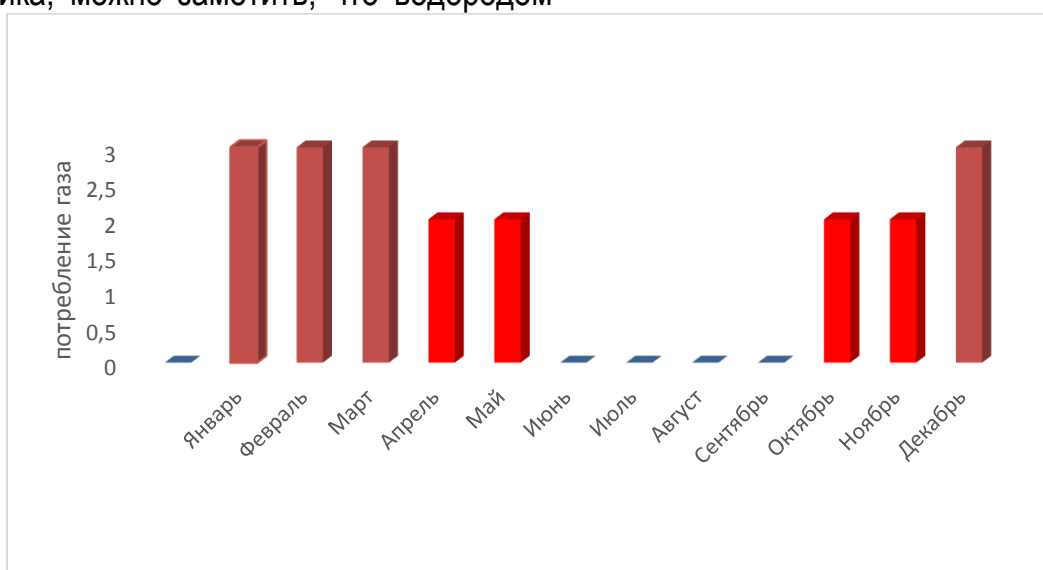


Рисунок 3. – Годовое потребление газа тепличного хозяйства.

Несомненным достоинством водородных котлов и ветреных генераторов является экологичность применения ввиду отсутствия вредных выбросов, возобновляемость топлива, а так-же возможность применения продуктов сгорания - водяного пара для поддержания влажности в теплице.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Левин М.А.** Выбор типа генераторов для ветроэнергетических установок // Левин М.А., Чурляева О.Н., Иванов А.В. в сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК материалы IX международной научно-практической конференции. под общ. ред. Трушкина В.А.. 2018. С. 90-91

2 **Левин М.А.** Анализ состояния технической эксплуатации электрооборудования сельскохозяйственных предприятий саратовской

области / Левин М.А., Ерошенко Г.П., Трушкин В.А., Гузачев А.С. // Аграрный научный журнал. 2017. – № 12. – С. 70-72.

3. **Левин М.А.** Повышение эффективности использования сельскохозяйственных электроприводов за счет оптимизации запаса мощности асинхронных двигателей / Левин М.А. диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Саратов, 2004

4. **Редкозубов Д.И.** Альтернативные источники энергии в тепличном комплексе / Редкозубов Д.И., Соловьёв В.В. , Редкозубов В.И. в сборнике: актуальные проблемы энергетики АПК материалы IX международной научно-практической конференции. под общ. ред. Трушкина В.А. 2018. С. 90-91.

5. **Левин М.А.** Повышение эффективности использования роторных ветрогенераторов / Левин М.А., Иванкина Ю.В. // Техника и оборудование для села, 2017. №3. С. 44-45.

УДК 621. 313

А.В. Рогаль

Саратовский Государственный Аграрный университет им. Н.И. Вавилова,
г. Саратов

МИКРОКЛИМАТ В ИНКУБАТОРЕ ЯИЦ

Аннотация. В статье рассмотрены основные вопросы инкубации яиц, параметры микроклимата в инкубаторе, рассмотрен применяемый при инкубации яиц блок управления А-120 .

Ключевые слова: инкубатор, хранение, микроклимат, температура, влажность, блок управления, поворот каретки.

Одним из важнейших условий успешной инкубации яиц является поддержание в инкубаторе таких важнейших параметров как влажность и температура. Также для успешной инкубации необходимо с определенной периодичностью яйца переворачивать. Даже в условиях малой производительности вручную поддерживать параметры и выполнять все условия достаточно трудоемко. Поэтому автоматизация процессов поддержания микроклимата в инкубаторе является актуальной задачей. А данная глава посвящена выбору оборудования для поддержания параметров микроклимата в инкубаторе.

В настоящее время существует множество схемных решений для контроля

влажности и температуры. Наиболее удобно применять те решения, в которых объединены функции контроля влажности и температуры, а также функция автоматического поворота яиц. Все эти функции прекрасно совмещает в себе блок управления инкубатором А-120. Данный блок управления учитывает все основные характеристики микроклимата при этом не содержит специализированных датчиков контроля влажности и температуры, что обеспечивает его низкую стоимость.

Блок управления инкубатором на 200 яиц А-120 предназначен для измерения, индикации и регулировки температуры и влажности в камере инкубатора, задание времени для механизма поворота яиц.

Данная версия блока управления рассчитана на сетевое питание 220V, с возможностью подключения резервного аккумулятора. Камера инкубатора рассчитана на принудительную конвекцию воздуха, а система увлажнения на капельное дозирование с помощью специального водяного электроклапана.

При измерении температуры у большинства простых терморегуляторов отсутствует индикатор температуры, а показания поддерживаемой температуры нанесены на шкалу установочного резистора, которые дают ориентировочные показания, которые надо проверять с помощью контрольного термометра. В отличие от своих аналогов в предлагаемом блоке управления предусмотрено подключение индикатора температуры, роль которого может выполнить любой цифровой вольтметр, с пределом измерения 10V или 20V. Шкала измеряемой температуры линейная в диапазоне от 0 до 500C. Кроме того предусмотрена звуковая сигнализация и (или) включение исполнительного устройства при уходе температуры за нижний или верхний предел регулировки.

С измерением и регулировкой влажности во многих бытовых инкубаторах картина еще хуже, она определяется и поддерживается на "глазок", в лучшем случае применяют контрольный психрометр, для поддержки влажности контролируют площадь испарения воды из кюветы помещенной в камеру. Иными словами данная функция полностью возлагается на оператора.

Чтобы довести влажность до нужного значения необходимо вмешательство оператора, далее функцию поддержки влажности берет на себя электроника. В инкубаторах серии «ИНКА» применено оригинальное решение для увлажнения, которое состоит в следующем. На полу

камеры устанавливается ванночка с водой и нагревателем, который поддерживает температуру в ванночке на заданном уровне. Подобный прием позволяет обеспечить заданную интенсивность испарения воды для поддержания влажности. Данное решение довольно удачное, но требует большого расхода электроэнергии (нагреватель для ванночки имеет мощность сравнимую с мощностью нагревателя воздуха) и дополнительных аппаратных средств для контроля уровня воды в ванночке.

В предлагаемом блоке управления предусмотрен отдельный канал измерения влажности по психрометрическому методу с возможностью управления специальным электроклапаном, где которого период и длительность включения можно регулировать. Поддержка влажности основана на периодической подаче фиксированной порции воды на центробежный распылитель при получении сигнала "Влажность низкая" от канала измерения влажности.

В большинстве бытовых инкубаторах реализация поворота яиц в определенной степени лучше, ее выполняют вручную (для простых систем), полуавтоматически или автоматически. В данном блоке управления предусмотрен автоматический поворот с возможностью перевода в ручной режим, перевод лотков в горизонтальное положение выполняется автоматически или вручную. В качестве дополнительного сервиса введена звуковая сигнализация при отсутствии поворота лотков более 2-х часов.

Введенные дополнительные сервисные функции позволяют освободить оператора от рутинной работы поддержки влажности, оставляя только следить за уровнем воды в резервуарах, периодической сверки показаний индикатора температуры и контрольного термометра-психрометра,

реагирование на звуковой сигнал тревоги. Усложнение функциональной и принципиальной схемы блока управления вполне оправдывает возложенные на него сервисные функции и точность поддержки параметров микроклимата в инкубаторе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инкубатор "ИНКИ- 300" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://inki.com.ua/i220.html>.
2. 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.

3. Иванкина, Ю.В. Повышение надежности системы электроснабжения в сельском хозяйстве / Ю.В. Иванкина, Д.П. Неструев // 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.

4. Трушкин, В.А. Оценка надежности электрических систем в условиях эксплуатации. / В.А. Трушкин, А.А. Спиридонов, Ю.В. Иванкина // Аграрный научный журнал. – 2015. - № 5. - С. 55-58.

5. Левин, М.А. Влияние коэффициента нагрузки на надежность электродвигателей насосных станций. / М.А. Левин, Ю.В. Иванкина, О.Н. Чурляева // Научное обозрение. - 2015. - № 8. - С. 111-113.

УДК 621.311.243

М.М. Ромащенко, Н.В. Нестерова

Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я.Горина, г. Белгород

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

Аннотация. В статье рассмотрены перспективы строительства солнечных батарей, эффективность использования и их основные конструкционные составляющие, а также возможность перехода на солнечную энергию в России.

Ключевые слова: Солнечная энергия, панели, батареи, КПД, эффективность.

Annotation. The article describes the prospects for the construction of solar cells, the efficiency of use and their main structural components, as well as the possibility of switching to solar energy in Russia.

Keywords: Solar energy, panels, batteries, efficiency, efficiency.

Использование солнечной энергии для россиян остается малодоступным. Наши соотечественники, находящиеся за границей, обращают внимание на массовое использование солнечных батарей в повседневной жизни развитых стран. К «технологически развитым» странам можно отнести такие государства, как Испания, Италия, США, Германия, Швеция или Финляндия, в последних климат схож с климатом в южной части России. Поэтому опыт стран Северной Европы интересен для нас в большей степени [1].

Солнечные панели постепенно начинают использоваться в России. В первую очередь, как системы вспомогательного и аварийного электроснабжения, но они могут работать и автономно.

Некачественное энергоснабжение обычно характерно для сельской местности или северных районов. Автономная система энергоснабжения, помимо солнечных батарей, включает в себя несколько компонентов [2]:

- Инвертор – так называемый сокращенный преобразователь постоянного тока в переменный.

- Солнечные контроллеры заряда – это устройства, которые отвечают за эффективное преобразование генерируемой электроэнергии. Без контроллеров солнечные панели не могут работать с батареями - их приходится вручную отсоединять от батарей каждую ночь и в конце каждой зарядки. Кроме того, контроллеры повышают КПД солнечных панелей на 30-50%.

- Батареи накапливают энергию, потому что солнечные панели работают только в дневное время.

- Реле контроля внешних устройств. В автономной системе они используются для включения и выключения групп устройств, на которые подается электричество.

Кроме того, в систему могут быть включены дополнительные генераторы тока. Чаще всего дизельный генератор, который играет роль аварийного, когда непогода препятствует солнечным батареям работать на полную мощность.

Эффективность и долговечность солнечных панелей могут сильно различаться. Например, недорогие китайские панели имеют КПД всего 4-5%, а срок службы составляет 3-4 года. «Обычные» батареи (в том числе китайские) имеют КПД 12-15%, а срок службы - 25 лет. У высококлассных производителей (Kyocera, Sharp, Panasonic, Samsung) КПД батареи может достигать 15-25%, а срок составляет 25-45 лет. Но такие устройства значительно дороже [3].

С каждым годом эффективность переработки солнечного света в электричество увеличивается. Так, в 2017 году разработанные мировым лидером среди производителей солнечных батарей Sharp выпустил солнечные модули с рекордной эффективностью 44,4%, такие модули сложны для массового

производства, в основном солнечные модули применяют в космической отрасли.

Солнечные батареи изготавливаются из кремния и, в зависимости от его структуры, бывают трех типов: монокристаллический, поликристаллический и аморфный кремний. Все виды имеют свои особенности. Монокристаллические панели считают лучшими. Они обладают высокой эффективностью, срок службы составляет около 50 лет. Однако эти устройства сложны в изготовлении и стоимость их выше, чем других типов моделей [4]. Поликристаллические панели состоят, грубо говоря, из монокристаллических фрагментов. Они имеют более низкий КПД, срок службы составляет 20-25 лет. Но они дешевле монокристаллических. По своим характеристикам панели из аморфного кремния примерно соответствуют поликристаллическим. Солнечные панели различаются по производительности. Таким образом, монокристалл и поликристалл хорошо функционируют при ярком солнечном свете, а при облачной погоде их производительность энергии заметно падает. В пасмурную погоду панели из аморфного кремния работают немного эффективнее, чем монокристаллические или поликристаллические устройства (при одинаковой установленной мощности). Поэтому панели из аморфного кремния применяют предпочтительно в условиях малосолнечного и дождливого лета [5].

Использование солнечных панелей для полной или частичной выработки электроэнергии на всей территории России очень проблематично в связи с различными климатическими условиями в различных точках страны, но главной проблемой остается их дороговизна. Однако использование маломощных

панелей в жилых секторах может существенно улучшить энергоснабжение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нестерова, Н.В. Электроэнергетика. Проблемы и перспективы / Н.В. Нестерова, Л.С. Острова // Молодежный аграрный форум – 2018. Материалы международной студенческой научной конференции. 2018. – С. 280.

2. Нестерова, Н.В. Актуальность солнечной энергетики в АПК / Н.В. Нестерова, Г.В. Загоруйко // Молодежный аграрный форум – 2018. Материалы международной студенческой научной конференции. 2018. – С. 247.

3. Нестерова, Н.В. Роль солнечных генераторов на предприятиях АПК Белгородской области, особенности эксплуатации / Н.В. Нестерова, А.Н.

Мануйленко, А.С. Галеженко // Проблемы электрификации сельского хозяйства. Сборник научных трудов по материалам Всероссийской научно-практической конференции. 2018. – С. 61-66.

4. Нестерова, Н.В. Применение солнечных батарей в Белгородской области / Н.В. Нестерова, И.С. Скляр // Материалы Международной студенческой научной конференции. Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина. 2017. – С. 204.

5. Нестерова, Н.В. Повышение эффективности солнечных батарей с помощью одноосного трекера акрилового концентратора / Н.В. Нестерова, Е.А. Хоробрых // Материалы Международной студенческой научной конференции. Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина. 2016. – С. 196.

УДК 621.311.4

Л.М. Рыбаков, О.И. Канюгин, С.А. Халтурин

Марийский государственный университет

ТРЕБОВАНИЯ К ВЫБОРУ НЕЛИНЕЙНЫХ ОГРАНИЧИТЕЛЕЙ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ИЗОЛЯЦИИ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 6-10 КВ

Аннотация. В статье рассмотрены основные задачи нелинейных ограничителей перенапряжений, требования к ним и к их выбору, испытаниям, а также приведены замечания к представленным на рынке изделиям.

Ключевые слова: ограничители перенапряжения нелинейные, воздушные линии, трансформаторная подстанция, координация изоляции, длина пути утечки.

В настоящее время распределение электроэнергии в сельской местности производится путем использования воздушных линий электропередач напряжением 6-10 кВ. Их общая протяженность составляет около 460 тыс. км. Трансформаторные подстанции также комплектуются из оборудования 6-10 кВ: силовые трансформаторы, коммутационные аппараты (вакуумные выключатели, разъединители, средства защиты от перенапряжений - ограничители перенапряжений). Согласно новых нормативных требований [1, 2] при реконструкции

электроустановок и новых проектных разработок для защиты от перенапряжений требуется взамен вентильных разрядников установка нелинейных ограничителей (ОПН). В данной статье рассмотрены требования к выбору ОПН для защиты элементов воздушных линий и трансформаторных пунктов напряжением 6-10 кВ.

Основными задачами ОПН в электрических сетях 6-10 кВ являются [3,6,7,8]:

- ограничение коммутационных и грозовых перенапряжений до допустимых

значений уровня защищаемого оборудования [3,6,7,8];

- сохранение термической устойчивости при непрерывном воздействии наибольших рабочих напряжений $U_{н.р.}$ электрических сетей.

Требования к ОПН изложены в следующих нормативных документах :

- ГОСТ Р 52725-2007 «Ограничители перенапряжений нелинейные для электроустановок переменного тока напряжением от 3 до 750 кВ. Общие технические условия» [3];

- ГОСТ Р 53735.5-2009 «Разрядники вентильные и ограничители перенапряжений нелинейные для электроустановок переменного тока напряжением от 3 до 750 кВ. Часть 5. Рекомендации по выбору и применению» [4];

- ГОСТ 9920-89 «Электроустановки переменного тока на напряжения от 3 до 750 кВ. Длина пути утечки внешней изоляции» [5];

- ГОСТ 1516.3 «Электрооборудование переменного тока на напряжения от 1 до 750 кВ. Требования к электрической прочности изоляции» [6];

- ГОСТ 1516.2-97 «Электрооборудование и электроустановки переменного тока на напряжение 3 кВ и выше. Общие методы испытаний электрической прочности изоляции» [7];

- ГОСТ 1516.1-76 «Электрооборудование переменного тока на напряжения от 3 до 500 кВ. Требования к электрической прочности изоляции (с Изменениями N 1, 2, 3, 4, 5, 6, с Поправкой)» [8];

- ГОСТ 10390-2015 «Электрооборудование на напряжение свыше 3 кВ. Методы испытаний внешней изоляции в загрязненном состоянии» [9];

- Правила устройства электроустановок.

Седьмое издание. (УТВЕРЖДЕНЫ приказом Минэнерго России от 09.04.2003 N 150). Глава 1.8., п.1.8.31 [1].

- Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. (ПРИКАЗ от 13 января 2003 года N 6 «Об утверждении Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей»). Раздел 17, таблица 24 [2].

- СО 34.45-51.300-97 [5], РД 34.45-51.300-97[10] Объем и нормы испытаний электрооборудования. Раздел 21. [10].

- СТО 56947007-29.120.50.076-2011. Типовые технические требования к ограничителям перенапряжения 6-750 кВ [11].

- СТО 56947007-29.130.10.197-2015. Методические указания по применению ОПН на ВЛ 6-750 кВ [12].

ГОСТ Р 52725-2007 [3] устанавливает общие технические требования, объем и методы проверки ОПН изготовителями для установления соответствия настоящему стандарту.

ГОСТ Р 53735.5-2009 [4] устанавливает рекомендации по выбору и применению ОПН и необходимо соблюдать следующие рекомендации по выбору и применении ограничителей перенапряжений нелинейных для электроустановок переменного тока на напряжение от 3 до 750 кВ. Применительно к ОПН необходимо выполнить следующие рекомендации (рисунок 1) :

- определение наибольшего длительного допустимого рабочего напряжения ОПН в зависимости от наибольшего рабочего напряжения сети;

- определение номинального напряжения ОПН в зависимости от квазистационарных перенапряжений;

- определение номинального разрядного тока;

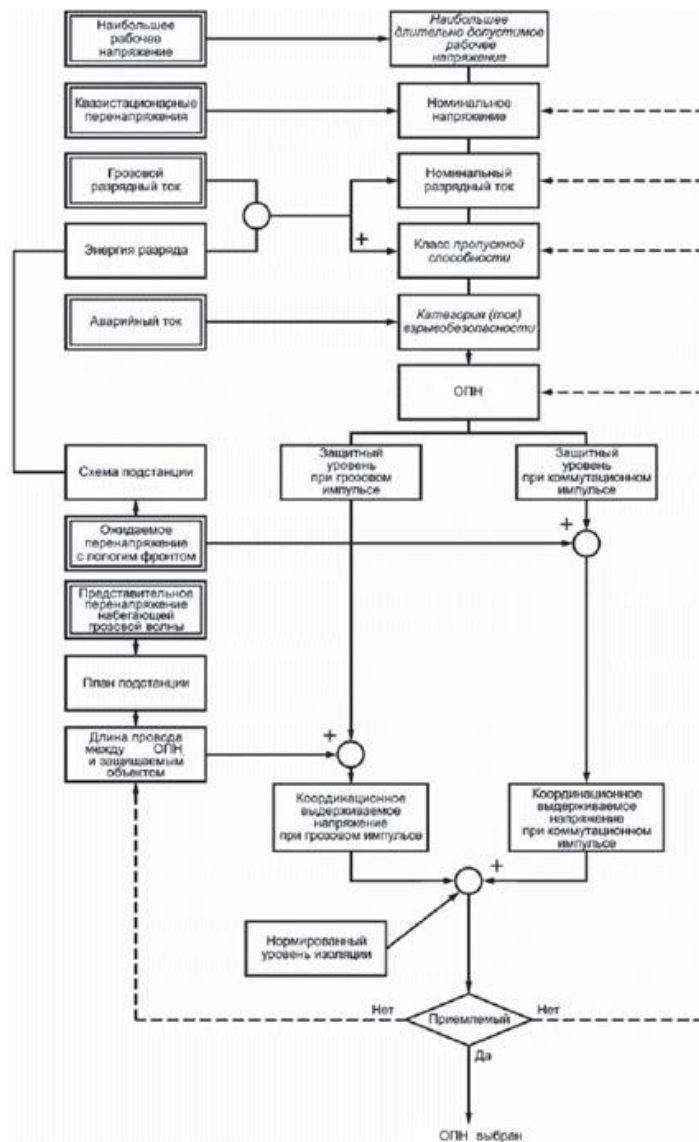


Рисунок 1 - Структурная схема выбора ОПН

- оценивание амплитуды и вероятности ожидаемых грозовых разрядных токов через ОПН, определение требований к разрядным напряжениям линии электропередачи и выбор номинального разрядного тока, значения импульса большого тока, пропускной способности или класса устойчивости и тока пропускной способности ОПН.

- выбор ОПН по условию обеспечения взрывобезопасности;

- определение защитных характеристик ОПН при грозовых и коммутационных импульсах;

- определение места установки ОПН и условия их размещения;

- измерение и выбор длины пути утечки ОПН;

- измерение сопротивления изоляции ОПН;

- измерение тока проводимости ОПН и снятие зависимости входного напряжения от тока, протекающего через ОПН $U=f(I)$;

- определение нормированного уровня изоляции защищаемого оборудования;

- проверка в соответствии с ГОСТ 10390 устойчивости поверхностей ОПН к перекрытию при загрязнении в районах их установки;

- согласование принципа координации изоляции;

- определение координационного выдерживаемого напряжения защищаемого оборудования при коммутационном импульсе, учитывая представительные перенапряжения с пологом фронтом и конфигурацию сети;

- определение координационного выдерживаемого напряжения защищаемого оборудования при грозовом импульсе;

- определение нормированного уровня изоляции;

ОПН должен соответствовать климатическим условиям региона его эксплуатации.

Кратко рассмотрим методику выбора основных параметров ОПН и их соответствия нормативным документам.

1. Измерение длины пути тока утечки ОПН

В соответствии с [1,3,5] для ОПН нормируется удельная эффективная длина пути тока утечки по внешней изоляции $\lambda_{\text{Э}}$, обеспечивающая необходимый уровень надежности изоляции при воздействии на ее поверхность промышленных загрязнений (табл.1).

Таблица 1. - Удельная эффективная длина пути тока утечки по внешней изоляции $\lambda_{\text{Э}}$ для ОПН

Степень загрязнения	$\lambda_{\text{Э}}$, см/кВ, не менее
I	1,8
II	2,0
III	2,5
IV	3,1

Расчетная длина пути тока утечки определяется по формуле [1]:

$$l_{\text{ут р}} = k_{\text{и}} \cdot \lambda_{\text{Э}} \cdot U_{\text{нр}} \quad (1)$$

где $k_{\text{и}}$ - коэффициент использования, зависящий от отношения $l_{\text{ут ОПН}}$ к строительной высоте изоляционной части ОПН $h_{\text{и ОПН}}$ (табл.2);

$$l_{\text{ут ОПН}} / h_{\text{и ОПН}} \quad (2)$$

$U_{\text{нр}}$ - наибольшее рабочее напряжение ОПН, кВ.

Таблица 2.- Коэффициент использования $k_{\text{и}}$, в зависимости от отношения $l_{\text{ут}}$ к строительной высоте изоляционной части ОПН $h_{\text{и ОПН}}$.

$l_{\text{ут ОПН}} / h_{\text{и ОПН}}$	менее 2,0	2,0 – 2,3	2,31 – 2,7	2,71 – 3,2	3,21 – 3,5
$k_{\text{и}}$	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4

Длина пути тока утечки ОПН взятая из паспортных данных $l_{\text{ут ОПН}}$ должна быть больше расчетной длины пути тока утечки в районе установки ограничителя:

$$l_{\text{ут р}} < l_{\text{ут ОПН}} \quad (3)$$

Измерение сопротивления изоляции ОПН напряжением 6 и 10 кВ

Сопротивление изоляции ОПН измеряется мегомметром на напряжение 500-2500 В.

Схема измерения представлена на рисунке 2.

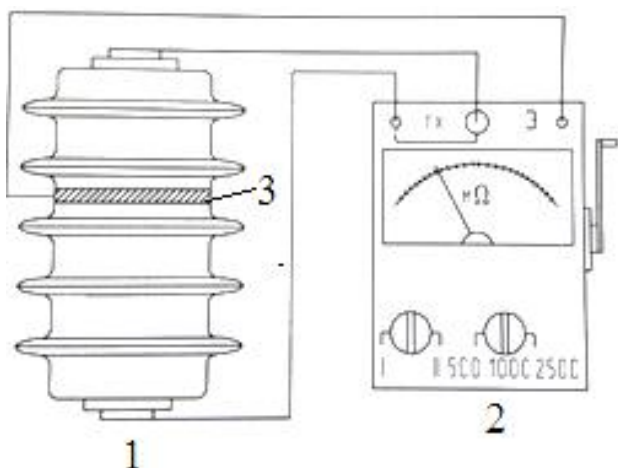


Рисунок 2 – Электрическая принципиальная схема измерения сопротивления изоляции мегомметром ЭС-0202/2-Г:

1 – ОПН, 2- Мегомметр ЭС-0202/2-Г, 3 – экранирующее кольцо из фольги.

Для исключения погрешности измерения из-за влияния возможных утечек, наружная поверхность покрышек ОПН

должна быть чистой и сухой или поверхность средней части изоляции покрывается полосой из фольги (позиция 3 рисунка 2).

Величина сопротивления должна быть не менее 500 МОм и не должна отличаться более чем на $\pm 30\%$ от данных предыдущих измерений или паспортных данных завода-изготовителя.

Измерение тока проводимости ОПН 6 и 10 кВ и снятие зависимости входного напряжения от тока протекающего через ОПН $U=f(I)$.

Схема измерения представлена на рисунке 3. Величина испытательного напряжения меняется от 0 до $U_{нр}$ с шагом изменения напряжения для ОПН 6 кВ - 0,4 кВ, а для ОПН 10 кВ - 0,5 кВ.

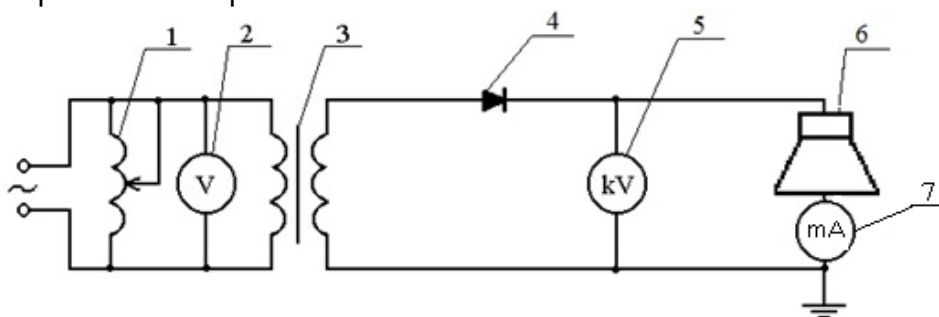


Рисунок 3 – Принципиальная схема измерения тока проводимости

1 – регулятор напряжения; 2 – вольтметр; 3 – испытательный трансформатор ИОМ-100/25; 4 – высоковольтный выпрямитель; 5 – киловольтметр С-195; 6 – объект испытания ОПН 6-10 кВ, 7 – миллиамперметр.

Предельному значению напряжения (наибольшему длительно допустимому рабочему напряжению (для ОПН 6 кВ - $U_{нр}=7,2$ кВ, для ОПН 10 кВ - $U_{нр}=12$ кВ) соответствует ток проводимости данных ОПН.

Поскольку ток проводимости зависит от температуры окружающего воздуха, результаты измерений следует приводить к нормальным эксплуатационным условиям по ($t=20^\circ\text{C}$) следующей формуле:

$$I_{\Pi} = \frac{I}{1+0,0018 \cdot (\theta - 20)} \quad (4)$$

где I - измеренный ток проводимости в мА; θ - температура окружающего воздуха при выполнении измерений. Ограничитель признается пригодным к эксплуатации, если значение I_{Π} не превышает предельное значение тока проводимости, установленного нормативными документами.

По результатам измерений строится зависимость входного напряжения от тока проводимости ОПН $U=f(I)$. Примерный вид зависимости показан на рисунке 4.

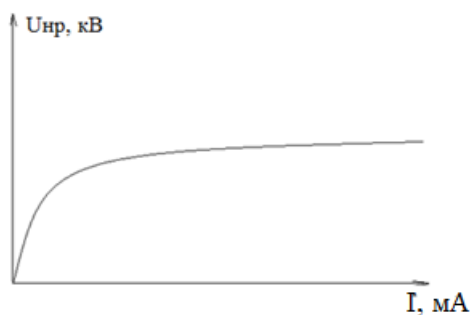


Рисунок 4 – Вольтамперные характеристики ОПН
 $U=f(I)$

Изучены технические параметры ОПН, выпускаемых отечественными производителями: НПК «Таврида Электрик»; ОАО «Позитрон»; ЗАО «НПО «Полимер-аппарат»; ЗАО «Завод энергозащитных устройств»; ЗАО «Феникс-88»; ЗАО «ЗЭТО»; ЗАО «Росизол»; ЗАО «НИИ «ЗАИ»; ООО «Севзаппром»; ООО «Балтэнерго»; ООО «ЛМ Электро»; ООО «ЭЛЕКОМ»; ООО «Комлектпромматериалы»; ООО «НЛС-Компани»; ООО «МЗВА»; ООО Группа Компаний «Энерго-План»; ООО «Разряд»; ООО «Энергопротекция»; ТПУЧП «ИГУР»; УПТК Техносервис и другие.

По анализу рассмотренного материалов различных заводов-изготовителей имеются следующие замечания:

- большинство заводов-изготовителей ОПН в своих технических данных не приводят полных данных о характеристиках ОПН согласно ГОСТ 52725-2007 [3];

- некоторые предприятия не указывают длину пути утечки;

- в большинстве приведенных заводами длин пути утечки не соответствуют нормативным требованиям;

- расчетные значения длин пути утечки меньше паспортных данных;

- у большинства предприятий коэффициент использования $k_{\text{и}}$ ($l_{\text{ут ОПН}} / h_{\text{и ОПН}}$) не соответствует нормативным требованиям;

- измерения сопротивления изоляции проводятся без использования экранирующего электрода;

- не соблюдаются объемы выборки ОПН для приемо-сдаточных испытаний, в частности, для измерения тока утечки выполняются одного из десяти изделий, поставляемых поставщикам;

- согласно представляемой технической информации предприятиями-изготовителями ОПН не полностью подвергаются всем видам испытаний в соответствии с ГОСТ Р 52725, ГОСТ 15.309 и ГОСТ 16504;

- рекомендуемый срок службы 30 лет не подтвержден расчетными данными по грозовой активности для региона, в который поставляются изделия.

Вывод. Представляемая документация, поставляемая поставщикам, не совсем корректная и не способствует правильному выбору и использованию их в эксплуатационных целях.

Должна быть единая техническая документация по ОПН, выпускаемая всеми заводами России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ-7). - 7-е изд., с изменениями и дополнениями по состоянию на 1 января 2006 года (утверждены Министерством энергетики Российской Федерации, приказы от 8 июля 2002 г. N 204 и от 20 мая 2003 г. N 187).

2. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. (ПРИКАЗ от 13 января 2003 года N 6 «Об утверждении Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей»), 2013.

ГОСТ 52725 – 2007. Ограничители перенапряжений нелинейные для электроустановок переменного тока напряжением от 3 до 750 кВ. Общие технические условия. Введен 01.01.2008 г. – М.: Стандартинформ, 2007- 36 с.

ГОСТ Р 53735.5-2009 «Разрядники вентильные и ограничители перенапряжений нелинейные для электроустановок переменного тока напряжением от 3 до 750 кВ. Часть 5. Рекомендации по выбору и применению» Введен 01.01.2011 г. – М.: Стандартинформ, 2011- 64 с.

ГОСТ 9920-89 «Электроустановки переменного тока на напряжения от 3 до 750 кВ. Длина пути утечки внешней изоляции. Введен 01.07.90 г. – М.: Стандартинформ, 2008- 7 с.

ГОСТ 1516.3 «Электрооборудование переменного тока на напряжения от 1 до 750 кВ. Требования к электрической прочности изоляции». Введен 01.01.1999 г. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1998- 35 с.

ГОСТ 1516.2-97 «Электрооборудование и электроустановки переменного тока на напряжение 3 кВ и выше. Общие методы испытаний электрической прочности изоляции». Введен 01.01.1999 г. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1998- 35 с.

ГОСТ 1516.1-76 «Электрооборудование переменного тока на напряжения от 3 до 500 кВ. Требования к электрической прочности изоляции (с Изменениями N 1, 2, 3, 4, 5, 6, с Поправкой)». Введен 01.01.1978 г. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1999- 35 с.

ГОСТ 10390-2015 «Электрооборудование на напряжение свыше 3 кВ. Методы испытаний внешней изоляции в загрязненном состоянии». Введен 01.03.2017 г. – М.: Стандартиформ, 2016- 36 с.

СО 34.45-51.300-97 [5], РД 34.45-51.300-97 Объем и нормы испытаний электрооборудования, 2015.

СТО 56947007-29.120.50.076-2011. Типовые технические требования к ограничителям перенапряжения 6-750 кВ, 2011.

СТО 56947007-29.130.10.197-2015. Методические указания по применению ОПН на ВЛ 6-750 кВ, 2015.

УДК 621.313

Л.А.Садыкова

НАО «Западно-Казахстанский университет им. Жангир хана», г.Уральск, Казахстан.

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В КИТАЙСКОЙ ПРОВИНЦИИ

***Аннотация В** статье представлены материалы Международного семинара по технологиям освоения и использования солнечной энергии в китайской провинции Синьцзян. На сегодняшний день Китай является самым крупным гелиоэнергетическим государством в мире. У них есть чему поучиться: политике, проводимой государством в области альтернативных источников энергии, развитию современных технологий использования солнечной энергии.*

По мере социально-экономического развития в Китае солнечное тепло используется не только в теплоснабжении бытовых помещений, но и в отоплении и охлаждении зданий, в теплоснабжении промышленных и сельскохозяйственных сооружений.

За 20 лет в Китае постепенно была создана более совершенная система стандартов в отрасли использования солнечного тепла, разработано около 50 государственных стандартов и около 20 отраслевых стандартов; более 10 районов и городов выработали местные стандарты, несколько десятков предприятий выработали свои технические стандарты.

С 2015 г. Национальная энергетическая администрация Китая начала разработку 11 стандартов о строительстве объектов выработки электроэнергии от солнечного тепла и 5 стандартов о строительстве объектов использования средне- и низкотемпературной солнечной теплоты.

В настоящее время изучение и потребление солнечной энергии в Синьцзяне состоит в следующем: гелиоводонагревателе, солнечной сушилке, гелиоэнерго-сборнике, солнечном отоплении, кондиционере и других продукциях, применяемых в промышленности и в сельском хозяйстве.

***Ключевые слова:** гелиотехника, солнечная энергия, солнечный коллектор, гелиоводонагреватель, гелиостанция, гелиосистема.*

Синьцзян расположен в глубине евразийского континента, в окружении гор, недалеко от моря, климат там сухой. Синьцзян является одним из регионов с обильными ресурсами гелиоэнергии в Китае. В году насчитывается 2550 - 3500 часов солнечной погоды, в Синьцзяне имеются уникальные природные условия

для использования солнечной энергии. Климат Синьцзяна не сильно отличается от климата нашей Западно-Казахстанской области.

На основе результатов множественных испытаний достигнуты успехи в разработке среднетемпературного покрытия, создан отраслевой стандарт

«Покрытие вакуумных трубок среднетемпературного поглощения солнечной теплоты», его технические показатели и методы испытаний считаются передовыми в мире.

Инновационные изменения достигнуты в разработке структуры солнечного коллектора из вакуумных трубок, что повысило эффективность теплоснабжения. Улучшена технология изготовления коллекторов-плиток, повышена степень автоматизации их производства. Для масштабного теплоснабжения разработаны большие коллекторы-плиты площадью 8 и 13 кв.м.

По мере повышения требований к надежности и удобству солнечных водонагревателей, осуществляются технические исследования их характеристик, материалов, технологий и надежности.

Наружный вид многоэтажных зданий с солнечными коллекторами намного улучшился. Солнечные коллекторы используются в системах центрального и децентрализованного теплоснабжения, их эксплуатационные свойства и безопасность заметно повысились, получен прогресс в систематической интеграции, интеллектуальном управлении, защите от перегрева; широко используется техника дистанционного управления и наблюдения с помощью Интернета. Коллекторы не только поставляют горячую бытовую воду, но и отапливают квартиры.

На островах и специфических районах солнечная энергия используется для опреснения морской воды.

В Китае уже разработана технология изготовления холодильных кондиционеров на основе солнечных коллекторов, систем теплоснабжения и холодильных машин с пироприводом. По мере развития техники миниатюризации холодильных машин с пироприводом, они успешно используются

в проектах с повышенной экономической эффективностью.

Разработаны и сданы в эксплуатацию новые установки на основе «солнечное тепло+ газ», «солнечное тепло+ воздушный теплонасос», «солнечное тепло + биогаз», «солнечное тепло+ фотоэлектричество», которые пользуются высоким спросом на рынке.

По прогнозу в 2020 году объем использованных солнечных коллекторов в Синьцзяне будет достигать 2400 млн.кв.м., из них 670 млн.кв.м. будут установлены в жилых зданиях для горячего водоснабжения, 15 млн. кв.м.- в общественных зданиях для горячего водоснабжения, 930 млн.кв.м.- для отопления в зданиях, 110 млн. кв.м.- для охлаждения в зданиях, 690 млн. кв.м.-для промышленного горячего водоснабжения и теплоснабжения.

По состоянию в 2018 г. общий парк солнечных коллекторов в Китае уже достиг 464 млн. м², что позволяет экономить 503550 тыс.тонн условного угля, в эквиваленте экономить 13994 КВт электричества (таблица 1).[4]

В 2015-2016 гг. в Китае заметна тенденция уменьшения объема производства и реализации продукции предприятий, использующих солнечную энергию. Заметен маленький рост объема производства и реализации продукции только у тех предприятий, которые используют инновационные решения, непрерывно повышают качество продукции и придают серьезное значение созданию своего имиджа.

Заметна популяризация развития предприятий по производству водяных баков, соединительных вакуумными трубками. Хорошо развиваются предприятия по монтажу и ремонту.

Таблица 1. Использование солнечной энергии по годам

Год	Общий парк		Экономия угля (тыс.тонн)	Экономия Электричества (кВт)	Уменьшение выбросов SO(тыс.тонн)	Уменьшение выбросов дыма (тыс.тонн)	Уменьшение выбросов CO(тыс.тонн)
2003	34200	23940	5130	143	165,9	128,3	11012,4
2004	42000	29400	6300	175	203,7	157,5	13524,0
2005	52000	36400	7800	217	252,2	195,0	16744,0
2006	77000	53900	11550	321	373,5	288,8	24794,0
2007	93000	65100	13950	388	451,1	348,8	29946,0
2008	113000	79100	16950	471	548,1	423,8	36386,0
2009	114000	80200	17190	478	555,8	429,8	36901,2
2010	142100	99470	21320	593	689,2	532,9	45756,2
2011	179100	125370	26870	747	868,6	671,6	57670,2
2012	221900	155190	33260	924	1075,2	831,4	71387,4
2013	271100	189770	40670	1130	1314,8	1016,6	87294,2
2014	323100	226170	48470	1347	1567,0	1211,6	104,038,2
2015	374700	262290	56210	1562	1817,3	1405,1	120653,4
2016	413000	289520	62040	1724	2006,0	1551,0	133179,2
2017	442000	309380	66300	1842	2144,0	1658,0	142310,0
2018	463600	324520	69540	1932	2248,7	1739,0	142264,5
Итого:			503550	13994	16280	12590,0	1080860

К концу 2020 года общая установленная мощность солнечных электростанций в Синьцзяне превысит 110млн.кВт, в том числе установленная мощность выработки электроэнергии на фотогальванической технике-105 млн.кВт, мощность выработки электроэнергии на солнечной теплоте-5 млн.кВт.; общая площадь коллекторов солнечного тепла-800 млн.кв.м. Использованная солнечная энергия в каждом году будет равняться 140 млн.тонн условного угля.[1]

В настоящее время изучение и потребление солнечной энергии в Синьцзяне состоит в следующем: гелиоводонагревателе, солнечной сушилке, гелиоэнерго-собирателе, солнечном отоплении, кондиционере и других продукциях, применяемых в промышленности и в сельском хозяйстве.

Существует два типа гелиоводонагревателя: вакуумный, плоский. В настоящее время в Синьцзяне производят гелиоводонагреватель высокого качества, который популярен в мире, как дешевый энергетический источник. По производству гелиоводонагревателей и их использованию, Китай занимает первое место в мире. В Китае в основном широкой популярностью пользуется вакуумный гелиоводонагреватель.

Вакуумный гелиоводонагреватель состоит из резервуара для воды, кронштейна и компонентов вакуумной трубки. 1 - стеклянная трубка, 2 - солнечное селективное покрытие поглощения, 3 - вакуумный ламинированный слой, 4 - стеклянная крышка 5 – поддержка частей, 6-мембрана дыхания.[2]



Плоский гелиоводонагреватель состоит из металлической трубы, коллектора, крыла, селективного покрытия, рамки, прозрачной крышки.



Гелиоводонагреватель, благодаря своей экономичности, энергосбережению, простому использованию и безопасности добился благосклонности потребителя, стал популярным. Как основной элемент гелиоводонагревателя, контроллер совершенствуется с первоначального этапа; индикация горизонта температуры воды; композиционная индикация; управление и электрическое отопление; цифровое управление цепей микрокомпьютером; работоспособность при всех погодных условиях; полная автоматизация; интеллектуальность - стали поводом для развития продукта гелиоэнергии в новом веке.

С помощью солнечных батарей (фотоэлементов) и других вспомогательных устройств гелиосистема реализует преобразование солнечной энергии в электрическую.

Гелиосистемы различаются по типам: автономная гелиосистема; гелиосистема, подключенная к общественной электросети; гибридная гелиосистема.[3]

Гелиосистемы делятся на виды:

1. Гелиостанция низкой мощности (Small DC)
2. Простая гелиостанция постоянного тока (Simple DC)
3. Мощная гелиостанция (Large DC)
4. Гелиостанция переменного/ постоянного тока (AC/DC)

5.Гелиостанция, подключенная к общественной электросети (Utility Grid Connect)

6.Гибридная гелиостанция (Hybrid)

7.Гибридная гелиостанция, подключенная к общественной электросети

Достигнут технический прогресс в солнечном сушении, разработан отраслевой стандарт «Общие технические требования к солнечному сушению», разработаны технологии солнечного сушения с дополнительным сушением за счёт вспомогательных источников энергии, которые широко используются в сельском хозяйстве (при сушке табака, чая).

Благодаря использованию солнечной энергии, с каждым годом в Китае улучшаются условия для развития экономики страны, сельского хозяйства, промышленности и условий жизни населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1.Закон «Распределение гелиостанции», Комитет развития и реформы КНР: утв. 12.06.2016, №1163.
- 2.Ли Вэйхуа. Свод политики фотовольжа.-Урумчи: Синьцзянский институт новой энергетики, 2017.-17с.
- 3.Сю Цан. Практическое использование техносистем солнечной энергии».- Урумчи, 2016.-36с.
- 4.Луй Шаоцинъ. Техника и тенденция развития гелиостанции, включенной в электросеть города.- Урумчи:ТВЕА АО Лимитед Sun Oasis, 2017-7с.

УДК 621.791.3: 613.6

С.В. Светличный

Дальневосточный государственный аграрный университет, г. Благовещенск

ПРИМЕНЕНИЕ ДВУХТАРИФНОГО СЧЕТЧИКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ЭКОНОМИЧНОГО ОТОПЛЕНИЯ

Известно, что запасы полезных ископаемых далеко не бесконечны, а энергетический кризис привел к многократному росту цен на топливо, поэтому необходимо перейти на более чистый энергоноситель – электричество, в том числе с использованием альтернативных источников электроэнергии. В скором будущем энергетические ресурсы дешеветь пока не будут. Энергетическая эффективность отопления помещений – необходимость времени, поэтому для обогрева помещений и отдельных частных домов нужны энергосберегающие системы отопления.

С каждым повышением тарифов на энергоресурсы растет актуальность проблемы энергоэффективности и энергосбережения. В качестве одной из мер, позволяющих сэкономить на расходах

за электроэнергию, предлагается установка многотарифного счетчика электрической энергии. В России относительно недавно стали устанавливать такие устройства учета электричества. Дифференциация учета потребления электрической энергии позволяет: во-первых снизить нагрузки на электросеть в пиковые периоды; во-вторых существенно уменьшить стоимость используемой электроэнергии. [1]

На сегодняшний день многие хозяева домов и квартир заинтересованы в экономии потребления электроэнергии. Связано это с тем, что в последнее время выпускается мощная бытовая техника, которая требует увеличения потребления электроэнергии. Одним из способов сокращения материальных затрат

является установка двухзонного счетчика на два тарифа.

Принцип работы двухзонного счетчика состоит в том, что в разное время суток стоимость 1 кВт электроэнергии будет отличаться. Ночью киловатт будет стоить в несколько раз меньше, чем днем. Первым делом в этом заинтересованы электроподстанции, вырабатывающие электроэнергию. Как правило, утром и вечером нагрузка на подстанцию стремительно возрастает из-за повышенного потребления электричества предприятиями и потребителями. В результате подстанция работает неравномерно, а это приводит к быстрому износу оборудования и неравномерному расходу топлива (газа, нефти либо угля). Чтобы уменьшить дневной и увеличить ночной расход электроэнергии были введены двухтарифные счетчики электроэнергии.

Основными преимуществами двухтарифного счетчика электроэнергии:

- Экономия собственных средств (окупаемость изделия составляет около 1 года).
- Помощь в работе электростанции (производители электроэнергии будут реже ремонтировать оборудование и экономить топливо на генерацию тока).
- Сокращение вредных выбросов в атмосферу. Из-за неравномерного потребления электричества, станция скачкообразно потребляет топливо, поэтому днем и ближе к вечеру вредные выбросы будут интенсивно загрязнять окружающую среду.

Несмотря на свои плюсы у счетчика на два тарифа есть и недостатки,

закрывающиеся в том, что далеко не во всех регионах дневная и ночная стоимость киловатта электроэнергии выгодная для потребителей.

После установки двухтарифного счетчика необходимо правильно пользоваться ночным и дневным потреблением электроэнергии, иначе ни о какой экономии не будет и речи.

В ночное время (соответственно с 23.00 до 07.00), когда один кВт электроэнергии намного дешевле нужно использовать мощные электроприборы: стиральная и посудомоечная машина, электрические насосы, теплые полы, электродуховка, кондиционер, электрическая плита, чтобы сэкономить средства, а подстанция сэкономила бы свои материальные расходы. В противном случае (при дневном включении), затраты на оплату электроэнергии только вырастут. [2]

В черте города на моем дачном участке расположен отдельный дом, к которому подведено трехфазное напряжение 380В. Для отопления помещения с жилой площадью 44,0м² используется аппарат отопительный с водяным контуром АОТВК -2-25-6, который работает на твердом топливе (дрова, брикеты) и на электричестве. В котел АОТВК -2-25-6 встроен электрический блок-ТЭН общей мощностью 6кВт - три ТЭНа по 2кВт. С помощью пульта управления ПУ-1 можно регулировать электрическую мощность 2; 4; 6 кВт, и регулировать нормальную температуру в помещении. Для управления работой котла отопления в схему включается электронный таймер KG316T для автоматического включения и выключения отопления.

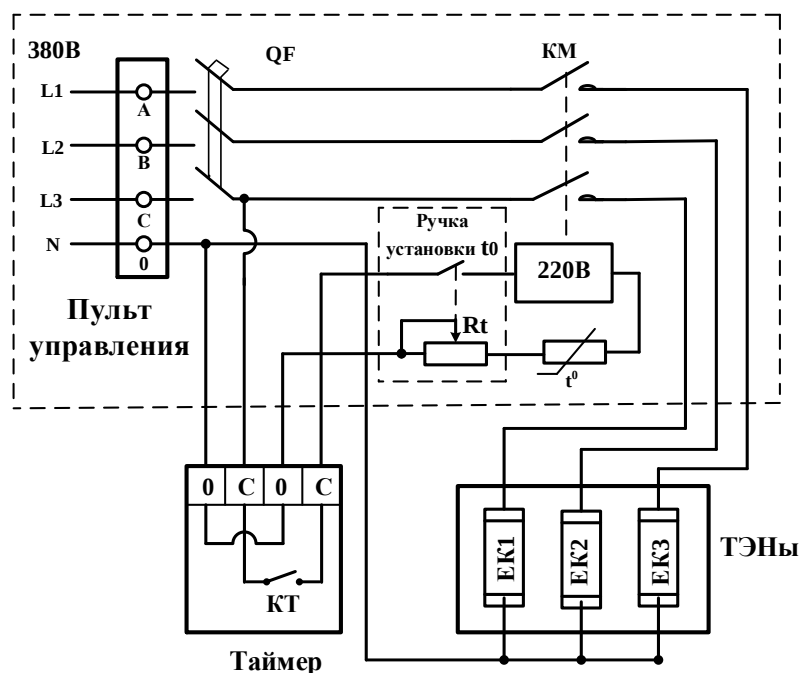


Рисунок 1. Принципиальная электрическая схема управления электронагревателями мощностью 6кВт 380В

Таймер имеет 8 программ для задания времени включения и отключения тэнов отопительного котла, а также дня недели или различных комбинаций дней недели. Преимущество данного котла будет в том

случае, если установлен двухтарифный счетчик электроэнергии. В нашем случае используется двухтарифный счетчик марки Меркурий 230 ART-02. [3].

Таблица 1. Потребление электроэнергии с июля 2018 по декабрь 2018г.

Месяц	Начислено, кВт•ч	К оплате, руб	Одно тарифный	Экономия %	Руб,
	T1 - День	Двух тарифный	Одно тарифный	%	Руб,
	T2 - Ночь	(День 2,93),	(2,55)	ночного	
	Итого:	(Ночь 0,81)		потребл.	
Июль	70 кВт•ч	$70 \cdot 2,93 = 226,40$	$270 \cdot 2,55 = 688,50$	74,07%	300,1
	200 кВт•ч	$200 \cdot 0,81 = 162,00$			
	Итого: 270 кВт•ч	Итого: 388,40	Итого: 688,50		
Август	75 кВт•ч	$75 \cdot 2,93 = 219,75$	$495 \cdot 2,55 = 1262,25$	84,84%	702,3
	420 кВт•ч	$420 \cdot 0,81 = 340,20$			
	Итого: 495 кВт•ч	Итого: 495 кВт•ч	Итого: 1262,25		
Сентябрь	85 кВт•ч	$85 \cdot 2,93 = 249,05$	$790 \cdot 2,55 = 2014,50$	89,24%	1194,0
	705 кВт•ч	$705 \cdot 0,81 = 571,05$			
	Итого: 790 кВт•ч	Итого: 790 кВт•ч	Итого: 2014,50		
Октябрь	90 кВт•ч	$90 \cdot 2,93 = 263,70$	$960 \cdot 2,55 = 2448,00$	90,62%	1479,6
	870 кВт•ч	$870 \cdot 0,81 = 704,70$			
	Итого: 960 кВт•ч	Итого: 960 кВт•ч	Итого: 2448,00		
Ноябрь	95 кВт•ч	$95 \cdot 2,93 = 278,35$	$995 \cdot 2,55 = 2537,25$	90,45%	1529,9
	900 кВт•ч	$900 \cdot 0,81 = 729,00$			
	Итого: 995 кВт•ч	Итого: 995 кВт•ч	Итого: 2537,25		
Декабрь	100 кВт•ч	$100 \cdot 2,93 = 293,00$	$1020 \cdot 2,55 = 2460,00$	90,19%	1562,8
	920 кВт•ч	$920 \cdot 0,81 = 745,20$	Итого: 2601,00		

Итого: 1020 кВт•ч

Итого: 1020 кВт•ч

Итого: 6769,1

Чтобы выявить эффективность использования двухтарифного счетчика марки Меркурий 230 ART-02 перед однотарифным и целесообразность его установки, я провел расчет потребления электроэнергии для моего электрического котла отопления АОТБК -2-25-6 за шесть месяцев с июля 2018 по декабрь 2018 года.

В настоящее время в Амурской области с 1 июля 2018 года до 1 января 2019 года действуют следующие тарифы на электроэнергию для населения, проживающих в домах с электроплитами: одноставочный тариф – 2,55 (руб./кВт•ч); одноставочный тариф, дифференцированный по двум зонам суток: дневной тариф – 2,93 (руб./кВт•ч) ночной тариф – 0,81 (руб./кВт•ч)

При установке двухтарифного счётчика расходы на электроэнергию будут считаться по следующей схеме: дифференцированный по двум зонам суток: днем - с 7:00 до 23:00 электроэнергия оплачивается по 100%-му «дневному» тарифу – 2,93 рубля за киловатт-час, а с 23:00 до 7:00 – по так называемому «ночному» тарифу, – 0,81 рубля за киловатт-час то есть 27% от существующего. При этом для уменьшения затрат за потребление электроэнергии нужно – использовать максимальное потребление электроэнергии ночью и минимальное – днем, тогда получим экономию.

Данные расчеты показывают, что ночное потребление электроэнергии довольно

высокое 74-90%, экономия по сравнению с однотарифным счетчиком составляет за полгода 6769,10 рублей. Эта сумма экономии покрыла расходы на приобретение двухтарифного счетчика Меркурий 230 ART-01 – 5000 рублей и программируемого реле времени (таймера) KG316T – 1000 рублей. [3].

Если у вас в квартире или доме имеется большое количество электроприборов, таких как, стиральная и посудомоечная машина, электрические насосы, теплые полы, электрокотел, кондиционер, электрическая плита и другие мощные приборы, работающие круглосуточно или преимущественно по ночам, то установка двухтарифного счетчика электроэнергии для вас однозначно будет более выгодна, чем однотарифного счетчика.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Выгодно ли ставить многотарифные счетчики электроэнергии? – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://homo-habilis.ru/bytovaya-tehnika/177-vygodno-li-stavit-mnogotarifnye-schetchiki-elektroenergii>. (дата обращения: 20.02.2019).

2. Александр Мясоедов. Преимущества и недостатки двухтарифных счетчиков. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://samelectrik.ru/preimushhestva-i-nedostatki-dvuxtarifnyx-schetchikov.html>. (дата обращения: 20.02.2019).

3. Светличный С.В. Энергосбережение при автоматическом управлении электрическим котлом отопления /С.В. Светличный //Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития: матер. всерос. науч.-практ. конф. (Благовещенск, 11 апреля 2018 г.). В 2 ч. Ч.1. – Благовещенск: Изд-во Дальневосточного гос. аграрного ун-та, 2018. – С 157-161.

В. Д. Светлов

Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова,
г. Саратов

ПРЕДПОСЫЛКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОЗОНА НА ОБЪЕКТАХ АПК

Аннотация: В данной статье рассмотрены наиболее эффективное увеличение производства продукции с применением современных технологических процессов животноводства и птицеводства с целью улучшения содержания животных и птиц в закрытом помещении.

Ключевые слова: животноводство, птицеводство, аэроионизация и электроозонирования, экологически чистые пищевые продукты

В настоящее время актуальной проблемой в сельскохозяйственном производстве, как и в других отраслях народного хозяйства, является увеличение производства продукции, что неразрывно связано с применением новых устройств и установок в технологические процессы производства. На сегодня важнейшая проблема социально-экономического развития страны состоит в продовольственном обеспечении населения. При этом большое внимание уделяется в повышении и сохранении продукции животноводства и птицеводства, снижении потерь переработки пищевого сырья, получении экологически чистых пищевых продуктов.

Среди важнейших тенденций направленных на решения этих проблем и дальнейшего прогресса современных технологических процессов животноводства и птицеводства важное место занимает улучшение содержания животных и птицы в закрытых помещениях. В частности улучшение зоогигиенических условий при содержании животных и птицы в закрытых помещениях и в результате получение экологически чистой продукции.

Современный уровень развития и использования аэроионизации и электроозонирования в животноводстве и

птицеводстве опирается на теоретические положения и разработки отечественных и зарубежных ученых. В настоящее время устройства и установки аэроионизации и озонирования широко используются в различных областях промышленности:

- а) очистки воздушной среды в закрытых помещениях от газовой и патогенной микрофлоры;
- б) очистки питьевой и сточных вод;
- в) хранения и переработки пищевых продуктов;
- г) сушки и обеззараживания зерновых культур и кормовых добавок животных и птицы;
- д) инкубации и сохранности цыплят.

Большая роль в повышении продуктивности всех отраслей птицеводства и животноводства принадлежит окружающей воздушной среде, благодаря которой осуществляется жизнеобеспечение и оказывается существенное влияние на протекание биологических процессов в организме животных или птицы.

Микроклимат животноводческих и птицеводческих помещений неодинаков и зависит от ряда факторов - качества ограждающих конструкций, типа и мощности вентиляции, технологии содержания животных и птиц, сезона года,

подстилки, вида кормов и т.п. Концентрация животных на незначительной территории, быстрая смена поколений, изменение методов содержания и другие особенности промышленного животноводства и птицеводства - все это способствует появлению болезней, как отдельных животных, так и всего поголовья. Выращенные в искусственно созданных условиях животные теряют способность сопротивляться неблагоприятным влияниям микроклимата закрытых помещений. Поэтому способы, технические средства получения ионов и озона зависят от конкретных факторов влияющих на микроклимат закрытых помещений.

Искусственная аэроионизация воздуха, с целью создания благоприятной среды обитания, является важнейшим гигиеническим и биологическим фактором в улучшении окружающей среды в животноводческих, птицеводческих, производственных и бытовых помещениях.

За всю историю развития технологии озонирования наиболее существенная часть генераторов озона осталась практически неизменной в течение почти ста лет. Первые промышленные озонаторы были созданы фирмой Сименса-Гальске.

Существенным недостатком работы аэроионизаторов и озонаторов, применяемых в животноводческих и птицеводческих является:

а) при клеточном содержании животных или птицы:

сложность размещения генераторов аэроионов и озона в клетках для животных или птицы из-за больших габаритных размеров;

использование вентиляции для выдувания аэроионно-озонной смеси для равномерного распределения по помещению;

получение достаточно стабильной и однородной концентрации аэроионов и озона в биозоне дыхания животных или птицы, так как клетки, как правило, выполнены из металлических прутьев, которые надежно заземлены и забирают на себя основную массу аэроионов и несущих заряд молекул озона из продуваемого через них воздуха;

надежности работы системы «источник питания - ионизатор-озонатор»; б) при дезинфекции, санации животноводческих и птицеводческих помещений и инкубации яиц кур-несушек:

улучшение энергетических характеристик установок ионизации и озонирования в воздушном потоке;

получение однородной и стабильной ионно-озонной концентрации при инкубации яиц кур-несушек;

- применение громоздкого оборудования и длительной экспозиции обработки яиц при инкубации;

использование высоких доз озона до 1000 мг/л, что небезопасно для обслуживающего персонала.

Все эти недостатки подтверждают необходимость совершенствования способов и разработки новых технических средств получения аэроионов и озона, которые можно было бы применять при клеточном содержании животных или птицы, а также для дезинфекции, санации животноводческих и птицеводческих помещений и инкубации яиц птицы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1976, 280 с.
2. Антонов Л.П., Кантер А.М., Эмишян Н.Д. Оценка различных источников ионизации воздуха // Аэроионизация в гигиене труда. Л.:ЛГАУ, 1966, с. 247-250.
3. Трушкин, В.А. Оценка надежности электрических систем в условиях эксплуатации. / В.А. Трушкин, А.А. Спиридонов, Ю.В. Иванкина // Аграрный научный журнал. – 2015. - № 5. - С. 55-58.
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. Под редакцией Трушкина В.А. - 2017. С. 93-96.

5. Иванкина, Ю.В. Повышение надежности системы электроснабжения в сельском хозяйстве /

Ю.В. Иванкина, Д.П. Неструев // 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.

УДК 621. 313

В. Д. Светлов

Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова,
г. Саратов

КОНСТРУКЦИЯ РАЗРЯДНЫХ СИСТЕМ ПРОТОЧНЫХ ОЗОНАТОРОВ

***Аннотация:** В данной статье рассмотрена схема и конструкция проточных озонаторов с целью дезинфекции и дезодорации животноводческих и птицеводческих помещений*

***Ключевые слова:** дезинфекция, дезодорация, озонатор, озоновая смесь.*

Проточные системы озонаторов хорошо себя зарекомендовали при дезинфекции и дезодорации животноводческих и птицеводческих помещений, в основном, при отсутствии животных и птицы, так как производительность таких аппаратов имеет высокую концентрацию по озону.

В проточных озонаторах (рис.1.1а, б, в) электродные разрядные системы по устройству схожи со схемами конструктивных элементов барьерных разрядных устройств локальных озонаторов.

Отличие заключается в том, что на наружный электрод (1) крепятся либо игольчатые электроды, либо электроды из тонкой проволоки (4), которые, взаимодействуя с металлическим заземленным воздуховодом, образуют дополнительное истечение аэроионов. Кроме того, данная система имеет вентилятор (5), предназначенный для выдувания воздушной озонной смеси.

Внутренний электрод (3) может быть выполнен как перфорированный, трубчатый или как остриевой. Вентилятор (5), продувая коронно-разрядную и барьерно-разрядную электродные системы, позволяет на выходе озонатора получать

воздушную озонную смесь, которая под воздействием воздушного потока равномерно распределяется по помещению.

Экспериментальные исследования показали, что наиболее приемлемой разрядной системой проточных озонаторов является система игольчатый электрод - перфорированный электрод (рис.1.1 а), так как при этом достигается наиболее стабильная концентрация озона и аэроионов.

Недостатком системы игольчатый электрод - остриевой электрод (рис.1.1 в) является малая производительность по озону, так как внутренний остриевой электрод не соприкасается со стеклянным диэлектриком и при этом образуется больше аэроионов.

Разрядная система проволочный электрод - трубчатый электрод (рис.1.1 б) позволяет получить большую производительность, устройства по озону, которая может быть использована для дезинфекции животноводческих помещений.

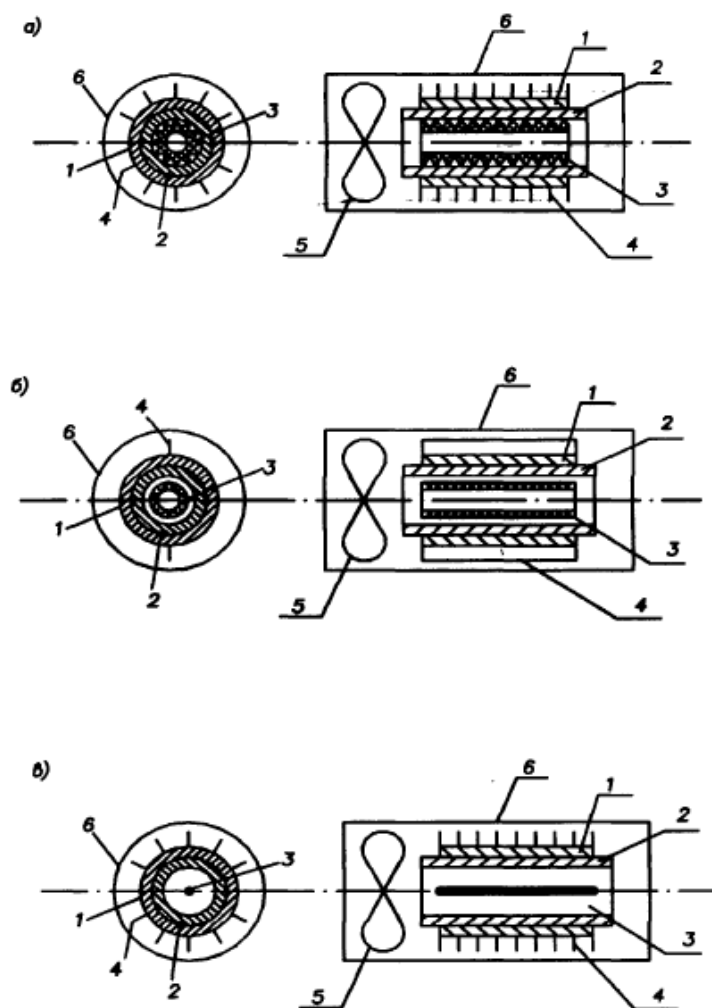


Рисунок 1.1. - Электродные разрядные системы проточных ионизаторов-озонаторов: а - игольчатый электрод - перфорированный электрод; б - проволочный электрод - трубчатый электрод; в - игольчатый электрод - острейевой электрод; 1 – наружный электрод; 2 - барьер; 3 - внутренний электрод; 4 - иголка (проволока); 5 - вентилятор; 6 - воздуховод.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бахриев Н.Ф. и др. Применение аэроионизационной системы с радиоактивными ионизаторами в животноводческих помещениях // Труды ВИЭСХ, т. 22, 1968, с. 17-22.
2. Бородин И.Ф., Сторчевой В.Ф. Динамические режимы работы локальных ионизаторов-озонаторов в зоне дыхания животных и птицы // Доклады РАСХН, 2000, № 6, с. 46-47.
3. Трушкин, В.А. Оценка надежности электрических систем в условиях эксплуатации. / В.А. Трушкин, А.А. Спиридонов, Ю.В. Иванкина // Аграрный научный журнал. – 2015. - № 5. - С. 55-58.

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. Под редакцией Трушкина В.А. - 2017. С. 93-96.
5. Иванкина, Ю.В. Повышение надежности системы электроснабжения в сельском хозяйстве / Ю.В. Иванкина, Д.П. Неструев // 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.

А.Н. Соболев, И.В. Пациров, Д.А. Мова

Кубанский государственный аграрный университет
имени И.Т. Трубилина, г. Краснодар

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОМЕХИ В ЭЛЕКТРОПРИВОДАХ

Аннотация. Раскрываются причины возникновения электромагнитных помех в электроприводе, их классификация и способы борьбы с ними.

Ключевые слова: электромагнитные помехи, электропривод, статические преобразователи.

Для уменьшения уровня электромагнитных помех, создаваемых статическими регуляторами электропривода, необходимо определить причины их возникновения [1]. Электромагнитные помехи возникают при нормальной работе электропривода, они связаны с принципами их работы: широтно-импульсная модуляция напряжения, коммутация силовых полупроводниковых приборов. Помехи возникают также в аварийных ситуациях: нарушение алгоритма работы полупроводниковых приборов, короткие замыкания, перегрузки по току.

Кроме того, электромагнитные помехи формируются при воздействии разных факторов, основными из которых являются: случайные изменения параметров электроэнергии на входе и выходе статического устройства; случайные отклонения параметров системы управления.

Рассмотрим воздействие этих факторов на электропривод, питание которого осуществляется трехфазной системой напряжения переменного тока с частотой 50 Гц. На сеть, к которой подключен электропривод, случайным образом воздействуют различные потребители, в том числе нелинейные и несимметричные. В результате напряжение в сети становится несинусоидальным и случайной функцией времени, что приводит к

возникновению дополнительных помех при работе регулируемого электропривода.

Происходят постоянные случайные изменения параметров нагрузки – момента сопротивления валу электропривода. Т. е. случайной функцией времени являются статические и динамические моменты на валу электродвигателя. Такие колебания наблюдаются в электроприводах разного назначения.

К сбою в работе системы управления электроприводом, выполненным на аналоговых элементах, приводит, как правило, разброс параметров этих элементов и влияние на их характеристики температуры. Если система управления выполнена на цифровых элементах, то причины отклонений в основном связаны с неточностью определения перехода напряжения сети через нулевые значения, что приводит к отклонению угла управления силовыми полупроводниковыми приборами.

Электромагнитные помехи приводят к тому, что скорость двигателя изменяется не в соответствии с полезным входным сигналом, а совершает случайные колебания около желаемого значения. Уменьшить уровень электромагнитных помех, создаваемых статическим регулятором напряжения, можно за счёт установки на его входе пассивных LC-фильтров, улучшением характеристик элементной базы, применяемой в системах

управления и защиты электропривода, а также оптимизацией его режимов работы с учётом режимов работы нагрузки [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Григораш О.В. К вопросу электромагнитной совместимости основных узлов систем автономного электроснабжения / О.В. Григораш,

А.В. Дацко, С.В. Мелехов // Промышленная энергетика. – 2001. – № 2. – С. 44–47.

2. Атрощенко В.А. Оценка эффективности и выбор оптимальной структуры систем автономного электроснабжения / В.А. Атрощенко, О.В. Григораш, В.В. Семякин, В.В. Ланчу // Промышленная энергетика. – 1997. – № 6. – С. 24–27.

УДК 621.315

В.А. Солдатов, В.А. Полонский

ФГБОУ ВО Костромская государственная сельскохозяйственная академия

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ 35 КВ ПО УРАВНЕНИЯМ ОТНОСИТЕЛЬНО ТОКОВ

Аннотация. Важной задачей в электрических сетях является задача определения места повреждения (ОМП). В электрических сетях класса 110 кВ и выше с глухозаземленной нейтралью разработаны дистанционные методы и устройства ОМП. В этих сетях длины линий и отключающие мощности большие и поэтому оправдываются дорогие приборы. В распределительных сетях 6-10-35 кВ с изолированной нейтралью замыкания на землю не являются короткими замыканиями и их определить сложно. Существующие дистанционные приборы определяют только короткие замыкания между фазами и только при металлических замыканиях. Поэтому для распределительных электрических сетей 6-10-35 кВ необходимо разрабатывать свои методы ОМП. В данной работе предложен метод ОМП по матричным уравнениям относительно токов в начале и в конце линии.

Анализ результатов расчетов показал, что погрешность ОМП при металлическом замыкании не превышает 1%, за исключение режима замыкания с обрывом, когда погрешность достигает 4%. При замыкании через переходное сопротивление погрешность составляет также менее 1%, за исключением режимов однофазного и двойного замыкания на землю, когда погрешность составляет от 8% до 17%. Существующие дистанционные приборы ОМП работают с погрешностью 3-20% и не определяют режимы с замыканиями на землю и обрывами. Кроме того, они неверно работают при повреждениях через переходное сопротивление. Рассмотренная методика ОМП позволяет это делать с достаточной для практического применения точностью.

Ключевые слова: место повреждения, электрическая сеть, погрешность, металлическое замыкание, замыкание через переходное сопротивление.

Определение места повреждения (ОМП) в сельских распределительных электрических сетях 6-10-35 кВ является актуальной задачей [1]. Существующие методы и приборы ОМП эффективны для электрических сетей класса 110 кВ и выше. Их эффективность обусловлена достаточной мощностью отключения при аварийных режимах и относительно небольшой их стоимостью по сравнению с их экономической эффективностью. Одним

из таких устройств является микропроцессорный прибор СИРИУС-2-ОМП [2], который по паспортным данным предназначен для сетей 6-750 кВ. Однако этот прибор эффективно работает только при металлических коротких замыканиях в сетях с глухозаземленной нейтралью. В распределительных сетях 6-10-35 кВ с изолированной нейтралью этот прибор не эффективен, так как он не определяет режимы с однофазными замыканиями на

землю и обрывами, которые составляют порядка 70% от всех аварийных режимов в сетях 6-10-35 кВ.

Ранее в работах [3] рассмотрен метод ОМП по аналитическим критериям. Получены квадратные уравнения для каждого вида аварийного режима (АР). Их решением является расстояние до точки повреждения вдоль длины линии. Однако эта методика дает большую погрешность (до 17%) при замыканиях через переходное сопротивление.

Чтобы устранить этот недостаток получены уравнения четвертой степени относительно токов, также позволяющие определить расстояние до точки повреждения. Считается, что осуществляется двухсторонний замер (известны напряжения и токи в начале и токи в конце линии).

Расчетная схема представлена на рисунке 1. На нем представлены два участка линии и место повреждения.

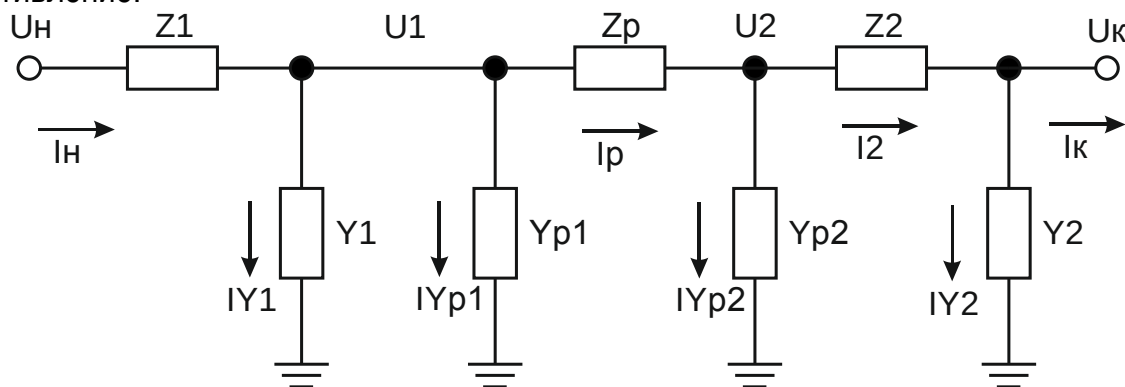


Рисунок 1- Расчетная схема линии с местом повреждения

На рисунке 1 обозначено:

$Z1$ - квадратная матрица продольных сопротивлений ЛЭП-1;

$Y1$ - квадратная матрица поперечных проводимостей ЛЭП-1;

Zp - квадратная матрица сопротивлений повреждения;

$Yp1$ - квадратная матрица проводимостей повреждения (для моделирования замыканий фаз до обрыва);

$Yp2$ - квадратная матрица проводимостей повреждения (для моделирования замыканий фаз после обрыва);

$Z2$ - квадратная матрица продольных сопротивлений ЛЭП-2;

$Y2$ - квадратная матрица поперечных проводимостей ЛЭП-2;

$Uн, Iн$ - столбовые матрицы напряжений и токов в начале линии;

$Uк, Iк$ - столбовые матрицы напряжений и токов в конце линии;

Ip - столбовая матрица токов через сопротивления Zp ;

$I2$ - столбовая матрица токов через сопротивления $Z2$.

Исходные матричные уравнения относительно расчетной схемы имеют вид:

$$\begin{aligned} Uн - U1 &= Z1 \cdot Iн \\ U1 - U2 &= Zp \cdot Ip \\ U2 - Uк &= Z2 \cdot I2 \\ IY1 &= Y1 \cdot U1 \\ IYp1 &= Yp1 \cdot U1 \\ IYp2 &= Yp2 \cdot U2 \\ IY2 &= Y2 \cdot Uк \\ Iн &= IY1 + IYp1 + Ip \end{aligned} \quad (1)$$

$$Ip = IYp2 + I2 \quad I2 = IY2 + Iк$$

Из (1) получено матричное уравнение относительно токов $Iн$ и $Iк$

$$-Iн + Y1 \cdot U1 + Yp1 \cdot U1 + Yp2 \cdot U2 + Y2 \cdot Uк + Iк = 0 \quad (2)$$

Из (1) – (2) получено уравнение четвертой степени относительно расстояния L до точки повреждения.

$AI \cdot L^4 + BI \cdot L^3 + CI \cdot L^2 + DI \cdot L + EI = 0$ (3)
где AI, BI, CI, DI, EI столбцовые матрицы, зависящие от параметров линии и места повреждения. Выделяя из уравнения (3) первую, вторую и третью строку получим уравнения четвертой степени соответственно для фаз А, В, С.

Результаты расчетов при двухстороннем замере по токам приведены в таблице 1 как при металлическом замыкании, так и при замыкании через переходное сопротивление.

Таблица 1-Погрешность ОМП при металлическом замыкании и при замыкании через переходное сопротивление

Вид режима	Расстояние до точки повреждения, км	Металлическое замыкание		Замыкание через переходное сопротивление	
		Рассчитанное расстояние до точки повреждения, км	Погрешность, %	Рассчитанное расстояние до точки повреждения, км	Погрешность, %
1	2	3	4	5	6
А-0	0	0.000	0	1.423	3.55
	10	9.995	0.05	11.651	-16.51
	20	19.990	0.05	21.961	-9.80
	30	29.985	0.05	32.410	-8.03
	40	39.981	0.05	43.12	-7.8
А-В	0	0.000	0	0.070	0.17
	10	10.000	0	9.928	0.72
	20	20.000	0	19.927	0.36
	30	30.000	0	29.926	0.24
	40	40	0	39.924	0.19
А-С	0	0.000	0	0.039	0.09
	10	10.000	0	10.039	-0.39
	20	20.000	0	20.040	-0.2
	30	30.000	0	30.041	-0.13
	40	40	0	40.041	-0.10
А-В-С	0	0.000	0	0.075	0.18
	10	10.000	0	10.069	-0.69
	20	20.000	0	20.065	-0.32
	30	30.000	0	30.061	-0.20
	40	40	0	40.058	-0.14
А-0 + В-0	0	0.000	0	1.956	4.89
	10	10.000	0	8.292	17.08
	20	20.000	0	18.487	7.56
	30	30.000	0	28.644	4.52
	40	40.001	-0.01	38.772	3.07
А-0 +С-0	0	0.000	0	0.168	0.42
	10	10.000	0	10.173	-1.73
	20	20.000	0	20.179	-0.89
	30	30.000	0	30.184	-0.61
	40	40	0	40.19	-0.47
обрА	0	0.007	0,018	0.007	0.02
	10	10.003	-0.03	10.003	-0.03
	20	19.999	0.01	19.999	0.01
	30	29.995	0.01	29.995	0.01
	40	40.078	-0.19	40.078	-0.19
А0+обрА	0	0.001	0,01	0.077	0.19

	10	10.420	-4.2	9.919	0.81
	20	20.834	-4.17	19.916	0.42
	30	30.967	-3.22	29.918	0.27
	40	40.017	-0.05	36.837	7.90
обрА+А0	0	0.006	0,015	0.006	0.01
	10	10.004	-0.04	10.004	-0.04
	20	20.001	-0.01	20.002	-0.01
	30	30.000	0	30.000	0
	40	39.998	0.01	39.998	0.01

Анализ результатов расчетов, представленных в таблице 1 показал, что погрешность ОМП при металлическом замыкании не превышает 1%, за исключение режима А0-обр.А, когда погрешность достигает 4%. При замыкании через переходное сопротивление погрешность составляет также менее 1%, за исключением режимов: А-0 (до 16,5%), А0-В0 (до 17%), А0+обр.А (до 8%). Надо отметить, что существующие дистанционные приборы ОМП работают с погрешностью 3-20% и не определяют режимы с замыканиями на землю и обрывами. Кроме того, они неверно работают при повреждениях через переходное сопротивление.

Рассмотренная методика ОМП позволяет это делать с достаточной для практического применения точностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аржанников, Е. А. Методы и приборы определения мест повреждения на линиях электропередачи / Е. А. Аржанников, А. М. Чухин. - М. : НТФ «Энергопресс», 1998. - 87 с.
2. Устройство определения места повреждения на воздушных линиях электропередачи «Сириус-2-ОМП». Руководство по эксплуатации. Москва: 2012. — 64 С.
3. Солдатов, В.А. Определение места аварийных режимов по аналитическим критериям в электрических сетях 35 кВ [Текст] / В.А. Солдатов, М.И. Мелешко, В.А. Полонский //.- Сборник статей заочной международной научно-практической конференции молодых ученых «Актуальные вопросы развития науки и технологий».-2017,- С. 281-284.

УДК 621. 313

В.В. Соловьёв

Саратовский Государственный Аграрный Университет имени Н.И.Вавилова,
г. Саратов

БУНКЕР АКТИВНОГО ВЕНТИЛИРОВАНИЯ НА ЭЛЕВАТОРЕ

Аннотация. В статье рассмотрены основные вопросы хранения зерна, достоинства и недостатки бункера активного вентилирования зерна.

Ключевые слова: зерно, элеватор, хранение, электродвигатель.

Правильная организация хранения зерна позволяет полностью сохранить его качество и свести к минимуму потери массы. Успех хранения зависит от подготовки хранилищ и партий зерна, соблюдения режима хранения. В какой бы стадии зрелости ни было убрано зерно, в период хранения в нем происходят

процессы послеуборочного дозревания. Процессы эти протекают медленно и сопровождаются усиленным дыханием зерна и выделением некоторого количества влаги, которая должна испаряться в окружающее пространство, иначе зерно отпотеет (увлажняется). Хранение такого зерна во влажном

состоянии и без достаточного проветривания приводит к его порче.

Зерно хранят в специальных хранилищах — элеваторах. Перед загрузкой нового урожая его обеззараживают — проводят дезинсекцию влажным, аэрозольным или газовым способами. Дезинсекции подвергают всё оборудование, перевозочные средства, тару. Перед загрузкой в бункер зерно сушат, очищают от семян сорняков, комочков земли и другого сора. В некоторых случаях проводят химическое консервирование партии зерна. Высота насыпи семенного зерна пшеницы, ржи, ячменя, овса и гречихи (с влажностью ниже критической на 1,5—2%) в силосах элеватора до 30 м, проса, гороха и риса — до 15 м.

Существуют два способа хранения зерна. Первый самый простой способ выглядит так: партию зерна перед загрузкой в бункер элеватора проходит предварительную очистку от различных примесей (сорняков, земли и т.д.) после этого зерно засыпается в бункер, в котором на разном уровне установлены датчики температуры. В процессе хранения за температурой зерна ведется постоянное наблюдение и как только температура в бункере превышает определенное значение, зерно при помощи транспортерных лент норий и другого оборудования пересыпают в другой бункер. Такой способ называется «перегонка», то есть при повышении температуры зерно перегоняют из одного бункера в другой. Во время перегонки зерна по лентам, нориям и др. оборудованию проходит довольно длинный «путь» вследствие чего охлаждается, подсушивается и попадает в другой аналогичный бункер. В этом бункере зерно храниться еще какое-то время до тех пор, пока температура зерновой массы снова не начнет подниматься, как только

это происходит процесс «перегонки» повторяют. В данном способе хранения есть множество недостатков, основным из которых являются большие энергозатраты.

Второй - наименее энергозатратный способ - это активное вентилирование. Данный способ заключается в том, что растительную массу продувают воздухом определенного состава, температуры и влажности для создания оптимальных условий её хранения. Применяется для подсушки и временной консервации зерна. При хранении зерна, сахарной свёклы, картофеля, овощей, репе плодов, а также при сушке сена. Основные элементы системы активного вентилирования служат вентилятор и возду�ораспределительные каналы. Воздух подаётся вентилятором в систему распределительных каналов, расположенных, как правило, под полом хранилища, а из них равномерно проходит через весь слой хранящейся продукции. В соответствии с особенностями технологии хранения разных видов продукции в системах активного вентилирования предусматриваются устройства для подсушивания, охлаждения, увлажнения, поддержания оптимальных условий. Например, при необходимости охлаждения воздуха вентилятор сочетают с холодильными установками (в канале подачи воздуха после вентилятора монтируется испаритель холодильной машины), при необходимости подогрева воздуха в систему активного вентилирования подключают калориферы; изучается возможность подачи в массу хранящейся продукции антисептиков и физиологически активных регуляторов обмена веществ. Для активного вентилирования используют осевые и центробежные вентиляторы, эффективность работы которых определяется давлением подаваемого воздуха и удельной подачей воздуха ($\text{м}^3/\text{т}$ в

ч). Последний показатель зависит от биологических особенностей продукции, степени вызревания, погодных условий в период уборки, климатических условий зоны, целей и сроков хранения. Сопротивление массы хранящейся продукции прохождению потока воздуха существенно зависит от размеров продукции или величины воздушных промежутков между ними.

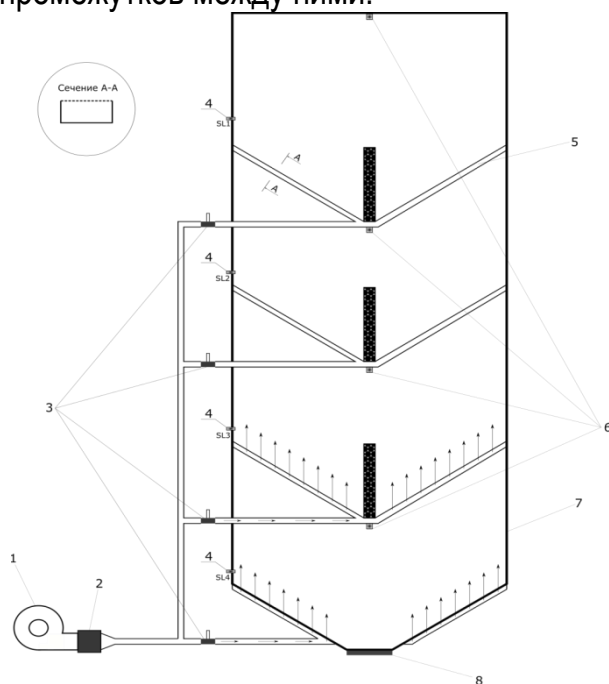


Рисунок 1 – Бункер активного вентилирования:

1 – вентилятор; 2 – электрокалорифер; 3 – электромагнитный клапан; 4 – датчики уровня; 5 – металлический профиль с отверстиями; 6 – датчики влажности и температуры; 7 – бункер; 8 – люк выгрузки; 9 – люк загрузки.

Бункер представляет собой цилиндр (8), внутри которого располагается металлический профиль с отверстиями (5), профиль расположен крестообразно на разных уровнях. Вентилятор (1) и электрокалорифер (2) подает воздух или агент сушки, который через воздухораспределительные трубки нагнетается в профиль и через отверстия попадает в зерновую массу. Поток воздуха нагнетаемого в бункер регулируется электромагнитными клапанами (3), таким

образом, агент сушки попадает в ту часть зерновой массы, куда это необходимо. Для работы схемы управления и контроля заполнения бункера в корпус металлического цилиндра вставлены датчики уровня (4). Датчики влажности и температуры (6) расположены снизу на пересечении профилей и верхней крышке бункера. Загрузка и выгрузка осуществляется при помощи лючков загрузки (9) и люка выгрузки (8). Для увеличения площади вентилирования и схода зерна при выгрузке из бункера, металлический профиль установлен под углом приблизительно 30 градусов.

К достоинствам данного бункера можно отнести следующее:

1. Отсутствие механически подвижных частей. Подача воздуха в бункер регулируется электромагнитными клапанами, это обеспечивает более стабильную работу.

2. Многоуровневый контроль температуры зерна. Несколько датчиков температуры, установленные на разных уровнях, обеспечивают более точный контроль над температурой зерна. При повышении температуры зерновой массы система более быстро реагирует и принимает соответствующие меры.

3. Более равномерное вентилирование. Зерновая масса, находясь в бункере, имеет разную плотность. Плотность снизу больше, так как верхние слои зерна давят на нижние, и агенту сушки сложнее проникнуть в зерновую массу, следовательно, в разных частях бункера требуется разное время для сушки. В данном бункере наряду с датчиками температуры установлены и датчики влажности, вентилирование зерновой массы происходит не целиком, а частями начиная с нижнего уровня, а это в свою очередь позволяет высушивать зерновую массу более равномерно.

Как и любого устройства, наряду с достоинствами существует и ряд недостатков:

1. Большое количество датчиков. Высокий уровень контроля требует и большое количество датчиков, а это в свою очередь требует дополнительных финансовых затрат.

2. Ограниченный доступ к датчикам. Датчики температуры и влажности находятся внутри бункера и засыпаются зерновой массой. При выходе, какого либо датчика из строя для его замены необходимо ссыпать зерно из бункера и только после этого производить замену.

3. Сложная схема автоматического управления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

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 Трощкина 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. Нестовев // В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК Материалы IX международной научно-практической конференции. Под общ. ред. Трощкина В.А. - Саратов: ООО «ЦеСАин», 2018. - С. 46-48.

УДК 621.31

Д.Ю. Сохинов, О.В. Логачёва

Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова,
г. Саратов

Компенсация реактивной мощности

Аннотация: В статье рассмотрена система компенсации реактивной мощности, причины возникновения реактивной мощности, вопросы компенсации реактивной мощности.

Ключевые слова: Реактивная мощность, компенсация реактивной мощности, система компенсации реактивной мощности.

Минимальные потери энергии очень важны для крупных предприятий, где объемы потребляемой электрической энергии велики. Если каждый участок пути от производителя до потребителя имеет минимальные потери, то такое использования энергии называют рациональным. Одним из важных факторов минимизации является компенсация реактивной энергии.

Основными потребителями реактивной энергии на различных предприятиях являются асинхронные двигатели (60 - 65

%) общего потребления), трансформаторы (20—25 %), вентильные преобразователи, реакторы, воздушные электрические сети и прочие приемники (10%). Показателем потребления реактивной мощности является коэффициент мощности (КМ), численно равный косинусу угла (φ) между током и напряжением. КМ потребителя определяется как отношение потребляемой активной мощности к полной, действительно взятой из сети, т.е. $\cos(\varphi)=P/S$ [1].

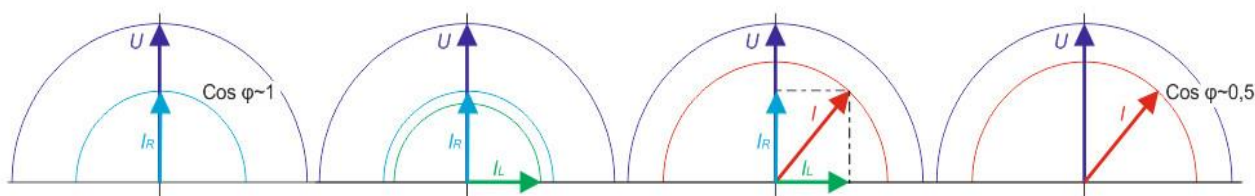


Рисунок 1 - Векторная диаграмма реактивной мощности

Чтобы компенсировать реактивную мощность, которую потребляют электроустановки промышленного предприятия, используют синхронные компенсаторы, синхронные двигатели и конденсаторы.

Синхронные компенсаторы – это двигатели с облегченной конструкцией на валу. Они могут выступать в режиме генерирования реактивной мощности, но и так же могут быть ее потребителями. Синхронные двигатели, применяемые для электропривода, в основном изготавливают с коэффициентом мощности 0,9 при опережающем токе. Такие двигатели являются эффективным средством компенсации реактивной мощности. Максимальное значение реактивной мощности будет зависеть от подводимого напряжения к двигателю и его загрузки активной мощностью.

Конденсаторы – это специальные емкости, которые предназначены для выработки реактивной мощности, которые могут выступить только в роли генератора. Конденсаторы изготавливают на номинальные напряжения 660 В и ниже мощностью 12,5 — 50 квар в трех- и однофазном исполнении, а на 1050 В и выше мощностью 25 — 100 квар — в однофазном исполнении. Из таких элементов собираются батареи конденсаторов различной мощности. Такая схема батареи определяется техническими данными конденсаторов и их режимом работы в системе электроснабжения [1].

Статические конденсаторы являются наиболее распространенным средством компенсации реактивной

мощности. Главными достоинствами таких конденсаторов являются:

- отсутствие вращающихся частей и малая масса установки, а благодаря этому отсутствие необходимости в фундаменте;
- более простая и дешевая эксплуатация, чем других компенсирующих устройств;
- возможность установки статических конденсаторов в любой точке сети, например группами в цехах или крупными батареями.

Кроме того, выход из строя отдельного конденсатора не отражается на работе всей конденсаторной установки [2,3].

Данные виды устройств помогают уменьшить реактивную мощность, что в конечном итоге приводит к экономии средств на оплату электроэнергии, а также помогают сократить прочие расходы на электроэнергию. Следует учитывать то, что в электрической сети должен быть соблюден баланс мощности, то есть энергии должно быть произведено столько, сколько потом будет израсходовано. Важным элементом данного баланса является реактивная энергия. Конденсаторы для компенсации реактивной мощности позволяют избежать потерь от действия реактивной энергии, не нарушая при этом баланса мощности.

Применение установок компенсации реактивной мощности эффективно на предприятиях, где используются станки, компрессоры, насосы, сварочные трансформаторы, электропечи, электролизные установки и прочие потребители энергии с переменной

нагрузкой [3]. То есть на производствах металлургической, горнодобывающей, сельскохозяйственной, пищевой промышленности, в машиностроении, деревообработке и производстве стройматериалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баламетов, А.Б. Исследование решения задачи оптимизации режимов электрических сетей по напряжению и реактивной мощности методом последовательной линеаризации и линейного

программирования /А.Б. Баламетов, Г.С. Мусаханова, Э.Д. Халилов // Электричество, 2003. - № 3.

2. 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.

3. 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.

УДК 621.31

Д.Ю. Сохинов

Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, г. Саратов

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Аннотация: В статье рассмотрены современные тенденции внедрения в АПК. Целью статьи является изучение инновационного прогресса в агропромышленном комплексе и сельском хозяйстве.

Ключевые слова: Инновации, сельское хозяйство, АПК, научно-технический прогресс.

Инновационный процесс - это преобразование научной идеи в конкретный продукт. Этот процесс направлен на создание новых товаров, обеспечивающих экономический, технический, экологический эффект. В результате этого появляются новые продукты и технологии, а это важная сторона научно-технического прогресса

Рыночная конкуренция является одной из самых главных побудителей инновационной деятельности. Из-за использования устаревшей техники и технологий сельскохозяйственные предприятия несут убытки, поэтому они вынуждены применять различные инновации в своей сфере.

Одним из инновационных достижений в сельском хозяйстве служит ферма в стиле «Uber». Данная ферма дает возможность каждому желающему получить свой огород и урожай, но при этом не нужно заботиться о реальном огородничестве и обрабатывать землю.

Такая идея позволит получить экологически чистые фрукты и овощи сразу же от производителя через интернет-портал. Когда производится заказ, то система автоматически подбирает огородников, которые готовы выращиваться и предоставлять продукты. Каждый человек может следить за созреванием и сбором своего урожая.

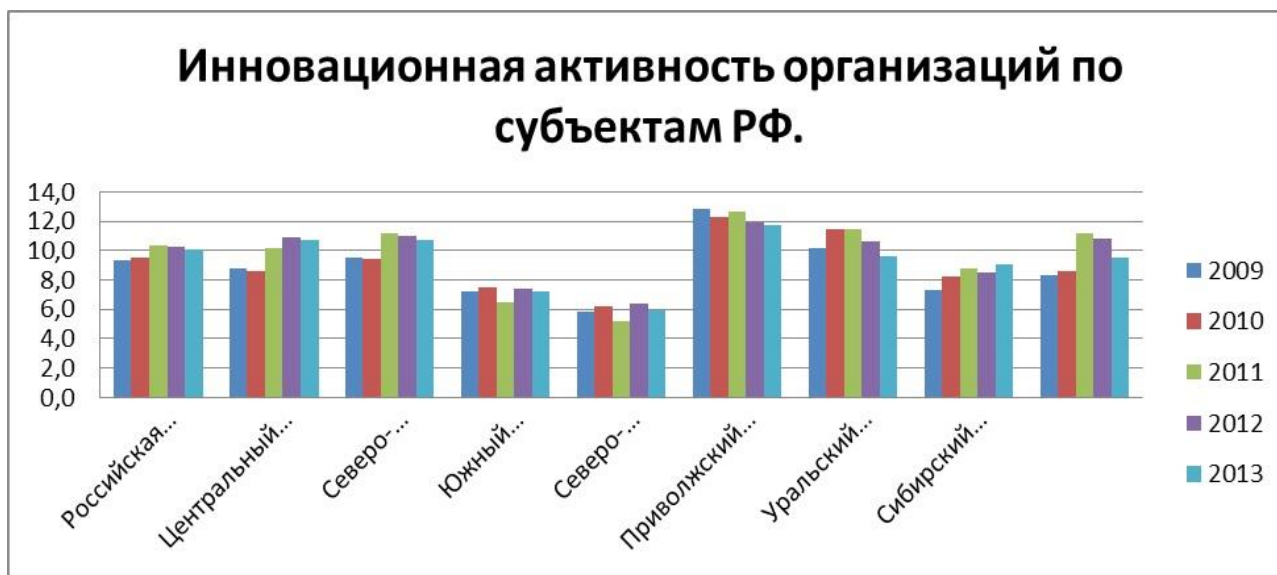


Рисунок 1. Инновационная активность организации по субъектам РФ.

Следующим примером инноваций в сельскохозяйственной деятельности является устройство для распыскивания химикатов - гексокоптер. Беспилотный аппарат уже широко применяется в сельском хозяйстве. Такой дрон может поднимать до 10 литров жидкости и находится с ней в воздухе до 12 минут. За один вылет гексакоптер способен обработать до 1 Га.

Данный аппарат имеет складной механизм и легкие, но прочные материалы, что делает его удобным для перевозки. Беспилотник оснащён полётным контроллером, который позволяет управлять аппаратом в автоматическом режиме, при этом не имея особых навыков пилотирования. Автопилот считывает с датчиков информацию о своём местоположении и движении, но при желании можно спланировать весь полет на ноутбуке. Конструкция дрона позволяет использовать различные форсунки в зависимости от типа химиката.

У беспилотника имеются 4 форсунки, что позволяет обрабатывать ряд шириной от двух до шести метров. Гексакоптер снабжён лазерным радаром, способным определять высоту с точностью до 5 см., а

простая система крепления позволяет менять аккумуляторы за доли мгновения.

Уборочные транспортеры являются полуавтоматическим оборудованием для уборки овощных культур и сельскохозяйственной продукции, которая может передвигаться по ленте транспортера. Элементы машины представляют собой модули, которые можно изменить по требованию к уборке.

Ленты приводятся в движение гидравлическими моторами, которые управляются при помощи двух пультов или при помощи рычагов распределителя в кабине трактора. По запросу может быть установлена независимая гидравлическая система.

Для транспортировки по дорогам транспортеры переводятся в транспортное положение. Ленты складываются при помощи 2 систем: ручная и гидравлическая, подключаемая к трактору. Для моделей с пультом управления необходимо подключения к электрической сети трактора через гнездо прикуривателя или розетку.

Транспортеры могут быть как навесными, с оборудованными лапками так и полунавесными, с оборудованными колесами. Данное оборудование

устанавливается на тракторы с 3-х точечной навеской и гидравлическим подъемным устройством.

Таким образом, можно утверждать, что инновации в сельском хозяйстве имеют значимое влияние. Роль инноваций в современном обществе трудно переоценить.

Они выполняют экономическую и социальную функцию, охватывая все стороны жизни человека.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голубев А.В. Основы инновационного развития российского АПК: Монография. М.: изд-во РГАУ-МСХА, 2015. С. 26.

2. 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.

3. Экспертный портал «Справочник Эколога» [электронный ресурс] – режим доступа: <https://ekoshka.ru/innovacionnye-tehnologii-v-selskom-hozjajstve/>

4. 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.

5. Национальный доклад об инновациях 2016 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.rvc.ru/upload/RVK_innovation_2016_v.pdf

УДК 621.313

Д.Ю. Сохинов, О.В. Логачёва

Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова,
г. Саратов

НАДЕЖНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Аннотация: В статье рассмотрен вопрос применения различных методов диагностики для повышения надежности электрооборудования. Раскрыты особенности повышения надежности работы электрических сетей

Ключевые слова: электрооборудование, надежность работы электрооборудования, методы диагностики электрооборудования, испытания электрооборудования

Опыт электрификации сельского хозяйства показывает, что без хорошей работы энергетической службы только увеличение числа электроустановок не дает ожидаемого роста эффективности производства и не позволяет полностью использовать возможности электрооборудования. Эксплуатационная надежность электрооборудования пока еще не удовлетворяет в достаточной мере требованиям сельскохозяйственного производства. Электродвигатели выходят из строя в 1,5...3 раза чаще, чем регламентировано в нормативной документации. Затраты на техническую эксплуатацию за срок нормативной

окупаемости в 4...10 раз превышает стоимость нового электрооборудования. Все это снижает выпуск продукции и увеличивает ее себестоимость. Поэтому улучшение эксплуатации электрооборудования – одна из главных задач на современном этапе электрификации сельского хозяйства [2, 3].

Для того чтобы определить техническое состояние электрооборудования, необходимо, с одной стороны, установить, что и каким способом следует контролировать, а с другой стороны – решить, какие средства для этого потребуются.

Центральной задачей диагностики является поиск неисправных элементов, т. е. определение места, а возможно, и причины появления отказа. Для электрооборудования такая задача возникает на различных этапах эксплуатации. В силу этого, диагностика является эффективным средством повышения надежности электрооборудования в процессе его эксплуатации.

Процесс поиска неисправностей в установке обычно включает в себя следующие этапы:

- логический анализ имеющихся внешних признаков, составление перечня неисправностей, которые способны привести к отказу,
- выбор оптимального варианта проверок,
- переход к осуществлению поиска неисправного узла.

Помимо поиска отказавших элементов понятие технической диагностики охватывает также процессы контроля технического состояния электрооборудования в условиях применения его по назначению. При этом лицо, осуществляющее эксплуатацию электрооборудования, определяет соответствие выходных параметров агрегатов паспортным данным или ТУ, выявляет степень износа, необходимость регулировок, потребность в замене отдельных элементов, уточняет сроки проведения профилактических мероприятий и ремонтов.

Применение диагностирования позволяет предупредить отказы электрооборудования, определить его пригодность для дальнейшей эксплуатации, обоснованно установить сроки и объемы ремонтных работ. Диагностирование целесообразно проводить как при применении

существующей системы планово-предупредительных ремонтов и технических обслуживании электрооборудования (система ППР), так и в случае перехода к новой, более совершенной форме эксплуатации, когда ремонтные работы выполняются не через определенные заранее установленные сроки, а по результатам диагноза, если сделано заключение о том, что дальнейшая эксплуатация может привести к отказам или становится экономически нецелесообразной [4].

При применении новой формы обслуживания электрооборудования в сельском хозяйстве следует проводить:

- техническое обслуживание согласно графикам,
- плановое диагностирование через определенные периоды или наработки,
- текущий или капитальный ремонты по данным оценки технического состояния.

Условно структура технической диагностики для любого типа и назначения оборудования представлена на рисунке 1. Она характеризуется двумя взаимопроникающими и взаимосвязанными направлениями: теорией распознавания и теорией контролеспособности. Теория распознавания изучает алгоритмы распознавания применительно к задачам диагностики, которые обычно могут рассматриваться как задачи классификации. Алгоритмы распознавания в технической диагностике частично основываются на 5 1. Основные понятия и положения технической диагностики на диагностических моделях, устанавливающих связь между состояниями технической системы и их отображениями в пространстве диагностических сигналов. Важной частью проблемы распознавания являются правила принятия решений.

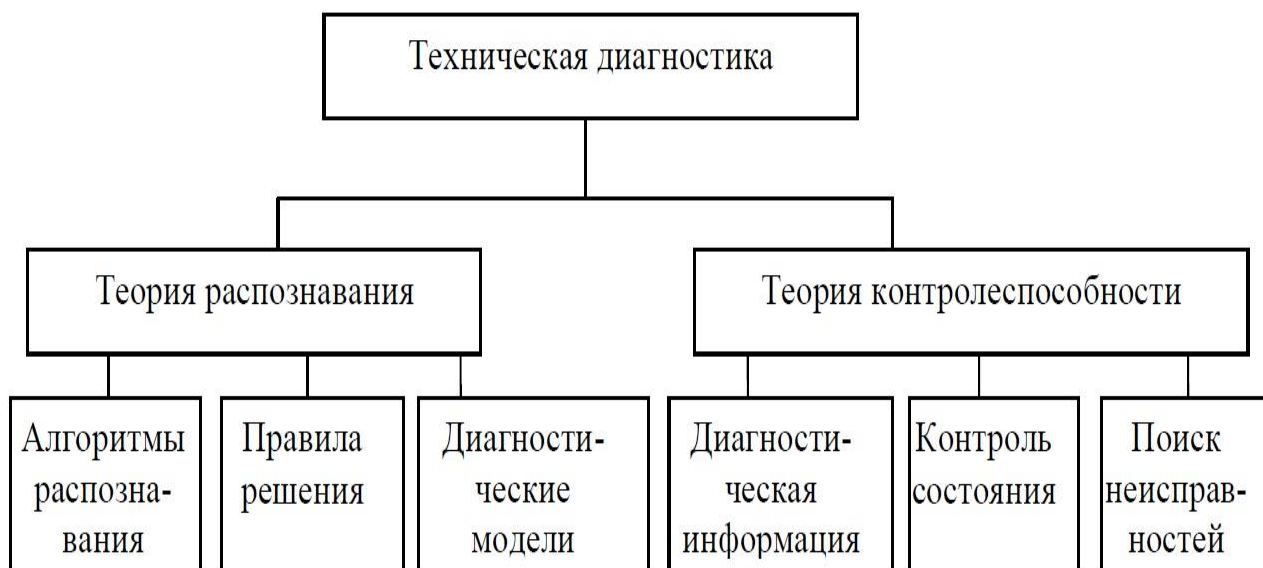


Рисунок 1 – Структура технической диагностики

Контролеспособностью называется свойство изделия обеспечивать достоверную оценку его технического состояния и раннее обнаружение неисправностей и отказов. Основной задачей теории контролеспособности является изучение средств и методов получения диагностической информации [1]. Существуют различные методы технического диагностирования:

виброакустический, тепловизионный, метод акустической эмиссии.

Виброакустический метод используют с помощью различных приборов для измерения вибрации [1]. Вибрация оценивается по виброперемещению, виброскорости или виброускорению. Оценка технического состояния этим методом осуществляется по общему уровню вибрации в диапазоне частот 10 - 1000 Гц или по частотному анализу в диапазоне 0 - 20000 Гц.

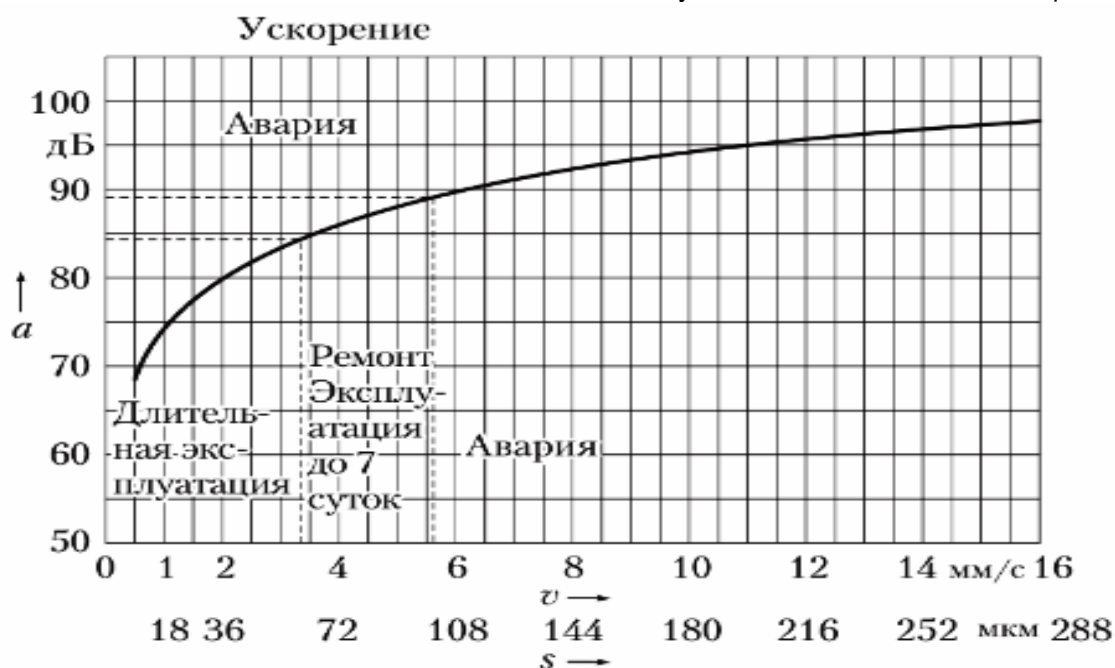


Рисунок 2 -Взаимосвязь параметров вибрации

Тепловизионный (термографический) метод реализуется с помощью пирометров. Тепловизоры определяют температуру в определенной части поверхности объекта, что позволяет выявить зарождение дефектов.

Метод акустической эмиссии реализован на регистрации высокочастотных сигналов в металлах и керамике при возникновении микротрещин, по окончании развития трещины он исчезает. При использовании данного метода применяют различные способы нагрузки объектов, для более точного диагностирования. Метод частичных разрядов используют для выявления дефектов в изоляции высоковольтного оборудования. В изоляции электрооборудования образуются локальные заряды различной полярности, при разнополярных зарядах возникает искра (разряд). Частота этих разрядов изменяется в диапазоне 5 - 600 кГц, такие разряды имеют различную мощность и длительность.

Системы постоянной диагностики улучшают эксплуатацию электрооборудования. Современные высоковольтные выключатели и силовые трансформаторы оснащены системами мониторинга. Такие системы реагируют на любые изменения характеристик оборудования, которое находится в работе.

Любое изменение характеристик передается обслуживающему персоналу, чтобы предупредить об отказе электрооборудования [5]. Качество электрооборудования и его постоянный мониторинг - позволяет добиться высоких показателей надёжности энергоснабжения и качества передаваемой электроэнергии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волков, Н. Г. Надёжность функционирования систем электроснабжения: учебное пособие / Н.Г. Волков – Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – 157 с.
2. Лошкарёв, И. Ю. Стратегии технического обслуживания и ремонта асинхронных двигателей / И.Ю. Лошкарёв, О.В. Логачева, А.В. Волгин // В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК, материалы VIII международной научно-практической конференции. – Саратов: Саратовский ГАУ, 2017.
3. 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.
4. 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.
5. Спиридонов, А.А. К вопросу оптимизации надёжности электрических систем / А.А. Спиридонов, О.В. Логачева // В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК, материалы VII международной научно-практической конференции. – Саратов: Саратовский ГАУ, 2016.

УДК 631.223.2:628.93

¹А.И. Стерхов,²И.Ю. Лошкарёв,²Н.В. Осадчий,²С. В. Саенко,

²Е.Н. Бахуревич

¹ООО «Соларжи групп», Россия, г. Ижевск,

²Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, Россия, г. Саратов

НЕДОСТАТКИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ЗЕНИТНЫХ ФОНАРЕЙ

Аннотация. Рассмотрены недостатки, возникающие при строительстве и эксплуатации зенитных фонарей.

Ключевые слова: энергосбережение, зенитный фонарь, эксплуатация.

Зенитный фонарь – это инженерно-техническое сооружение, состоящее из жесткого каркаса и светопрозрачного

заполнения и предназначенное для естественного освещения и вентиляции внутренних помещений. Зенитные фонари

устанавливаются на кровле, занимая не более 15% общей площади покрытия[1-6].

Доказано, что светопропускаемость конструкций, находящихся у человека над головой, на 50% превышает светопропускаемость окон вертикального типа. Таким образом, зенитные фонари обеспечивают лучшее освещение, чем обычные окна, расположенные в стене.

Поэтому для создания эффективного освещения достаточно разместить на крыше всего несколько небольших зенитных фонарей[1,7].

В верхней зоне помещения, около фонарей, всегда тепло и влажно-идеальные условия для выпадения конденсата.



Рисунок 1- Вид зенитных фонарей–при строительстве.

Теплотехнический расчет показывает, что выпадение конденсата на поверхностях неизбежно уже при -5...-8 град. С.

Печальные следствия конденсата известны: испорченная отделка, неисправность оборудования, угроза короткого замыкания и пожара.

Итак, конденсат и протечки неизбежны, а внятного ответа, как бороться с этими проблемами, производитель зенитных фонарей не дает.

Окончательно запутывает ситуацию Интернет, где производители и монтажники

выкладывают фотографии новых, блестящих зенитных фонарей. Но мы раз за разом сталкиваемся с суровыми буднями эксплуатации таких объектов.

На фотографиях ниже вы видите, что конденсат в поликарбонате – неизбежная реальность. Коричнево-зеленая слизь – это плесень и микроорганизмы, которые быстро размножаются во влажных швах. На фотографиях приведены образцы всего 3-х летней эксплуатации зенитных фонарей.



Рисунок 2- Вид образцов после 3-х летней эксплуатации зенитных фонарей.



Рисунок 3- Вид образцов после 3-х летней эксплуатации зенитных фонарей, конденсат, грибок и плесень.

Объективное будущее каждого зенитного фонаря: протекающие швы, теплопотери, частичное разрушение конструкций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Alpicagroup.ru. [Электронный ресурс]/. Справочно-информационный интернет-портал. Режим доступа https://www.alpicagroup.ru/osteklenie_fasadov/zenitnye_fonari.html/. – (Дата обращения - 25.03.2019).
2. Широбокова, Т.А. Методика оценки параметров светодиодного освещения в животноводческих помещениях/ Т.А. Широбокова, И.Ю. Лошкарёв, Н.Н. Белова // [Известия Международной академии аграрного образования](#). 2018. № 43. С. 47-50.
3. Лошкарёв, И.Ю. Оценка эффективности внедрения светоизлучателя в систему вентиляции коровника/ И.Ю. Лошкарёв, А.Я. Аберясов, В.И. Лошкарёв // [Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы IX международной научно-практической конференции/Под общ.ред. Трушкина В.А. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2018. – С.104-106.](#)

4. Лошкарёв, И.Ю. Энергосбережение в системе освещения в сельскохозяйственных и складских помещениях/ И.Ю. Лошкарёв, И.В. Шестаков, О.В. Малецкий, В.И. Лошкарёв, Д.С. Куртмамбетов//[Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы IX международной научно-практической конференции/Под общ.ред. Трушкина В.А. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2018. – С.106-109.](#)

5. Лошкарёв, И.Ю. Эффективность внедрения световодов для системы освещения в животноводческих помещениях/ И.Ю. Лошкарёв, О.В. Малецкий, В.И. Лошкарёв, Н.Н. Белова // [Известия Международной академии аграрного образования](#). 2018. № 39. С. 19-24.

6. Solarway. [Электронный ресурс]/. Справочно-информационный интернет-портал - Режим доступа http://www.solarway.su/light_space/. – (Дата обращения - 08.04.2018).

7. Егоров, Д.В. Описание модели для центрального композиционного плана с целью определения степени влияния ряда факторов на теплофизические свойства полых трубчатых световодов/Д.В. Егоров, А.В. Палагин, А.И. Стерхов//[Электронный научный журнал](#). 2016. № 10-3(13). С. 269-273.

УДК 631.223.2:628.93

¹А.И. Стерхов,²И.Ю. Лошкарёв,²Н.В. Осадчий,²С. В. Саенко, ²Е.Н. Бахуревич

¹ООО «Соларжи групп», Россия, г. Ижевск,

²Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, Россия, г. Саратов

СИСТЕМА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ОСВЕЩЕНИИ УЛИЦ И ДОРОГ

Аннотация. В данной статье предложена новая система транспортировки искусственного излучения для освещения улиц и дорог с помощью световодов.

Ключевые слова: гелиостат, световод, энергосбережение, СИТИС.

Нехватка невозобновляемых источников энергии и усиление парникового эффекта создают серьезные проблемы в жизни человека. Энергосбережение за счет сокращения выбросов CO₂ - это важные задачи для всего мира. Одним из направлений снижения затрат является использование естественного освещения с помощью световодов[1-9]. Компания ООО «Соларжи групп» разрабатывает технологию, позволяющую обеспечивать освещенность улиц, дорог, площадей с

помощью специально разработанного для этих целей устройства. Солнечный концентратор, устанавливаемый на фасады зданий, мачтах, столбах, путепроводах и других опорах, передает свет на определенную площадь, требующую определенную освещенность. На рис.1 представлена область применения системы транспортировки искусственного света СИТИС.



Рисунок 1-Область применения системы СИТИС –системы транспортировки искусственного света.

Данная система наиболее привлекательна для применения в тех местах, где затруднено обслуживание осветительных установок, где необходимо создать определенную конкретную освещенность, где это необходимо по требованиям электробезопасности.

Структурная принципиальная схема представлена на рис. 2. Световод устанавливается на [мачтах](#), [столбах](#), [путепроводах](#) и других [опорах](#) внутри столба. После транспортировки световодом излучение попадает на систему оптического рассеивания. Рассеиватель может представлять сложную систему, состоящую из определенного количества линз, микрозеркал и т.д. Он, в свою очередь формирует необходимую кривую силу

света и передает свет на определенную площадь.

Поскольку стандартный искусственный источник излучения (уличное освещение, освещение площадей и т.д.) находится на высоте более 1-2 м, то он требует вызова бригады для работы на высоте. При использовании системы СИТИС источник излучения возможно устанавливать на любой высоте, в любом удобном для обслуживания месте. В связи с этим видится большая перспектива снижения затрат на эксплуатацию осветительных установок.

Срок службы системы СИТИС 100000 часов против 10000 часов для ламп ДРЛ, что позволяет производить замену источника не раз в 2,7 года, а раз в 27 лет (при условии, что источник излучения работает 10 часов в сутки).

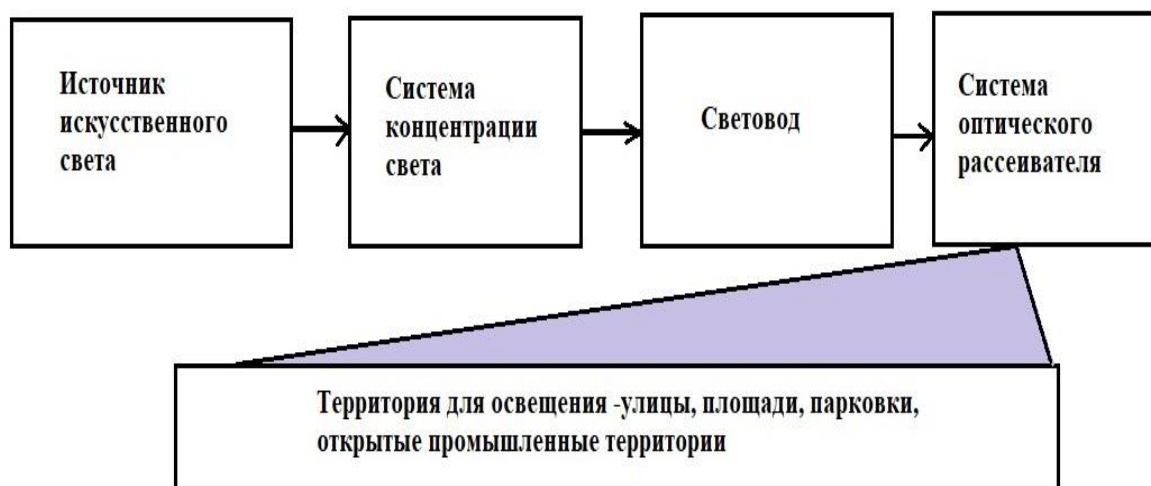


Рисунок 2-Структурная схема передачи света СИТИС.

Преимущества перед стандартными искусственными источниками света:

1. Создание определенной освещенности на любой территории;
2. Снижение затрат на техобслуживание системы освещения;
3. Снижение затрат электроэнергии на освещение;
4. Увеличение срока службы системы освещения.

Предложенная компанией ООО «Соларжи групп» система СИТИС является очень перспективной в связи с увеличивающейся каждый год ценой на электроэнергию и затратами на ТО системы освещения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Solarway.[Электронный ресурс]/.Справочно-информационный интернет-портал - Режим доступа http://www.solarway.su/light_space/. - (Дата обращения - 08.04.2019).
2. Бракале, Дж. Естественное освещение помещений с помощью новой пассивной световодной системы «SOLARSPOT» // «Светотехника» 2005. №5, с. 34-42.

3. Широбокова, Т.А. Методика оценки параметров светодиодного освещения в животноводческих помещениях/ Т.А. Широбокова, И.Ю. Лошкарёв, Н.Н. Белова // [Известия Международной академии аграрного образования](#). 2018. № 43. С. 47-50.

4. Лошкарёв, И.Ю. Оценка эффективности внедрения светоаэратора в систему вентиляции коровника/ И.Ю. Лошкарёв, А.Я. Аберясов, В.И. Лошкарёв // //Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы IX международной научно-практической конференции/Под общ.ред. Трушкина В.А. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2018. – С.104-106 .

5. Лошкарёв, И.Ю. Энергосбережение в системе освещения в сельскохозяйственных и складских помещениях/ И.Ю. Лошкарёв, И.В. Шестаков, О.В. Малецкий, В.И. Лошкарёв, Д.С. Куртмамбетов//Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы IX международной научно-практической конференции/Под общ.ред. Трушкина В.А. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2018. – С.106-109 .

6. Лошкарёв, И.Ю. Эффективность внедрения световодов для системы освещения в животноводческих помещениях/ И.Ю. Лошкарёв, О.В. Малецкий, В.И. Лошкарёв, Н.Н. Белова // [Известия Международной академии аграрного образования](#). 2018. № 39. С. 19-24.

7. Егоров, Д.В. Описание модели для центрального композиционного плана с целью определения степеней влияния ряда факторов на теплофизические свойства полых трубчатых световодов/Д.В. Егоров, А.В. Палагин, А.И. Стерхов//Электронный научный журнал. 2016. № 10-3(13). С. 269-273.

8. Палагин, А.В. Сравнение систем естественного освещения по функционально-энергетическим факторам/А.В. Палагин, А.И. Стерхов, Е.В. Корепанов//Интеллектуальные системы в производстве.-2014.-№2(24).-С.191-194.

9. Пат.№ 135674 RU, МПК7 E04B7/18. Система естественного освещения/ А.В.Палагин, А.И.Стерхов, Н.С.Аксапов-№ 135674.

С.Д. Стрекалов¹, Л.П. Стрекалова²¹-Волгоградский государственный технический университет», г. Волгоград²- Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ ВОЛНОВОГО ТИПА ДЛЯ ПРЯМОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ПОТОКА СПЛОШНОЙ ВЯЗКОЙ СРЕДЫ ¹

Аннотация. В статье рассматривается перспективность и экологическая обоснованность развития возобновляемой энергетики, теоретическое обоснование принципа преобразования энергии потока вязкой среды с помощью преобразователей волнового типа, служащего основой синтеза устройств, используемых для преобразования энергии потока сплошной вязкой среды.

Ключевые слова. Возобновляемые источники энергии, энергия потока сплошной вязкой среды, преобразователи волнового типа.

Современное состояние производства электрической энергии указывает на то, что до 60% ее до сих пор получают на тепловых станциях, что является основным источником теплового загрязнения окружающей среды с эмиссией CO₂. У возобновляемых источников энергии – источники экологически чистой энергии, есть перспективы, выражающиеся в том, что за последние десять лет объем ВИЭ вырос с 8% в промышленно развитых странах от 12 до 24%. При этом Европейский союз наметил планы увеличения производства энергии от ВИЭ к 2020 году – до 20%, к 2040 году – до 40; всей потребляемой энергии [1].

В связи с тем, что экономический потенциал возобновляемой энергии оценивается в двукратное превышение потенциала годового объема всех ископаемых источников, мировым сообществом разрабатываются планы обеспечения энергетической, экологической и продовольственной безопасности, увеличивая долю ВИЭ.

К устройствам преобразования энергии потоков от сплошной вязкой среды относятся механизмы, позволяющие преобразовать силу потока в механическую, электрическую и другие виды энергии.

Рассмотрим принцип преобразования энергии потока вязкой среды с помощью преобразователей волнового типа [2,3].

Если выделить из общего потока элементарный участок, площадью dF и длиной ℓ , то энергия этого элемента составит:

$$dE = \frac{mv^2}{2} = \frac{\rho V v^2}{2}. \quad (1)$$

Учитывая, что $V = \ell dS$, а $\ell = vt$, окончательно энергия: $dE = \frac{\rho dS v^3 t}{2}$, то есть энергия элемента потока будет пропорциональна кубу скорости.

Возможно несколько условий взаимодействия элемента потока с приемной поверхностью: жесткое, устойчивое (промежуточное) и слабое.

¹ Статья подготовлена при поддержке РФФИ и Администрации Волгоградской области, проект № 19-48-340004

При жестком взаимодействии, когда $v \gg v_{пк}$, поток, ударяясь в поверхность, закручивается в спираль, энергия как бы консервируется. При этом приемной поверхности передается столько энергии dE , сколько необходимо для образования вихря, остальная энергия сосредоточена в элементарном вихре, т.е.: $dE = dE_o + dE_v$, где dE_o – энергия, необходимая для образования вихря;

dE_v – энергия вихря.

Коэффициент полезного действия при этом определится по зависимости $\eta = \frac{dE_o}{dE}$.

Если образование вихря происходит с малыми затратами энергии, то $\eta \rightarrow 0$, то есть приемной поверхности энергия передаваться не будет.

При устойчивом взаимодействии, поток, воздействуя на поверхность, изменяет свое направление без образования вихрей, при этом отдает часть энергии приемной поверхности: $dE = dE_{п1} + dE_{п2}$,

где $dE_{п1}$ – энергия, оставшаяся в потоке; $dE_{п2}$ – энергия, переданная приемной поверхности. Коэффициент полезного действия будет равен $\eta = \frac{dE_{п2}}{dE}$.

При слабом взаимодействии скорость потока приближена к продольной скорости приемной поверхности, т.е. $v \approx v_{пк}$. В этом случае, поток практически не будет изменять траекторию, и будет перемещаться с минимальными потерями энергии.

При описании взаимодействия сплошного вязкого потока с приемной поверхностью следует исходить из условия, что скорость распространения волны деформации больше скорости потока. В этом случае впереди поверхности образуется область напряжений. Достигнув критических

размеров, она теряет свою устойчивость и превращается в вихрь.

Согласно теореме Томпсона вихри не могут распространяться по частицам и движутся вместе по поверхности перемещаемого тела. В это же время на передней кромке возникает следующая область напряжений и цикл повторяется. Таким образом, возникающие вихри являются своего рода генераторами волнового движения, и тело, движущееся в вязкой сплошной среде, совершает волновое движение с частотой образования вихрей.

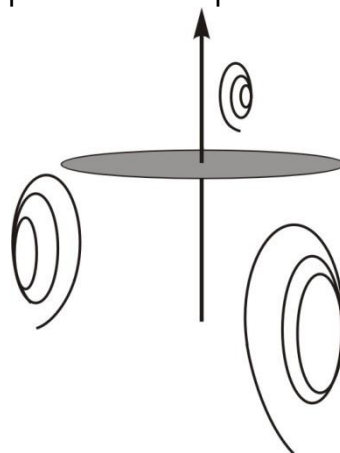


Рис.1. Взаимодействие вязкой сплошной среды с приемной поверхностью

При этом совершается работа dA и приемной поверхности сообщается боковое воздействие на перемещение. То есть если изменить угол наклона приемной поверхности, то образование вихря будет идти одновременно с его перемещением со скоростью, определяемой углом наклона. Работа, затраченная на перемещение, будет пропорциональна величине энергии, пошедшей на образование суммарного вихря.

Таким образом, исследования взаимодействия твердой пластины со сплошной вязкой средой (к примеру, вода, воздух) позволяют обосновать механику создания волнового движения, что служит основой моделирования устройств,

используемых для преобразования энергии потока [4].

Использование волнового движения, способствующего повышению эффективности движения тела в вязкой среде, может быть использовано при синтезе устройств по преобразованию энергии движущейся среды или передаче движения среде [5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Астахов С.М. Мировой опыт и перспективы использования возобновляемых источников энергии в системе электроснабжения сельских поселений.-/С.М. Астахов.- Вестник ОрелГАУ, №5(09).-с. 27-31.

2. Стрекалов С.Д. Аэродинамика волновых ветродвигателей.- /Материалы XI Всероссийского съезда по фундаментальным проблемам и прикладной механики, Казань, 20-24 августа

2015г.-С.4381-4383.

3. Теоретические предпосылки разработки устройств волнового типа.-/С.Д. Стрекалов, Л.П. Стрекалова, Т.Е. Попова.- Межд.научно-иссл. журнал «Успехи современной науки», №6, Том 3, 2016. С.37-40.

4. Theoretical substantiation for creating wave wind turbines for ecological and technological safety.- / Strekalov S., Tyrtshikov I., Strekalova L., Pushenko S. Espacios. 2018.-№ Issue 12, Volume 39.-С.29. - URL: <http://www.revistaespacios.com/a18v39n12/18391229.html>.

5. Стрекалов С.Д. К разработке экологического гибридного преобразователя возобновляемой энергии.-/С.Д. Стрекалов, Л.П. Стрекалова, С.С. Гришин.- «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность - 2018»: по материалам междунар.науч.-пр. конф. (г.Севастополь, 24-27 сент. 2018)/под ред. Л.И. Лукиной, Н.А. Бежина, Н.В. Ляминой; ФГАОУ ВО «Севастопольский гос.ун-т», Ин-т ядерной энергии и промышленности, ФГБУ «РФФИ».- Севастополь, 2018.- С.1120-1123.

УДК 621.316.1.05

И.В. Трепутин, В.В. Головинов

Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донского государственного аграрного университета, г. Зерноград, Ростовская область

К ИССЛЕДОВАНИЮ НАДЁЖНОСТИ РАБОТЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Аннотация. Проводится анализ возникновения отказов на подстанциях 110/35/10 кВ, рассматривается многоуровневая графологическая структура причинных взаимосвязей с целью отыскания причин возникновения опасных ситуаций в распределительных сетях сельских потребителей.

Ключевые слова: надёжность распределительных сетей, дерево отказов подстанции, потеря питания линий, повреждение разъединителей, отказ в отключении.

Расчет надёжности подразумевает получение численных показателей надёжности объекта или системы по известным характеристикам его элементов и известному их структурному и функциональному взаимодействию.

Для анализа надёжности сложной системы, к которой относится распределительная сеть электроснабжения сельскохозяйственных потребителей, может быть использован логико-вероятностный метод, который

основан на применении законов теории вероятности к функциям алгебры логики. Этот метод может быть применён к системе, время безотказной работы которой распределено по любому закону, при этом она имеет простейший поток отказов при экспоненциальном законе распределения. Функция состояния системы может быть записана, как функция алгебры логики, в которой аргументами являются переменные состояния отдельных элементов. При этом, чтобы рассмотреть

все взаимосвязи случайных событий, необходимо построить логическую блок-схему, которая называется деревом отказов. Построение дерева отказов начинается с формулировки конечного высказывания об отказе системы. При исследовании безотказности системы конечное высказывание относится к определению события, реализация которого приводит к нарушению функционирования в рассматриваемом интервале времени при заданных условиях. В дереве отказов конечное высказывание помещается вверху листа. Конечное высказывание определяется высказываниями второго уровня и установлением логических связей между ними. Сначала выявляется возможности реализации события или состояния конечного уровня или простых высказываний второго уровня.

На дереве отказов обозначаются элементарные события и состояния. После построения дерева отказов логическое условие реализации конечного события или состояния записывается в форме функции отказа путем выполнения указанных в дереве отказов операций логического сложения и умножения над символами элементарных событий и состояний, начиная с нижнего уровня. На структурной схеме надежности элементы соединяются последовательно, если отказ одного из них приводит к отказу системы. Это соответствует логической функции «ИЛИ» на дереве отказов. На структурной схеме надежности элементы соединяются параллельно, если отказ системы наступает при отказе всех элементов. Это соответствует логической функции «И» на дереве отказов. При проведении инженерных расчетов для нагрузок потребителей всех категорий надёжности электроснабжения, кроме первой особой, можно не учитывать совпадение трех

событий. Для первой особой категории можно не учитывать совпадение четырех событий. Это замечание позволяет формировать более простые деревья отказов, в которых не учитываются заведомо маловероятные события.

В качестве примера на рисунке 1 представлен вариант составленного дерева отказов подстанции 110/35/10 кВ в соответствии с её однолинейной схемой, при этом построение выполнено в соответствии с требованиями ГОСТ [1].

Так повреждение в зоне шин 110 кВ возможно при отключении разъединителей (SQ3) или (SQ4), или повреждении разъединителей (QS1) или (QS2), подключенного к секции шин и при отказе выключателя (QF1). Отказ в отключении короткого замыкания может возникнуть из-за отделителя (QR1) и релейной защиты. Короткое замыкание в присоединенных устройствах может возникнуть в трансформаторе (Т1), замыканиях на шинах 35 кВ, отказе выключателя (QF4), отказе выключателей линий 35 кВ (QF2) и (QF3) и релейной защиты этих линий. Также короткое замыкание возможно на шинах 10 кВ при отказе выключателя (QF5). Потеря питания секции шин 110 кВ возможна при отключении питания одной линии и не включении питания от второй линии.

Если проанализировать причины каждого события, то можно остановиться на следующих моментах. Так отключение питания линии 110 кВ возможно в случае повреждения линии, повреждения выключателя этой линии со стороны питания, повреждении релейной защиты этой линии. Не включение питания от второй линии возможно в случае повреждения разъединителей (QS1) или (QS2) и выключателя (QF1) на шинах 110 кВ.

Тщательный анализ причин отказов и

выработка мероприятий, наиболее эффективных для устранения отказов, позволяет выполнить построение дерева отказов и неработоспособных состояний. Такой анализ следует проводить для каждого периода функционирования, каждой части и системы в целом. Дерево отказов лежит в основе логико-вероятностной модели причинно-

следственных связей отказов системы с отказами ее элементов и другими событиями. Главное преимущество дерева отказов в том, что анализ ограничивается выявлением только тех элементов системы и событий, которые приводят к данному конкретному отказу системы электроснабжения или аварии.

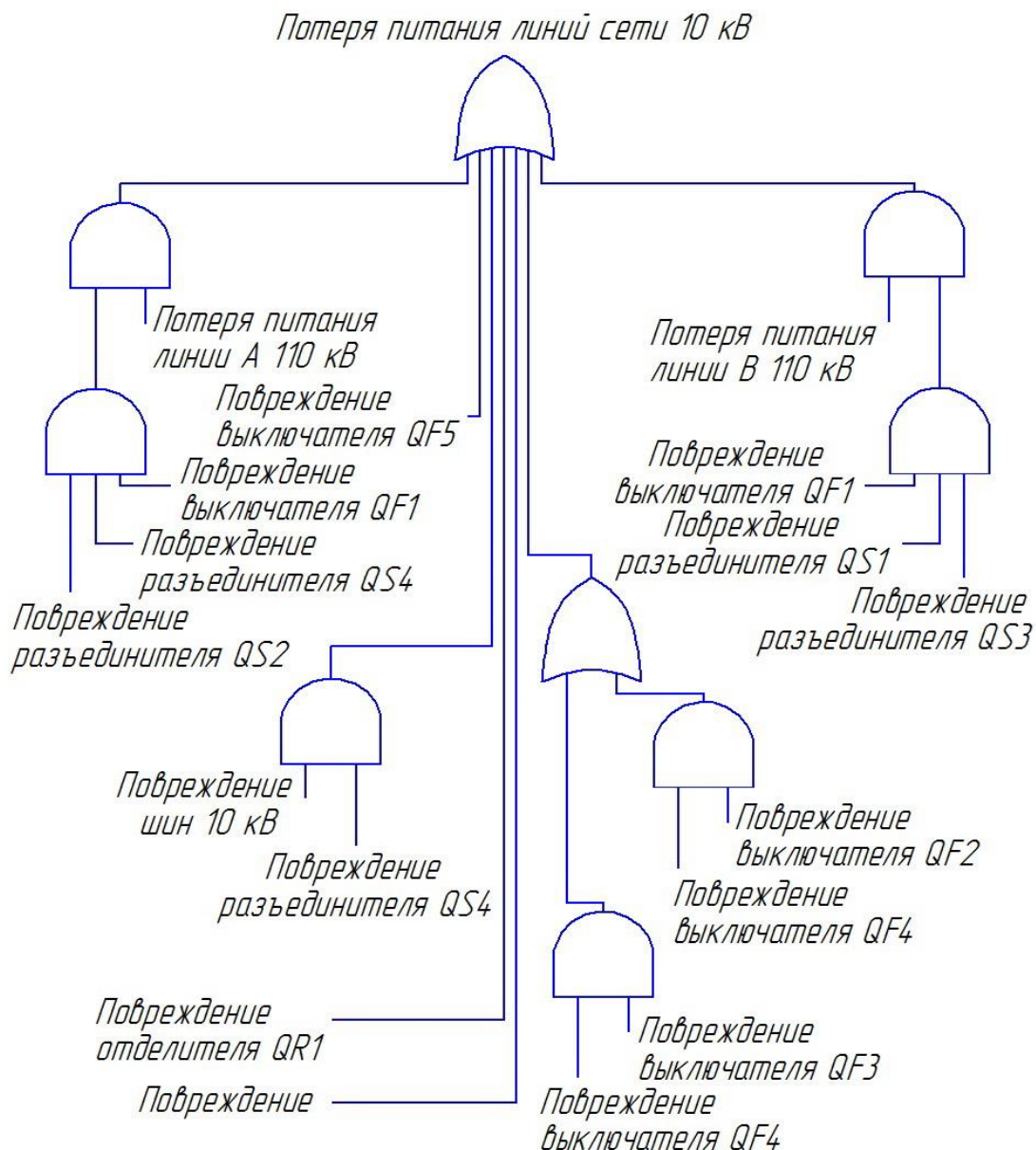


Рисунок 1 - Дерево отказов подстанции 110/35/10 кВ

Таким образом, анализ возникновения отказа состоит из последовательных

комбинаций нарушений и неисправностей, и дерево будет представлять собой многоуровневую графологическую структуру причинных взаимосвязей, полученных в результате прослеживания опасных ситуаций в обратном порядке, для того чтобы отыскать возможные причины их

возникновения в распределительных сетях системы электроснабжения сельскохозяйственных потребителей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 27.302-2009. Надёжность в технике (ССНТ). Анализ дерева неисправностей. — М.: Стандартиформ, 2012. — 28 с.

УДК 697.7

Трифонов В.Д.

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», г. Самара

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ И АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СОЛНЕЧНОГО ПОДОГРЕВАТЕЛЯ ВОЗДУХА С ОРЕБРЁННОЙ АБСОРБИРУЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ В ПРОГРАММНОМ МОДУЛЕ ANSYS FLUENT

***Аннотация.** В статье проведено исследование подогревателя воздуха, работающего за счёт солнечной энергии, в климатических условиях г. Тольятти. Идея данного прибора состоит в нагреве проходящего через него воздуха за счёт солнечного излучения. С помощью численного моделирования произведено исследование тепловых и аэродинамических характеристик СПВ в программном продукте ANSYS Fluent. Получена зависимость коэффициента полезного действия от интенсивности солнечного излучения. Определена зависимость КПД от скорости воздуха на входе в подогреватель. Согласно расчётам, сделан вывод о целесообразности его применения в климатических условиях г. Тольятти.*

***Ключевые слова:** моделирование, тепловая энергия, солнечный воздухоподогреватель, солнечная энергия, гелионагрев.*

В последние годы энергетический дефицит заставляет страны использовать возобновляемые источники энергии, такие как солнечная энергия и энергия ветра вместо ископаемой энергии. Среди ВИЭ солнечная радиация по масштабам ресурсов, экологической чистоте и повсеместной распространенности является наиболее перспективным энергоресурсом для получения тепла и холода, особенно в области небольших температур. На нужды теплоснабжения ежегодно расходуется до 25 % всего добываемого топлива, из них около 22 % приходится на долю децентрализованных источников теплоты. Эффективность использования солнечного подогревателя

воздуха исследовалась для многих регионов России. В работах Батухтина и соавторов [2,4] обращалось внимание на применение солнечных коллекторов в системах отопления и горячего водоснабжения в Забайкальском крае. Анализ схемы отопления на основе солнечного коллектора для г. Читы показал ощутимый экономический эффект при ее внедрении. В работе Москвитиной А. рассмотрен солнечный подогреватель воздуха с гладкой абсорбирующей поверхностью и подтверждена целесообразность использования в районе Поволжья, а именно в г. Самара. В данной работе проведено изучение тепловых и аэродинамических характеристик

солнечного подогревателя воздуха с оребрённой абсорбирующей поверхностью в ANSYS Fluent для климатических условий города Тольятти.

Задачами данного исследования было изучение влияния технологических параметров, таких как скорость воздуха на входе в воздухоподогреватель, расход воздуха через подогреватель, на коэффициент полезного действия и эффективность использования солнечного воздухоподогревателя в течение светового дня. Для исследований было выбрано 30 марта 2018 года.

Для выполнения поставленных задач был использован программный продукт ANSYS Fluent. Перед началом изготовления опытной модели и проведении испытаний имеет смысл

провести численное исследование солнечного подогревателя воздуха. Программный модуль ANSYS FLUENT имеет широкий спектр возможностей моделирования течений жидкостей и газов с учетом турбулентности, теплообмена и т.д.

Для проведения исследования в ANSYS была выбрана конструкция СПВ со следующими основными элементами: светопоглощающая пластина из алюминия, канал, по которым циркулирует воздух в непосредственном контакте с поглощающей пластиной и рёбрами, рёбра также из алюминия, прозрачное покрытие, два отверстия для впуска и выпуска воздуха, и корпус - боковые стенки из дерева.

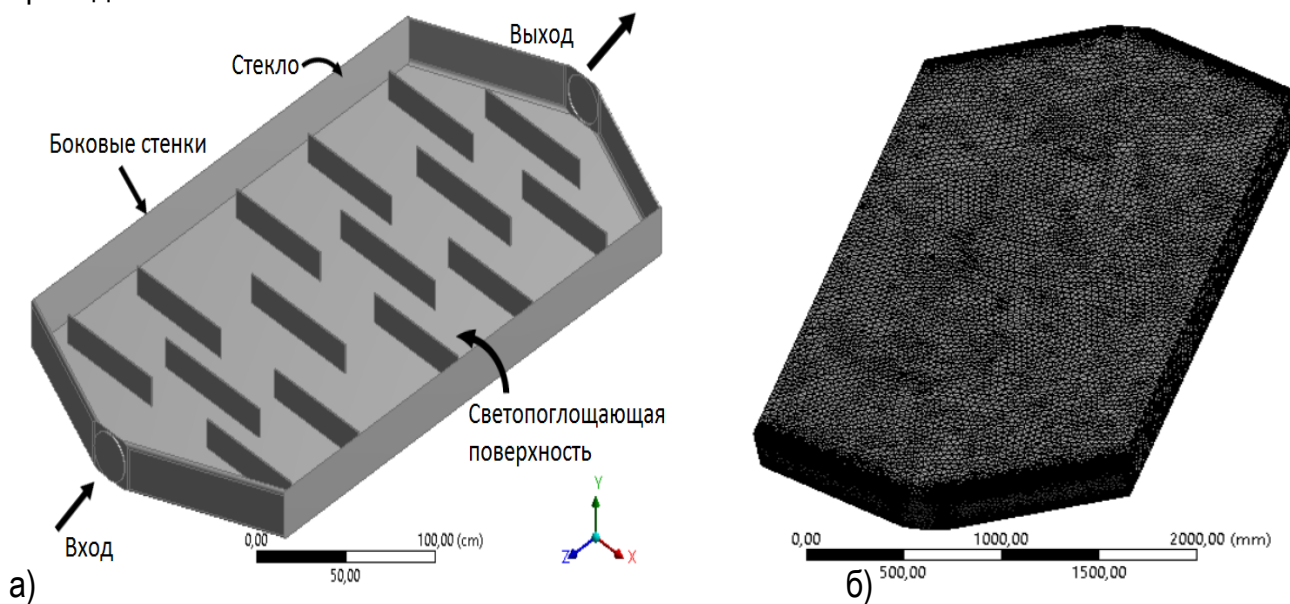


Рисунок 1 Конфигурация солнечного воздухоподогревателя (а); Расчётная сетка (б).

Геометрические размеры были заданы следующие (рис. 1): длина 300 см, ширина 200 см, высота 25 см. Радиусы входных и выходных отверстий составляют 12 см. Высота ребер составляет 60% общей высоты корпуса. Создание расчетной сетки (рис. 1) выполнено в модуле Meshing. У входного и выходного отверстия

сетказначительно мельче для получения более точного расчёта. Общее число элементов – 486720.

Задача решалась в стационарном виде (steady), тип решателя основан на расчете давления (pressure-based). Для учета теплообмена между абсорбирующей поверхностью и теплоносителем

подключено уравнение теплового баланса (Energy – on). Абсорбирующая поверхность расположена горизонтально на кровле здания.

Математическое описание модели движения воздуха внутри СПВ в общем виде представляет систему уравнений, состоящую из уравнений неразрывности, закона сохранения количества движения и закона сохранения энергии. Для моделирования динамики движения воздуха используются уравнения Навье-

Стокса, замыкаемые стандартной k-ε моделью турбулентности [11,12].

Уравнение неразрывности:

$$\frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_i) = 0, \quad (1)$$

где ρ – плотность воздуха, кг/м³; u – скорость, м/с.

Уравнение закона сохранения количества движения:

$$\frac{\partial}{\partial x} (\rho u_i u_j) = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} [\mu (\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i})] + \frac{\partial}{\partial x_j} (-\rho u_i u_j), \quad (2)$$

где μ – коэффициент динамической вязкости, Па·с.

Уравнение теплового баланса:

$$\frac{\partial}{\partial x_i} (\rho u_j T) = \frac{\partial}{\partial x_j} [(a + a_t) \frac{\partial T}{\partial x_j}], \quad (3)$$

где a и a_t – молекулярный и турбулентный коэффициент температуропроводности, соответственно, м²/с; T – температура, К.

Начальные и граничные условия по температуре имеют следующий вид:

$$T_{ex}(t=0) = T_n(t=0) = T_{cm}(t=0) = T_{oc}(t=0), \quad (4)$$

где T_{ex} , T_n , T_{cm} , T_{oc} – температуры воздуха на входе в подогреватель, светопоглощающей поверхности, стекла и окружающей среды, К.

ANSYS предоставляет модель солнечной нагрузки, которую можно использовать для расчета радиационных эффектов солнечных лучей, которые входят в вычислительную область. Модель солнечной нагрузки включает в себя программу солнечного калькулятора, которую можно использовать для определения местоположения Солнца на небе для заданного времени суток, даты и положения. Солнечная нагрузка доступна только в 3D решателе и может использоваться для моделирования устойчивых и нестационарных течений.

Солнечным калькулятором вычисляются и отображаются в консоли следующие значения:

1. Вектор направления солнца;
2. Солнечная фракция;
3. Прямое нормальное солнечное облучение на поверхности Земли;
4. Диффузное солнечное облучение-вертикальная и горизонтальная поверхность;
5. Земное отраженное (диффузное) солнечное облучение-вертикальная поверхность.

Для расчёта КПД теплообменника использовалась следующая формула:

$$\eta = \frac{Q_{пол}}{Q_{затр}}, \quad (5)$$

В выражении (5) величина $Q_{пол}$ представляет собой количество теплоты,

воспринятой воздухом, $Q_{затр}$ является потоком теплоты, падающим на светопоглощающую поверхность с солнечным излучением. $Q_{пол}$ и $Q_{затр}$ определяются соответствующими выражениями (6) и (7).

$$Q_{пол} = C_p G_v \Delta T, \quad (6)$$

где C_p – массовая теплоёмкость, кДж/(кг·К), G_v – массовый расход воздуха, кг/с, ΔT – изменение

температуры на входе и выходе из воздухоподогревателя, К.

$$Q_{затр} = Q_{изл} S_{СПВ}, \quad (7)$$

Q – значения теплоты солнечной радиации, а $СПВ$ S – площадь поглощающей поверхности. Для учёта солнечной радиации был использован солнечный калькулятор (solarcalculator).

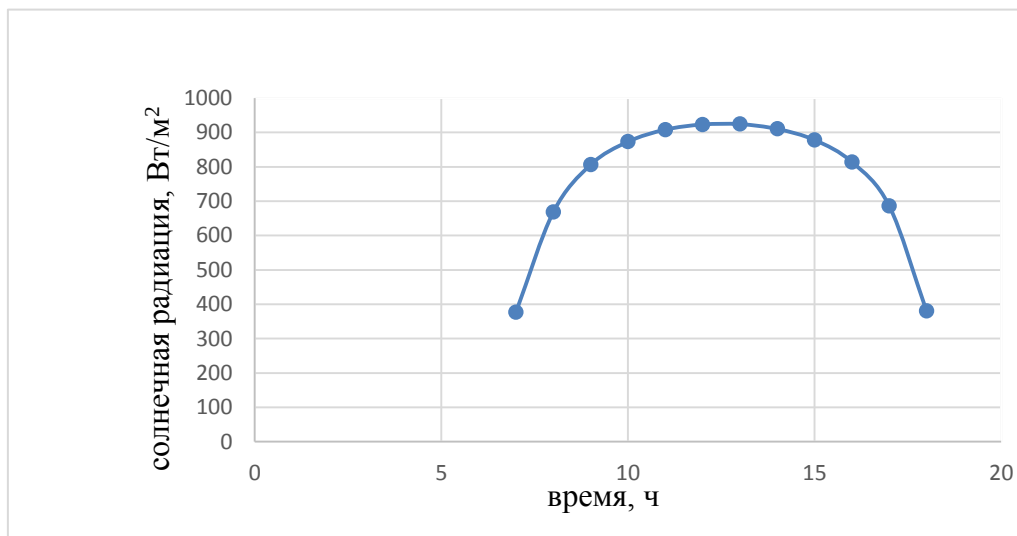


Рисунок 2 Интенсивность солнечного излучения в течение дня для 30 марта.

Так как исследуется эффективность солнечного воздухоподогревателя в координатах Тольятти, были выбраны широта 53, долгота 49. День проведения исследования – 30 марта, солнечный фактор 1. Рассматривалось движение воздуха при различных скоростях: 0,5 м/с, 0,9 м/с, 1,3 м/с, 1,7 м/с, 2,1 м/с. Число итераций было выбрано 200.

Для учёта солнечной радиации был использован солнечный калькулятор (solarcalculator). Так как исследуется эффективность солнечного воздухоподогревателя в координатах Тольятти, были выбраны широта 53, долгота 49.

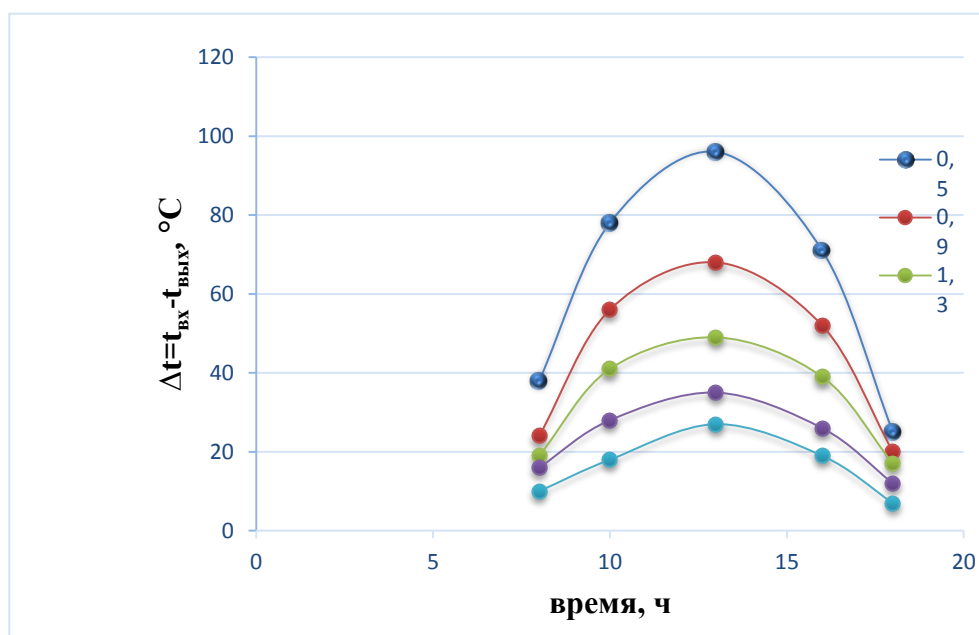


Рисунок 3. Изменение температуры на входе и выходе из СПВ при различных скоростях воздуха.

Днём проведения был выбран максимально солнечный день 30 марта 2018 года. Рассматривалось движение воздуха при различных скоростях: 0,5 м/с, 0,9 м/с, 1,3 м/с, 1,7 м/с, 2,1 м/с. Число итераций 200.

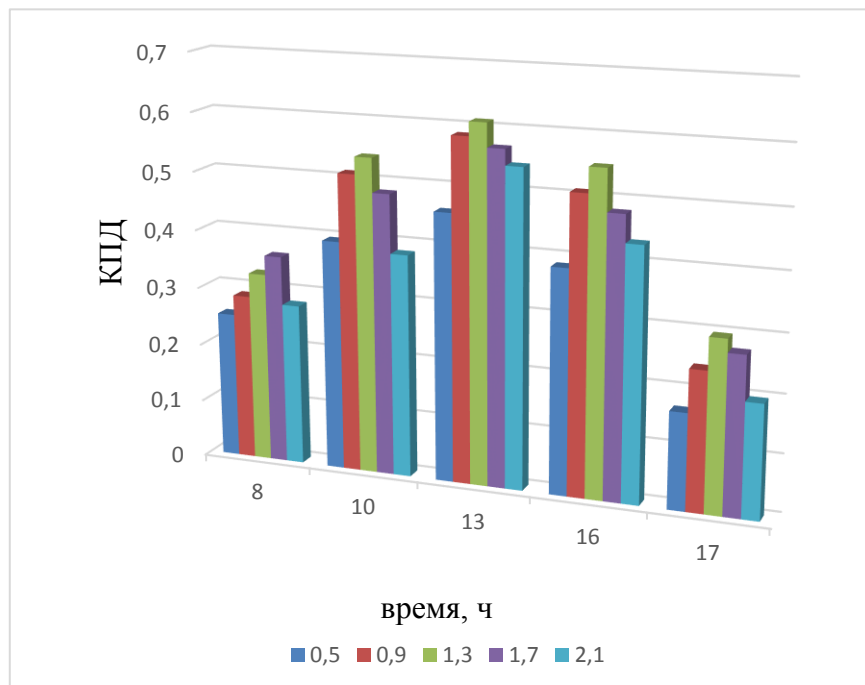


Рисунок 4 Зависимость КПД СВП от времени при различных скоростях воздуха.

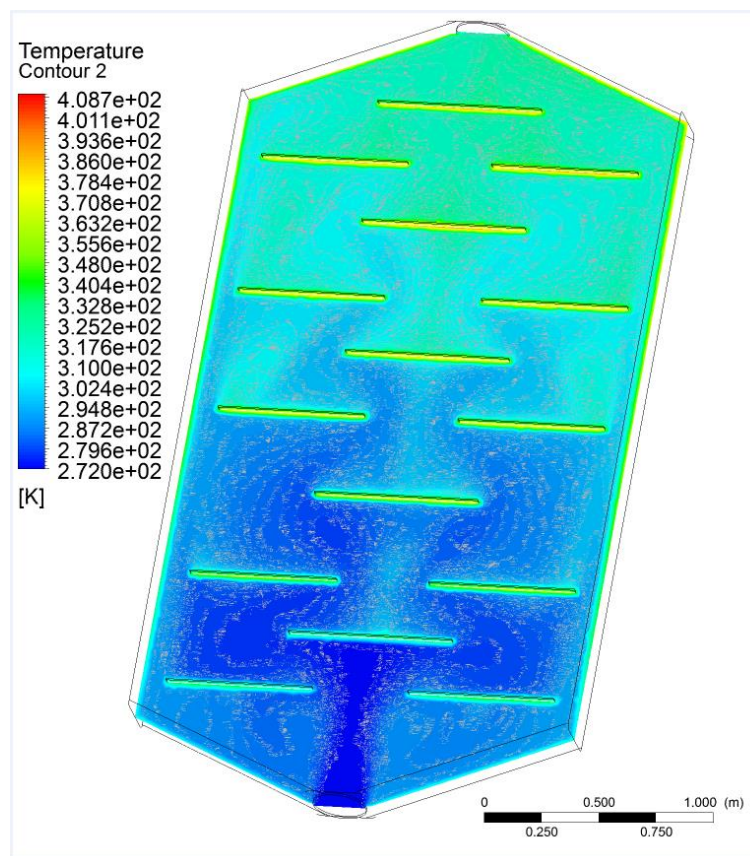


Рисунок 5 Контур значений температуры воздуха по мере прохождения через подогреватель.

На основе полученных результатов были изучены профили скорости внутри корпуса, профили температуры в центре воздушного корпуса и на самой светопоглощающей поверхности. Так же были построены графики интенсивности солнечного излучения с 8:00 до 18:00 часов, изменения температуры и давления, зависимость КПД от времени при различных скоростях. Изменения значений солнечной радиации, предоставленные solarcalculator, соответствуют исследованиям Клейна [13].

Анализ полученных данных показал, что КПД напрямую зависит от интенсивности солнечного излучения. Наибольшее изменение температуры на входе и выходе из подогревателя наблюдалось при скорости 0,5 м/с (96°C в 13 часов). После заката (18 часов) температура не изменялась.

В настоящей работе приведен анализ тепловых и аэродинамических характеристик солнечного подогревателя воздуха с оребренной абсорбирующей поверхностью для географических данных Среднего Поволжья (г. Тольятти) для середины календарной весны (30 марта). Для выполнения расчета характеристик СПВ использовался программный продукт ANSYS Fluent и подключением соответствующих настроек решателя. Полученные зависимости показывают энергетическую эффективность использования СПВ, так КПД составляет в среднем от 10-20% в 18 часов до 45-55% с 11 до 14 часов. Наибольшее КПД для всех скоростей наблюдалось в 13 часов, так для скорости 0,5 м/с КПД оказалось 55%, для 0,9 – 57%. Максимальное КПД подогреватель показывает при значении скорости входящего воздуха 1,3 м/с. Было установлено, что несмотря на примерно

одинаковое значение солнечной радиации в период с 10 до 15 часов, подогрев температуры воздуха внутри СПВ различался. Наблюдался пик для 13 часов при всех скоростях воздуха. Связано это с тем, что в полдень солнце находится в зените, а значит путь его лучей через атмосферу минимален, так же минимальны потери на этом пути. В результате данное исследование показало, что солнечный воздухоподогреватель может использоваться достаточно эффективно в климатических условиях Средней Волги для отопления и вентиляции воздуха в жилых домах, теплицах, складах и амбарах. Так как такой подогреватель не требователен к обслуживанию, его можно расположить на скатных и пологих крышах, на наружных стенах, в ограждении балконов, лоджий, на цоколе дома, а также отдельно от здания на некотором расстоянии. Нужно отметить, что данное устройство не может служить единственным источником тепла и вентиляции помещения из-за зависимости от количества солнечной радиации. Оно предназначено для экономии и уменьшения нагрузки на основную энергосеть. Не смотря на недостатки, отопление помещений теплым воздухом на основе источников теплоты различных типов позволяет во многих случаях значительно уменьшить капитальные затраты и эксплуатационные расходы, а универсальность, лёгкость в установке и эксплуатации, экономичность предоставляют солнечному воздухоподогревателю огромные перспективы использования. Рассмотренная в данной работе модель нуждается в дальнейшем улучшении, однако имеет большой потенциал для использования в сельском и жилищно-коммунальном хозяйстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеенко С. В. Теплофизические основы новых энергетических технологий // Наука в Сибири – 2008 г. – № 15 (2650)
2. Батухтин А.Г. Метод повышения эффективности системы теплоснабжения / С.Г. Батухтин, П.Г. Сафронов, М.В. Кобылкин // Naukarastudent.ru. – 2015. – No. 05 (17) / [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <http://naukarastudent.ru/17/2612>
3. Батухтин А.Г. Регенеративный водовоздушный теплообменник с повышенной эффективностью теплообмена / С.Г. Батухтин, А.Г. Батухтин, С.С. Достовалова, Р. А. Серебряков // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королёва - № 4 (46) / 2014
4. Батухтин А.Г. Современные методы повышения эффективности совместной работы установок гелиоотопления и систем централизованного теплоснабжения / А.Г. Батухтин, С.Г. Батухтин // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2009. – №3. – С. 48-53.
5. Бекман У. Расчёт систем солнечного теплоснабжения / У. Бекман, С.Клейн, Дж.Даффи // М.: Энергоиздат, 1982. – 78 с.
6. Быстров П. И. Гидродинамика коллекторных теплообменных аппаратов / П.И. Быстров, В.С. Михайлов // М.: Энергоиздат. 1982. – 224 с.
7. Москвитина А. Д. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ И АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СОЛНЕЧНОГО ПОДОГРЕВАТЕЛЯ ВОЗДУХА (СПВ) С ГЛАДКОЙ АБСОРБИРУЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ В ПРОГРАММНОМ МОДУЛЕ ANSYS FLUENT // Редакционная коллегия: Кулаков Петр Алексеевич – главный редактор, к. т. н. – 2017. – С.
8. Об Энергетической стратегии России на период до 2030 года: распоряжение П. Р. Ф. – от 1.02.12
9. Пащенко Д. И. Термохимическая регенерация тепла дымовых газов путем конверсии биоэтанола // Теплоэнергетика. – 2013. – №. 6. – с. 59-64
10. Петренко В.Н., Мокрова Н.В. Разработка системы горячего водоснабжения с использованием возобновляемых источников энергии // Инженерный вестник Дона. – 2013. – Т. 25. – №. 2 (25).
11. Esen M., Esen H., Ozgen F. Experimental investigation of thermal performance of a doubleflow solar air heater having aluminium cans // Renew Energy. 2009. V.34. P. 2391-2398.
12. Kabeel A.E., Mearik K. Shape optimization for absorber plates of solar air collectors // Renew Energy. 1998. V.13. P. 121-131.
13. Klein S.A. A design procedure for solar heating systems. Ph. D thesis University of Wisconsin – Madison, 1976.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОЗОНА В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Аннотация: В статье представлены перспективы использования озонирования в сельскохозяйственном производстве. Отмечается, что обработка озоном является экологически чистой операцией, которая не наносит вред окружающей среде в отличие от химических препаратов. Из анализа литературных источников установлено, что предпосевная обработка семян сельскохозяйственных культур позволяет повысить урожайность от 5 до 35%. Кроме того, озонирование улучшает такие показатели, как энергия прорастания, всхожесть, сила роста, устойчивость к заболеваниям, вредителям и грибным инфекциям, а также параметры зерновки. Отмечается эффективность использования озонирования при сушке сырья растительного происхождения, за счет сокращения времени термической обработки. Установлено, что использование озона увеличивает срок хранения сельскохозяйственной продукции в 1,5-2,0 раза. Экономическая эффективность использования озонирования связана с отсутствием необходимости закупки и хранения озона, поскольку он производится непосредственно из воздуха с помощью специального прибора (озонатора). В заключение статьи предлагается провести исследования о влиянии продолжительности сохранности сельскохозяйственной продукции за счет обработки её озоном непосредственно во время уборки урожая.

Ключевые слова: озон, озонирование, сельскохозяйственное производство, сельскохозяйственная продукция, хранение.

В настоящее время в сельскохозяйственном производстве на первый план выходят экологически чистые технологии, в которых применение химикатов исключено, либо сведено до минимума. Одним из подобных направлений является процесс озонирования, позволяющий проводить дезинфекцию, стерилизацию, дезодорацию, санацию материала или помещения в целом.

Впервые озон был обнаружен в 1785 году, но практическое применение в сельскохозяйственном производстве он нашел только в последние несколько десятилетий. Основным, сдерживающим фактор – являлась высокая себестоимость получения газа ввиду сложной конструкции озонаторов. Однако современный уровень развития техники позволил найти технические решения, чтобы создать

промышленные, а также бытовые относительно недорогие устройства озонирования. Особенность озона состоит в том, что его можно получать прямо из воздуха, вследствие чего отпадает необходимость в хранении и накоплении. Наибольшее использование нашли следующие озонаторы: «Гроза-1», «Ozone 01», «Озон-4» «Озон-60П», «Циклон-5.41», «ИОС-94М», «Медозон 254/5», и др.

Газ озон, представляет собой аллотропную модификацию кислорода, который помимо сельского хозяйства применяется и во многих других отраслях, таких как медицина, пищевая и химическая промышленность, жилищно-коммунальное хозяйство, косметология и пр. Основными преимуществами озонирования являются: хорошая растворимость в воде, отсутствие токсинов в обрабатываемом материале, мощные окислительные свойства газа,

уничтожение большинства вирусов, бактерий и грибов, восстановление чистоты воздуха.

В сельскохозяйственном производстве озон имеет большие перспективы использования, поскольку его применение позволяет значительно сократить использование стимуляторов роста, пестицидов, антибиотиков, ядохимикатов и прочих химических препаратов, которые обладают отравляющими свойствами, способствуют постепенному накоплению в окружающей среде и в последствие могут нанести вред здоровью человека и животным.

Несмотря на ряд преимуществ, озонирование имеет и недостаток. Так, при практическом использовании озона возникает проблема утилизации его остатков. Озон в России относится к первому (наивысшему) классу опасности вредных веществ. Порог ощущения запаха человеком составляет 0,01...0,05 мг/м³. Так, к примеру, при грозе концентрация озона может достигать 0,1 мг/м³. Раздражение дыхательных путей возникает при его наличии 1 мг в кубическом метре воздуха. Наибольшая концентрация, которую можно перенести без последствий, составляет 0,2 мг/м³, поэтому она и выбрана в качестве предельно допустимой концентрации (ПДК) в большинстве западных стран. В России ПДК озона в воздухе составляет 0,1 мг/м³. Выше ПДК выброса 3,3 мкг/м³ выпускать озон в атмосферу запрещается. Среднесуточная предельно-допустимая концентрация озона в атмосферном воздухе в населённых пунктах не должна превышать 0,03 мг/м³, а максимальная разовая доза – 0,16 мг/м³. В связи этим установки озонирования должны иметь замкнутый контур или специальный деструктор.

Так например, при разложение остаточного озона внутри силоса при

хранении зерна нежелательно, в виду того, что при определённых условиях может образоваться вода. Избавиться от данного эффекта можно с помощью фотохимического, термического и каталитического методов разложения озона. Также известны озонаторные установки, в которых остаточный газ может использоваться в процессе озонирования вторично. Следует отметить, что с экономической точки зрения и простоты использования наиболее эффективным является каталитическое разложение озона. Следовательно, серьёзных оснований для отказа от процесса озонирования нет.

Проводимые исследования разными авторами показали, что при сушке зерна концентрация озона составляет 10...35 мг/м³, при обработке пшеничной муки с целью улучшения ее качества – 40...90 мг/м³, при хранении мясной и овощной продукции – 5...15 мг/м³, при дезинфекции хранящегося зерна – 100...450 мг/м³, при обработке зерна с целью снижения содержания токсинов – 1000...2700 мг/м³, при сжигании углеводородного топлива в зерносушильных агрегатах и малых котельных АПК с целью повышения эффективности процесса сушки – 500...1500 мг/м³, при стимуляции ростовых процессов и предпосевной обработке семян сельскохозяйственных культур – 15...40 мг/м³, при дезинфекции и дезинсекции семян – 500...1200 мг/м³, при дезинфекции сточных вод и переработке навоза – 600...1200 мг/м³, при дезинфекции помещений и оборудования – 40...1000 мг/м³, при создании благоприятной среды по бактерицидной обеспеченности животноводческих помещений – 5...20 мг/м³.

Изучение влияние озона на энергию прорастания, всхожесть, скорость роста, содержание клейковины, урожайность

растений, уничтожение вредителей, развитие болезней, подавление грибных инфекций и т.д., показало, что предпосевная обработка семян сельскохозяйственных культур озоном повышает энергию их прорастания, особенно активизируются начальные процессы. Для стимуляции жизнедеятельности зерна необходимо использовать небольшие концентрации озона на уровне предельно допустимых концентраций. Однако всхожесть повышается не всегда, наибольшее увеличение отмечается у семян, не отвечающих требованиям посевного стандарта. Такая особенность актуальна в современных реалиях, так как в России посев зачастую осуществляется некондиционным посевным материалом.

Следует отметить благоприятное влияние озонирования семян на их скорость роста, формируемые в процессе вегетации параметры зерновки, снижение токсичности, подавление болезней сельскохозяйственных культур, продуктивную кустистость растений, активизацию клеточных мембран и повышение их прочности, развитие и размножение микроорганизмов, сдерживание грибной инфекции, уничтожение вредителей. При этом озонирование не оказывает какого-либо пагубного действия на качество зерна, не снижая содержание в нем клейковины, а иногда даже она повышается, причем в урожае будущего года. Наибольший эффект от обработки семян озоном отмечается после выдержки семенного материала от 10 до 30 дней. Озонирование семенного материала, не менее эффективная, но зато более «чистая» операция по сравнению с фумигацией. Поэтому целесообразно заменить экологически опасный процесс

протравливания семян на их обработку озоном.

Кроме предпосевного озонирования семян озон применяют и при мелиорации сельскохозяйственных культур. Так растворимость озона в воде в 15-20 раз выше, чем у кислорода. Следовательно, к корням растений поступает больше воздуха, чтобы «дышать» и тем самым, в зависимости от культуры урожайность, может быть увеличена до 40%. Данная операция также способствует угнетению развития анаэробных бактерий, улучшению доступности питательных веществ и стимуляции роста корневой системы, а также устойчивости её к различным болезням. Кроме того, подобная аэрация позволяет ускорить процесс созревания, снизить нормы внесения удобрений и отложения известковых образований в системах орошения.

Их литературных источников известно положительное влияние озонирования растительного сырья на процесс его сушки. Воздействие озона ослабевает связь влаги с зерновкой, способствует сокращению времени сушки и увеличению процента выхода влаги за один проход, а также уменьшает расход энергии до 20%. Отмечается, что озонированию зерна при сушке показал, что режимы работы должны настраиваться под определенную культуру, т.к. равномерность распределения озона по всему объему непостоянна. Также обрабатывать озоном необходимо не только семенной ворох, но и товарное или фуражное зерно, поскольку повреждённые зерновки чаще всего поражаются микроорганизмами, чем целое зерно.

Не стоит забывать также об обеззараживании хранилища. Применение озона позволяет устранить неприятные запахи, сопутствующие хранению сельскохозяйственной продукции. Установлено, что обработка зерна озоном

увеличивает срок хранения в 1,5...2 раза. Причём отмечается, что большие концентрации озона угнетают ростовые процессы семян, следовательно, их целесообразнее использовать при длительном хранении зерна. При этом обеспечивается глубокое состояние покоя, так как озон слабо влияет на метаболизм, чаще действует лишь поверхностно.

Немаловажным фактом является и то, что озонирование зерна позволяет свести к минимуму потери от деятельности грызунов, птиц и даже микроорганизмов, поскольку озон в зерновом ворохе распределяется даже в глубине и может сохраняться там, в течение нескольких дней.

Известно также влияние озонирования на белизну муки. Обработка озоном при концентрации 0,9 г/м³ в течение 8 ч осветлила её на 20...30%.

Использование озонирования в сельском хозяйстве не ограничивается воздействием газа на зерно и продукты его переработки. Широкое применение этот газ нашел в садоводстве, птицеводстве, животноводстве, овощеводстве, переработке, пчеловодстве и т.д.

Также имеются факты положительного влияния озонирования на интенсивность развития пчелосемей. Наибольший эффект получен при концентрации озона 35 мг/м³, общей продолжительности 24 ч и периодичности одни сутки. С увеличением количества обработок до 24 раз степень развития пчелосемей увеличивалась и составила 40%.

На основании вышеизложенного следует, что использование озонирования в сельскохозяйственном производстве обширно и открывает большие перспективы его развития. Более подробно в научной литературе процесс изучен лишь для предпосевной обработке семян сельскохозяйственных культур.

Применение озонирования в прочих сферах сельскохозяйственного производства в большинстве случаев носит локальный характер, позволяющий сделать вывод только по частному случаю. Несмотря на положительные аспекты применения озона, которые не уступают традиционным технологиям, зачастую вредным для человека, озонирование имеет массу преимуществ и даёт значительный экономический эффект.

Достоинства озонных технологий указывают на большие перспективы их развития. Озонирование является экологически чистым методом обработки, не требующим предварительного производства и хранения газа. Имеющиеся исследования по применению озона позволяют сделать вывод о необходимости использования современных технологии, но для практического применения в сельскохозяйственном производстве следует провести комплексные исследования в реальных условиях сельскохозяйственного производства. Озонирование следует исследовать в течение длительного времени, включая периоды разложения газа до кислорода, а также изучить его влияние на здоровье человека и животных. Важно также исследовать влияние озона непосредственно во время уборки урожая для уничтожения вредителей и микроорганизмов с целью обеспечения длительной сохранности продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оськин, С.В. Электротехнологии в сельском хозяйстве / С.В. Оськин // – Краснодар : КубГАУ, 2016. – 501 с.
2. Баскаков, И.В. Применение процесса озонирования в сельском хозяйстве / И.В. Баскаков, В.И. Оробинский, А.П. Тарасенко, А.В. Чернышов, О.В. Чернова // – Воронеж : Вестник Воронежского ГАУ. 2016. №3(50). С. 120-126.
3. Баскаков, И.В. Преимущества использования процесса озонирования в растениеводстве / И.В. Баскаков, А.П. Тарасенко, Р.Л. Чишко // Наука и образование в современных условиях : матер.

науч. конф. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2016. – С. 173-178.

4. Интенсификация процессов временного хранения и сушки зерна озонированием сушильного агента / А.В. Голубкович, А.Г. Чижиков, Ю.Н. Выговский, Н.Ю. Выговская // [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

http://www.kge.msu.ru/ozone/archives/1rus_conf_pr/Presentations/Golubkovich.pdf.

5. Нормов, Д.А. Озон в отраслях АПК / Д.А. Нормов // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сб. науч. тр. – Краснодар: КубГАУ, 2002. – С. 86-89.

УДК 621.314

В.А. Трушкин¹, С.В. Шлюпиков¹, В.В. Пиджаков¹, С.А. Кифарак²

1. Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, г. Саратов

2. ПАО «МРСК Волги» Центральное производственное отделение филиала «Саратовские РС», г. Саратов

Аннотация: В статье приведён анализ источников появления влаги в изоляции. Более подробно описана причина увлажнения изоляции, которая связана с конструктивными особенностями трансформаторов (для трансформаторов I, II габаритов). Приведены статистические данные повреждения катушек фаз. В заключение статьи дано техническое решение существующей проблемы.

Ключевые слова: источники появления влаги в изоляции, изоляция трансформатора, повреждаемость катушек фаз, силовые трансформаторы I, II габаритов.

СПОСОБ ЗАЩИТЫ ИЗОЛЯЦИИ ОБМОТОК ТРАНСФОРМАТОРОВ I, II ГАБАРИТОВ ОТ УВЛАЖНЕНИЯ

Надежность сельского электроснабжения определяется бесперебойной работой трансформаторов напряжением 10/0,4 кВ. Внезапный выход их из строя причиняет экономический ущерб, при этом убытки связаны не только с необходимостью дальнейшего восстановления трансформаторов, но и с отключениями электроснабжения потребителей, нарушением различных технологических процессов и недоотпуском электрической энергии.

Анализ надежности трансформаторов показывает, что основным критерием общей оценки их предельной работоспособности является техническое состояние обмоток, которые, в свою очередь, зависят от состояния жидкой и твердой изоляции. Часто изоляция работает в сложных условиях (повышенная температура окружающего воздуха,

наличие примесей кислорода и влаги, часто изменяемая нагрузка, влияние токов К.З. и т.д.), что ухудшает ее диэлектрические свойства. Вследствие этого может произойти электрический пробой изоляции и выход из строя трансформатора.

Одним из факторов, существенно влияющим на надежность работы силового маслонаполненного трансформатора, является увлажнение его изоляции. Различают следующие источники появления влаги в изоляции: в результате старения целлюлозной изоляции, окисления масла, а также дополнительное поступление атмосферной влаги контактирующей с маслом воздуха, свободной водой, попадающей через негерметичные уплотнения, водой, конденсирующейся на стенке расширителя.

Если влияние первых двух причин на влагосодержание изоляции

незначительно, а негерметичность случайна, то влага из атмосферы является основным источником увлажнения. В процессе «дыхания» трансформатора увлажненный воздух поступает через воздухоосушительный фильтр (ВОФ), ускоряя процесс насыщения сорбента, несвоевременная замена которого приводит к ускоренному увлажнению изоляции.

В силу инерционности воздухообмена в расширителе и наличия в определенные сезоны существенной разности между температурами масла в расширителе и верхней части его стенки наблюдается интенсивная конденсация воды, которая стекает на дно расширителя, контактируя с маслом.

Вода на дне бака не опасна, если она не достигает уравнивающей изоляции обмоток. Однако, растворяясь в масле при повышении температуры, эта вода ускоряет увлажнение изоляции.

Характерным примером негативного влияния конденсации воды в расширителе может служить полученная статистика по трансформаторам I и II габаритов. На более чем 50% проверенных трансформаторах (свыше 200 шт.), поступивших в ремонт, обнаружены следы ржавчины на верхнем ярме магнитопровода. В половине трансформаторов имели место повреждения обмоток, в том числе более 200 шт. фазных катушек обмоток высокого напряжения. Распределение катушек по фазам (*A* – 31,5%; *B* – 39,6%; *C* – 48,7%) свидетельствует о явном преобладании повреждаемости катушек фазы *C*.

Данное положение объясняется тем, что вода, конденсирующаяся на верхней, менее нагретой части расширителя, стекает на дно и, достигнув отверстия сообщающейся трубы, стекает по ней на активную часть трансформатора. В

большинстве трансформаторов расширитель расположен рядом с фазой *C*, что приводит к повреждению этой фазы.

В ряде случаев, когда разрушение (прогар), межвитковой и межслоевой изоляции не происходит, трансформатор удается восстановить путем сушки активной части.

Простым средством защиты активной части трансформатора от прямого попадания воды может служить отражатель (рис.1) или изменение уклона сообщающейся трубы, обеспечивающей попадание воды на стенку и последующее ее стекание на дно бака.

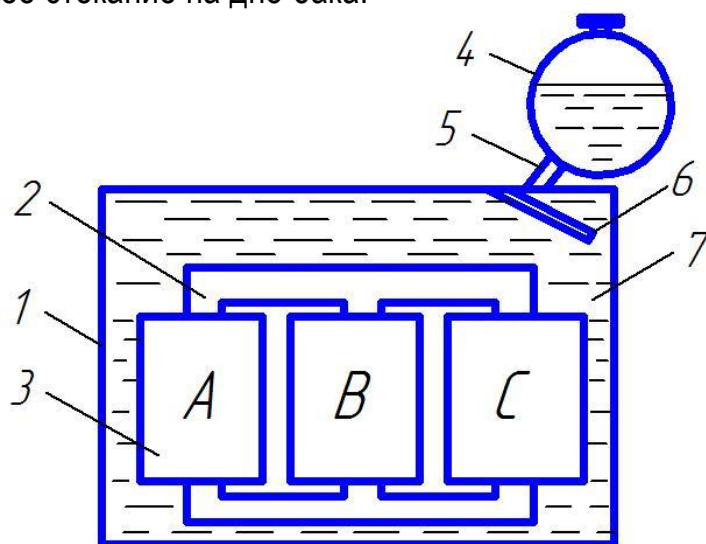


Рисунок 1 – Конструкция силового трансформатора:

- 1 – бак; 2 – магнитопровод; 3 – обмотка; 4 – расширитель;
5 – сообщающаяся труба; 6 – отражатель; 7 – масло

Несовершенство данного предложения заключается в отсутствии защиты масла в баке от прямого контакта с водой, которая постепенно повышает его влагосодержание и ухудшает характеристики изоляции, сокращая межремонтный цикл.

Более действенным является устройство (рис.2), обеспечивающее удаление конденсированной в расширителе воды. Расширитель

снабжен «карманами» для приема стекающей по стенкам воды и трубам, отводящими воду в накопитель, который имеет указатель уровня. Сброс воды из накопителя может быть автоматизирован.

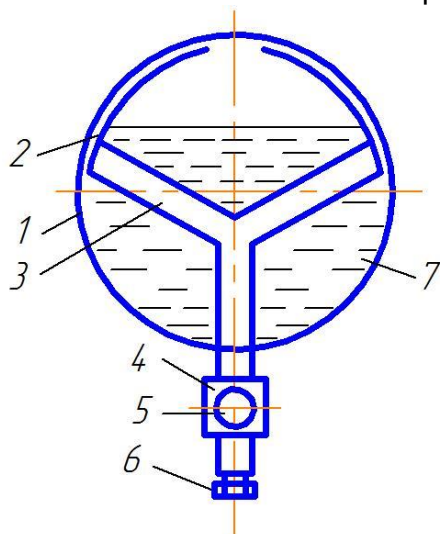


Рисунок 2 – Конструкция расширителя трансформатора:

1 – корпус; 2 – перегородка; 3 – тройник; 4 – накопитель воды; 5 – указатель уровня воды; 6 – пробка; 7 – масло

Таким образом, наличие водосборника в расширителе трансформатора позволяет непрерывно удалять конденсирующуюся в расширителе воду.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Овчаров, В.В. Эксплуатационные режимы работы и непрерывная диагностика электрических машин в сельскохозяйственном производстве / В.В. Овчаров. – Киев : Изд-во УСХА, 1990. – 168 с.
2. Трушкин, В.А. Дистанционный контроль влажности силикагеля маслонаполненных трансформаторов напряжением 10/0,4 кВ, эксплуатируемых в сельских электрических сетях / Трушкин В.А., Шлюпиков С.В., Кифарак С.А., Россошанский А.Р. // Аграрный научный журнал. – Саратов, 2017. № 9. С. 65-67.
3. Трушкин, В.А. Факторы, влияющие на старение трансформаторного масла / В. А. Трушкин, С. В. Шлюпиков // Актуальные проблемы энергетики АПК : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. / под ред. А. В. Павлова. – Саратов, 2013. – С. 320-322.
4. Школьник, А.А. Об увлажнении изоляции трансформаторов / А.А. Школьник // Энергетик. – М.: Энергоатомиздат, 1990. №9. – С. 21.

УДК: 621.313.333.2

В.А. Трушкин, Р.В. Козичев

Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И.Вавилова,
г. Саратов

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ИМПУЛЬСНОГО ИСТОЧНИКА ПОСТОЯННОГО ТОКА ДЛЯ КОМБИНИРОВАННОГО УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ В УСЛОВИЯХ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Аннотация: В статье рассматривается работа импульсных источников питания в условиях сельскохозяйственного электроснабжения. Приводится сравнительный анализ двух схем однотактных автогенераторных преобразователей в среде Multisim.

Ключевые слова: однотактный автогенераторный преобразователь, импульсный источник постоянного тока, качество электрической энергии, моделирование работы ИИПТ в среде Multisim.

Электроснабжение сельскохозяйственных потребителей в настоящее время осуществляется централизованно от энергосистем различного уровня напряжений. В отличие от городских, сельские сети обладают рядом

особенностей, таких как большое количество удаленных друг от друга потребителей сравнительно малой мощности и радиальное построение сетей, что создает трудности в обеспечении надежности электроснабжения.

Одним из показателей качества электрической энергии [1] является уровень напряжения, отклонение которого от установленных значений приводит к отказам в работе автоматических систем управления, контроля и диагностирования оборудования [4, 6].

В качестве источника постоянного тока для устройства электроосмотической защиты и диагностики состояния изоляции погружных электродвигателей предполагается использовать импульсный источник постоянного тока (далее ИИПТ).

Разрабатываемый ИИПТ должен работать в условиях сельскохозяйственного производства, обладать высокой надежностью и обеспечивать нормальное функционирование при отклонениях напряжения от номинального на заданную ГОСТ величину. Схемотехника построения импульсных источников питания насчитывает много технических решений, в основе которых лежит использование специально разработанных ШИМ-

контроллеров, полупроводниковых и полевых транзисторов [2, 3].

Основной принцип, заложенный в основу работы ИБП, заключается в преобразовании сетевого переменного напряжения (50 Герц) в переменное высокочастотное напряжение прямоугольной формы, которое трансформируется до требуемых значений, выпрямляется и фильтруется. Преобразование осуществляется с помощью мощных транзисторов, работающих в режиме ключа и импульсного трансформатора, вместе образующих схему ВЧ преобразователя.

В качестве примера сравнивалась работа двух схем автогенераторного типа [6] питающихся от переменного сетевого напряжения 220В, подающих постоянное импульсное напряжение величиной 400В на нагрузку в 500кОм. Исследование работы выполнялось в программе Multisim.

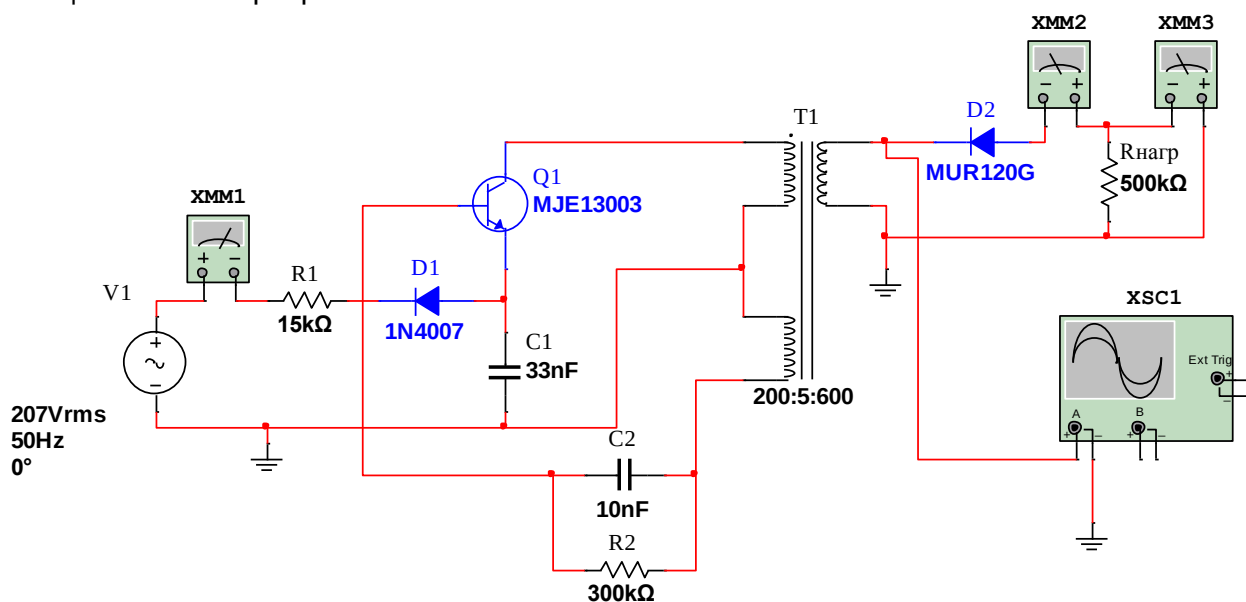


Рисунок 1 – Схема импульсного источника питания автогенераторного типа

При проведении эксперимента питающее напряжение [1] изменялось в диапазоне от 184...276В с шагом в 1%,

контролируемые параметры XMM1 - потребляемый ток, XMM2 – ток нагрузки, XMM3 – выходное напряжение.

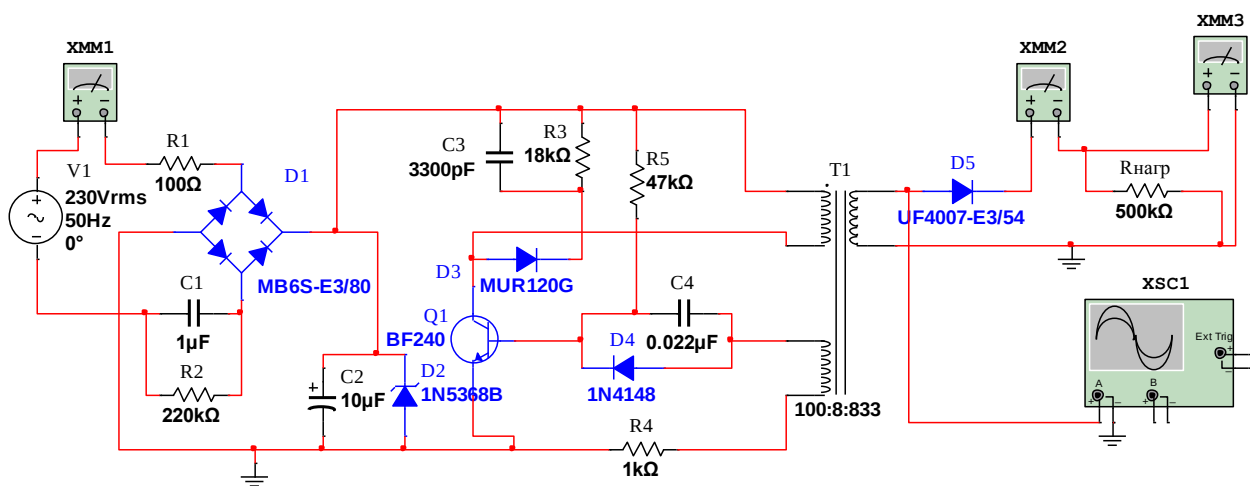


Рисунок 2 – Схема импульсного источника питания автогенераторного типа со стабилизацией постоянного напряжения

Полученные результаты моделирования ИИПТ в условиях сельскохозяйственного производства сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты моделирования работы ИИПТ автогенераторного типа

Упит., В.	Схема ИИПТ рис.1			Схема ИИПТ рис.2		
	XMM1, мА.	XMM2, мкА.	XMM3, В.	XMM1, мА.	XMM2, мкА.	XMM3, В.
207,0	2,17	662	332	61,57	779,41	389,12
209,3	2,19	667	334	62,42	779,56	389,20
211,6	2,21	676	339	63,17	779,71	389,27
213,9	2,23	683	344	63,87	780,00	389,42
216,2	2,26	689	346	64,67	780,09	389,47
218,5	2,28	699	348	65,63	780,33	389,58
220,8	2,30	707	353	66,32	780,53	389,68
223,1	2,33	710	355	66,92	780,66	389,74
225,4	2,36	712	359	67,58	780,83	389,83
227,7	2,38	718	368	68,63	781,08	389,95
230,0	2,40	726	373	69,27	781,25	390,04
232,3	2,43	744	378	69,93	781,43	390,12
234,6	2,45	747	380	70,86	781,67	390,25
236,9	2,47	763	381	71,53	781,85	390,33
239,2	2,50	770	386	72,15	782,01	390,42
241,5	2,53	772	388	73,08	782,28	390,55
243,8	2,55	797	393	73,75	782,46	390,64
246,1	2,58	806	398	74,35	782,63	390,73
248,4	2,60	793	400	75,04	782,79	390,81
250,7	2,62	802	407	75,95	783,05	390,94
253,0	2,65	825	411	76,56	783,22	391,03

Графический анализ полученных результатов представлен на рисунках 3 и 4.

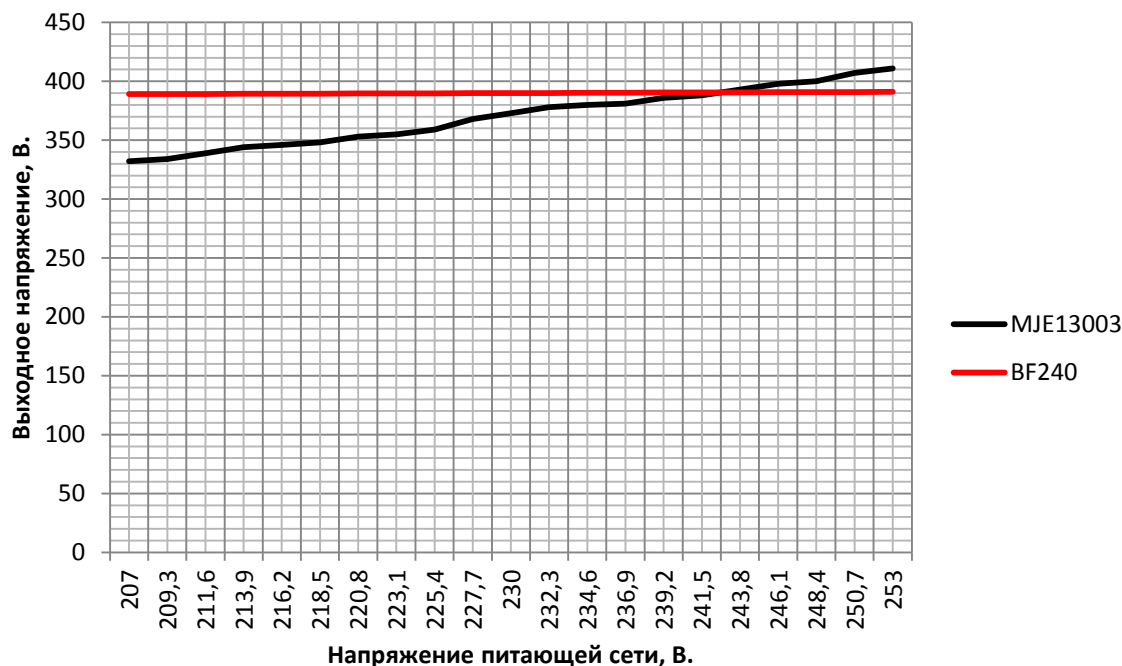


Рисунок 3 – Изменение выходного напряжения ИИПТ от питающего напряжения сети

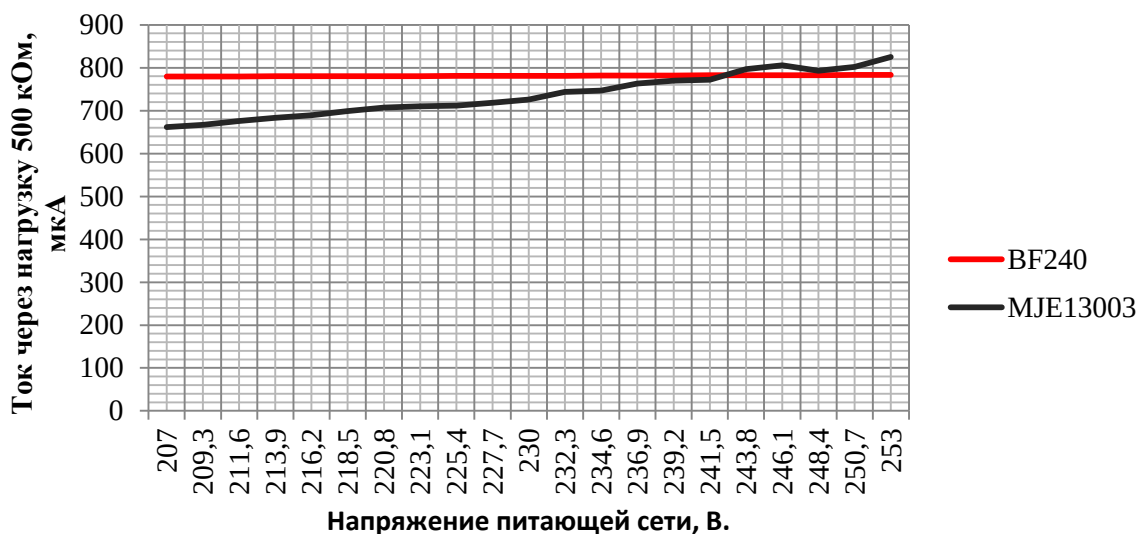


Рисунок 4 – Изменения тока нагрузки ИИПТ от питающего напряжения сети

Рассмотренные схемы импульсных блоков питания выполнены по схеме однотактного автогенераторного преобразования. Основными достоинствами источников питания данного типа является простота конструкции, небольшое число компонентов схемы и наличие всего одного ключевого транзистора, что является

неоспоримым преимуществом, перед импульсными источниками питания построенным по другим схемам.

Основным недостатком источников питания данного типа можно считать подмагничивание трансформатора постоянным током, что выражается в зависимости выходного напряжения источника питания от напряжения

питающей сети. Проведя моделирование двух схем одноконтурных автогенераторных преобразователей можно сделать вывод, что вторая схема, со стабилизацией подмагничивающего постоянного тока имеет более стабильные выходные параметры во всем диапазоне напряжений указанном в ГОСТ 29322-2014. Таким образом, источник питания постоянного тока собранный по второй схеме может быть использован в комбинированном устройстве управления и защиты с реализацией электроосмотического процесса в полимерной изоляции погружных электродвигателей [4, 5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. ГОСТ 29322-2014 Напряжения стандартные. М.: Стандартинформ, 2015. -13с.
2. Гейтенко, Е.Н. Источники вторичного питания. Схемотехника и расчет. Учебное пособие. – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2008. -448с.
3. Источники вторичного электропитания /С.С. Букреев, В. А. Головацкий, Г. Н. Гулякович и др.; Под ред. Ю. И. Конева. - М.: Радио и связь, 1983.- 280 с.
4. Козичев Р.В., Трушкин В.А. Диагностирование изоляции погружного водоснабжающего оборудования с реализацией электроосмотической влагозащиты // Техника и оборудование для села. – 2019. -№1.- с.30-32.
5. Козичев Р.В., Трушкин В.А. Обзор устройств управления и защиты погружными электронасосными установками// Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы IX международной научно-практической конференции/ Под общ. ред. Трушкина В.А.-Саратов: ООО «ЦеСАин», 2018.
6. Москатов, Е.А. Источники питания. – СПб.: КОРОНА-ВЕК, 2011. -208 с.

УДК 621.331

В.А. Трушкин¹, С.В. Шлюпиков¹, А.Ю. Корнилов¹, А.О. Горшенин²

1. Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, г. Саратов

2. Организация Slders technologies, г. Саратов

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ RGB-ДАТЧИКОВ В АВТОНОМНЫХ МАШИНАХ ТРАНСПОРТИРОВКИ ГРУЗОВ (НА ПРИМЕРЕ ТЕПЛИЧНОГО ХОЗЯЙСТВА)

Аннотация: В статье обосновывается необходимость в автономных машинах для транспортировки грузов, в частности для тепличных хозяйств. Для обеспечения автономности предлагается использовать RGB-датчик. Приведены особенности его работы и показаны перспективы использования.

Ключевые слова: роботизированный агрегат, RGB-датчик, движение по заданной траектории, транспортировка грузов.

В настоящее время в сельскохозяйственном производстве сбор урожая является наиболее интенсивным и трудоемким процессом. В среднем с 1 м² получают около 10-25 кг плода (огурец, томат). Собранный урожай фасуют преимущественно в картонные ящики размером 400×300×200 мм. В ящик помещается 8-12 кг плодов. Таким образом, количество ящиков может достигать 500-1000 штук. Например, для теплицы размером 5 га общий вес урожая может достигать 500-1250 тонн. После сбора и

упаковки урожая начинается следующий процесс – транспортировка. Ящики укладывают на деревянный поддон. В среднем грузится около 15-30 ящиков. Полный поддон вывозят из теплицы на склад с помощью гидравлических телег (вручную), либо электрокаром или погрузчиком.

На этом этапе возникает несколько проблем. Во-первых, вручную вывозить полный поддон весом от 500 килограмм до 1 тонны оказывается непросто. Традиционная тележка имеет жесткие

колеса диаметром около 50-80 мм, а покрытие пола в теплице и вспомогательных помещений могут иметь различные уровни, переходы, технологические сливы и т.п. Следовательно, их можно использовать только на небольших участках, где одинаковая поверхность пола помещения. Тем самым это наносит ограничение по дальности перемещения.

Во-вторых, при использовании погрузчиков или электрокаров, помимо приобретения, необходимо проводить их техническую эксплуатацию, а так же закреплять за ним персонал, который сможет управлять им. Закрепление за каждой теплицей погрузчика и оператора решает проблему перевозки урожая, однако в рассадный период, и период цветения они будут простаивать. Поэтому, обычно принимают один погрузчик на несколько теплиц. Но в этом случае своевременный и оперативный вывод не обеспечивается. В итоге персонал по обслуживанию растений вынужден ждать пока вывезут загруженный поддон или привезут новый. В результате чего задерживается вся последовательность (цепочка) операций процесса сбора урожая.

На основании выше изложенного была поставлена задача разработать машину, которая имела бы лучшую проходимость и осуществляла транспортировку грузов автономно (преимущественно без участия человека).

Одними из важных компонентов такой автономности является система, осуществляющая контроль движения, в основе которой лежат датчики, фиксирующие информацию об

окружающей среде, различных препятствий, траектории движения и т.д.

Для решения задачи движения машины по заданной траектории предлагается использовать RGB-датчик (рисунок 1). Рассмотрим особенности работы данного датчика и определим возможность его использования для заданной цели.



Рисунок 1 – Общий вид RGB-датчика

Датчик цвета (RGB-датчик) преобразует длину цвета в электрические волны, что в дальнейшем можно считать различными контроллерами, чипами и т.п. Из названия «RGB-датчик» понятно, что используется три цвета, R – red, G – green, B – blue (красный, зелёный, синий). Выбраны именно эти цвета не случайно. Во-первых, RGB применяется в экранах электроники (это даёт возможность при смешении получать различные цвета на экране). И второе, самое главное, дело в том, что если рассмотреть шкалу длины волн цветов (нанометры), то несложно увидеть, что синий находится слева, зелёный в центре, а красный справа всего видимого цветового спектра (рисунок 2).

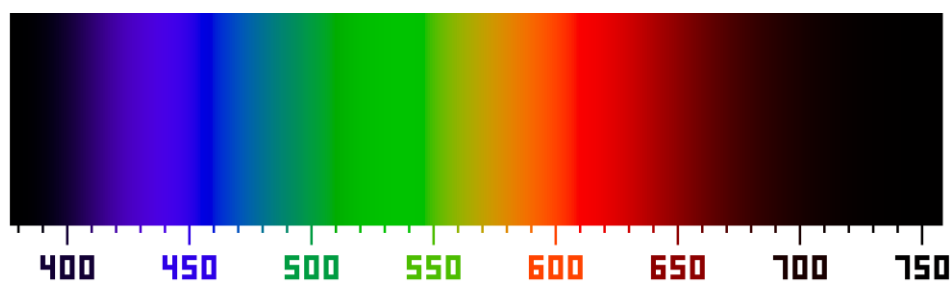


Рисунок 2 – Спектр цвета и длина волны цвета (нанометры)

Таким образом, датчик захватывает почти все цвета, т.к. остальные цвета находятся внутри этого диапазона.

Для примера рассмотрим датчик TCS230. Датчик имеет фоторезисторы с разными фильтрами. Здесь следует оговориться, что датчик не выдаёт на разные выводы готовые параметры по цветам, а работает следующим образом:

1. У датчика есть такое понятие как множитель результатов, или чувствительность вывода, который может иметь три значения: 2%, 20% и 200%.

2. Цвета RGB получаются по отдельности. Если включить фотодиоды с R-фильтром, то получим красный цвет, соответственно аналогично с другими цветами (рисунок 3).

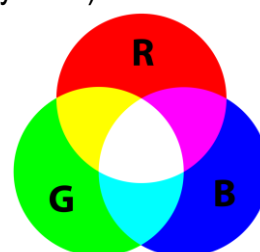


Рисунок 3 – Спектр RGB

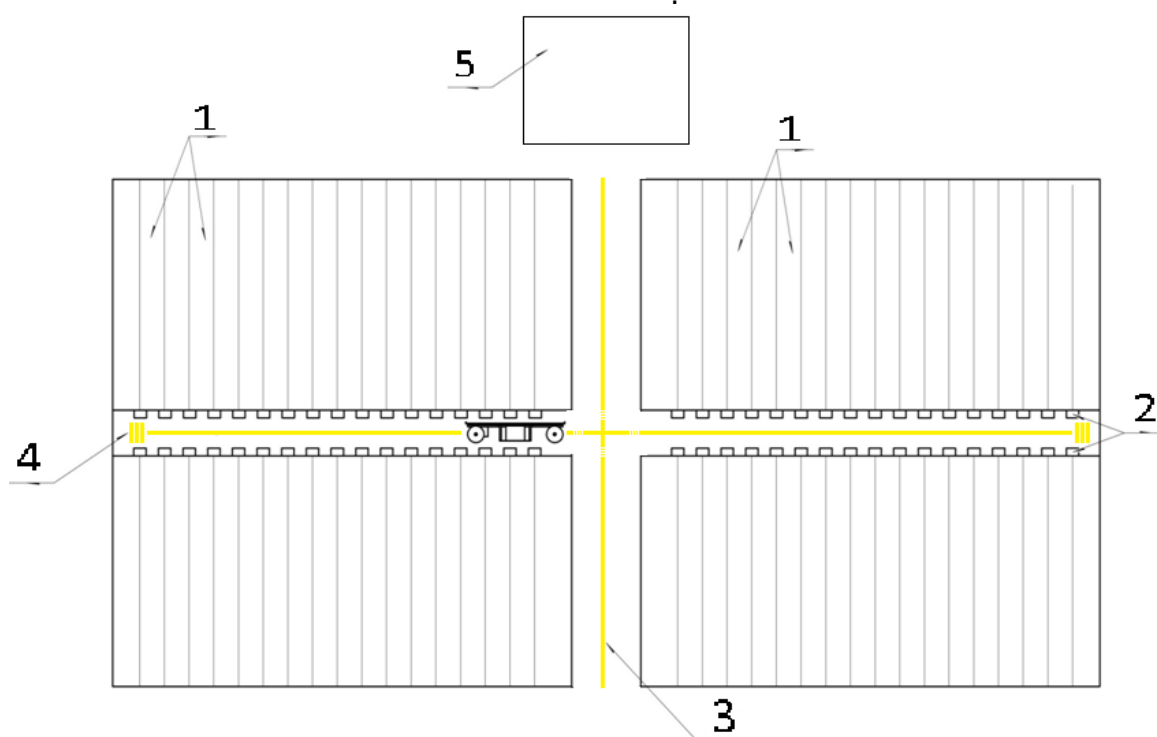


Рисунок 4 – Технологическая схема сбора урожая:
1 – ряды теплицы; 2 – ящики с продукцией; 3 – основной коридор;
4 – технологический коридор сбора продукции; 5 – склад.

3. Есть 4-й режим, когда включены все фоторезисторы одновременно, что даёт возможность измерять степень яркости по белому цвету.

На основании выше изложенного интересной представляется возможность использования RGB-датчика для организации движения машин для транспортировки грузов по заданной траектории путем считывания разницы цвета поверхности пола. Рассмотрим на примере тепличного хозяйства (рисунок 4)

На напольное покрытие наносится цветная линия определенного цвета и ширины по всему маршруту движения транспорта. В местах, где необходима остановка или изменение скорости движения (например, при поворотах) на поверхность пола наносятся дополнительные цвета или знаки. Следовательно, получается своеобразная дорожная карта роботизированной машины, по которой осуществляется процесс сборки и транспортировки урожая. Также следует дополнительно

предусмотреть возможность ручного управления (при помощи пульта) с целью расширения возможностей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трушкин, В.А. Обоснование параметров многофункционального электропривода универсального электрифицированного аппарата для приусадебных и фермерских хозяйств: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.02 / Трушкин Владимир Александрович. – Саратов, 1999 – 146с.
2. Устройство, ремонт и обслуживание электрооборудования в сельскохозяйственном производстве / Коломиец А. П., Ерошенко Г. П., Расторгуев В. М., Фокин В. В., Кондратьева Н. П., Юран С. И., Владыкин И. Р., Трушкин В. А., - М. : Учебник для начального профессионального образования, 2003 – 368.
3. Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники: Материалы Международного научно-технического семинара имени В. В. Михайлова. – Вып. 30 – Саратов: ООО «Кросс-Н», 2017 86 - 90 с.

УДК 621.314

В.А. Трушкин, О.Н. Чурляева, В.А. Чернявский

Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова,
г. Саратов

ФЕРРОРЕЗОНАНС И ЕГО ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ВЫСОКОВОЛЬТНОЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ В СЕТИ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ

***Аннотация.** В статье рассмотрено явление феррорезонанса, его воздействие на высоковольтное оборудование, а так же актуальность создания защитных устройств от негативных последствий феррорезонанса.*

***Ключевые слова:** феррорезонанс, изолированная нейтраль, трансформатор напряжения, перенапряжение*

Феррорезонанс – это резонанс в цепи, содержащей хотя бы один ферромагнитный элемент. Ферромагнитными элементами в электрических сетях являются силовые трансформаторы, дугогасящие реакторы, измерительные трансформаторы тока и напряжения, электродвигатели, то есть все

аппараты, в которых имеется катушка с ферромагнитным (стальным) сердечником. Особенностью катушки с ферромагнитным сердечником является нелинейная зависимость тока от напряжения (потока).

Значительное число повреждений оборудования в сетях с изолированной нейтралью вызвано феррорезонансом, так

как это явление вызывает перенапряжения или сверхтоки, на воздействие которых оборудование не рассчитано и от которых оно не защищено. Кроме того, феррорезонанс возникает чаще, чем другие виды воздействий, и особенно опасен тем, что длительность его существования неограниченна.

В обычных условиях в цепи с ферромагнитными элементами нет условий для возбуждения резонанса, то есть незатухающих колебаний. Однако, при воздействиях на ферромагнитный элемент, приводящих к насыщению сердечника, происходит плавное изменение индуктивности этого элемента, что создаёт возможность возникновения резонанса между индуктивностью и ёмкостью [1].

Статистика отказов показывает, что ежегодно в энергосистемах страны, по оценкам ООО «Фирма ОРГРЭС», повреждается до 6-8% от числа трансформаторов напряжения (ТН) установленных в сетях с изолированной нейтралью [3]. Повреждения происходят при воздействии на ТН перемежающейся дуги в тех случаях, когда зажигание и гашение дуги происходит один раз в период или реже, или когда возникает регулярная дуга с зажиганием один раз в период при напряжении только одной полярности. Повреждения ТН от воздействия феррорезонансных перенапряжений происходят практически после каждого случая изменения режима работы сети, приводящего к возбуждению феррорезонансного процесса (ФРП). Повреждения ТН происходят даже при наличии активных сопротивлений, включенных в схему разомкнутого треугольника.

Анализ причин повреждений ТН показал, что ТН является достаточно надежным аппаратом и не повреждается ни по каким другим причинам, кроме воздействия

режимов, на которые он не рассчитан. Таким режимом является длительное протекание по первичной обмотке ТН токов, величина которых значительно превышает величину тока, максимально допустимого по тепловой устойчивости изоляции обмотки. Установлено, что такие токи возникают при феррорезонансных процессах (ФРП) в контуре, образующемся при определенных режимах сети, в которой установлен ТН. Возникновение ФРП становится возможным из-за явлений, вызывающих насыщение стали магнитопровода ТН. Это приводит к плавному изменению индуктивности обмотки ТН и при определенном соотношении величин емкостей элементов сети, включенных последовательно и параллельно с ТН, возникает ФРП.

В настоящее время в распределительных сетях 6-10 кВ Центрального ПО ПАО «МРСК Волги» эксплуатируются пункты коммерческого учета электроэнергии (ПКУЭ) укомплектованные, в том числе, трехфазной антирезонансной группой из заземляемых трансформаторов напряжения со встроенным предохранительным устройством 3хЗНОЛПМ. Несмотря на заявленные заводом изготовителем антирезонансные свойства этой группы ТН, в отдельных случаях возможно возникновение феррорезонансных процессов, связанных с насыщением магнитопровода, что подтверждается опытом эксплуатации. Феррорезонансный процесс возможен при величине емкостного тока 0,2-1,5 А на одну группу ТН [2].

В случае, если ёмкость и индуктивность ферромагнитного элемента соединены параллельно с источником переменного напряжения, то возникает резонанс токов, сопровождающийся существенным увеличением в индуктивности и ёмкости

сети. В этом случае говорят о феррорезонансных сверхтоках, как например при неполнофазных режимах. Если же ёмкость и нелинейная индуктивность соединены последовательно, то в цепи возможен режим резонанса напряжений, сопровождающийся значительным ростом напряжения на этих элементах. В статистике отказов упоминаются повреждения трансформаторов напряжения, электродвигателей, комплектных распределительных устройств наружной установки (КРУН), нелинейных ограничителей перенапряжений (ОПН) и вентильных разрядников, связанные с возникновением внутренних перенапряжений.

Отсюда возникает потребность в разработке нового способа решения данной проблемы, которая приводит к выходу из строя довольно большого числа предохранителей, а так же ТН типа 3хЗНОЛПМ.

В цепях с трансформаторами напряжения (ТН) возможность возникновения и существования феррорезонансного процесса (ФРП) определяется следующими тремя условиями [4, 5, 6]:

1) Величина эквивалентной ёмкости сети ($C_{\text{ЭКВ}}$) должна находиться в пределах, определяемых пределами изменения индуктивности трансформатора напряжения от индуктивности холостого хода ($L_{\text{ХХ}}$) до индуктивности насыщения ($L_{\text{с}}$):

$$\frac{1}{\omega^2 \cdot L_{\text{ХХ}}} \leq C_{\text{ЭКВ}} \leq \frac{1}{\omega^2 \cdot L_{\text{с}}}.$$

Возбуждение ФРП связано с нелинейным изменением индуктивности ТН. Причём, начавшееся плавное изменение индуктивности происходит до тех пор, пока не возникнут условия резонанса $\omega \cdot L = \frac{1}{\omega \cdot C}$ (такие как в

контуре с линейной индуктивностью), что приводит к установившемуся ФРП. Очевидно, что ФРП с одним и тем же ТН возникает в схемах с различной эквивалентной ёмкостью.

2) ФРП возбуждётся в контуре с резонансными параметрами после скачка напряжения в том случае, если суммарный поток в магнитопроводе ТН окажется больше потока начального насыщения магнитопровода ($\psi_{\text{нач.нас}}$), так как это вызывает насыщение магнитопровода и плавное изменение индуктивности ТН: $\psi_{\text{ост}} + \psi_{\text{уст}} \geq \psi_{\text{нач.нас}}$.

Для возбуждения ФРП в контуре с параметрами, отвечающими первому условию, необходимо событие, приводящее к изменению индуктивности ТН. Таким событием в сети с изолированной нейтралью, к примеру, является отключение дугового металлического замыкания на землю, при котором напряжение на ТН скачком изменяется от $U_{\text{л}}$ до $U_{\text{ф}}$.

3) Величина энергии, поступающей в феррорезонансный контур при каждом изменении параметра (индуктивности ТН), должна быть больше величины потерь в нем.

ФРП относится к параметрическим процессам, так как возникает, когда создаются условия (первое и второе) для изменения одного из параметров контура – индуктивности ТН, которая изменяется скачкообразно от индуктивности холостого хода $L_{\text{ХХ}}$ до индуктивности насыщения $L_{\text{с}}$. Параметрический резонанс изучен достаточно полно. Известно, что при скачкообразном увеличении индуктивности энергия контура возрастает на величину $\frac{(L_{\text{ХХ}} - L_{\text{с}}) \cdot I_{\text{с}}^2}{2}$, уменьшение индуктивности не вызывает изменение запаса

электромагнитной энергии контура, так как на это изменение не затрачивается работа.

Резонансные колебания невозможны, если активное сопротивление цепи R будет

больше или равно $R_{кр}$:
$$R_{кр} = 2 \cdot \sqrt{\frac{L}{C}}.$$

Исходя из первого условия, выразим индуктивность через эквивалентную емкость контура, которая остается постоянной и не зависит от величины напряжения или тока: $L = 1 / \omega^2 \cdot C_{эв.}$

Тогда $R_{кр} = 2 / \omega \cdot C_{эв.}$ Данное выражение математически описывает третье условие существования феррорезонанса.

Вывод. Не смотря на достаточно полную изученность явления феррорезонанса и наличие устройств защиты, опыт эксплуатации показывает, что в ряде случаев все равно происходит повреждение электрооборудования от его проявлений. Исходя из этого, научно-техническая задача поиска

УДК 631.3

Т.И. Филатова, А.М. Муратова

Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова,
г. Саратов

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ КОНТРОЛЛЕРОВ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ СЕЛЬХОЗПРОИЗВОДСТВА

Аннотация. В настоящей статье представлены мероприятия и рекомендации по обеспечению электромагнитной совместимости программируемых логических контроллеров в системах управления технологическими процессами сельхозпроизводства.

Ключевые слова: управляющие контроллеры, автоматизация технологических процессов, программируемые логические контроллеры; электромагнитная совместимость.

Повышение производительности труда и снижение энергозатрат на производство единицы продукции, улучшение использования электрооборудования и условий труда работников невозможно без внедрения системной автоматизации в

альтернативных решений для исключения опасных феррорезонансных колебаний в сетях с изолированной нейтралью остается актуальной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев, В.Г. Феррорезонанс в сетях 6 – 10 кВ [Текст] / В.Г. Алексеев, М.Х. Зихерман. – Электрические станции. – 1979. – № 1. – с. 63 – 65.
2. Кучеренко, В.И. Воздействие феррорезонанса [Электронный ресурс] / В.И. Кучеренко. – Информационное письмо Центрального ПО ПАО «МРСК Волги». – Режим доступа: <http://www.mrsk-volgi.ru>.
3. Информационное сообщение ОРГРЭС, № Э-11/60.
4. Поляков, В.С. Условия возникновения и существования феррорезонанса в цепях с электромагнитными измерительными трансформаторами напряжения [Текст] / В.С. Поляков. – Энергоэксперт. – 2014. – № 1. – с. 29 – 37.
5. Халилов, Ф.Х. Еще раз о дуговых перенапряжениях в распределительных сетях 6 – 35 кВ [Текст] / Ф.Х. Халилов. – Промышленная энергетика. – 1985. – № 2. – с. 35 – 37.
6. Халилов, Ф.Х. Коммутационные перенапряжения в сетях 6 – 10 кВ [Текст] / Ф.Х. Халилов. – Промышленная энергетика. – 1985. – № 11. – с. 37 – 41.

сельскохозяйственное производство. Уровень автоматизации является определяющим фактором, в том числе, себестоимости производимой продукции – важным показателем

конкурентоспособности производства в условиях рыночной экономики [1-3].

Автоматизация технологических процессов (ТП) позволяет освободить человека от непосредственного выполнения функций управления ТП и передать эти функции автоматическим устройствам. Создание новых и совершенствование существующих систем автоматического управления процессами сельхозпроизводства с использованием современных микропроцессорных технических средств, представляется актуальным. При этом перспективным для этих целей является применение программируемых логических контроллеров [4-6].

Однако реактивные индуктивно-емкостные компоненты электрических приводов оказывают отрицательное воздействие на цифровые элементы системы управления. Таким образом обеспечение электромагнитной совместимости управляющего устройства привода является важным [7].

В настоящей статье представлены мероприятия и рекомендации по обеспечению электромагнитной совместимости программируемых логических контроллеров в системах управления технологическими процессами сельхозпроизводства.

Электромагнитная совместимость определяется способностью контроллеров функционировать с заданным качеством в заданной электромагнитной обстановке. Сформулируем перечень требований, выполнение которых на этапах разработки и создания контроллеров, модулей расширения для управляющих устройств ТП позволит обеспечить их электромагнитную совместимость.

При определении содержания раздела, технических показателей и характеристик

будем исходить из положений или требований, обозначенных в [8,9] и опубликованных в открытом доступе сведений.

Предлагаемые рекомендации распространяются на контроллер логический программируемый, на модули ввода дискретных сигналов, модули аналогового ввода, модули питания и связи, входящие в его состав, используемые, в том числе в управляющих устройствах ТП сельхозпроизводства. В работе [9] термин «программируемый контроллер» (ПК) определен совокупностью аппаратных средств: главное процессорное устройство (ГПУ) – в настоящих рекомендациях «контроллер»; станции удаленного ввода/вывода (СУВД) – в настоящем разделе «модули».

Контроллеры выполнены на элементной базе отечественных производителей и предназначены к использованию в системах автоматического управления техническими объектами, в том числе в управляющих устройствах технологий предприятий сельхозпроизводства и АПК.

Конструкция ПК должна соответствовать комплекту конструкторской документации и определяется согласно требованиям (рис.1) [9].

Внешний вид контроллера, модулей расширения задается набором рабочих чертежей в комплекте конструкторской документации. При этом дефекты корпуса, ухудшающие внешний вид изделий – сколы, отслаивание, неравномерность покрытий, острые, необработанные кромки, другие изъяны, не допускаются. Корпус изделия изготавливается из негорючего пластика, обеспечивающего механическую и электрическую прочность, с креплением на DIN-рейку 35 мм в шкафу или ящике соответствующего исполнения и размера [9].

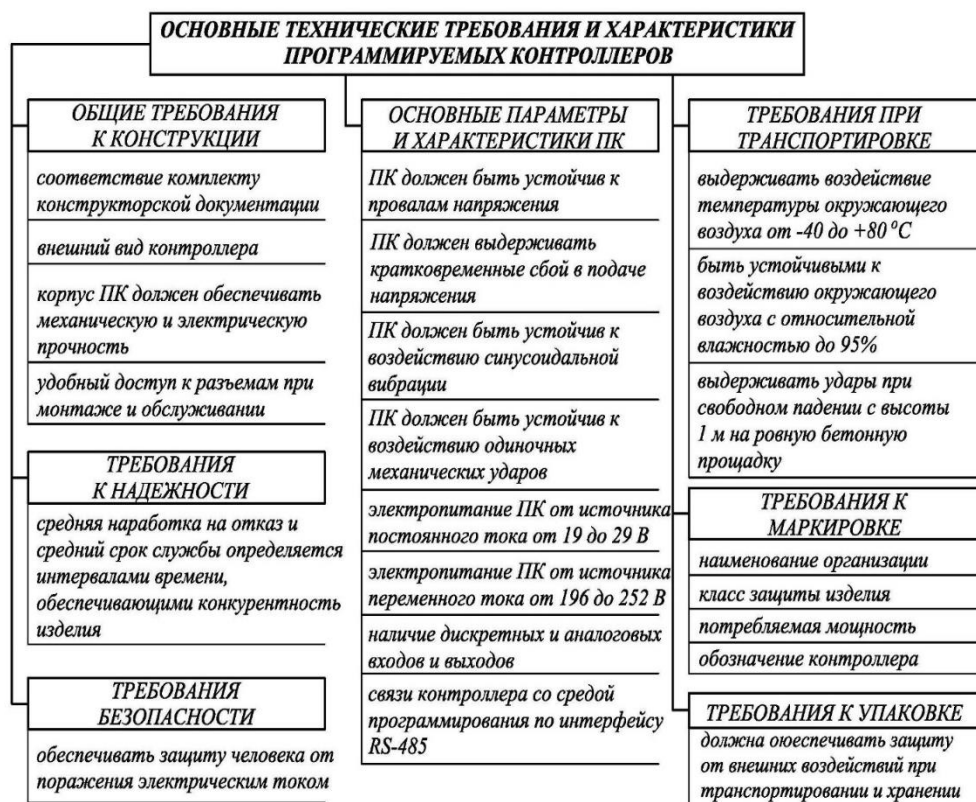


Рисунок 1 – Основные технические требования и характеристики ПК

Размещение печатных плат, комплектующих элементов, разъемов, зажимов в корпусе должен обеспечивать удобный доступ с лицевой и внутренней стороны при монтаже, наладке, техническом обслуживании и замене частей изделия. Качество комплектующих изделий, электронных компонентов определяется требованиями сопроводительных документов. Входной контроль покупных изделий выполняется службой технического контроля изготовителя ПК с проверкой сопроводительной документации по ГОСТ 24297-87.

Первичное питание системы ПК осуществляется от источника постоянного тока напряжением в диапазоне от 19 до 29 В (номинальное значение U_e 24 В) или переменного тока частотой от 48 до 62 Гц (номинальное значение F_n 50 или 60 Гц) напряжением от 196 до 252 В (номинальное значение 230 В). Номинальное рабочее напряжение вспомогательных цепей постоянного тока 24 – 27 В. В модификациях предусмотрено резервное электропитание запоминающих устройств

(ЗУ). Обеспечивается схемотехническая защита от входного напряжения обратной полярности.

Контроллер должен быть устойчивым к провалам и колебаниям напряжения питания в соответствии с требованиями ГОСТ Р51317.4.11. Он должен выдерживать кратковременные сбои в подаче электропитания. При максимальной обозначенной длительности прерывания изделие должно продолжать нормально функционировать.

Электромагнитная совместимость контроллера в части устойчивости к электромагнитным помехам и ограничения создаваемых электромагнитных помех должна соответствовать требованиям к оборудованию [9]: по ГОСТ Р 51522.1 – класс А; по ГОСТ IEC 61131-2 – раздел 8.

Контроллер должен быть устойчивым: к воздействию синусоидальной вибрации с параметрами, определяемыми ГОСТ 52931 для группы исполнения N2 [9]; к воздействию одиночных механических ударов с оговоренными пиковым ускорением и длительностью ударного импульса.

Сформулированная обобщенная совокупность требований к свойствам, показателям, характеристикам контроллеров позволяет установить соответствие ПК требованиям нормативно-технических документов по обеспечению электромагнитной совместимости.

Список литературы

1. Усанов, К.М. Проектирование электроустановок [Текст]: учебное пособие / К.М. Усанов, В.А. Каргин, А.П. Моисеев, Л.А. Лягина. – Саратов: Амирит, 2017. – 123 с.
2. Каргин, В.А. Автоматизация систем управления технологическими процессами [Текст]: учебное пособие / В.А. Каргин, А.П. Моисеев, А.В. Волгин, Л.А. Лягина, Е.А. Четвериков. – Саратов: Амирит, 2018. – 177 с.
3. Лосев, С.Е. Микропроцессорные системы: учебное пособие для вузов. [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – СПб. : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2012. – 102 с.
4. Каргин, В.А. Система управления плавным ходом якоря ЛЭМД кормораздаточных транспортеров за счет автоматической корректировки выходного усилия / В.А. Каргин, А.П. Моисеев, А.В. Волгин, Н.Н. Белова / Известия Международной академии аграрного образования, 2017. № 37. – С.15-18.
5. Каргин, В.А. Электрический преобразователь с автоподстройкой выходного усилия электромагнитного формователя колбасных изделий / В.А. Каргин, А.В. Волгин, А.П. Моисеев, О.В. Логачева // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2018. №2 (160). – С.176-180.
6. Петров, И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования / Под ред. В.П. Дьяконова. –М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 256 с.
7. Никитин, В.С. Система управления формователем колбасных изделий на базе программируемого логического контроллера / В.С. Никитин, В.А. Каргин, А.В. Massad, А.П. Моисеев // Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы VIII Международной научно-практической конференции. – Саратов: ООО «ЦеСАин» 2017. – С. 175-178.
8. Никитин, В.С. Приоритетные качества и электромагнитная совместимость контроллеров (ПК) на отечественной элементной базе / В.С. Никитин, В.А. Каргин, Б.Д. Асанов // Современное состояние и перспективы развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения: VI Международная научно-практическая конференция / Под ред. Абдразакова. – Саратов: Амирит, 2017. – С.136-141.
9. ГОСТ Р 51841-2001 (МЭК 61131-2-92) Программируемые контроллеры. Общие технические требования и методы испытаний.

УДК 621. 313

Е.Н.Хмелев

ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, г. Саратов

ВЫБОР ТИПА ПРООТБОРНИКА ЗЕРНА НА ЭЛЕВАТОРЕ

Аннотация. В статье рассмотрены основные вопросы хранения зерна, способы отбора проб на элеваторе, приведен анализ и выбор применяемых пробоотборников.

Ключевые слова: зерно, элеватор, хранение, пробоотборник, электродвигатель.

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

Зерновая масса, как объект хранения, обладает уникальными свойствами долговечности. Однако эта способность зерна появляется только при условии, что свежееубранная зерновая масса будет своевременно и правильно подготовлена к хранению: очищена, просушена и рассортирована. Задержка с послеуборочной обработкой или

проведением необходимых технологических операций не в полном объеме, с нарушением режимов обработки, неизбежно связаны с потерями урожая и убытком.

При хранении в зерновой массе проверяют в установленные сроки температуру, влажность, засоренность, зараженность вредителями хлебных запасов, обращают внимание на цвет и запах зерна. В партиях семенного зерна дополнительно проверяют всхожесть и энергию прорастания.

От своевременности проверки и точности анализа зависит сохранность зерна. Так, неправильное определение влажности и засоренности зерна, направляемого на хранение, может привести к смещению разных по состоянию партий. В результате в зерновой массе может возникнуть самосогревание, зерно может прорасти и т. д. Поэтому очень важно, чтобы качество зерна было оценено в положенные сроки и результаты анализов были достоверными. Качество зерна определяют в лабораториях, которые имеются на всех предприятиях, принимающих и хранящих зерно.

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 13586.3-83 «Правила приемки и методы отбора проб». Правильный отбор проб является процедурой, требующей самого тщательного внимания. Поэтому следует делать упор на необходимость получения наиболее представительной пробы.

Рассмотрим возможность механизации отбора точечных проб из автомобилей. Данная задача актуальна 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 – выбрать установку, которая должна обеспечить требуемое решение механизированного отбора проб из автомобилей и обеспечить высокую пропускную способность оборудования.

Рассматриваемая 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 прием 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.

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	13,0	54,4
- количество, шт	6,0	8,0
6. Габаритные размеры:		
- длина, мм	7400	4900
- ширина, мм	2400 (3500)	4050
- высота, мм	9500	5590
7. Масса, кг	1730	3000
8. Дополнительно:		
- наличие системы, исключающей травмирование зерна при отборе	+	-

Конструктивное исполнение выделенных вариантов примерно одинаково. Оба варианта реализуемы. Габаритные размеры соответствуют техническим характеристикам автомобилей. Обеспечивается равномерный отбор проб во всех слоях, что значительно сокращает время и количество отборов.

Пропускная способность скребкового пробоотборника на 25% больше, чем у

пневматического. Однако, это не дает существенного преимущества, так как потребляемая мощность в 54,4 кВт и 8 электродвигателей требуют дополнительных затрат на энергию, техническое обслуживание и ремонт электродвигателей.

Наличие резиновой обечайки, установленной в циклоне пневматического пробоотборника, исключающей травмирование зерна в процессе отбора,

является определяющим фактором при его выборе.

Таким образом, для отбора точечных проб из автомобилей механизированным способом целесообразно выбрать – пневматический пробоотборник типа У1-УПП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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 Товшкина 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 электрооборудования в сельском хозяйстве / Ю.В. Иванкина. Д.П. Нестовев // В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК Материалы IX международной научно-практической конференции. Под общ. ред. Товшкина В.А. - Саратов: ООО «ЦеСАин», 2018. - С. 46-48.

УДК 315.322.365

Е.А Четвериков, А.А Полудин

ФГБОУ ВО Саратовский государственный аграрный университет

ИЗМЕРЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ТОВАРНОГО ЗЕРНА ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭНЕРГИИ МИКРОВОЛНОВОГО ПОЛЯ

Аннотация. Приводятся результаты экспериментального исследования, направленного на повышение эффективности процесса измерения влажности сыпучих материалов – в частности зерна – за счет использования в процессе энергии микроволнового поля.

Ключевые слова: СВЧ сушка, СВЧ влагометрия, зерновая продукция, микроволновое поле

При реализации единственного ГОСТированного термогравиметрического метода промышленной влагометрии зерновых продуктов [1, 2], в основе которого лежит достижение продуктом "нулевой" влажности за счет сушки его конвективным тепловым воздействием, на определение влажности партии зерна уходит 2-3 часа. В этой связи целесообразной представляется попытка использования предложенного и исследованного [3,4] метода интенсификации конвективной тепловой сушки с помощью низкоинтенсивного электромагнитного СВЧ поля. Использование такого подхода должно предположительно сократить время

достижения продуктом "нулевой" влажности до 20-30 минут и одновременно снизить энергоемкость процесса сушки в 4 – 7 раз.

Типичный характер процесса снижения влажности пробы в процессе ее конвективной сушки представлен кривой, асимптотически стремящейся к нулевой влажности - кривая 1 на рис.1. Можно предположить, что инъекция в объект сушки микроволновой энергии, обеспечивающей практически постоянную скорость сушки до самых малых влажностей, трансформирует кривую 1 в

кривую 2, что и обеспечит получение эффекта существенного снижения энергоёмкости и времени процесса сушки

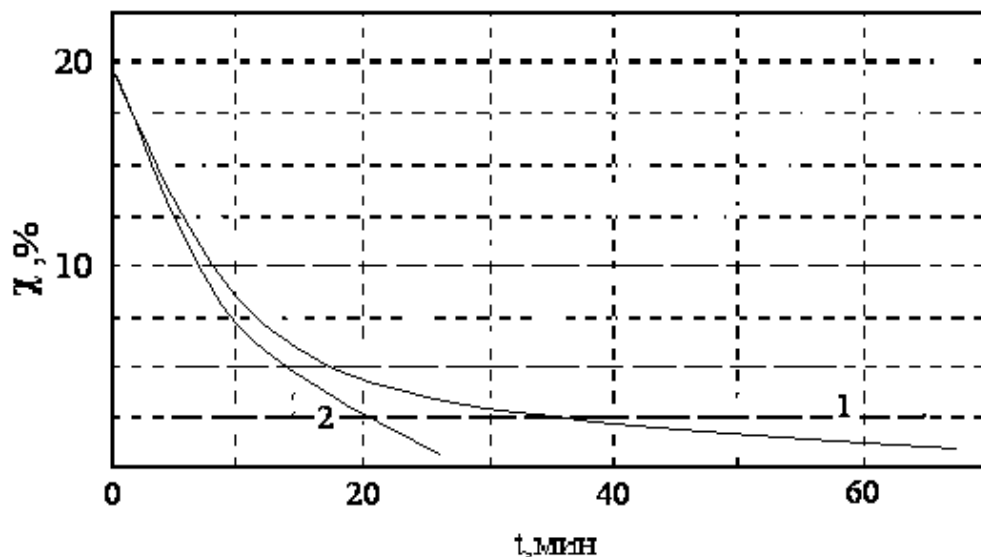


Рисунок 1. Зависимость снижения влажности продукта от времени сушки.

Приблизженный анализ возможности снижения энергоёмкости и времени сушки проводился на основе математической модели [3], в которой учет влияния излучения СВЧ в подвергаемые процессу конвективного воздействия зёрна проводился за счет введения

температурной добавки во внутренние области объекта сушки. Теоретически рассчитанные в работе [3] результаты были подтверждены экспериментально [4], что позволяет с учетом введенных в этой работе эмпирических поправочных коэффициентов считать математическую модель адекватной и позволяет применять ее для расчетов в других задачах:

$$\left| \frac{dm}{dt} \right| = 1.29 * 10^{-4} l^{3/4} n^{3/4} V_B^{1/2} \rho^{1/2} \mu^{-1/2} \left(\frac{\tilde{T}_n}{273.15} \right)^{1.89} \left(10^{\frac{6.9T_0}{230+T_0}} - 1.78 \right), \quad (1)$$

где $\tilde{T}_n$ - средняя температура потока зерна [°C]; T_0 - температура воздуха [°C];

ρ - плотность воздуха [кг/м³]; V_B - скорость потока воздуха [м/с];

μ - динамическая вязкость воздуха [м²/с]; l, n - характерные размеры материала [м].

Как правило, зависимость снижения массы мелкодисперсных диэлектрических объектов, в том числе зерна, от времени при конвекционном тепловом воздействии имеет вид представленный кривыми 1 на рис. 2 а,б,в. Хорошо видно, что начиная с влажности продукта приблизительно 15 % скорость выхода влаги из продукта резко снижается, что связано со значительным высушиванием поверхностных слоев продукта, что препятствует проникновению теплого воздуха во внутренние слои продукта и одновременно приводит к росту градиента температуры, направленного навстречу градиенту влажности. Причем основная часть времени конвекционного обезвоживания приходится на интервал малых влажностей (15-0%).

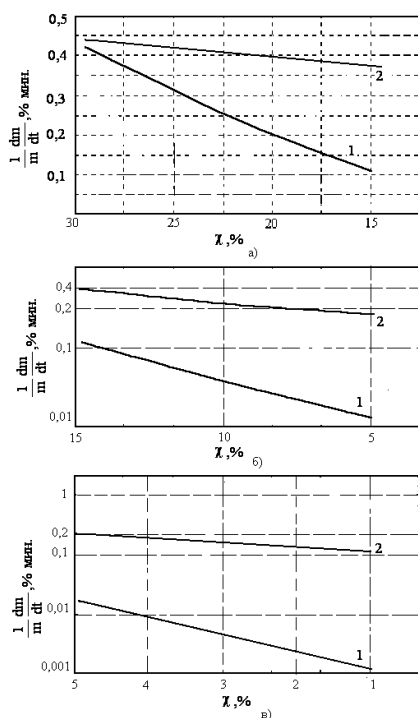


Рисунок 2. Зависимость скорости сушки от влажности продукта

Результаты предварительного расчета, проведенного по аналогии с [4,5] для уровня инжектируемой в объект обезвоживания СВЧ мощности 4% от

мощности теплового конвективного потока, показывают (кривые 2 рис.2), что в результате инъекции СВЧ энергии значительно вырастает скорость процесса на последних, наименее интенсивно протекающих стадиях сушки. Степень этого влияния все более возрастает по мере снижения влажности объекта; это, в свою очередь, приводит к существенному снижению времени полного обезвоживания продукта.

Для технической реализации полученного эффекта важен правильный выбор уровня мощности инжектируемого в объект потока микроволновой энергии. Расчет, проведенный для уровней мощности СВЧ соответственно 1, 2, 3, 4 и 5% от конвективной, показал, что наибольший эффект наблюдается при увеличении уровня мощности инжектируемого СВЧ сигнала примерно до 2%.

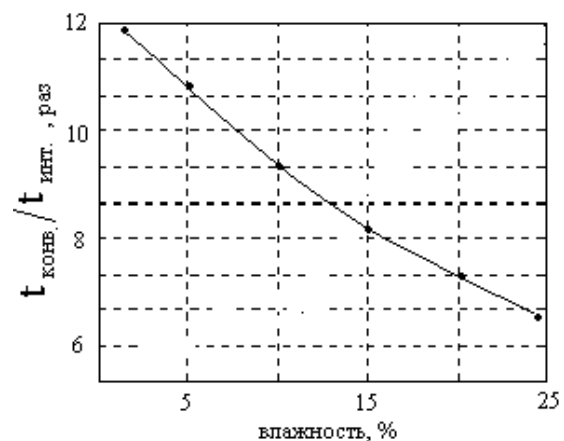


Рисунок 3 Зависимость отношения времени конвективной сушки к времени комбинированной сушки от влажности продукта.

Дальнейшее увеличение мощности электромагнитного сигнала СВЧ дает сравнительно слабое снижение времени протекания и энергоемкости процесса сушки. Для наглядности на рис. 3 представлены интегральные результаты уменьшения общего времени обезвоживания под воздействием СВЧ энергии в зависимости от влажности продукта.

Следует отметить, что поскольку затрачиваемая на процесс обезвоживания энергия пропорциональна общему времени его протекания), можно считать,

что значительное сокращение времени обезвоживания, особенно в диапазоне малых влажностей, приводит к аналогичному уменьшению общей энергоемкости процесса обезвоживания, как следует из формулы 2.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Усанов К.М., Четвериков Е.А., Моисеев А.П., Каргин В.А. Оценка целесообразности сушки обмотки линейного электромагнитного двигателя полем СВЧ.// Аграрный научный журнал, Саратов, №9, 2015 – с.60-62.

2. Четвериков Е.А., Моисеев А.П., Каргин В.А. Совершенствование установки сушки расторопши за счет автоматизации процесса измерения

влажности.// Аграрный научный журнал, Саратов, №7, 2015 - с.52-55.

3. Четвериков Е.А., Асеев К.В. Электродинамические и тепловые свойства СВЧ

$$\frac{R_{\Sigma}}{R_{\text{конв}}} = \frac{t_{\Sigma}}{t_{\text{конв}}} \quad (2)$$

нагревательных установок стационарного типа при различных способах возбуждения электромагнитного поля в рабочей камере.// Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы VII Международной научно-практической конференции – Саратов: Издательство «Буква», 2016. – с. 242-244

4. Четвериков Е.А., Моисеев А.П., Лягина Л.А. Совершенствование способов возбуждения электромагнитного поля СВЧ-диапазона в установках сушки сельскохозяйственной продукции стационарного типа// Аграрный научный журнал, Саратов, №6, 2016 – с.70-72.

5. Четвериков Е.А., Моисеев А.П., Лягина Л.А. Микроволновое и инфракрасное излучение в технологиях сушки продукции растительного происхождения.// Монография, Саратов, 2016.

УДК 315.322.365

Е.А Четвериков, А.А Полудин,

ФГБОУ ВО Саратовский государственный аграрный университет

МЕТОДИКА ВЫБОРА КОНСТРУКЦИИ РАБОЧИХ КАМЕР УСТАНОВОК СВЧ СУШКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

Аннотация. Приводятся результаты экспериментального исследования, направленного на выбор рационального соотношений параметров двух типов энергетических воздействий, а также результаты разработки оборудования комбинированной микроволново-конвективной сушки, и апробация технологий и оборудования в конкретных технологических схемах

Ключевые слова: СВЧ сушка, зерновая продукция, микроволновое поле

В первых отечественных бытовых СВЧ печах СП-23 ЗИЛ использовался верхний способ возбуждения СВЧ колебаний [1] в рабочей камере (РК), при котором электромагнитная мощность поступала от генератора через прямоугольное отверстие связи, расположенное в центре верхней стенки резонатора. При этом, СВЧ мощность от магнетрона в РК подавалась с помощью

прямоугольного волновода. Механизм вращения продукта отсутствовал поэтому он располагался в дальней зоне возбуждения, где максимально полно проявляются резонансные свойства. При резонансе достигается максимальный уровень поглощенной продуктом СВЧ мощности, т.к. согласно закону сохранения энергии $P_{\text{пор}}$ определяется следующим соотношением:

$$P_{\text{ноз}}(\vec{r}, \tau) = 0.5 \times \omega \times \varepsilon \times \text{tg} \delta \times |\vec{E}(\vec{r}, \tau)|^2, \quad (1)$$

где ω – круговая частота; ε – диэлектрическая проницаемость; $\operatorname{tg}\delta$ – тангенс угла диэлектрических потерь продукта; $|\vec{E}(\vec{r}, \tau)|$ – вектор напряженности электрического поля; $\vec{r}$ – радиус вектор, определяющий положение рассматриваемой точки в пространстве; τ – время. При резонансе резко возрастает амплитуда колебаний электромагнитного поля, а согласно выражению (1) и величина $P_{\text{лог}}$.

Однако, при резонансе увеличивается неравномерность нагрева продукта, вследствие образования стоячих волн в области расположения обрабатываемого материала, характеризующегося резкой неоднородностью структуры электрического поля.

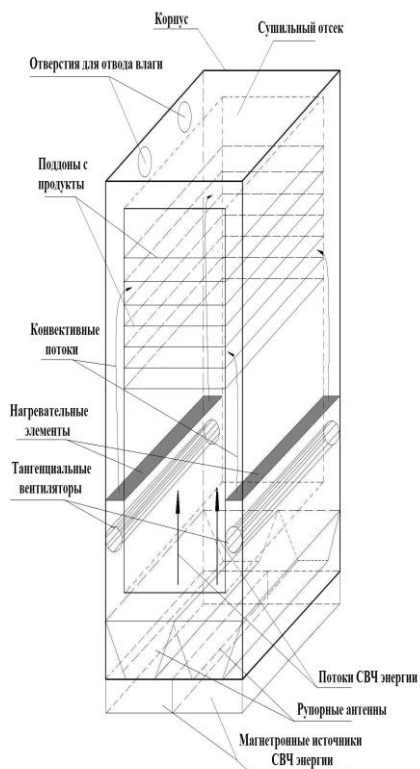
Наиболее распространенным способом возбуждения электромагнитного поля [3] широко используемым современных микроволновых бытовых печах является боковой способ возбуждения, когда микроволновая энергия от магнетрона посредством прямоугольного волновода через окна связи расположенных на боковых стенках резонатора, поступает в рабочую камеру. Данный способ возбуждения электромагнитного поля в рабочей камере эффективен при вращении поддона с продуктом в процессе нагрева, что позволяет устранить неравномерность нагрева образца в направлении вращения (по окружности). Однако при этом не устраняются радиальные неравномерности нагрева, которые связаны с двумя причинами: образования стоячих волн в резонаторной камере в области расположения продукта, и тем что при боковом способе возбуждения часть продукта прилегающая к поверхности расположения источника электромагнитного поля находится в ближней зоне возбуждения, в которой

электрическое поле определяется структурой сторонних токов, где максимально проявляются электродинамические свойства.

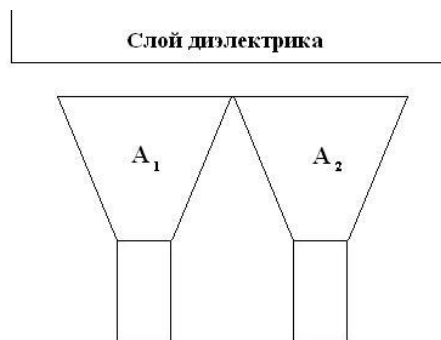
Недостатком обоих рассмотренных способов возбуждения электромагнитного поля является то обстоятельство, что обрабатываемый материал располагается на нижней металлической стенке резонатора, что приводит к превосходству нормальной составляющей электрического поля в образце над тангенциальной составляющей, что соответствует изменению выходных параметров рабочей камеры при изменении обрабатываемого материала и снижает универсальность установки, а также оказывает существенное влияние на равномерность нагрева и КПД установки.

Значительно уменьшить указанный недостаток позволяет предлагаемый в настоящей работе нижний способ возбуждения микроволновой энергии в рабочую камеру, который осуществляется с помощью прямоугольного рупора в нижней части которого расположены магнетронные источники. Известно, что на выходе рупора вектор поля имеет в основном тангенциальную составляющую, что значительно повышает универсальность микроволновой сушильной установки с нижним способом подвода.

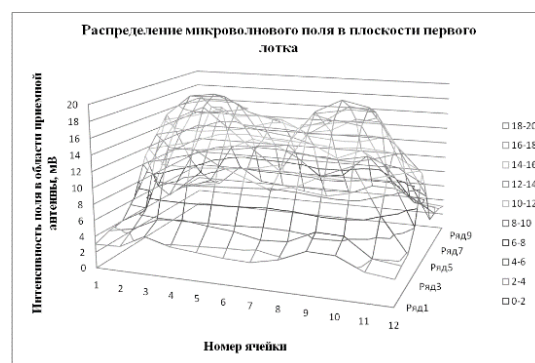
$T_{cp}= 23,3$
 $T_0= 9$
 $\Delta T= 14,3$
 $\eta= 0,6$
 $T_{max}= 28,0$
 $T_{min}= 20,0$
 $P= 638$
 $T_{cp}= 23,3$
 $T_0= 9$
 $\Delta T= 14,3$
 $\eta= 0,6$
 $T_{max}= 28,0$
 $T_{min}= 20,0$
 $P= 638$



а)



б)



в)

Рисунок 1

- а) технологическая схема сушильного шкафа комбинированной сушки с рупорной системой возбуждения микроволнового поля;
 б) рупорная система;
 в) распределение микроволнового поля в области первого поддона

Для типового сушильного шкафа комбинированной сушки, разработка которого описана в работах Четверикова Е.А. [2,4] рис.1а подвод СВЧ-мощности осуществляется от двух магнетронных генераторов снизу (рис.1б), а для обеспечения равномерности объемного распределения энергии в продукте, расположенного на поддоне, используется система из двух рупорных антенн. Распределение поля при таком способе подвода СВЧ мощности показано на рис.1в. Основные параметры однородности сушки, полученные путем прямых измерений [5], сведены в табл.1. Как видно из рис.1в

неравномерность распределения электромагнитного поля достигает 4 дБ, что приемлемо для случаев перемешивания продукта.

Таблица 1 - Распределение температур

ΔT	5,5	2,5	8	7	
8	20	20,5	28	21	89,5
6	21	20,5	20	26	87,5
8	25,5	20	26	28	99,5
3	23	22,5	25,5	24,5	95,5
	89,5	83,5	99,5	99,5	T_{Σ}
по 16 зонам					

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Четвериков Е.А. Повышение эффективности сушки семян с твердой оболочкой за счет периодического воздействия энергетических потоков в микроволново-конвекционных установках (на примере сушки семян рапсуса): автореф. дисс. канд. техн. наук / Четвериков Е.А. – Саратов, ФГОУ ВПО СГАУ им. Вавилова Н.И., 2003. – 30 с.
2. Четвериков Е.А. Расчет параметров комбинированной микроволново-конвективной сушки семян рапсуса. / Вавиловские чтения-2009: Материалы Межд. науч.-практ. конф., – Саратов: ИЦ «Наука»; 2009. с.391-393.
3. Четвериков Е.А., Перспективы использования СВЧ – излучения в методах определения

влажности зерна. / Энергетика предприятий АПК и сельских территорий 2010: Материалы международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург: СПбГАУ, 2010. – с. 195-197.

4. Четвериков Е.А., Моисеев А.П., Каргин В.А. Совершенствование установки сушки рапсуса за счет автоматизации процесса измерения влажности / Аграрный научный журнал, Саратов, №7, 2015 - с.52-55.

5. Четвериков Е.А., Уанов К.М., Моисеев А.П., Каргин В.А. Оценка целесообразности сушки обмотки линейного электромагнитного двигателя по-лем СВЧ. / Аграрный научный журнал, Саратов, №9, 2015

УДК 637.523

К.Д. Чурляева, С.С. Левин

Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова,
г. Саратов

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В ПРИВОДЕ ШПРИЦЕВАТЕЛЕЙ КОЛБАСНОГО ФАРША

***Аннотация:** в настоящей статье рассмотрены основные классификационные признаки оборудования для шприцевания колбасного фарша. Оценена перспектива использования линейных электромагнитных двигателей в приводе шприцевателей колбасного фарша.*

***Ключевые слова:** шприцеватель колбасного фарша, линейный электромагнитный двигатель, электромагнитный привод.*

В настоящее время в малых мясоперерабатывающих цехах применяется технологическое оборудование, которое зачастую не отвечает современным требованиям и, следовательно, создает проблему обеспечения качественной сельскохозяйственной продукцией [7]. Производство малогабаритных машин для мини-цехов является актуальной задачей для развития местных региональных предприятий по переработке мясных продуктов.

Одной из энергоёмких операций производства колбасных изделий является формование колбасных батонов, включающее подготовку оболочки для наполнения фаршем, шприцевание, вязку,

штриковку и другие операции. Процесс шприцевания заключается в наполнении колбасной оболочки фаршем и осуществляется под давлением в специальных машинах-шприцах.

В настоящей статье рассмотрены основные классификационные признаки оборудования для шприцевания колбасного фарша. Оценена перспектива использования линейных электромагнитных двигателей в приводе шприцевателей колбасного фарша.

Шприцевание колбасного фарша производится разнообразным по конструкции и параметрам оборудованием (рис.1).

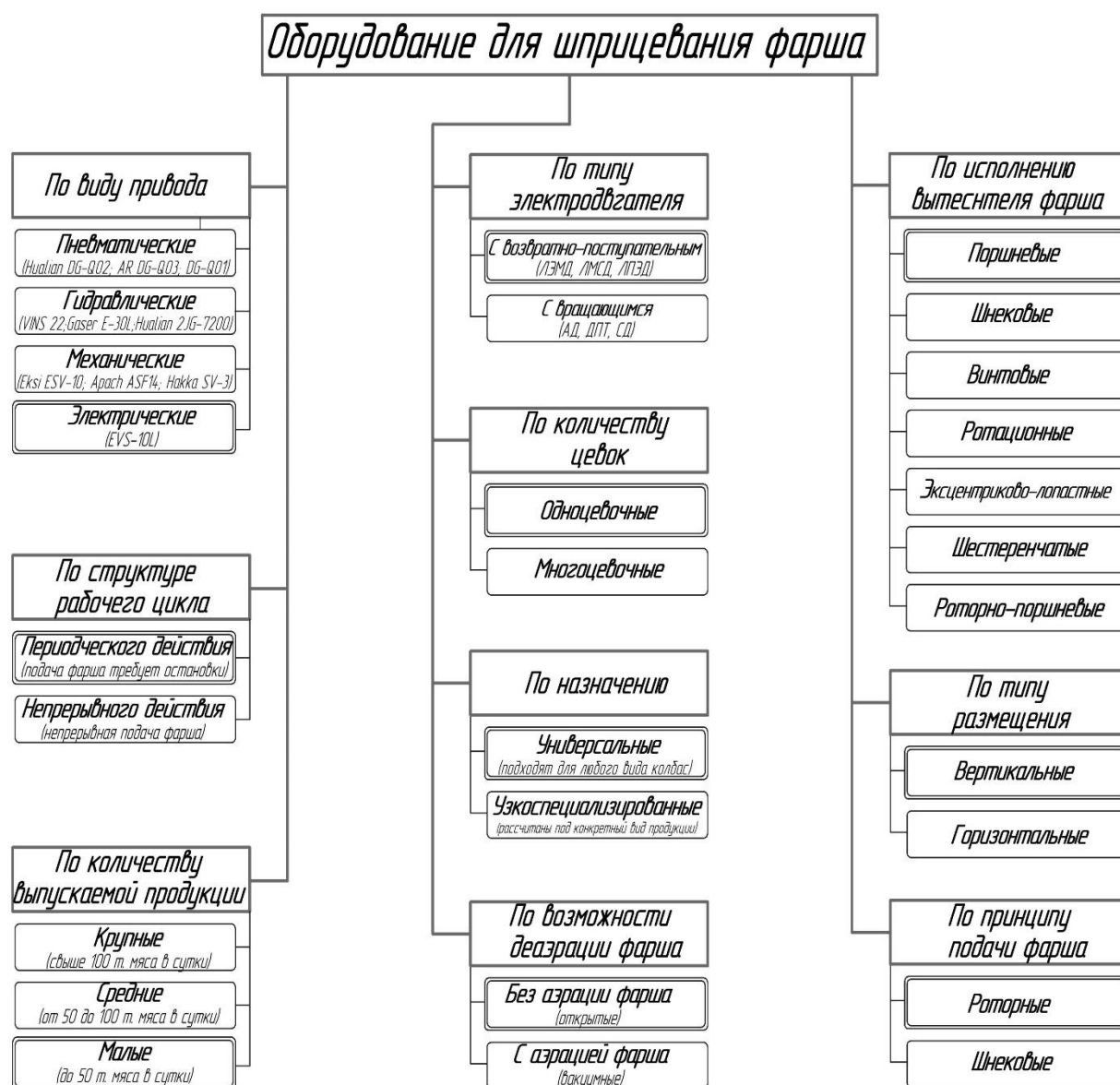


Рисунок 1 – Классификация оборудования для шприцевания колбасного фарша

Основными классификационными признаками шприцевального оборудования являются: вид привода, тип электродвигателя, исполнение вытеснителя фарша, тип размещения, принцип подачи фарша, структура рабочего цикла [1].

Широкое распространение получили шприцы пневматического, гидравлического типа, для которых характерны многоступенчатое преобразование энергии, наличие дополнительного оборудования, высокая квалификация обслуживающего персонала и высокие требования к элементам системы [2].

Шприцы механического типа просты в управлении и в обслуживании, однако невысокая производительность не позволяет использовать их в фермерских хозяйствах [6].

Применение электрических шприцов с электродвигателем вращательного действия не позволяет использовать его для приготовления колбасных изделий со шпиком по причине его перетирания. Таким образом, разработка нового и совершенствование существующего оборудования для шприцевания колбасного фарша представляется важным.

Перспективным направлением в разработке машин для шприцевания колбасного фарша является использование электрического привода, имеющего в основе двигатель с линейной траекторией движения рабочего органа [5]. Проводя сравнение между шприцевателем с гидравлическим приводом и шприцевателем с

электроприводом на базе линейного электромагнитного двигателя (рис.2), демонстрируется исключение маслопровода, гидрораспределителя, насоса, сборника масла и манометра. Сокращение узлов позволяет повысить надежность [3].

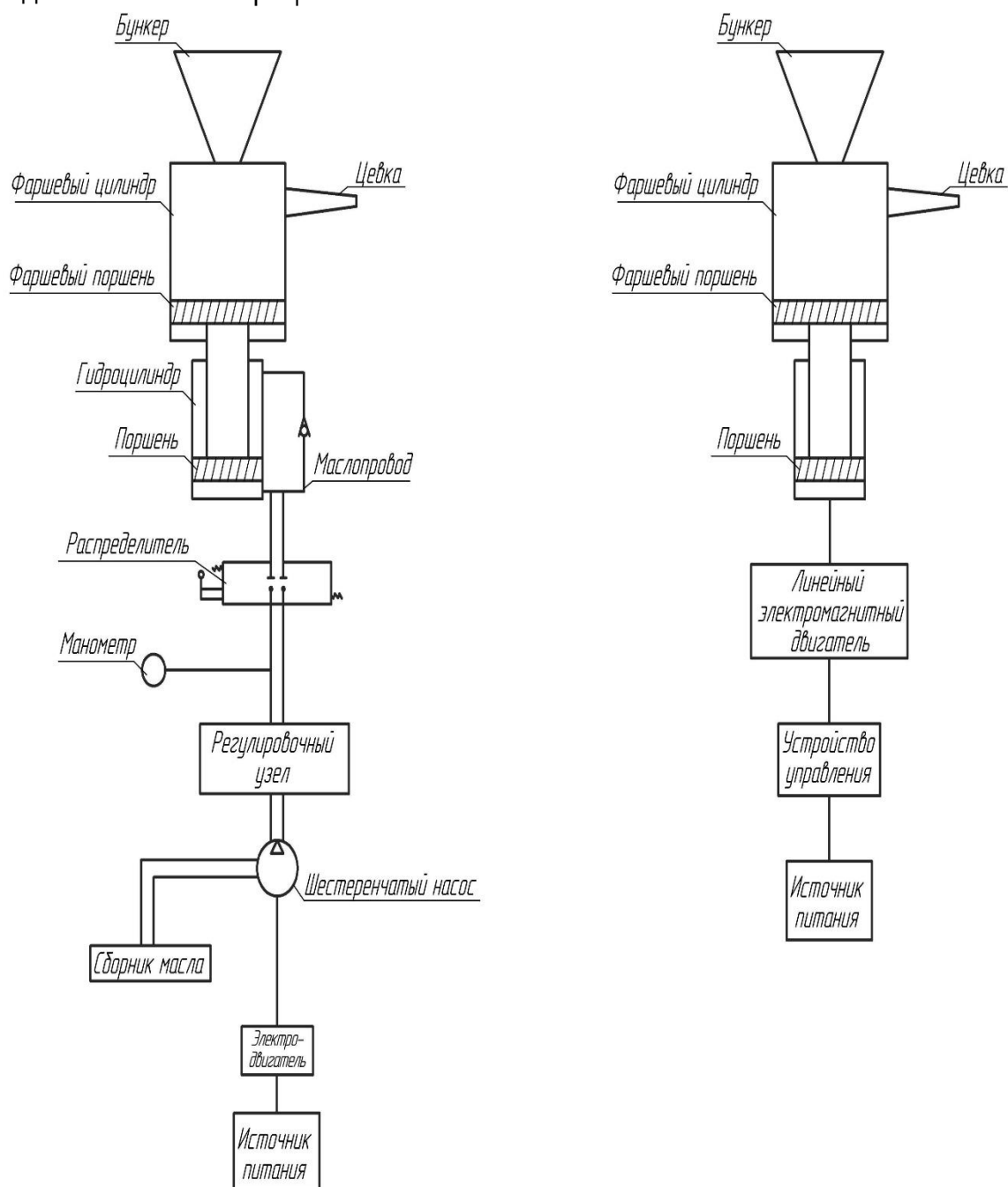


Рисунок 2 – Структурные схемы шприцевателей с гидравлическим приводом и электрическим на базе ЛЭМД

Таким образом, применение простоты конструкции, малых габаритов, линейного электромагнитного двигателя относительно высоких удельных является предпочтительным за счет показателей, надежности в работе,

определяемой отсутствием обмоток возбуждения и дополнительного оборудования для создания высоких давлений воздуха и жидкости [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Красичкова О.А., Катусов Д.Н. Классификация оборудования для формирования колбасных изделий // Инструменты и механизмы современного инновационного развития: сборник статей междунар. науч. – практич. конф. в 5ч. Ч.5. / АЭТЕРНА. - Уфа, 2017. – С. 37-39
2. Усанов, К.М. Классификация и анализ устройств для принудительного наполнения фаршем колбасных оболочек / К.М. Усанов, В.А. Каргин, С.М. Зубарев // Технология и продукты здорового питания: материалы III междунар. науч.-практич. конф. – Саратов: Саратовский ГАУ, 2009. – С.148-152.
3. Усанов, К.М. Оценка надежности приводов машин с линейным перемещением рабочего органа / К.М. Усанов, В.А. Каргин, С.М. Зубарев, А.В. Ивченко //

Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы междунар. науч.-практич. конф. – Саратов: Саратовский ГАУ, 2010. – С.339-343.

4. Усанов, К.М. Импульсные электромагнитные двигатели в приводе оборудования пищевого производства / К.М. Усанов, В.А. Каргин, С.М. Зубарев, А.В. Ивченко // Научное обеспечение агропромышленного производства: материалы междунар. науч.-практич. конф. – Курск : Изд-во Курск. гос. с.-х. ак., 2010. – С.228-231.
5. Усанов, К.М. Линейные электромагнитные двигатели и приводы в импульсных процессах и технологиях: монография / К.М. Усанов, В.И. Мошкин, В.А. Каргин, А.В. Волгин. – Курган : Изд-во Курганского гос. ун-та, 2015. – 202 с.
6. Чаблин, Б.В. Оборудование предприятий общественного питания : учеб. / Б.В. Чаблин, И. А. Евдокимов. - М. : Директ-Медиа, 2016. – 680 с.
7. Автоматизированная система управления электромагнитным шприцевателем колбасного фарша / A.Kh. Massad [и др.] // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы IX междунар. науч.-практич. конф. / Саратовский ГАУ. – Саратов, 2018. – С.135 – 138.

УДК 62. 192

Чурляева О.Н.¹, Хмелев Е.Н.¹

¹ ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, г. Саратов

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Аннотация. Рассмотрена возможность использования известных законов надежности при параллельном соединении элементов с точки зрения эксплуатационных свойств отдельных элементов системы, а именно влияние надежности системы на нагрузку электродвигателей. Чем больше параллельно установленного электрооборудования, тем выше их нагрузка при сохранении надежности всей системы.

Ключевые слова: надежность, система, нагрузка, электродвигатель, запас мощности.

Большинство электрооборудования в сельском хозяйстве имеют 3 и более агрегатов, соединённых параллельно, а для потребителей I категории их может быть установлено до пяти, два из которых

находятся в холодном резерве. Такой резерв обусловлен весомыми требованиями к надежности вероятность безотказной работы будет составлять 97...99%.

Между тем, из теории надежности известно, что надежность системы параллельно соединенных n элементов (рис. 1) выше надежности n последовательно соединенных элементов.

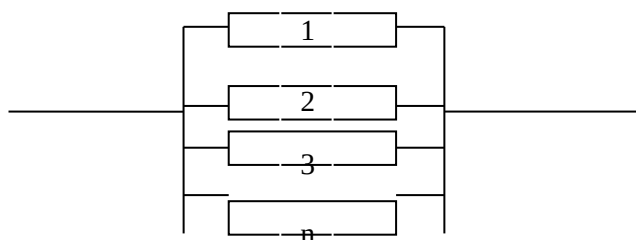


Рисунок 1 - Система параллельно соединенных элементов

$$P(t) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_i) \quad (1)$$

И чем больше параллельно соединенных элементов, тем меньше суммарная надежность системы зависит от падения надежности каждого отдельного элемента. Зависимость суммарной надежности n -параллельно работающих элементов представлена на рисунке 2.

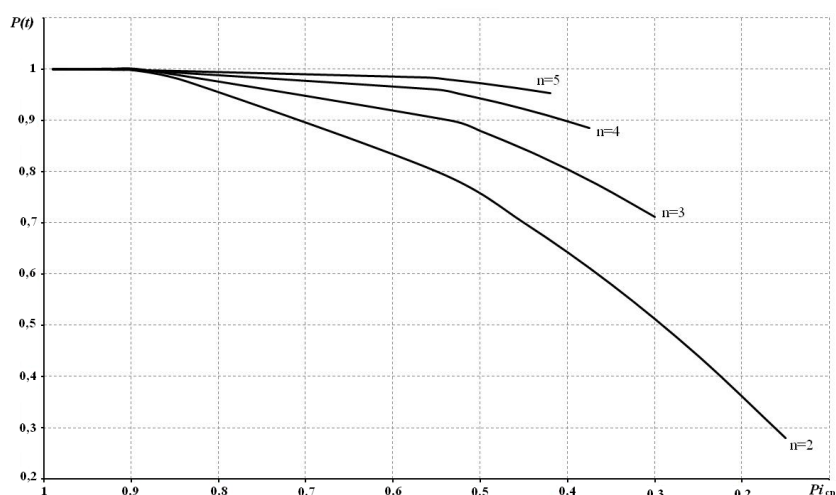


Рисунок 2 - Зависимость суммарной надежности n параллельно соединенных элементов от снижения надежности отдельных элементов системы.

Из графика рис. 2 видно, что чем больше параллельно соединенных элементов в системе, тем больше суммарная надежность при падении надежности отдельного n -параллельного элемента системы.

Соответственно, системы, состоящей из разного количества агрегатов, установленных параллельно, но имеющих одинаковые требования к

надежности всей системы возможно регулировать загрузку электродвигателей в зависимости от ответственности по технологическому ущербу [2], или от требований к вероятности безотказной работы, регламентируемых СНИП 2.04.02-84.

Между тем известно влияние загрузки асинхронных электродвигателей на надежность, срок и стоимость их

эксплуатации. В частности, электродвигатели, имеющие неполную нагрузку, менее чувствительны к низкому качеству электроснабжения, более устойчивы к аварийным перегрузкам и т.д. Также доказано влияние загрузки электродвигателей на интенсивность

отказов и затраты на техническую эксплуатацию [2, 3]. В соответствии с этим, при системе, приведенной на рис. 1, возможно регулировать затраты на эксплуатацию насосных агрегатов и её надежность исходя из коэффициентов загрузки:

$$\beta = n \sqrt{\frac{E a_k + a_t}{(n-1) * (\frac{1}{E} \lambda K_1 * (1+Y) * a_p)}} \quad (2)$$

где: β – коэффициент загрузки, n – коэффициент устойчивости электропривода к аварийным режимам, λ – интенсивность отказов, K – стоимость приобретения оборудования, Y – технологический ущерб от простоя, a_k , a_t , a_p – затраты на капитальный, текущий ремонт и оперативное обслуживание.

Учитывая, что $P(t)=e^{-\lambda(t)}$, и принимая во внимание формулы (1) и (2) можно составить зависимость оптимальной нагрузки при заданных параметрах уровня технической эксплуатации и количества параллельно соединенных насосных агрегатов.

Для примера расчета примем параллельно установленный трансформатор мощностью 160 кВА, ценами на ремонт и эксплуатацию за 2018 год. Результаты сведем в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты расчета

п элементов системы	категория эл.сн.	I	II	III
		Оптимальная нагрузка, %		
1		57	63	81
2		64	69	84
3		72	74	86
4		84	82	92
5		90	92	96

Из таблицы 1 видно, что чем больше n параллельных элементов системы, тем больше оптимальная нагрузка на отдельный элемент системы и соответственно лучше энергетические характеристики, как отдельных элементов системы, так и всей системы электрооборудования в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Левин. М.А. Влияние коэффициента нагрузки на надежность электродвигателей насосных станций / М.А. Левин. Ю.В. Иванкина. О.Н. Чволяева // Научное обозрение. - № 8. - 2015. - С. 111-113.
2. Трившкін. В.А. Оценка надежности электрических систем в условиях эксплуатации /

- В.А.Трившкін. А.А. Спиридонов. Ю.В. Иванкина //Аграрный научный журнал. - № 5. - 2015. - С. 55-58.
3. Спиридонов. А.А. Прогнозирование технического состояния электрооборудования / А.А. Спиридонов. О.В. Погачёва // В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК. Под редакцией Трившкіна 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.
5. Иванкина. Ю.В. Повышение надежности системы электроснабжения в сельском хозяйстве / Ю.В. Иванкина. Д.П. Нестров // В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК Материалы IX международной научно-практической конференции. Под общ. ред. Трившкіна В.А. - Саратов: ООО «ЦеСАин», 2018. - С. 46-48.

О.Н. Чурляева, К.Д. Чурляева, А.А. Осипов

Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова,
г. Саратов

ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ ДЛЯ НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ СЕЛЬСКОГО НАСЕЛЕННОГО ПУНКТА

***Аннотация:** В статье рассмотрена перспектива применения солнечных панелей для наружного освещения бытовых и производственных объектов сельских населенных пунктов, также оценена целесообразность использования солнечной энергии для целей энергообеспечения на территории Саратовской области.*

***Ключевые слова:** солнечные панели, солнечная батарея, наружное освещение, автономные светильники*

Наружное освещение – это система электротехнических устройств, предназначенная для искусственного увеличения оптической видимости на улице в тёмное время суток. Как правило, осуществляется лампами, закрепленными на опорах. Лампы включаются в ночное время автоматически, либо вручную из диспетчерского пункта. Классическое наружное освещение питается от линей электропередач.

Наружное освещение на солнечных батареях использует непосредственно энергию солнечного излучения, преобразованную в электрическую энергию. Уличные светильники на солнечных батареях постепенно входят в обиход, они практичны, экономичны, долговечны, удобны в эксплуатации, при этом стоят относительно недорого и не требуют сложного обслуживания. В сельских населенных пунктах автономные светильники на солнечных батареях могут использоваться для наружного освещения самых различных объектов: зернотоков, полевых станов, животноводческих ферм, как стационарных, так и ежегодно меняющих местоположение, жилого сектора, административных зданий и т.д.

Наличие в данной местности, как правило, малоэтажной застройки или даже отсутствие таковой является дополнительным преимуществом, так как позволяет существенно уменьшить потери производительности солнечных батарей от затенения.

В ясную погоду на один квадратный метр земной поверхности в среднем падает 1000 Вт световой энергии солнца. Общее количество солнечной энергии, достигающее поверхности Земли в 6,5 раз больше мирового потенциала ресурсов органического топлива. Саратовская область относится к регионам России, где целесообразно использовать солнечную энергию для целей энергообеспечения. Число солнечных дней в году в среднем по Саратовской области составляет 250, при общей продолжительности солнечного сияния около 2000 часов. В целом, мощность поступления солнечной энергии на территорию Саратовской области составляет около $27 \cdot 10^9$ кВт.

У солнечных панелей достаточно долгий срок окупаемости и использовать их выгодно там, где нет сетевого электричества, а его проведение стоит слишком дорого. Поэтому использование автономных светильников с солнечными

панелями, прежде всего, целесообразно в отдалённых населённых пунктах, не имеющих возможности подключения к электромагистралям и населённых пунктах, где в связи с геологическими условиями возникают трудности с проведением линий электропередач.

Простейшая система наружного освещения на солнечных панелях состоит из следующих модулей (рисунок 1):

- Солнечные панели, которые преобразуют излучение солнца в электроэнергию.
- Аккумулятор, который накапливает электрическую энергию.
- Управляющий блок.
- Светильники со светодиодными лампами.

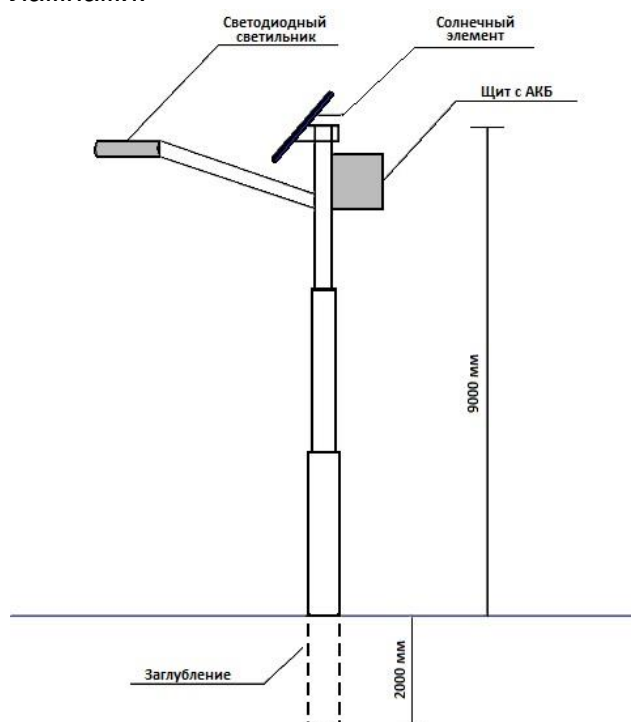


Рисунок 1 – Конструкция опоры наружного освещения с солнечными панелями

Рассмотрим достоинства и недостатки использования солнечных панелей для наружного освещения сельских населённых пунктов. К достоинствам можно отнести следующие моменты:

- отсутствие затрат на электроэнергию;

- уличное освещение на солнечных батареях отлично подходит для районов, где отсутствует централизованное электроснабжение;

- простота монтажа, не потребуется прокладка линий передач;

- безопасность и экологичность при эксплуатации и утилизации;

- долговечность: минимальный срок службы определяется самым «недолговечным» элементом – аккумулятором, срок службы которого порядка 5-7 лет. Срок службы солнечных панелей около 25-30 лет, а светодиодных лампы около 10 лет.

К минусам подобного освещения можно отнести:

- зависимость от погоды, хотя батареи способны улавливать не только прямые лучи, но и рассеянный свет, но в любом случае для работы им потребуется определенная энергия фотонов;

- необходимость систематического очищения панелей от грязи, так как пятна на поверхности батарей могут стать причиной снижения производительности.

Учитывая все достоинства и недостатки автономных светильников на солнечных панелях, можно сделать вывод, что применение солнечных панелей для наружного освещения бытовых и производственных объектов сельских населённых пунктов представляется перспективным направлением развития электроэнергетики. Следует так же отметить, что стоимость солнечных панелей постоянно снижается. Снижение стоимости составляет примерно 8-10% в год, это так же говорит в пользу развития данного направления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мазур, И.И. Энергия будущего [Текст] / И.И. Мазур [и др.] – М.: Издательский центр Елима, 2006. – с.530.

2. Рубан, С.С. Нетрадиционные источники энергии [Текст] / С.С. Рубан. М.: Энергия, 2003.

3. Стребков Д.С. Сельскохозяйственные энергетические системы и экология. Альтернативные источники энергии: эффективность и управление. 1990.

4. Перспективы солнечной энергетики // Беседа корреспондента... с генеральным директором НПП КВАНТ Плехановым С.И. [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://aenergy.ru>.

5. Солнечная энергетика и солнечные батареи [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://solar-battery.narod.ru>.

6. RealSolar Количество солнечной энергии в регионах России [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <https://realsolar.ru/article/solnechnye-batarei/kolichestvo-solnechnoy-energii-v-regionah-rossii/>.

7. Виды уличного освещения [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.osvet.ru/articles/s10/>.

УДК 621.314

А.Е. Усков, Д.В. Головин

Кубанский государственный аграрный университет
имени И.Т. Трубилина, г. Краснодар

ВТОРИЧНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Аннотация. Раскрываются назначение, современные требования и перспективы развития вторичных источников электроэнергии автоматических систем управления и защиты.

Ключевые слова: вторичные источники электроэнергии, автоматические системы управления.

Вторичные источники электроэнергии (ВИЭ) являются важной составной частью систем управления и защиты электротехнических устройств, включая, источников, силовых статических преобразователей и стабилизаторов параметров электроэнергии, устройств управления технологическими процессами и т. п. [1, 2].

ВИЭ являются маломощными источниками электроэнергии, преобразующие электрическую энергию с параметрами, необходимыми для нормального функционирования аппаратуры управления и защиты. Они могут обеспечивать как стабилизацию выходного сигнала, так и его регулирование.

Являясь важной составной частью автоматических систем управления (АСУ) к ВИЭ предъявляются высокие требования к эксплуатационно-техническим показателям. Поэтому актуальным является вопрос постоянного улучшения

их экономических показателей, показателей надежности, КПД и массогабаритных показателей.

Кроме того, к современным ВИЭ предъявляются следующие требования: высокое качество выходного напряжения; высокая стабильность параметров электроэнергии, при дестабилизирующих факторах на входе и выходе; высокое быстродействие; электромагнитная совместимость с источниками и потребителями системы электроснабжения.

В современных условиях основным направлением совершенствования ВИЭ является их комплексная миниатюризация на основе последних достижений научно-технического прогресса. Здесь основным направлением является применение в их структуре промежуточных звеньев повышенной частоты тока. Где промежуточная частота преобразования может достигать от нескольких тысяч до нескольких десятков тысяч килогерц. Это

позволит в несколько десятков раз уменьшить массу и габариты ВИЭ.

Вторым важным направлением совершенствования ВИЭ является применение в их конструкции новой элементной базы: быстродействующих полупроводниковых приборов, силовых интегральных микросхем, трансформаторов с вращающимся магнитным полем [3].

Значительно повысится надежность работы и ремонтпригодность ВИЭ за счет модульного агрегатирования основных функциональных элементов

УДК 621.316.34

И.В. Шмаков, В.В. Головинов

Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донского Государственного аграрного университета, г. Зерноград, Ростовская область

О ВЛИЯНИИ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА НАДЕЖНОСТЬ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ 6-10 кВ

Аннотация. Рассматриваются особенности эксплуатации закрытых распределительных устройств 6-10 кВ и влияние различных дестабилизирующих факторов на надёжность работы устройств релейной защиты и автоматики.

Ключевые слова: микроклимат в распредустройстве, регулируемый электрообогрев, перерасход электроэнергии, релейный отсек, электролитическая коррозия.

Большая часть комплектных технологические, схемно-конструкторские). распределительных устройств наружной В целом общая классификация установки (КРУН) применяется в системах дестабилизирующих факторов перед электроснабжения агропромышленных ставлена на рисунке 1. Одним из наиболее потребителей. Снижение надёжности опасных воздействующих факторов расположенных в КРУН устройств релейной внешней среды является влажность. При защите и автоматики (РЗА), уменьшение их длительном воздействии повышенной влажности, особенно в сочетании с повышенной срока службы, появление отказов вызваны температурой, существенно снижается воздействием так называемых сопротивлению изоляции аппарата (на дестабилизирующих факторов, которые несколько порядков) и его электрическая можно разделить на внешние (природные, прочность, поверхности металлических деталей эксплуатационные, производственно- телей усиленно корродируют, разрушаются

(полупроводниковых ключей, трансформаторов, фильтров и т. п.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Григораш О.В. Статические преобразователи и стабилизаторы автономных систем электроснабжения / О.В. Григораш, Ю.П. Степура, А.Е. Усков – Краснодар. – 2011. – 188 с.

2. Усков А.Е. Статические преобразователи электроэнергии с улучшенными эксплуатационно-техническими характеристиками / А.Е. Усков, П.Г. Корзенков, А.П. Донсков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 97. – С. 263–273.

3. Атрощенко В.А. Оценка эффективности и выбор оптимальной структуры систем автономного электроснабжения / В.А. Атрощенко, О.В. Григораш, В.В. Семякин, В.В. Ланчу // Промышленная энергетика. – 1997. – № 6. – С. 24–27.

защитные и декоративные покрытия, изоляционные материалы из-за впитывания влаги коробятся, растрескиваются или расслаиваются.

Перспективные разработки, а также современные тенденции развития и совершенствования устройств РЗА неразрывно связаны с переходом на микроэлектронные полупроводниковые схемы и устройства. Устройства РЗА на микроэлектронной элементной базе обладают большим быстродействием, чувствительностью, селективностью, требуют меньше затрат на обслуживание. Причем, рост производительности труда служб РЗА возможен только при условии перехода на новый тип защит - бесконтактных. Это особенно актуально для сетей 6-10 кВ, на долю которых приходится более 50% всех комплектов защит, находящихся в эксплуатации. Однако, широкое внедрение полупроводниковых микропроцессорных устройств РЗА невозможно без обеспечения для них оптимального температурно-влажностного режима, влияющего на уровень надежности.

Влагостойкость элементов радиоэлектронной аппаратуры достигается герметичностью корпусов самих элементов, однако, эти корпуса имеют свои ограничения по герметичности и коррозионной стойкости. Способы защиты радиоэлектронной аппаратуры от воздействия влаги делятся на пассивные и активные. Пассивная защита основана на создании барьера, либо замедляющего проникновение влаги к элементу или узлу, либо полностью изолирующего его от влажного воздуха. В первом случае это достигается пропиткой или покрытием объекта различными веществами (смолы, лаки, компаунды), во втором – помещением его в герметичный кожух. Активная защита достигается поглощением влаги адсорбентами или регулированием влажности в заданном

объеме.

Коррозия носит электролитический характер при температуре окружающей среды ниже 100°C и малых плотностях тока (менее 1 мА/см²), что характерно для полупроводниковых устройств. Процессы электролитической коррозии замедляются при влажностях ниже 70-80%, и эту величину следует принимать в качестве предельной для электронных устройств РЗА.

В соответствии с классификацией дестабилизирующих факторов (рисунок 1) можно выделить две группы методов повышения надежности работы устройств РЗА:

- снижение влияния внутренних дестабилизирующих факторов,
- снижение влияния внешних дестабилизирующих факторов.

К методам снижения влияния внешних дестабилизирующих факторов относятся своевременная замена устаревших, изношенных, выработавших свой ресурс элементов РЗА и обеспечение комфортных микроклиматических условий эксплуатации оборудования в релейных отсеках шкафов КРУН.

Традиционным средством обеспечения микроклимата в КРУН является электрообогрев. Большинство КРУН, выпускаемых серийно, устройствами автоматического регулирования обогрева не снабжены, а установленные в них нагревательные элементы включаются в зимнее время (с ноября по март) постоянно и очень редко в росоопасные периоды (апрель, май, сентябрь, октябрь) на 8-14 часов в сутки, что приводит к увеличенному расходу электроэнергии на собственные нужды всего подстанционного оборудования.

Общим недостатком имеющихся средств регулирования микроклимата в релейных отсеках КРУН является значительный перерасход электроэнергии на обогрев, что

связано с отсутствием либо регулирующей аппаратуры, частое несовершенством систем автоматического регулирования, а в ряде случаев излишней мощностью нагревательных элементов, отсутствием методики температурно-влажностных расчетов релейных отсеков как на стадии проектирования и конструирования, так и процессе эксплуатации применительно к конкретным климатическим зонам. Кроме того, отсутствуют рекомендации по выбору уставок влажностью, ветровыми нагрузками и солнечной радиацией.

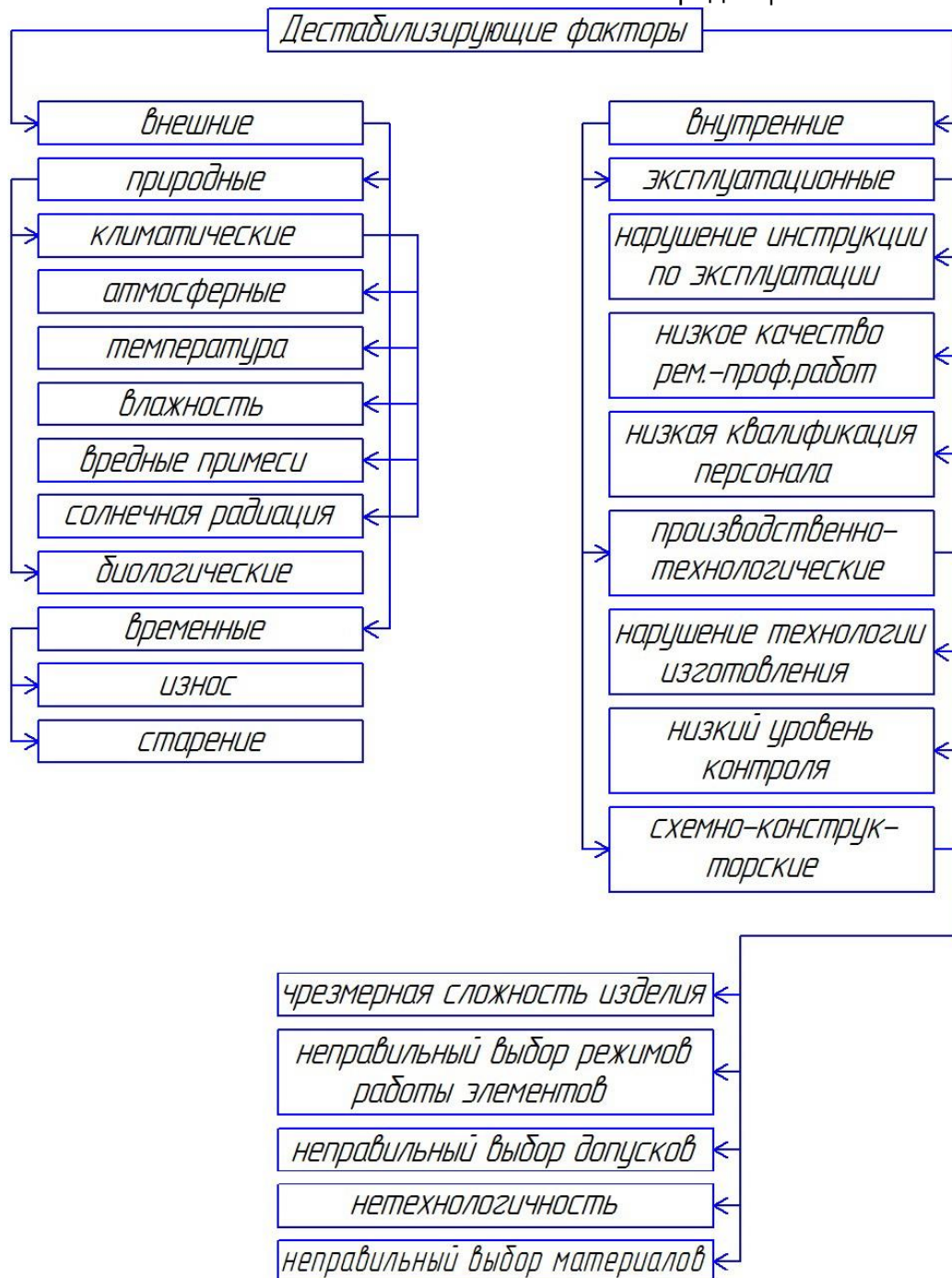


Рисунок 1 – Общая классификация дестабилизирующих факторов

Разрабатываемые устройств автоматического регулирования микроклимата в релейных отсеках должны комплектоваться датчиками, обладающими требуемыми метрологическими характеристиками в заданном диапазоне,

способными работать в условиях КРУН в течение длительного времени. Одновременно такие устройства должны быть простыми в наладке, настройке, проверке и установке в эксплуатацию.

УДК 536.587

И.А. Шнякин, С.А. Панфилов, О.В. Кабанов

Национальный исследовательский мордовский государственный университет имени Н. П. Огарева, г. Саранск

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ОТОПИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Аннотация. Данная статья посвящена описанию комплексного управления отопительных систем зданий и сооружений. Комплексное управление понимает под себя отоплением в сочетании с контролем работы вентиляционной системы а также ряда вспомогательных устройств. Это позволяет реализовать полноценное контроля климата в сооружениях, с учётом влажности воздуха и показателями температуры в разных помещениях.

Ключевые слова: климат, управление, система, сооружение, отопление, энкодер, электропривод, энергосбережение.

Централизованные отопительные сети, которые обогревают современные здания и сооружения, далеко не всегда создают комфортные условия для проживания и нахождения человека в помещении в рабочее время.

За окном весна или – 25°C температура теплоносителя зачастую практически одинакова. И мы вынуждены или изнывать от жары, открывая окна и отапливая улицу, или же мерзнуть и использовать дополнительные источники тепла. При этом оплачивая немалые счета за отопительный сезон [14].

Отопление, которое настроено должным образом, помогает лучше выспаться, а также комфортно себя чувствовать. Для этого необходимо чтобы во время сна температура сооружения постепенно понижалась на пару градусов от комфортной температуры [3].

Такие организации как Siemens, theben, salus, viessmann, занимаются разработкой системы отопления и предоставляют свои программы и аппаратуру на рынок.

Использование автоматики для работы системы отопления зданий и сооружений - это базовый принцип для создания комфортных условий проживания, а также для экономии не безграничных топливных ресурсов [10].

Установив приборы учета энергии, закономерно возникает вопрос, как можно регулировать и контролировать подачу теплоносителя, ограничивать или убавлять его расход. Для этого существуют всевозможные автоматические регуляторы, применение которых позволяет экономить, они работают от датчиков температуры наружного воздуха и датчиков обратного трубопровода. Еще одно преимущество регуляторов

температуры - это контроль температуры непосредственно в месте установки радиатора, в отличие от других устройств. Данное преимущество дает приоритет в получении равномерного температурного фона для комфортного пребывания в помещении. Регулятор предотвратит перегрев воздуха в помещении, чего не всегда смогут отследить датчики на централизованной автоматике [8].

А также представляется возможность регулировать температуру для каждой комнаты в отдельности. Иногда решая вопрос регулировки, устанавливают обычные краны. Конечно данное решение уменьшает финансовые затраты, но лишает ряда полезных преимуществ.

У крана ограниченная функциональность на открытие и закрытие. Существует опасность остановить или завоздушить стояк. Регулируя отопление при помощи кранов невозможно добиться необходимого температурного режима. Используя автоматические регуляторы можно наладить систему точно и эффективно [1,12].



Рисунок 1 – Клапан с электроприводом

Клапан с электроприводом показанный на рисунке 1 наиболее удобный для подключения к централизованные

отопительные сети, к цепям автоматики которые обогревают современные здания и сооружения. Для управления приводом подойдет любой контроллер с выходным реле соответствующей мощности.

Основные параметры электрического привода:

- напряжение;
- ток;
- скорость закрытия.

Клапана с электроприводом можно применять в зданиях и жилых домах в системах теплоснабжения. Эти приводы можно устанавливать как с логическими контроллерами, так и без них обеспечивающие полную автоматизацию процессов. Вся конструкция электрического привода собрана в защитном стальном корпусе, который в свою очередь имеет выход на фланцевое соединение со штоком затвора [4-7].

Кроме того в эти приводы можно смонтировать платы позиционирования положения затвора. Для регулировки унифицированного привода необходимо будет, дополнит цифровым модулем позиционирования.

Это недорогая плата контроллера, которая позволит приводу автоматически поворачивать затвор на определенный градус. Модуль позиционирования обладает унифицированными цифровыми шинами и подключается к обычным контроллерам. Датчиком модуля позиционирования является энкодер [13].

Энкодер - является преобразователем угловых перемещений служащий для модификации угла поворота объекта вращения, например, вала какого-либо механизма, в сигнал электрического тока. При этом определяется не только угол поворота вала, но и его направление вращения, а также скорость вращения и текущая позиция относительно первоначального положения [4,9].

Гистерезис и погрешность определения угла - не более 2%. Этой точности более чем достаточно для большинства приложений. Что в свою очередь позволить нам контролировать скорость потока теплоносителя в системах теплоснабжения. Благодаря чему мы будем контролировать температуру в помещении, и регулировать как нам необходимо с наименьшими тепловыми потерями. Для расчета потока, пользуются зависимостью падения напора от угла поворота затвора.

Купить клапан с электроприводом в наше время не составит труда. Для качественной работы клапана с электроприводом необходимо использовать надежные и долговечные проверенные комплектующие от наилучших производителей в данной области это такие марки как Vilmann, Gruner, General Climate, Danfoss, Genebre [3,11,14].

При этом стоимость такого устройства невысока, а простота установки только добавляет ему популярности. При подключении данного устройства к контроллеру мы можем, сопоставляем температуру окружающей среды с температурой помещения. Такая система отопления позволит оперативно реагировать на малейшее изменение температуры в здании. А также экономит немалые деньги и нервы за отопительный сезон

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анухин А.С. Системы управления электроприводов / А.С. Анухин. - Вологда: Инфра-Инженерия, 2015. - 373 с.
2. Автоматизированный электропривод и следящие системы / А.Б. Зеленев и др. - Москва: Гостехиздат, 1990. - 360 с.
3. Архипов В. Системы для «интеллектуального» здания / В. Архипов // Строй Мар-кет, 2007. - 45 с.
4. Анухин А.С. Системы управления электроприводов / А.С. Анухин. - Вологда: Инфра-Инженерия, 2015. - 373 с.
5. Белов М.П. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов: Учеб. для вузов/М.П. Белов, В.А. Новиков, Л.Н. Рассудов. - М.: Изд. центр «Академия», 2004. - 578 с.
6. Гопал К. Дюбей Основные принципы устройства электроприводов / Гопал К. Дюбей. - Москва: Машиностроение, 2009. - 480 с.
7. Инжиниринг электроприводов и систем автоматизации: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / [Белов, О.И. Зементов, А.Е. Козярук и др.] ; под ред. В.А. Новикова, Л.М. Чернигова. - М. : Издательский центра "Академия", 2006. - 368 с.
8. Кабанов О. В. Проблемы построения технических средств энергосбережения / О. В. Кабанов, С. А. Панфилов // Проблемы и перспективы развития отечественной светотехники электроники и энергетики. XIII Междунар. науч.-техн. конф. - Саранск, 2017. - 557 с.
9. Ключев В.И. Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов: Учеб. для вузов/ В.И. Ключев, В.М. Терехов. - М.: Энергия, 1980. - 358 с.
10. Крылов Ю.А. Энергосбережение и автоматизация производства в теплоэнергетическом хозяйстве города. Частотно-регулируемый электропривод: Учебное пособие / Ю.А. Крылов, А.С. Карандаев В.Н. Медведев. - СПб.: Лань, 2013. - 176 с.
11. Москаленко В. В. Системы автоматизированного управления электропривода / В.В. Москаленко. - Москва: Высшая школа, 2013. - 208 с.
12. Сумрин Ю. П. Теория систем и системный анализ : учеб. пособие / Ю. П. Сумрин. - К. : МАУП, 2006. - 368 с.
13. Трубопроводная арматура с автоматическим управлением: Справочник/Д. Ф. Гуревич, О. Н. Заринский, С. И. Косых и др.; Под общ. ред. С. И. Косых. - Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1982. - 320 с.
14. Юмаева Д. Р. Умные технологии для вашего дома / Д. Р. Юмаева, Р. Р. Юмаева. - 2014. - С. 21-22.

О.Б. Забродина, А.Д. Коваленко, И.В. Шот

Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, г. Зерноград

ВЛИЯНИЕ НОУТБУКОВ РАЗЛИЧНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ НА ИСКАЖЕНИЕ ТОКОВ И НАПРЯЖЕНИЙ УЗЛА НАГРУЗКИ 0,22 КВ

В настоящее время в России действует государственный стандарт, нормирующий показатели качества электрической энергии, в котором для электрических сетей напряжением 0,38 кВ нормируется коэффициент синусоидальности кривой и гармонических составляющих. Известно, что ухудшение этих показателей наблюдается в электрических сетях с преобладающими однофазными нагрузками с нелинейными характеристиками. В зависимости от характера, продолжительности и интенсивности высшие гармонические составляющие в токах нелинейных электропотребителей оказывают отрицательные эффекты [1, 2], а иногда приводят к катастрофическим последствиям. Одним из таких потребителей является ноутбук. Хотя мощность данного приемника небольшая, но ноутбуки получают все большее распространение и вносят значительный вклад в искажение токов и, соответственно, напряжений узла нагрузки 0,22 кВ.

В данной работе ставилась задача получить статистическую модель данного приемника, а также оценить вклад

ноутбуков различных производителей в искажение токов и напряжений однофазной сети 0,22 кВ.

Исследования проводились с помощью прибора НЮКИ 3196, одновременно выполняющего функции анализатора качества электроэнергии, осциллографа, мультиметра и регистратора. Измерение параметров и сохранение результатов при работе с данным прибором происходят одновременно.

Эксперименты проводили в общежитии № 5 Азово-Черноморского инженерного института ФГБОУ ВО Донского ГАУ, в дневное время, каждая запись длилась около минуты. Записывали мгновенные значения тока и напряжения режимах загрузки и ожидания. Одновременно фиксировали марку и фирму производителя ноутбука.

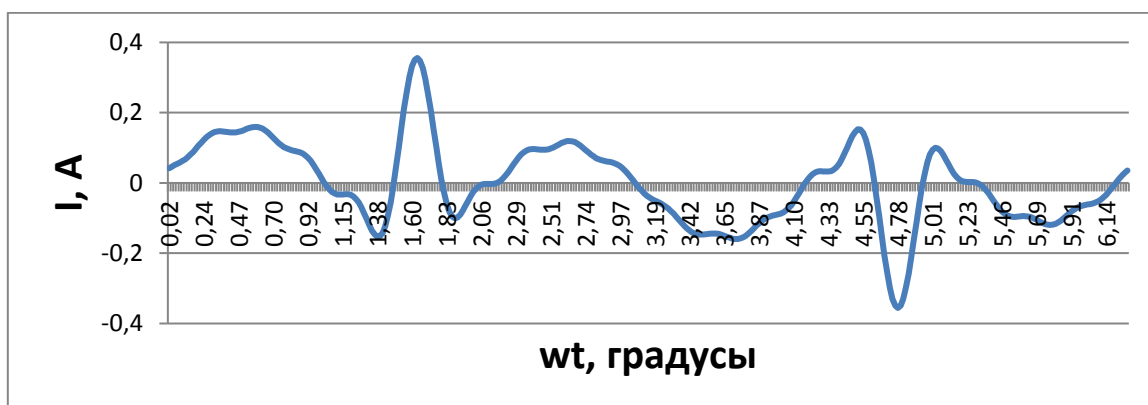
По результатам измерений получена математическая модель ноутбука в виде рядов Фурье (1 - 3) для режимов ожидания и нагрузки, в котором амплитуды и начальные фазы основной и высших гармоник представляют собой статистические оценки.

$$\begin{aligned} i_{min} = & 0,072 \cdot \sin(\omega t + 16,64^\circ) + 0,069 \cdot \sin(3\omega t + 16,64^\circ) + \\ & + 0,065 \cdot \sin(5\omega t - 20,75^\circ) + 0,061 \cdot \sin(7\omega t + 152,33^\circ) + \\ & + 0,055 \cdot \sin(9\omega t - 37,15^\circ) + 0,047 \cdot \sin(11\omega t + 137,05^\circ) + \\ & + 0,041 \cdot \sin(13\omega t - 49,55^\circ) + 0,034 \cdot \sin(15\omega t + 124,43^\circ) + \\ & + 0,027 \cdot \sin(17\omega t - 60,07^\circ) + 0,021 \cdot \sin(19\omega t + 114,49^\circ) \text{ А.} \end{aligned} \quad (1)$$

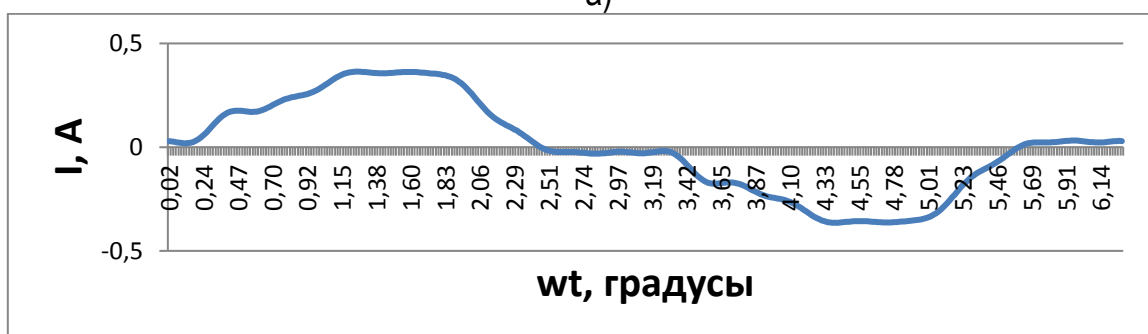
$$\begin{aligned} i_{max} = & 0,303 \cdot \sin(\omega t + 15,52^\circ) + 0,085 \cdot \sin(3\omega t - 161,94^\circ) + \\ & + 0,031 \cdot \sin(5\omega t - 74,81^\circ) + 0,008 \cdot \sin(7\omega t - 30,15^\circ) + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& +0,016 \cdot \sin(9\omega t - 152,9^\circ) + 0,003 \cdot \sin(11\omega t + 119,03^\circ) + \\
& +0,008 \cdot \sin(13\omega t + 162,22^\circ) + 0,006 \cdot \sin(15\omega t + 145,67^\circ) + \quad (2) \\
& +0,008 \cdot \sin(17\omega t + 38,98^\circ) + 0,003 \cdot \sin(19\omega t + 57,8^\circ) A. \\
& u = 331,05 \cdot \sin(\omega t) + 7,47 \cdot \sin(3\omega t + 36,71^\circ) + \\
& +3,78 \cdot \sin(5\omega t - 161,5^\circ) + 0,75 \cdot \sin(7\omega t + 2,21^\circ) + \\
& +2,55 \cdot \sin(9\omega t + 178,97^\circ) + 0,47 \cdot \sin(11\omega t - 74,66^\circ) + \\
& +0,27 \cdot \sin(13\omega t + 155,93^\circ) + 0,31 \cdot \sin(15\omega t + 136,19^\circ) + \quad (3) \\
& +0,24 \cdot \sin(17\omega t - 11,75^\circ) + 0,20 \cdot \sin(19\omega t - 152,61^\circ) B.
\end{aligned}$$

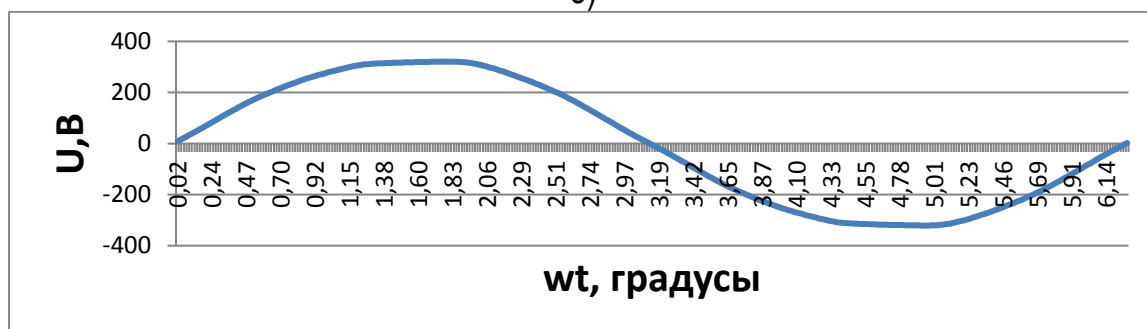
Как пример, построенные с учетом диаграммы тока и напряжения для режима статистических оценок временные ожидания представлены на рис.1



а)



б)



в)

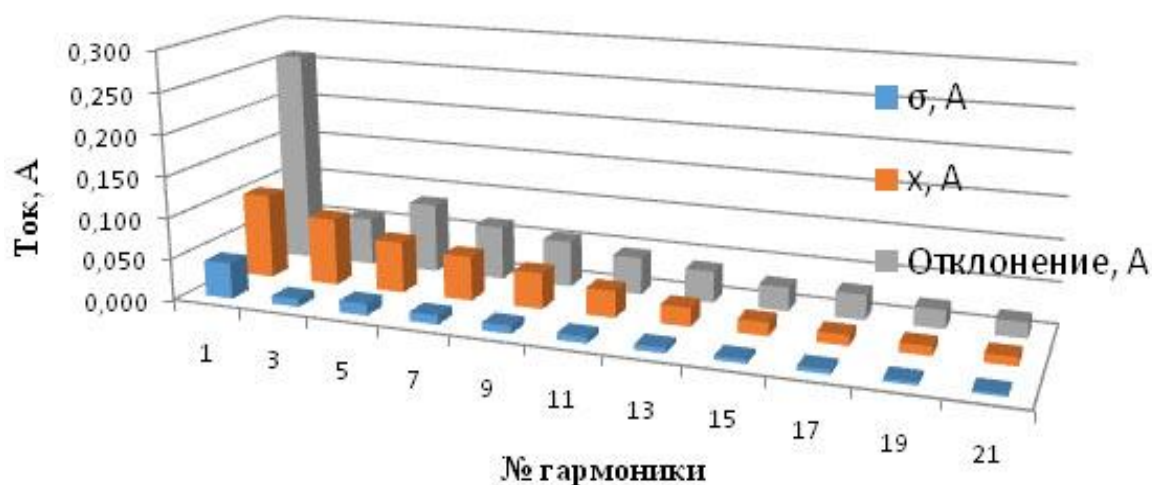
Рисунок 1 - Временные диаграммы тока в режиме ожидания (а) и в режиме загрузки (б), и напряжения (в) ноутбука фирмы ACER

Из диаграмм видно, что вершина тока значительно отличается от синусоиды напряжения сглажена, а форма синусоидальной, что свидетельствует о

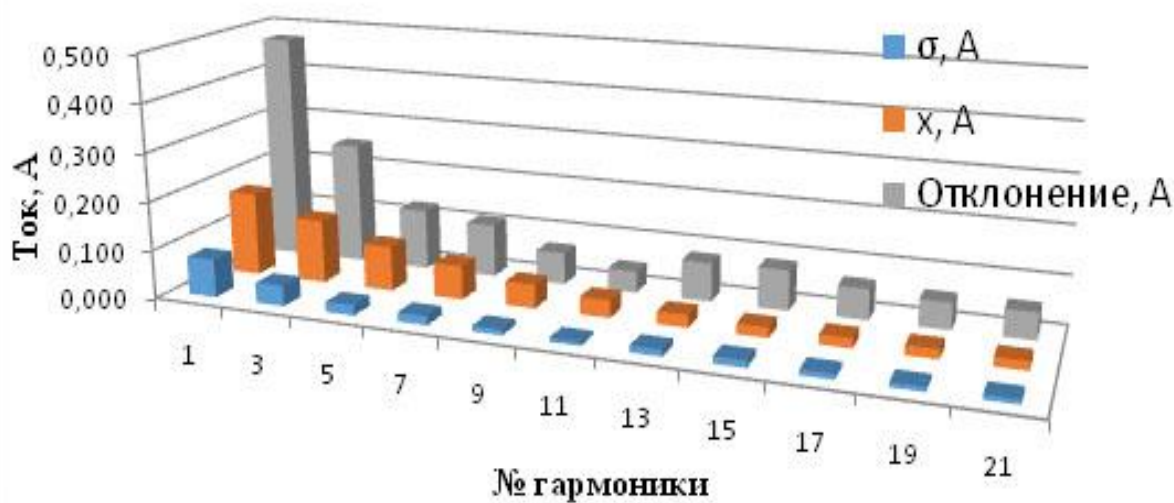
наличии высших гармоник с довольно большими амплитудами.

При обработке выборок, полученных для каждой из гармоник, было установлено, что распределение амплитуд и соответственно действующих значений как токов, так и напряжений является нормальным. Получены средние арифметические значения амплитуд по распределениям основной и высшим гармоник токов и напряжений, как оценки математических ожиданий, средние квадратические отклонения, дисперсии, оценены асимметрия и эксцесс.

Построены с использованием средних оценок распределения спектрограммы для средних арифметических и средних квадратических отклонений для наиболее значимых гармоник (рис. 2). Из гистограммы видно, что, например, для ноутбука в режиме ожидания среднее арифметическое значение тока основной гармоники меньше на 39,88% его среднего арифметического значения в режиме загрузки. Ток основной гармоники отличается по фазе, как в режиме ожидания так и в режиме загрузки.



а)



б)

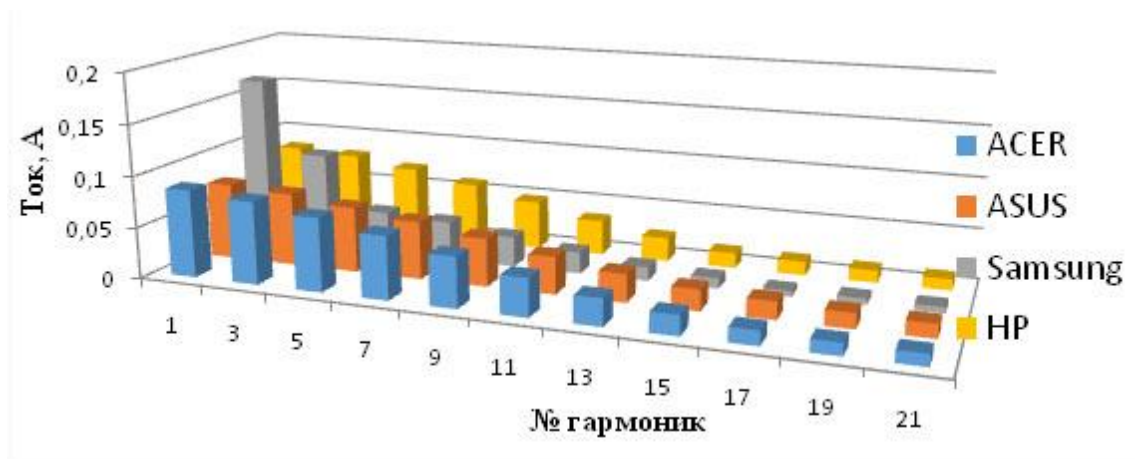
Рисунок 2 - Гистограммы среднего арифметического значения тока и среднего квадратического отклонения тока ноутбуков в режимах ожидания (а) и загрузки (б)

Полученные после обработки оценки основной гармоники, как пример, результатов измерений статистические приведены в табл. 1

Таблица 1 - Статистические оценки распределения основной гармоники токов и напряжений ноутбуков в режиме ожидания и загрузки

Показатель	Режим ожидания		Режим загрузки	
	I, A	U, B	I, A	U, B
Среднее арифметическое, $\bar{x}$	0,101	237,219	0,168	237,366
Среднее квад. отклон., σ	0,058	1,491	0,076	1,430
Дисперсия, D	0,003	2,224	0,006	2,046
Ассиметрия, As	2,465	0,737	0,911	-1,133
Экссесс, Ex	6,714	-0,354	-0,336	1,421

Амплитудно-частотные характеристики токов и напряжений, производителей, представлены на рисунке построенные по средним значениям 3. выборки ноутбуков различных фирм производителей, представлены на рисунке



а)



б)

Рисунок 1.3 - Спектральный состав токов по производителям для ноутбуков в режиме ожидания (а) и загрузки (б)

Среднее квадратическое отклонение тока имеет большое значение, что свидетельствует о разном вкладе в искажение синусоидальности токов

ноутбуков разных производителей. Значимый вклад в искажение кривой тока вносят гармоники 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, очевидно, что превалируют гармоники кратные трем.

Асимметрия распределения токов основной гармоники ноутбуков как в режиме ожидания, так и в режиме загрузки является положительной, то есть в распределении чаще встречаются значения меньше среднего. Показатель асимметрии распределения напряжения ноутбуков положителен в режиме ожидания, но отрицателен в режиме загрузки.

Эксцесс распределения тока ноутбуков в режиме ожидания положителен, то есть график тока плосковершинный. В режиме загрузки эксцесс распределения токов ноутбуков отрицателен, из этого следует, что график островершинный. При эксцессе распределения напряжения в режиме ожидания график островершинный, а в режиме загрузки - плосковершинный.

Ноутбуки фирмы Samsung имеют самые большие значения гармоник тока и напряжения в режиме ожидания и загрузки. Самые меньший вклад в искажение синусоидальности токов вносят ноутбуки фирмы ASUS.

Полученные данные могут быть использованы при построении модели узла нагрузки 0.22 кВ, а также при расчете параметров фильтро-компенсирующих устройств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Ханин Ю.И., Юндин М.А. Исследование динамики тока третьей гармоники в нулевом проводе сельской коммунально-бытовой сети 0,38 кВ./ Разработка и внедрение ресурсо- и энергосберегающих технологий и устройств. Сб. статей 5 Международной научно-практической конференции.- 2014, с. 26-28.

Григорьев О., Петухов В., Соколов В., Красилов И. высшие гармоники в сетях электроснабжения 0,4 кВ. /Новости электротехники, №1(115), 2019. http://news.elteh.ru/arh/2003/18_19/14.php

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВКЛАДА МИКРОВОЛНОВЫХ ПЕЧЕЙ В НЕСИНУСОИДАЛЬНОСТЬ ТОКОВ И НАПРЯЖЕНИЙ КОМУНАЛЬНО- БЫТОВОГО УЗЛА НАГРУЗКИ 0,22 КВ

Наличие высших гармоник – одна из важных составляющих общей проблемы электромагнитной совместимости приемников электроэнергии с электрической сетью общего назначения. Особенно коммунально-бытовые сети 0,22 кВ «засорены» высшими гармониками, генерируемыми нелинейными приемниками – телевизорами, холодильниками, энергосберегающие лампы, компьютеры, микроволновые печи и фактически любые электроприборы, имеющие нелинейные вольт-амперные характеристики [1]. Даже при наличии синусоидальной ЭДС, генерируемой источником энергии на холостом ходу, в нагруженной сети на всех ее участках будут несинусоидальные токи и напряжения. Доказано, что наличие высших гармоник приводит к дополнительным потерям в элементах сетей электроснабжения, потерям в трансформаторе и его нагреву, нарушению корректной работы устройств защиты и автоматики, уменьшению коэффициента мощности электропотребителей, помехам в линиях связи, резонансу напряжений и большим ударным токам при переходных процессах [1, 2, 3].

Для подавления гармонических составляющих применяют фильтро-компенсирующие устройства [4, 5]. Для выбора или создания эффективных таких устройств необходимо знать параметры узлов нагрузки 0,22 кВ. Поэтому на разработку модели, адекватно

описывающей узел нагрузки 0,22 кВ, направлены усилия многих ученых. Получение общей модели узла нагрузки возможно, если получить модели каждого его элемента. Целью настоящей работы было получение модели такого распространенного приемника как микроволновой печи (микроволновки).

К исследованию были приняты выборки из наиболее распространенных микроволновок фирм Erisson, Daewoo, Delta, Mystery и Rubin одинаковой мощности.

Измерения токов и напряжений проводили при помощи прибора для оценки качества электрической энергии Hioki 3196, каждая запись длилась около минуты. При этом фиксировали ток и напряжение в режимах минимальной и максимальной загрузки приемника. Поскольку напряжение в сети менялось, то измерения проводили дискретно через каждые полчаса в дневное время. Записи обрабатывали, при допущении, что полученные распределения токов и напряжений каждой из гармоник подчиняются закону нормального распределения. Для каждой выборки вычисляли стандартный набор выборочных оценок.

Спектрограммы средних арифметических значений токов для наиболее значимых гармоник по фирмам производителям приведены на рис.1. Гармоники токов, амплитуда которых

меньше 1% амплитуды основной гармоники тока здесь не представлены.

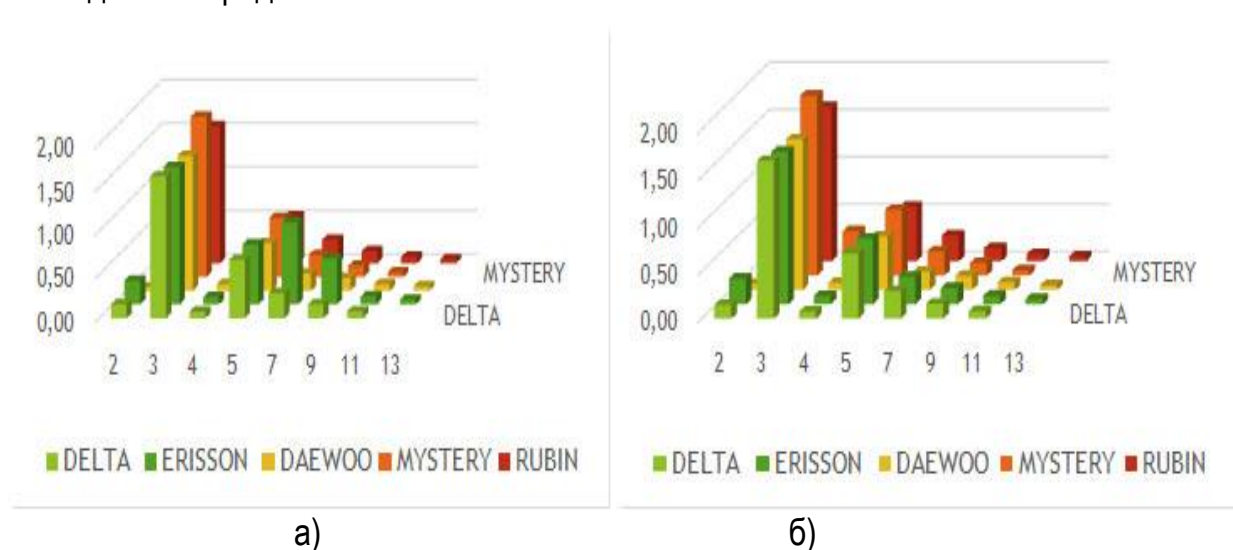


Рисунок 1 - Диаграммы средних арифметических действующих значений токов высших гармоник микроволновых печей разных фирм производителей в режиме максимальной (а) и минимальной (б) загрузки

По результатам измерений составлены математические модели токов и напряжений в виде ряда Фурье, где амплитуды гармоник и начальные фазы представляют собой статистические оценки результатов измерений в режиме минимальной и максимальной нагрузки.

$$i_{min} = 0,21 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t - 30,84^\circ) + 0,019 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(3\omega t - 149,81^\circ) + \\ + 0,004 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(5\omega t - 50,77^\circ) + 0,003 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(7\omega t + 30,64^\circ) + \\ + 0,001 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(9\omega t - 59,14^\circ) \text{ A}$$

$$u_{min} = 235,18 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t + 0^\circ) + 5,46 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(3\omega t + 34,77^\circ) + \\ + 2,88 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(5\omega t - 159,66^\circ) + 0,28 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(7\omega t - 15,04^\circ) + \\ + 1,87 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(9\omega t + 173,8^\circ) \text{ B}$$

$$i_{max} = 5,238 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t - 14,51^\circ) + 1,646 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(3\omega t - 131,14^\circ) + \\ + 0,656 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(5\omega t - 72,35^\circ) + 0,274 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(7\omega t - 39,12^\circ) + \\ + 0,152 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(9\omega t + 48,1^\circ) + 0,088 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(11\omega t + 123,05^\circ) + \\ + 0,061 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(13\omega t - 172,86^\circ) \text{ A}$$

$$u_{max} = 226,98 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t + 0^\circ) + 7,69 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(3\omega t + 38,91^\circ) + \\ + 3,077 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(5\omega t + 179,67^\circ) + 0,06 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(7\omega t + 92,12^\circ) + \\ + 1,91 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(9\omega t + 175,66^\circ) + 0,43 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(11\omega t + 37,38^\circ) + \\ + 0,21 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(13\omega t - 49,29^\circ) \text{ B}$$

Построенные по данным уравнениям временные диаграммы представлены на рисунках 2 и 3.

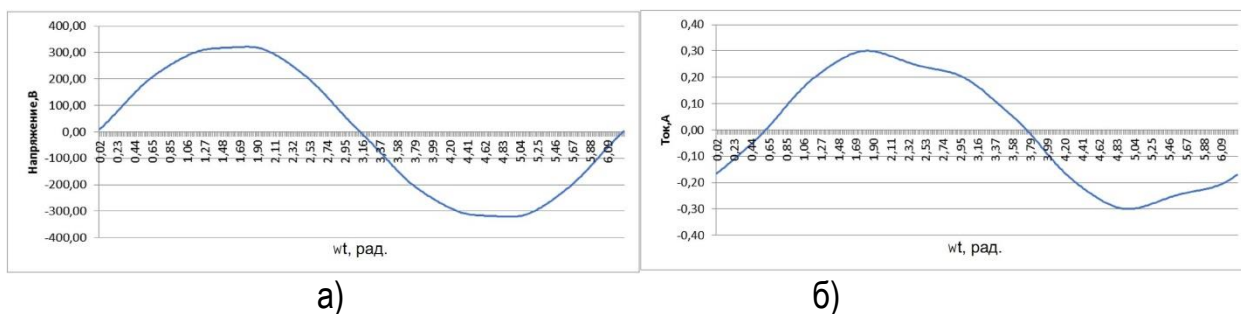


Рисунок 2 - Временные диаграммы напряжения (а) и тока (б) микроволновой печи в режиме минимальной мощности

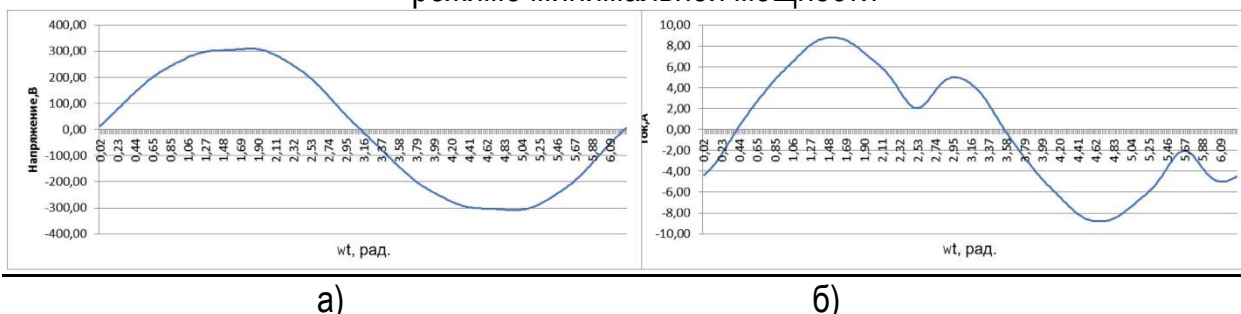


Рисунок 3 - Временные диаграммы напряжения (а) и тока (б) микроволновой печи в режиме максимальной мощности

Из временных диаграмм видно, что напряжение по форме близко к синусоиде, но имеет сглаженную вершину, а форма тока значительно отличается от синусоиды, что свидетельствует о наличии высших гармоник с довольно большими амплитудами.

По результатам исследований можно сделать следующие выводы.

В максимальном и минимальном по мощности режимах работы микроволновок действующие значения токов основных гармоник отличаются значительно. В то же время средние арифметические действующих значений токов высших гармоник по фирмам производителям оборудования имеют близкие значения (рис. 3). Исключение составляют седьмая и девятая гармоники.

Среди высших гармоник явно преобладает третья гармоника, ее значимость увеличивается с увеличением загрузки микроволновки. Если при минимальной загрузке третья гармоника тока составляла

9,05 % от основной, то при максимальной загрузке – уже 31,42 %. При этом напряжение третьей гармоники при минимальной загрузке составило 2,32 % от напряжения основной гармоники и 3,39% при максимальной загрузке.

Большой вклад в искажение токов вносят также 5 и 7 гармоники.

Однозначного вывода по начальным фазам отдельных гармоник сделать нельзя. Они меняются значительно, закономерность их изменения не проматривается, очевидно это зависит от схемы блока питания и самого устройства. Полученные данные могут быть использованы при расчете параметров фильтро-компенсирующих устройств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ханин Ю.И., Юндин М.А. Исследование динамики тока третьей гармоники в нулевом проводе сельской коммунально-бытовой сети 0,38 кВ./ Разработка и внедрение ресурсо- и энергосберегающих технологий и устройств. Сб.

статей 5 Международной научно-практической конференции.- 2014 , с. 26-28.

2. Бухвал А.В., Швек Р.Р., Юндин М.А. К вопросу о потерях электроэнергии в силовом трансформаторе 10/0,4 кВ. / Инновации в сельском хозяйстве.- 2015, № 1(11). С. 26-28.

3. Юндин М.А., Абезин А.В. Методика расчета дополнительных потерь электроэнергии в силовом трансформаторе 6-10/0,4 кВ из-за несимметрии и несинусоидальности токов электрической сети 0,38 кВ. / в сб. Мировые научно-технологические тенденции социально-экономического развития АПК и сельских

территорий. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию окончания Сталинградской битвы. -2018. С. 435-441.

4. Юндин М.А., Кобзистый О.В. Комбинированное компенсирующее устройство на реактивных элементах. // Вестник аграрной науки Дона.- 2018. № 54. С 46-50.

5. Ханин Ю.И., Юндин М.А., Барыкина Е.Н. Устройство для снижения тока в нулевом проводе четырехпроводной сети. / Патент на полезную модель RUS 161057 02.12.2015.

Оглавление

А.Я. Аберясьев, В.М. Наход ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКА ТЕПЛА	3
Е.А. Авершин, А.В.Гонтарь, Н.В.Нестерова ГРАДИЕНТ – ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА	5
Д.Д. Акиншин, Т.И. Филатова, А.А. Буглак МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ПРОГРАММИРУЕМЫХ КОНТРОЛЛЕРОВ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ	7
Р.Р. Алимов, Д.Д. Акиншин ПЕРСПЕКТИВЫ МОДЕРНИЗАЦИИ ВЕНТИЛЯЦИОННО-ОТОПИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ ПРИМЕНЕНИЕМ ПЛК	11
Р.А. Амерханов, Э.Г. Армаганян, В.В. Дворный ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ.....	14
С.М. Бакиров, А.Ю. Здобнов РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОЦИКЛА ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	15
С.М. Бакиров, С.С. Елисеев АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СИСТЕМ СЛЕЖЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНЫМИ ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫМИ МАШИНАМИ.....	18
С.М. Бакиров, С.С. Елисеев ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЙ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ СОЛНЕЧНЫХ МОДУЛЕЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ	22
С.М. Бакиров, А.П. Ищенко ПРОБЛЕМА БЫСТРОГО ИЗНОСА АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ МОБИЛЬНЫХ СЕЛСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН.....	25
С.М. Бакиров, Д.В. Митрофанов АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ РОБОТА-ИССЛЕДОВАТЕЛЯ ПАРАМЕТРОВ ПОЧВЫ.....	28
С.М. Бакиров, А.А. Овчинников ОБЗОР И ОБОСНОВАНИЕ ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ СВИНОФЕРМЫ МАТОЧНОГО ПОГОЛОВЬЯ	31
Е.М. Баскаков, А.М. Абакумов ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗГОНА СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ.....	38
Е.Н. Бахуревич, В.И. Лошкарёв ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗКИ СЕЛЬСКОГО ЖИЛОГО ДОМА	42
Е.Н. Бахуревич, В.И. Лошкарёв, А.И. Жижко ВЛИЯНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ НАГРУЗКАМИ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ 0,4KV	45
В.А.Богдан, Р.И. Баев, А.И.Аветисов КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ	48

С.В. Вендин С.В., Ю.Н. Ульяновцев ВЫБОР ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УСЛОВИЙ НЕСТАЦИОНАРНОЙ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ..	50
Р.Д. Гливенко, Е.Н. Бахуревич, А.И. Жижко, О.В. Логачева, О.В. Лошкарева СНИЖЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЫСШИХ ГАРМОНИЧЕСКИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ	52
К.А. Глухов ОСОБЕННОСТИ ЦИРКУЛЯЦИИ ВНУТРЕННЕГО ВОЗДУХА В ТЕПЛИЦЕ.....	57
Е.А. Галактионов ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ СИСТЕМА КОМПЛЕКСНОЙ ОЧИСТКИ РЕЦИРКУЛЯЦИОННОГО ВОЗДУХА ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ.....	59
О.В. Григораш, О.Я. Ивановский, А.С. Туаев	62
ОСОБЕННОСТИ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТАТИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ.....	62
В. С. Демидов ВЕРИФИКАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ ИСТЕЧЕНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ДЫМОВОЙ ТРУБЫ В УСЛОВИЯ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ.....	66
И.П. Деревякин МОБИЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОИЗГОРОДЬ С НЕЗАВИСИМЫМ ПИТАНИЕМ	69
Е.А. Денисенко, М.А. Попучиева, М.В. Дудкина ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОМЕХИ В транспортных СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ	71
М.М. Джумалиев, Л.А. Садыкова ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ТРАДИЦИОННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ	72
С.Н. Дмитриев, К.В. Шеломанов, А.П. Моисеев, Е.В. Силантьева СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ МОЛОКА ПРИМЕНЕНИЕМ УФ И ИК- ИЗЛУЧЕНИЙ	75
О.И. Долдонов, В.В. Головинов К ОЦЕНКЕ КРИТЕРИЕВ БРАКОВКИ КОНТАКТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ ИНФРАКРАСНОЙ ДИАГНОСТИКЕ.....	77
А.И. Жижко, Н.В. Осадчий ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ «УМНЫХ ОКОН».....	81
А.И. Жижко, С.В. Саенко ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ.....	85
А.В. Емелин В.С. Вельмисев М.А. Калюта ПРОБЛЕМЫ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СОВРЕМЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ	88
Г. П. Ерошенко, С. М. Бакиров, Ш. З. Зиниев, А. С. Грачев ЗНАЧЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	89
И. В. Иванова, Т. С. Бакрунова НЕТРАДИЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ	94

А.Р. Игамов, В.В. Бочков ПРИМЕНЕНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА НА ПРИМЕРЕ РЕГИОНА СЕВЕРНОГО КАВКАЗА	96
Е.А. Извеков, В.Ю. Карташов СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ.....	99
А. М. Исупова, А. Зубенко К ВОПРОСУ О СОБСТВЕННОЙ МАЛОЙ ГЕНЕРАЦИИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ АПК	102
А. А. Ишманов, Т.С. Бакрунова ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В ТЕПЛО- И ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЯХ.....	106
О.Г. Завертяев УПРАВЛЕНИЕ КАСКАДНОЙ НАСОСНОЙ УСТАНОВКОЙ	108
А. А. Земсков, Т. С. Бакрунова СПОСОБЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕПЛООБМЕНА	109
Е.М. Камышникова, Д.А. Войтов, Н.В. Нестерова ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ВОЛН В ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ.....	111
В.А. Каргин, А.В. Волгин, А.К. Федоров, А.С.Панкратов РЕГИСТРАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ИМПУЛЬСНЫХ МАШИН.....	113
В.А. Каргин, А.В. Волгин, А.К. Федоров, Г.Н. Селезнев ЛИНЕЙНЫЙ ШАГОВЫЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ ПРИВОДА КОНВЕЙЕРОВ.....	116
В.А. Каргин, С.С. Лёвин, К.Д. Чурляева ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛИНЕЙНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ДВИГАТЕЛЯ В ПРИВОДЕ КЛИПСАТОРА ОБОЛОЧЕК ПРОДУКТОВ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	120
Ю.В. Кирячек, В.В. Головинов КОНТРОЛЬ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ НА КОНТАКТАХ КОММУТАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ И ОБОРУДОВАНИЯ.....	124
В.А. Кожухов, А.В. Себин, В.Ю. Ушкалов МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПИРОЛИЗА СОЛОМЫ И ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ.....	126
Н.Н. Курзин ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В ПРОТИВОМАСТИТНЫХ УСТРОЙСТВАХ ДЛЯ МОЛОЧНОГО ЖИВОТНОВОДСТВА	129
И.В. Лакомов, И.И. Аксенов АНАЛИЗ АВАРИЙНОСТИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ.....	131
М.А. Левин, Н.Н. Травов ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ НАПРЯЖЕНИЙ 6 И 10 КВ.....	135
С.К. Леонов, В.В. Головинов	

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА	137
И.Ю. Лошкарёв, Н.В. Осадчий РАСЧЕТ ВЕЛИЧИНЫ ТЕПЛОПРИТОКОВ СИСТЕМЫ ЕСТЕСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ	140
И.Ю. Лошкарёв, Н.В. Осадчий, А.Я. Аберясьев, С.В. Саенко АКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ СВЕТОЗАХВАТА ДЛЯ ОСВЕЩЕНИЯ ПОМЕЩЕНИЙ.....	142
Л.А. Лягина, Е.В. Богомолов АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЕМ ПРОЦЕССА ДОСУШИВАНИЯ ПРЕССОВАННОЙ В РУЛОНЫ ТРАВЫ...	147
Л.А. Лягина, Д.П. Курников СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО СПОСОБА СУШКИ ПЛОДОВ И ЯГОД	149
А.Ю. Мамонтов, С.В. Вендин РАСЧЕТ МОЩНОСТИ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛОТЫ ДЛЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО БИОГАЗОВОГО РЕАКТОРА.....	151
А.Кh. Massad, Р.Р. Алимов СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЛОКАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРОЙ ВОЗДУХА В ЖИВОТНОВОДЧЕСКОМ ПОМЕЩЕНИИ.....	153
А.В. Медведев, В.М. Попов, В.Н. Левинский, В.А. Афонькина К ВОПРОСУ КОМБИНИРОВАННОЙ ИНФРАКРАСНОЙ СУШКИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ.....	156
А.П. Мусеев, Е.В. Силантьева, К.В. Шеломанов, С.Н. Дмитриев ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ УДАРНОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ С ЛЭМД ДЛЯ УБОЯ СКОТА	159
Д.А. Нормов, Д.В. Пожидаев, Д.А. Добровольский ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ЭЛЕКТРООЗОНАТОРА.....	161
Д.А. Нормов, Д.А. Добровольский, Д.В. Пожидаев ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЛАСТИНЧАТЫХ ЭЛЕКТРООЗОНАТОРОВ	163
А.Ю. Попов, А.А. Фурсов, С.А. Беверакки МИКРО - И МИНИГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ: ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ.....	165
В.В. Пугачёв КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ В СОСТАВЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН	169
Д.И. Редкозубов, В.И. Редкозубов ПРИМЕНЕНИЕ ГЕНЕРАТОРА ВОДОРОДА ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ ТЕПЛИЧНОГО БЛОКА.....	173
А.В. Рогаль МИКРОКЛИМАТ В ИНКУБАТОРЕ ЯИЦ.....	175
М.М. Ромащенко, Н.В. Нестерова ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ	177
Л.М. Рыбаков, О.И. Канюгин, С.А. Халтурин	

ТРЕБОВАНИЯ К ВЫБОРУ НЕЛИНЕЙНЫХ ОГРАНИЧИТЕЛЕЙ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ИЗОЛЯЦИИ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 6-10 КВ.....	179
Л.А.Садыкова ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В КИТАЙСКОЙ ПРОВИНЦИИ	185
С.В. Светличный ПРИМЕНЕНИЕ ДВУХТАРИФНОГО СЧЕТЧИКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ЭКОНОМИЧНОГО ОТОПЛЕНИЯ.....	189
В. Д. Светлов ПРЕДПОСЫЛКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОЗОНА НА ОБЪЕКТАХ АПК	193
В. Д. Светлов КОНСТРУКЦИЯ РАЗРЯДНЫХ СИСТЕМ ПРОТОЧНЫХ ОЗОНАТОРОВ	195
А.Н. Соболев, И.В. Пациров, Д.А. Мова ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОМЕХИ В ЭЛЕКТРОПРИВОДАХ.....	197
В.А. Солдатов, В.А. Полонский ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ 35 КВ ПО УРАВНЕНИЯМ ОТНОСИТЕЛЬНО ТОКОВ.....	198
В.В. Соловьёв БУНКЕР АКТИВНОГО ВЕНТИЛИРОВАНИЯ НА ЭЛЕВАТОРЕ	201
Д.Ю. Сохинов, О.В. Логачёва КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ	204
Д.Ю. Сохинов ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ.....	206
Д.Ю. Сохинов, О.В. Логачёва НАДЕЖНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ.....	208
А.И. Стерхов, И.Ю. Лошкарев, Н.В. Осадчий, С. В. Саенко, Е.Н. Бахуревич НЕДОСТАТКИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ЗЕНИТНЫХ ФОНАРЕЙ.....	211
А.И. Стерхов, И.Ю. Лошкарев, Н.В. Осадчий, С. В. Саенко, ² Е.Н. Бахуревич СИСТЕМА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ОСВЕЩЕНИИ УЛИЦ И ДОРОГ	213
С.Д. Стрекалов, Л.П. Стрекалова ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ ВОЛНОВОГО ТИПА ДЛЯ ПРЯМОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ПОТОКА СПЛОШНОЙ ВЯЗКОЙ СРЕДЫ	216
И.В. Трепутин, В.В. Головинов К ИССЛЕДОВАНИЮ НАДЁЖНОСТИ РАБОТЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ.....	218
В.Д. Трифонов ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ И АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СОЛНЕЧНОГО ПОДОГРЕВАТЕЛЯ ВОЗДУХА С ОРЕБРЁННОЙ АБСОРБИРУЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ В ПРОГРАММНОМ МОДУЛЕ ANSYS FLUENT	221

В.А. Трушкин, С.В. Шлюпиков, Т.И. Третьякова ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОЗОНА В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ	228
В.А. Трушкин, С.В. Шлюпиков, В.В. Пиджаков, С.А. Кифарак СПОСОБ ЗАЩИТЫ ИЗОЛЯЦИИ ОБМОТОК ТРАНСФОРМАТОРОВ I, II ГАБАРИТОВ ОТ УВЛАЖНЕНИЯ	232
В.А. Трушкин, Р.В. Козичев ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ИМПУЛЬСНОГО ИСТОЧНИКА ПОСТОЯННОГО ТОКА ДЛЯ КОМБИНИРОВАННОГО УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ В УСЛОВИЯХ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА	234
В.А. Трушкин, С.В. Шлюпиков, А.Ю. Корнилов, А.О. Горшенин ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ RGB-ДАТЧИКОВ В АВТОНОМНЫХ МАШИНАХ ТРАНСПОРТИРОВКИ ГРУЗОВ (НА ПРИМЕРЕ ТЕПЛИЧНОГО ХОЗЯЙСТВА)	238
В.А. Трушкин, О.Н. Чурляева, В.А. Чернявский ФЕРРОРЕЗОНАНС И ЕГО ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ВЫСОКОВОЛЬТНОЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ В СЕТИ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ	241
Т.И. Филатова, А.М. Муратова РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ КОНТРОЛЛЕРОВ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ СЕЛЬХОЗПРОИЗВОДСТВА	244
Е.Н.Хмелев ВЫБОР ТИПА ПРООТБОРНИКА ЗЕРНА НА ЭЛЕВАТОРЕ	247
Е.А Четвериков, А.А Полудин ИЗМЕРЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ТОВАРНОГО ЗЕРНА ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭНЕРГИИ МИКРОВОЛНОВОГО ПОЛЯ	250
Е.А Четвериков, А.А Полудин МЕТОДИКА ВЫБОРА КОНСТРУКЦИИ РАБОЧИХ КАМЕР УСТАНОВОК СВЧ СУШКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ	253
К.Д. Чурляева, С.С. Левин ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В ПРИВОДЕ ШПРИЦЕВАТЕЛЕЙ КОЛБАСНОГО ФАРША.....	256
О.Н.Чурляева, Е.Н. Хмелев ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЁЖНОСТИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ.....	259
О.Н. Чурляева, К.Д. Чурляева, А.А. Осипов ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ ДЛЯ НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ СЕЛЬСКОГО НАСЕЛЕННОГО ПУНКТА.....	262
А.Е. Усков, Д.В. Головин ВТОРИЧНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ	264
И.В. Шмаков, В.В. Головинов О ВЛИЯНИИ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА НАДЁЖНОСТЬ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ 6-10 кВ	265

<i>И.А. Шнякин, С.А. Панфилов, О.В. Кабанов</i> ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ОТОПИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ	268
<i>О.Б. Забродина, А.Д. Коваленко, И.В. Шот</i> ВЛИЯНИЕ НОУТБУКОВ РАЗЛИЧНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ НА ИСКАЖЕНИЕ ТОКОВ И НАПРЯЖЕНИЙ УЗЛА НАГРУЗКИ 0,22 КВ.....	271
<i>О.Б. Забродина, А.Д. Коваленко, И.В. Шот</i> РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВКЛАДА МИКРОВОЛНОВЫХ ПЕЧЕЙ В НЕСИНУСОИДАЛЬНОСТЬ ТОКОВ И НАПРЯЖЕНИЙ КОМУНАЛЬНО-БЫТОВОГО УЗЛА НАГРУЗКИ 0,22 КВ.....	276

Научное издание

**Актуальные проблемы энергетики АПК:
материалы X национальной
научно-практической
конференции с международным участием**

Компьютерная верстка М.В. Муравьевой

Сдано в набор 03.06.19. Подписано в печать 10.06.19.
Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman.
Печ. л. 15,94 Уч.-изд. л. 17,25. Тираж 500.

ООО «ЦЕНТР СОЦИАЛЬНЫХ АГРОИННОВАЦИЙ СГАУ»
Отпечатано с электронных носителей издательства