

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 VII международной

научно-практической

конференции

Саратов 2016 г

УДК 338.436.33:620.9

ББК 31:65.32

А42

А42 **Актуальные проблемы энергетики АПК:** материалы VII международной научно-практической конференции/Под общ. ред. *Трушкина В.А.* – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2016. – 272 с.

ISBN 978-5-906689-33-7

УДК 338.436.33:620.9

ББК 31:65.32

Редакционная коллегия:

*Ерошенко Г.П., д.т.н., профессор СГАУ;
Адразаков Ф.К., д.т.н., профессор СГАУ;
Усанов К.М., д.т.н., профессор СГАУ;
Трушкин В.А., к.т.н., доцент СГАУ;
Каргин В.А., к.т.н., доцент СГАУ;
Угаров Г.Г., д.т.н., профессор СГТУ;
Артюхов И.И., д.т.н., профессор СГТУ.
Меничиков И.А., к.т.н., доцент СГТУ
Лошкарев И.Ю., к.т.н., доцент СГАУ*

ISBN 978-5-906689-33-7

© ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ», 2016

А.М.Абитов, А.Г.Фианшеев

Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Коккова, г. Нальчик

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Качество электроэнергии (КЭ) — это совокупность ее свойств, определяющих воздействие на электрооборудование, приборы и аппараты и оцениваемых показателями качества электроэнергии (ПКЭ), численно характеризующими уровни электромагнитных помех (ЭМП) в системе электроснабжения (СЭС) по частоте, действующему значению напряжения, форме его кривой, симметрии, импульсам и провалам напряжения [1].

Обеспечение КЭ на зажимах приемников электроэнергии является одной из наиболее сложных задач проектирования и эксплуатации системы электроснабжения сельскохозяйственных предприятий. Появление на предприятиях системы АПК мощных электродвигателей, электросварочного оборудования, мощных вентильных преобразователей, осветительных систем на базе люминесцентных источников света и других приемников с резкопеременной нагрузкой создало проблему их электромагнитной совместимости с системой электроснабжения. Успешное решение этой проблемы обеспечивает рациональную работу как этих приемников так и приемников со спокойной нагрузкой, присоединенных к той же системе электроснабжения.

К показателям качества электроэнергии для трехфазных цепей переменного тока относятся установившееся отклонение напряжения, отклонение частоты, коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения, появление высших гармонических составляющих, вызванных несинусоидальностью напряжения и др.

Так, например, при понижении напряжения возрастает скольжение и уменьшается частота вращения асинхронных двигателей, являющихся основными приемниками электроэнергии в сельском хозяйстве. При этом возрастает сила потребляемого тока, двигателя перегреваются и быстрее изнашивается изоляция. Так как вращающий момент асинхронного двигателя пропорционален квадрату напряжения, то при его понижении затрудняется пуск двигателей под нагрузкой. Отклонение напряжения оказывает значительное влияние и на работу электросварочных установок, ухудшая качество сварки. Высокие требования к качеству напряжения предъявляют и осветительные установки. При уменьшении напряжения снижается светоотдача ламп и уменьшается срок службы.

Подключение мощных несимметричных однофазных нагрузок к трехфазным сетям вызывает в системах электроснабжения длительный несимметричный режим, характеризующийся несимметрией напряжений и токов. Вследствие несимметрии напряжений в статорах синхронных машин проходят токи прямой, обратной и нулевой последовательности, что вызывает дополнительный нагрев ротора и увеличение

вибрации. Неблагоприятно сказывается несимметрия напряжений и на работе асинхронных машин.

В системах электроснабжения, где используются элементы с нелинейными вольтамперными характеристиками, (вентильные преобразователи, установки электросварки, газоразрядные источники света, трансформаторы, электродвигатели и др.) возникают высшие гармонические токи и напряжения, которые приводят к дополнительным потерям электроэнергии. Токи высших гармоник проходя по элементам сети вызывают падение напряжения в сопротивлениях этих элементов, которые накладываясь на основную гармонику приводят к искажению формы кривой напряжения.

Для проверки показателей качества электроэнергии в лабораторном корпусе Кабардино-Балкарского ГАУ был проведен ряд измерений с применением прибора «Прорыв КЭ».

На рисунке 1 представлены результаты измерения установившегося отклонения напряжения, проведенные с 15 по 20 июня 2015г.



Рисунок 1- Результаты измерения установившегося отклонения напряжения фаз

Анализ кривых показывает, что установившееся отклонение напряжения изменяется в квазипериодическом режиме в соответствии с изменением нагрузки системы электроснабжения. Максимумы отклонения, соответствующие превышению номинального напряжения, приходятся на время от 4 до 6 часов утра и составляют 7-8%. Указанные промежутки времени соответствуют минимуму нагрузки.

Минимальные значения отклонения приходятся на промежутки времени от 9 до 11 часов, что соответствует максимальной нагрузке и изменяется от -3,28 до 3,13%

Диапазон отклонения установившегося напряжения выходит за пределы нормально допустимых значений, но не превышают предельно допустимых значений (-10%...+10%).

Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения показан на рисунке 2.

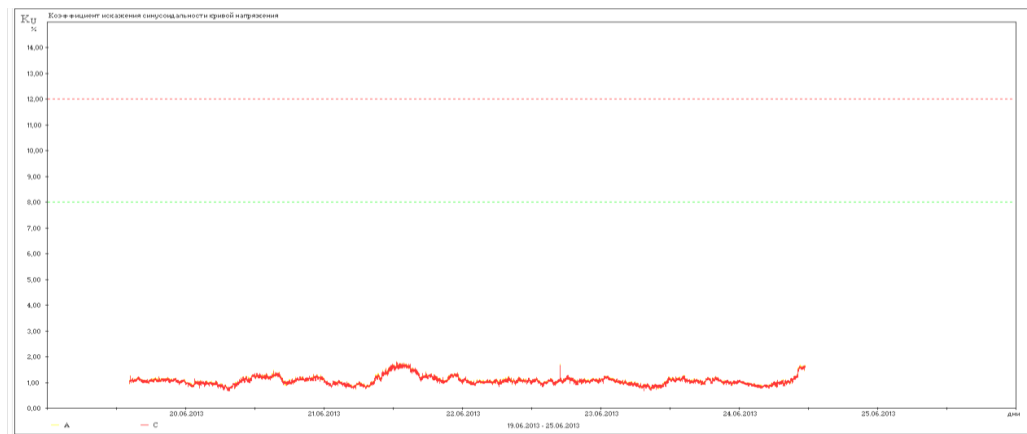


Рисунок 2 - Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения

Из графика можно сделать вывод, что в течение времени наблюдения коэффициент искажения изменяется в пределах 0,67...1,82%, что соответствует допустимым значениям. Это, возможно, связано с малой долей нелинейной и резкопеременной нагрузкой в сети электроснабжения.

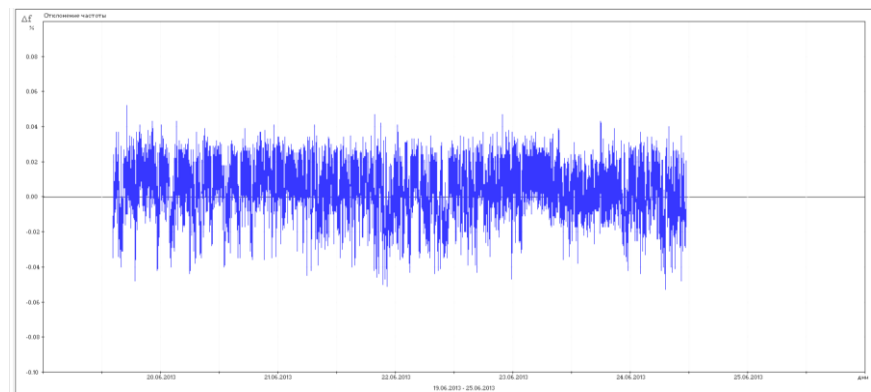


Рисунок 3 - Отклонение частоты от номинальной

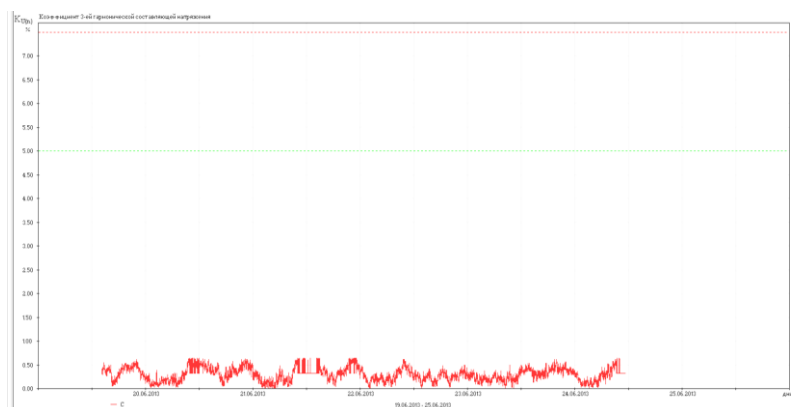


Рисунок 4 - Коэффициент третьей гармонической составляющей

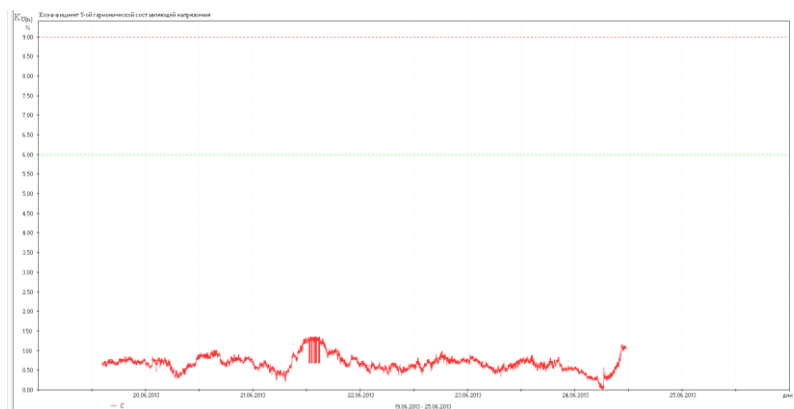


Рисунок 5 - Коэффициент пятой гармонической составляющей

Отклонение частоты от номинальной показано на рисунке 3, из которого видно что отклонение частоты лежит в пределах от $-0,05 \dots +0,05$ Гц. Столь высокая стабильность частоты объясняется тем, что на неё не влияет состояние системы электроснабжения, а задается на электростанциях и автоматически регулируется в единой системе электроснабжения.

На рисунках 4 и 5 показаны коэффициенты соответственно третьей и пятой гармоник. Из рисунков видно, что коэффициент третьей гармоники, которая представляет наибольшую опасность для асинхронных двигателей, трехфазных силовых трансформаторов, лежит в интервале от 0 до 0,66%. Пятая гармоника изменяется от 0 до 1,39%. Коэффициенты четных гармоник не приведены ввиду их малости (меньше 0,01%). Данные величины коэффициентов гармонических составляющих хорошо согласовываются с малыми значениями коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения (рисунок 2).

Список литературы

1. Фиापшев А.Г., Кильчукова О.Х., Юров А.И. Альтернативная энергетика на Северном Кавказе. [Текст] / А.И. Юров, А.Г. Фиапшев, О.Х. Кильчукова, // Вестник ВИЭСХ, 2014 г., №4 (17), стр. 16-19.
2. Хамоков М.М., Шекихачев Ю.А., Алоев В.З и др. Теоретическое обоснование конструктивных и режимных параметров установки для переработки птичьего помета // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – №01(075). С. 212 – 221. – Шифр Информрегистра: 0421200012\0027, IDA [article ID]: 0751201018. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/01/pdf/18.pdf>.

Р.А. Амерханов, Куличкина А.А., Нехай Р.Д.

Кубанский государственный аграрный университет, г. Краснодар

ВОЗМОЖНОСТЬ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА В ГЕЛИОУСТАНОВКАХ ЮЖНОГО РЕГИОНА РОССИИ В КАЧЕСТВЕ АЛЬТЕРНАТИВЫ ИСКОПАЕМОМУ ТОПЛИВУ

Аннотация. Показана возможность производства водорода с использованием солнечной энергии в южных регионах России.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, водород, гелиоустановка.

В последние годы все большее внимание уделяется вопросам экологии и загрязнения окружающей среды, поэтому топливо, которое при использовании не выделяет вредных химических соединений, является востребованным. И это топливо – водород. При окислении водород превращается в водяные пары, являющиеся абсолютно безвредными для окружающей среды [1, с. 177].

При этом следует отметить тот факт, что для выработки водорода традиционно используется два метода: электрохимическое разложение воды на водород и кислород, и получение водорода из углеводородного ископаемого топлива. Оба метода являются энергоемкими и ресурсоемкими [2, с. 18].

В настоящее время набирает популярность новый способ производства водорода из воды при помощи энергии солнца [3, с. 225].

Солнечный генератор водорода представляет собой башню, окруженную системой зеркал-отражателей, которые фокусируют солнечный свет на центральный приемник, который поглощает тепловую энергию, при этом температура приемника находится в пределах от 538 до 1482 °С.

Термохимическая водородная технология позволяет минимизировать финансовые затраты на производство водорода, а также снизить нагрузку на окружающую среду [4, с. 293].

Гелиоводородная энергетика является перспективным направлением для Краснодарского края, при этом среднемесячная облачность не превышает 55 % и среднемесячное прямое излучения Солнца составляет более 2 кВт/м² [5, с. 13-16].

Данная технология позволит обеспечить регион экологически чистым и безопасным топливом.

Список литературы

1. Кириченко А.С., Цыганков Б.К. Повышение эффективности гелиоводородных систем // Труды Кубанского государственного аграрного университета. - 2013. - № 42. - С. 177-179.
2. Кириченко А.С. Обоснование параметров комбинированной системы солнечного тепло- и холодоснабжения. – Автореф. канд. дис. М. – 2015. – 127 с.
3. Кириченко А.С., Муртазаева Ю.Л. Солнечная энергия и способы ее использования // Труды Кубанского государственного аграрного университета. - 2013. - № 45. - С. 225-228.
4. Амерханов Р.А., Кириченко А.С. Способы аккумулирования энергии // Труды Кубанского государственного аграрного университета. - 2012. - № 37. - С. 296-298.
5. Амерханов и др. Возможности использования возобновляемых источников энергии Краснодарского края // Альтернативная энергетика и экология. - 2015. - № 13-14. - С. 12-25.

АККУМУЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ВЕТРОТУРБИН ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОРОДНОГО ТОПЛИВА

Аннотация. Показан способ аккумулирования излишков энергии, вырабатываемой ветротурбинами.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, водород, ветроэнергетика.

Краснодарский край является богатым регионом, собравшим на своей территории различные возобновляемые источники энергии, одним из которых является энергия ветра [1, с. 111].

Необходимо сразу сделать акцент на то, что ветер характеризуется непостоянством во времени, поэтому требует системы аккумулирования энергии. Помимо этого, мощные ветроэнергетические системы требуют большой площади земли под застройку и зону отчуждения, по этой причине подобные системы располагаются в удаленных районах, из-за чего требуется решать проблему транспортировки выработанной энергии [2, с. 26-29].

Одним из способов решения обозначенной проблемы является использование водорода в качестве аккумулирующего энергию вещества и энергоносителя [3, с. 296].

Водородное аккумулирование относится к разряду химического, в процессе которого энергия запасается и отдается в результате химических реакций.

Технологии ветро-водородной энергетики включают в себя весь спектр локальных технологий – от нанотехнологий и материаловедения до электрокатализа и электрохимии [4, с. 177-179].

Для выработки водорода используется электрохимическое разложение воды на водород и кислород. Так как она для подобного метода должна быть дистиллированной, сам источник воды, при этом, может быть любым, в виду того, что требуется предварительная ее очистка.

Гелиоводородная энергетика является перспективным направлением для Краснодарского края, обладающего высоким потенциалом ветровой энергетики. Применение подобной технологии способно в значительной степени сократить энергетический дефицит и повысить энергетическую стабильность региона [5, с. 15-16].

Список литературы

1. Амерханов и др. Современное состояние и перспективы развития тепловой солнечной энергетики // Труды Кубанского государственного аграрного университета. - 2014. - № 51. - С. 111-116.
2. Кириченко А.С. Обоснование параметров комбинированной системы солнечного тепло- и холодоснабжения. – Автореф. канд. дис. М. – 2015. – 127 с.
3. Амерханов Р.А., Кириченко А.С. Способы аккумулирования энергии // Труды Кубанского государственного аграрного университета. - 2012. - № 37. - С. 296-298.
4. Кириченко А.С., Цыганков Б.К. Повышение эффективности гелиоводородных систем // Труды Кубанского государственного аграрного университета. - 2013. - № 42. - С. 177-179.
5. Амерханов и др. Возможности использования возобновляемых источников энергии Краснодарского края // Альтернативная энергетика и экология. - 2015. - № 13-14. - С. 12-25.

Р.А. Амерханов, В.В. Дворный

Кубанский государственный аграрный университет, г. Краснодар

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ СОЛНЕЧНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В ЮЖНОМ РЕГИОНЕ РОССИИ

***Аннотация.** Раскрыты основные тенденции и причины возрастающего интереса к возобновляемым источникам энергии.*

***Ключевые слова:** возобновляемые источники энергии, традиционные энергетические ресурсы.*

Использование энергии Солнца возможно в виде преобразования ее в тепло и электричество, при этом наиболее перспективным является комбинированное использование [1, с. 17].

В настоящее время существует несколько видов таких установок, наиболее простыми из которых являются установки, объединяющие фотоэлектрические панели и тепловые солнечные коллекторы [2, с. 189].

Производительность солнечной фотоэлектрической панели в значительной степени зависит от ее температуры. Теплоноситель комплексной системы действует как охладитель и способен поддерживать температуру на поверхности абсорбера до 50 °С. В процессе эксплуатации можно добиться на 15 % больше выработки электроэнергии в среднем за год относительно обычных солнечных батарей [3, с. 13-14].

Необходимо отметить, что для поддержания заданной температуры теплоноситель должен активно отдавать теплоту, являясь источником тепла, которое может полезно использоваться [4, с. 27-28].

Что касается применения комплексных установок именно на территории Краснодарского края, то энергетический потенциал возобновляемых источников энергии позволяет в полной мере использовать подобные установки, приходом солнечной радиации составляет до 1400 кВт·ч/м² в год [5, с. 194].

Список литературы

1. Долгов И.Ю., Тихомиров А.В., Харченко В.В. Энергопотребление и энергосбережение в сельскохозяйственном секторе Российской Федерации. - Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 2012. - № 2. - С. 16-19
2. Амерханов Р.А. Перспективы развития возобновляемой энергетики при использовании комплексных гелиоустановок малой мощности / Р.А. Амерханов, В.А. Бутузов, Е.В. Брянцева и др. // Труды КубГАУ. – Краснодар. – 2010. – № 24. – С. 188-196.
3. Амерханов Р.А. Возможности использования возобновляемых источников энергии Краснодарского края / Р.А. Амерханов, Э.Г. Армаганян, В.В. Дворный и др.// Альтернативная энергетика и экология. – 2015. – № 13-14. – С. 12-25.
4. Амерханов Р.А. Особенности использования и развития возобновляемой энергетики в Краснодарском крае / Р.А. Амерханов, А.С. Кириченко, А.А. Куличкина, Ю.Л. Муртазаева // Вестник аграрной науки Дона. – 2015. – № 1 (29). – С. 26-38.
5. Амерханов Р.А. Перспективы использования фотоэлектрических преобразователей солнечной энергии для освещения теплиц в ночное время суток в климатических условиях Краснодарского края / Р.А. Амерханов, А.С. Кириченко, А.П. Донсков, Ю.Л. Муртазаева // Инновации в сельском хозяйстве. – 2015. – № 4 (14). – С. 194-197.

С. М. Бакиров, С. С. Елисеев

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

ЗНАЧЕНИЕ РАЗРАБОТКИ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОГО ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННОГО АГРЕГАТА ДЛЯ ТЕПЛИЦ ЗАКРЫТОГО ГРУНТА

В России широкое распространение имеют тепличные хозяйства. Данные хозяйства имеют теплицы и необходимое к ним оборудование, которое состоит из устройств отопления, полива, электрического освещения, вентиляции и ручного инвентаря, как инструмент для обработки почвы, тележек, опрыскивателей и прочего оборудования.

Основное тепличное оборудование состоит из множества датчиков, которые регулируют влажность, температуру, освещенность. Компьютерный командный центр анализирует все поступающие с датчиков данные и подает команды для регулирующих механизмов. В нужное время включаются вентиляторы, открываются жалюзи, активируются кондиционеры и увлажнители воздуха, проводится полив растений и т.п. Растения получают лучшие условия для роста, что непременно отражается на урожае.

В теплицах выращивают различные овощи, фрукты, цветы.

Рассмотрим процесс выращивания огурца. В теплицах огурцы выращивают в зимне-весеннем и летне-осеннем оборотах. Перед посевом семена огурца для ускорения роста рассады замачивают в растворе микроэлементов в течение 12 ч. После замачивания семена подсушивают до сыпучего состояния. До появления всходов температуру воздуха поддерживают на уровне 25-26 °С, а температуру субстрата 24-25 °С. После появления всходов постепенно снижают температуру воздуха до 20 - 22 °С. Такую температуру поддерживают до высадки рассады на уровне 20-21 °С - днем (при досвечивании) и 17-18 °С ночью (без досвечивания). Разница между дневной и ночной температурой воздуха обеспечивает хорошее развитие корневой системы. Температура субстрата должна соответствовать температуре воздуха. Влажность воздуха 80-85%, влажность субстрата 75-80%. Рассаду огурца высаживают в конце декабря, высотой 25-30 см, имеющую пять-шесть крупных листьев, с хорошо развитой корневой системой. Основную ценность представляет ранняя часть урожая, поступающая весной и в начале лета. После окончания первой волны плодоношения на главном побеге и переходе плодоношения на боковые побеги, ночную температуру снижают на две недели до 16-17 °С, что влечет образования женских цветков, стимулирует ветвление растений и ускоряет появление боковых побегов. Плодоношение гибридов огурца в зимне-весеннем обороте начинается в конце января. А в летне-осеннем в начале августа. Первые плоды появляются на главном стебле. Период от начала цветения до образования плода в зависимости от освещенности и сорта составляет 12 - 20 дней. Уборку зеленцов проводят через день. Съём плодов проводят ранним утром, так как собираемые днем плоды нагреваются и хуже хранятся [1].

Сбор урожая самая трудоемкая работа. Необходимо применять тележки для сбора урожая и тракторные подъемники. Стандартные плоды собирают в ящики и на тележках вывозят из междурядий по трубам надпочечного обогрева. Культуру огурца необходимо заканчивать в конце июня, так как растения огурца быстро стареют, значительно снижается отдача урожая и увеличивается количество нестандартной продукции (более 50%). С появлением на рынке огурца цена на плоды значи-

тельно падает. Из-за старения огурца и накопления болезней и вредителей приходится значительно увеличивать количество химических обработок. Также дальнейшее продление приводит к затруднениям в сбыте продукции и потере оптимальных сроков посадки последующей культуры. Урожайность огурца в зимне-весенней культуре (до 1 июля) - 31-33 кг/м². В летне-осеннем обороте огурец высаживают до 8 июля, в возрасте 20-25 дней. Каждая неделя запаздывания с высадкой рассады означает потерю урожая более чем на 1 кг/м².

Как видно на примере технологического цикла выращивания огурца собрать с больших площадей теплиц любую продукцию без запаздывания возможно только со специальной техникой, в противном случае риск потери урожая резко увеличивается. Сбор с грядок осуществляется персоналом, который собирает выращенную продукцию в ящики. Далее должен происходить быстрый вынос собранного урожая на центральный проход теплицы. С центрального прохода груз вывозят с помощью специальных агрегатов на склад. Этот процесс невозможно выполнить без потерь времени при помощи ручного труда. Как говорилось ранее, количество урожая слишком велико и ход его до склада должен выполняться в крайне малые сроки по времени. В связи с этим возникает проблемная ситуация о разработке мероприятий для быстрого действия выполнения технологического процесса сбора урожая.

Для этого предлагается разработать специализированный подъемно-транспортный электрифицированный агрегат, соответствующих требованиям перевозки груза [2]. Основными задачами данного агрегата является:

- своевременный вывоз груза до склада (ускорение технологического процесса);
- автоматический режим работы (без участия человека).

Агрегат удовлетворяет требованиям технологического процесса, благодаря тому, что исходным размером агрегата является размер поддона, который используются во всех грузоперевозочных компаниях. Тележка движется с максимальной скоростью - 1 м/с, средняя скорость движения при старте и торможении изменяется в пределах 0...1 м/с. При наличии препятствий агрегат останавливается в предотвращении аварийной ситуации, чтобы обеспечить безопасность движения.

Управление тележки радиоуправляемое и осуществляется следующим образом: при сборе урожая в ящики, персонал нажимает на кнопку вызова тележки, которая подъезжает к месту вызова, груз перекладывается на нее и нажимается кнопка отправления. Тележка передвигается по центральному проходу до места оперативного складирования.

Использование данного агрегата способствует значительному снижению времени на транспортировку груза и, следовательно, способствует снижению порчи продукции. По предварительным расчетам снижение порчи продукции составит порядка 60..80 %, а в некоторых случаях ликвидируется вовсе.

Персонал, при использовании агрегата, загружен меньше. Работник, который отвечает за перевозку груза, при одном и том же рабочем времени выполнит перевозку урожая в 3...3,5 раз больше. При этом агрегат прост в управлении, движется автоматизировано, оснащена датчиками движения для безопасного движения, плавным пуском и торможением.

Список литературы

1. Тараканов, Г. И. Овощеводство [Текст] / Г. И. Тараканов и др. – М. : Колос, 2003. – 472 с.
2. WWW.wikipedia.ru/подъемно-транспортные_машины

С. М. Бакиров, А. П. Ищенко

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

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ САМОХОДНОЙ ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННОЙ РЕЛЬСОВОЙ ТЕЛЕЖКИ

Использование самоходной электрифицированной тележки в теплицах закрытого грунта дает большой эффект тепличному производству. Ее использование увеличивает производительность труда персонала теплицы. Тележка используется для передвижения персонала между рядами растений. Такое передвижение позволяет оперативно обрабатывать растения с одной и другой стороны ряда.

На основании тележки установлен автономный источник питания в виде аккумуляторных батарей и электромотор, с помощью которого осуществляется движение. Кабина тележки устроена так, что персонал безопасно может выполнять работы при движении и складывать урожай или отходы после обработки. Механизм кабины устроен так, что рабочая высота кабины регулируется вручную по направляющим на высоту 2,5 метра. Это позволяет персоналу собирать урожай, подвязывать и ухаживать за растениями по мере их роста. Совершая движение вдоль рядов растений, работник не отрывается от работы во время движения, сокращается время сбора урожая и обработки растений. Управление тележкой в рабочем положении осуществляется с помощью пульта, на котором можно изменить направление движения и скорость, а пуск осуществляется ножной кнопкой.

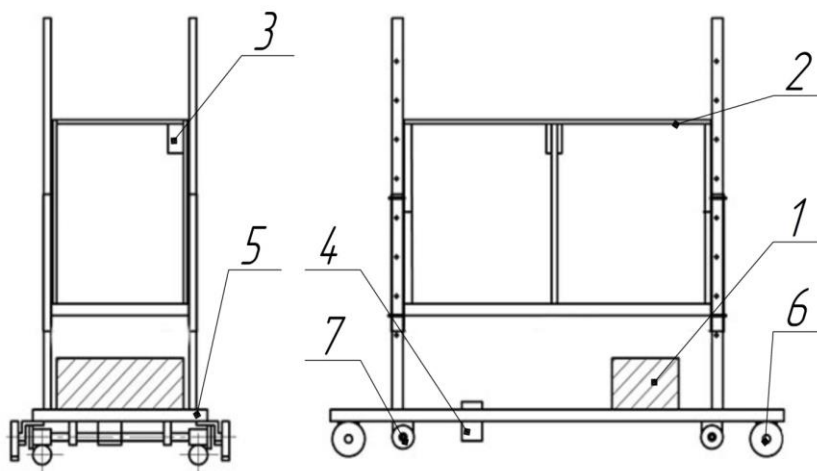


Рисунок 1. Конструкция самоходной электрифицированной тележки

1 – аккумуляторная батарея; 2 – кабина; 3 – пульт управления; 4 – электромотор;
5 – рама тележки; 6 – транспортировочные колеса; 7 – приводные колеса.

Конструкция самоходной электрифицированной тележки выполнена из профильной металлической трубы, пример которой приведен на рисунке. На основании тележки закреплены направляющие колеса для транспортировки. Под основанием рамы установлены приводные колеса, связанные с электромотором посредством цепной передачи. Так же имеется место по аккумуляторные батареи (АКБ). На раме имеются крепления под направляющие, по которым передвигают кабину на нужную

высоту. В движение тележку приводит электропривод работающий на постоянном напряжении 24 В. Пультom регулируется скорость движения самоходной тележки от 0 до 2,5 м/с. На пульте управления располагаются кнопки включения – выключения питания, кнопки «вперед – назад» и регулятор скорости движения.

Данная конструкция является типовой, которая используется при обработке растений в теплицах закрытого грунта.

Существует ряд известных самоходных электрифицированных тележек. Типы которых сведены в таблицу.

Таблица 1. - Характеристики известных самоходных электрифицированных тележек

Модель тележки	Марка тележки	Мощность двигателя	Емкость и кол-во АКБ	Запас хода, ч При 100% загрузке	Годовые затраты на электроэнергию при заряде АКБ, кВт*ч	Грузоподъемность, кг	Стоимость, тыс. руб.
Agro S1	Nalz-matic	180	2x12 80Ач	7,0	120/600	100	167,0
ТТЭ-1	Оптрон	600	2x12 70 Ач	6	135/675	120	150,0

Проанализируем данные типы тележек.

Во время работы с самоходной тележкой марки AgroS1, допустимая нагрузка по массе 100 кг (заявлено в паспорте), в том числе и вес человека. Это значит, что персонал может перемещаться на тележке без груза, хотя технологический процесс предусматривает с грузом в виде ящиков с урожаем либо отходами. При этом существует еще несколько недостатков - при максимальной загрузке тележки запас хода имеет малую продолжительность. При уборке урожая с полной загрузкой тележка может проработать 7-8 часов (заявлено в паспорте), после чего необходимо ставить на подзарядку АКБ.

Одним не маловажным вопросом эффективного пользования тележкой является плавность пуска и торможения тележки. Выявлено, что тележка начинает движение рывком, что негативно сказывается на состоянии персонала, возникает опасность опрокидывания и травматизма на рабочем месте. Из-за значительного пускового момента при стартовом рывке страдает электрическая система привода: перегрев двигателя, цепная передача, быстрая разрядка АКБ, контактные соединения пульта.

Подъем кабины происходит при помощи двух работников, которые поднимают кабину на нужную высоту и фиксируют ее с помощью трубок, вставленных в отверстия на направляющих. Подняться на высоту в кабину можно по лестнице, устроенной из этих же трубок. Во время уборки урожая в кабине складываются ящики, а после возникает проблема спуска ящиков с высоты кабины. Поэтому конструкция кабины требует модернизации.

Таким образом, в соответствии с технологическим процессом и выявленными недостатками существующих тележек, необходимо разработать усовершенствованную тележку и решить следующие задачи:

- увеличить грузоподъемность самоходной электрифицированной тележки;
- обеспечить плавность пуска и торможения;
- увеличить запас хода тележки;
- снизить себестоимость;
- уменьшить металлоемкость;
- разработать подъемник кабины.

А.И.Билалова

Ульяновский Государственный Технический Университет, г.Ульяновск

ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Переход к рыночным принципам взаимоотношений между потребителями электроэнергии и энергосистемой повышает требования к точности прогнозирования электропотребления, как для отдельных предприятий, так и для энергосистемы и ответственность за решения, принятые на основе прогнозирования.

С 1 сентября 2006 года запущен реальный конкурентный сектор рынка, где цена на электроэнергию формируется на основе спроса и предложения. Правовой основой организации функционирования и развития новой модели оптового рынка электроэнергии и мощности (НОРЭМ) является Постановление Правительства от 27 декабря 2010 г. №1172 *«Об утверждении Правил оптового рынка электрической энергии и мощности и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам организации функционирования оптового рынка электрической энергии и мощности»*. НОРЭМ представляет собой систему договорных отношений множества его участников (субъектов), связанных между собой единством технологического процесса производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии. Участниками оптового рынка являются поставщики электрической энергии и мощности (генерирующие компании или организации, имеющие право продажи производимой на генерирующем оборудовании электрической энергии (мощности), организации, осуществляющие экспортно-импортные операции) и покупатели электрической энергии и мощности, получившие статус субъектов оптового рынка и право на участие в торговле электрической энергией (мощностью) на оптовом рынке (Постановление Правительства РФ № 1172 *«Об утверждении правил оптового рынка электрической энергии и мощности»*). Основной задачей субъектов НОРЭМ является обеспечение соблюдения технологических требований по надежному функционированию единой ЭЭС [1]. Оно включает в себя поддержание установленных нормативов качества электроэнергии в нормальном режиме работы, сохранение устойчивости параллельной работы и надежности электроснабжения потребителей в утяжеленных режимах, устранение аварийных нарушений, восстановление нормального режима и быструю ликвидацию аварийного режима, предотвращение каскадного развития аварийных нарушений.

Точность прогнозирования напрямую зависит от методик расчета. Существует большое количество моделей и методов краткосрочного и долгосрочного прогнозирования нагрузки, каждая из которых имеет определенные достоинства и недостатки[2]. Современные методики построения прогнозных моделей базируются на статистическом анализе и моделировании временных рядов[3].

В качестве исходных данных использовались помесечные данные за 2011-2013 гг. Для прогнозирования использовались различные модели регрессионного анализа, на основе которых получены различные ошибки прогнозирования.

Рассмотрим модели, полученные с помощью регрессионного анализа. Первая модель получена на основе предыдущих трех лет с помощью линейной функции и имеет вид:

$$y=374,51-4,24 x_1+1,76 x_2 \quad (1)$$

Анализ показывает, что для модели (1) вероятность ошибки $5,33e^{-19}$, $R^2=0,921$. Среднее расхождение за год прогнозирования $4,02\%$, а максимальная ошибка прогнозирования составляет $10,36\%$ приходится на сентябрь.

Вторая модель построена на основе данных трех предшествующих лет с помощью квадратичной функции и имеет вид:

$$y=-8,34+13,07 x_1+10,99 x_2-0,13x_1^2-0,05 x_1x_2-0,22x_2^2 \quad (2)$$

Для модели (2) вероятность ошибки $4,84e^{-20}$, $R^2=0,96$. Среднее расхождение за год $3,7\%$. Максимальная ошибка прогнозирования $8,79\%$ приходится на сентябрь.

Третья модель построена на основе данных трех предшествующих лет с помощью степенной функции, а также с зависимостью от данных предшествующего года и имеет вид:

$$y=23,22+7,52x_1+8,82x_2-0,1x_1^2-0,14x_1x_2-0,05x_2^2+0,38y(t-12)-0,04y(t-1)-0,07y(t-2) \quad (3)$$

Для модели (3) вероятность ошибки $1,02e^{-18}$, $R^2=0,97$. Среднее расхождение за год $3,41\%$. Максимальная ошибка прогнозирования $6,54\%$ приходится на сентябрь.

В таблице 1 приведены сводные результаты по ошибкам прогнозирования.

Таблица 1. Результаты ошибок прогнозирования.

Номер формулы модели	Вероятность ошибки	R^2	Среднее значение ошибки, %	Максимальная ошибка, %
1	$5,33e^{-19}$	0,921	4,02	10,36
2	$4,84e^{-20}$	0,96	3,7	8,79
3	$1,02e^{-18}$	0,97	3,41	6,54

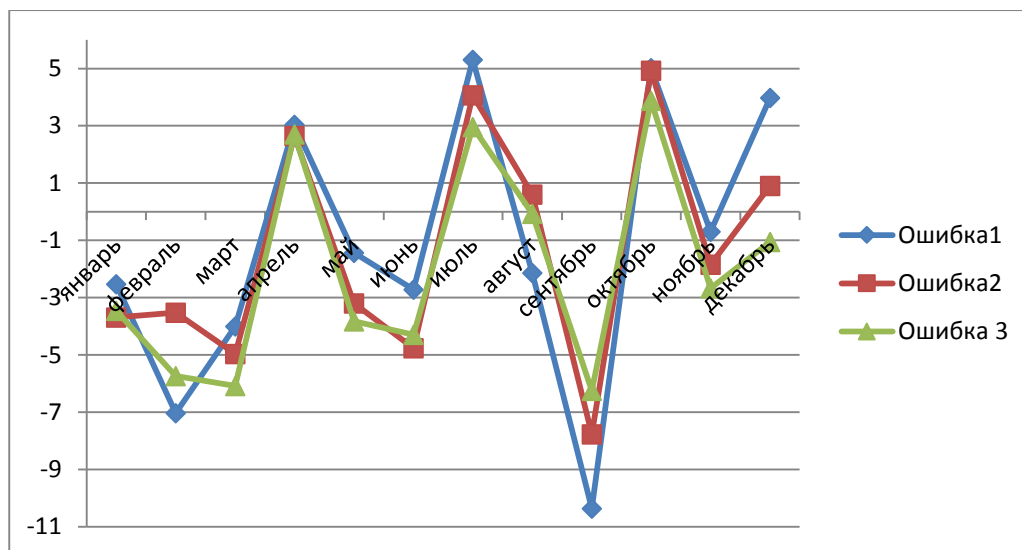


Рис.1. График ошибок различных моделей прогнозирования

Список литературы

1. Постановление Правительства от 27 декабря 2010 г. №1172 «Об утверждении Правил оптового рынка электрической энергии и мощности и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам организации функционирования оптового рынка электрической энергии и мощности».
2. Клячкин В.Н. Статистические методы в управлении качеством: компьютерные технологии. М.: Финансы и статистика, ИНФРА-М, 2009. 304 с.
3. Билалова, А.И. Анализ прогнозирования энергопотребления с различными информационными базами / А.И.Билалова, В.И.Доманов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук: темат.сб.науч.тр. – Самара, 2014.-Том 16. - №4 (3). – С. 535-537.

Г. С. Бозин

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

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ВЫБОР ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ КОНТРОЛЛЕРОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ЛОКАЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ СЕЛЬХОЗ ПРОИЗВОДСТВА

Ключевые слова: Программируемый логический контроллер, автоматизация сельхоз производства.

В статье рассматриваются перспективы использования и выбор программируемых логических контроллеров для автоматизации локальных систем управления процессами сельхоз производства.

Использование локальных систем автоматического управления в сельскохозяйственном производстве, например, для поддержания нужной температуры в птичнике, представляется эффективным. При этом к ним предъявляется ряд требований: снижение энергопотребления, простота в эксплуатации, большой срок службы, многофункциональность, компактность и др. [1].

В связи с расширением сельхоз производства и повышением требований к качеству выпускаемой продукции, выдвигается задача создания новых и совершенствования существующих систем управления.

В настоящей статье рассматриваются перспективы использования и выбор программируемых логических контроллеров для автоматизации локальных систем управления процессами сельхоз производства.

Для используемых в настоящее время релейно-контактных систем управления характерна невысокая надёжность, наличие открытых контактов и др. [2]. Применение программируемых логических контроллеров (ПЛК) для автоматизации локальных систем управления представляется эффективным. Программируемый логический контроллер - электронный компонент, применяемый в современных системах автоматизации. Программируемые логические контроллеры используются главным образом при автоматизации промышленных и производственных процессов. ПЛК различных типов также применяются для организации автоматизированного управления системами вентиляции и кондиционирования, для поддержания заданного температурного режима в помещении и т.д. Применение логических контроллеров позволяет создать практически полностью автономную систему управления, осуществляющую свою деятельность с учетом свойств, характеристик и состояния контролируемого объекта. Участие оператора сводится к общему наблюдению за процессом управления и при необходимости - изменению заданной программы работы.

Главным отличием ПЛК от релейных схем управления является алгоритмы, которые реализованы с помощью программ. На одном контроллере можно реализо-

вать схему, эквивалентную тысячам элементов жесткой логики. При этом надежность работы схемы не зависит от ее сложности. Основное преимущество ПЛК является в том, что один маленький механизм может заменить огромное количество электромеханических реле, а также быстрое время сканирования, компактные системы ввода/вывода, стандартизированные средства программирования и специальные интерфейсы, позволяющие подключать нетрадиционные устройства автоматики непосредственно к контроллеру или объединять разное оборудование в единую систему управления [3-9].

Однако многообразие контроллеров выдвигает задачу выбора их параметров. Анализ литературных источников [3-9] позволил разработать классификационную схему, представленную на рисунке 1.

Основными классификационными признаками являются:

- число каналов ввода-вывода: нано-ПЛК (до 16 каналов), микро-ПЛК (от 16 до 100 каналов), средние (от 100 до 500 каналов), большие (от 500 до 1000 каналов);
- расположение модулей ввода-вывода: моноблочные, модульные, распределённые;
- область применения: универсальные общепромышленные, для управления роботами, для управления позиционированием и перемещением, коммутационные, ПИД-контроллеры, специализированные.

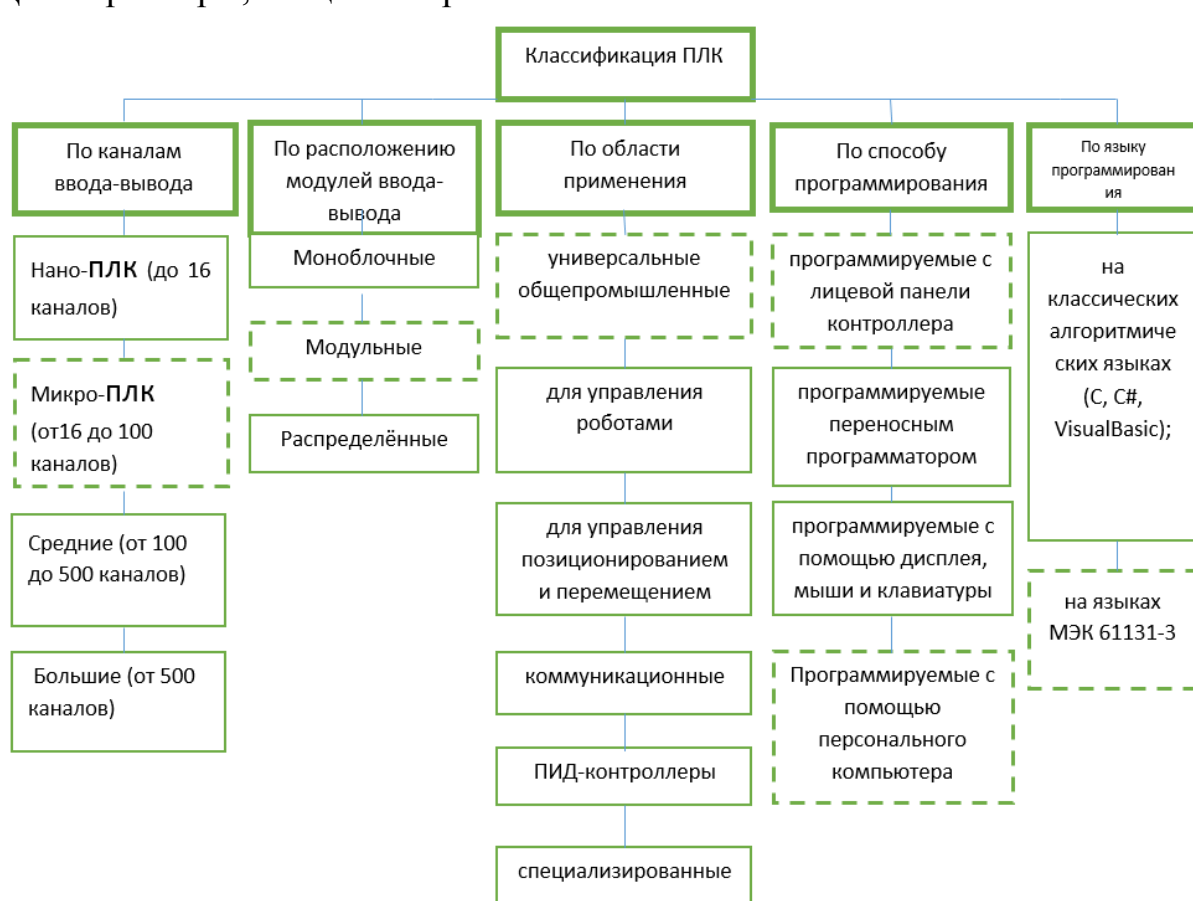


Рисунок 1. - Классификационная схема ПЛК

Для управления процесса сельскохозяйственного производства перспективным является универсальный общепромышленный микро-ПЛК с модульным расположением каналов ввода-вывода, программируемый с лицевой панели или с помощью персонального компьютера на языках программирования МЭК 61131-3 - БАЗИС-100, характеристики которого приведены в [10].

Список литературы

1. Змеев А. Я. Проектирование систем электрификации: Учебное пособие / А. Я. Змеев, К. М. Усанов, В. А. Каргин.- 2-е изд-е., перераб. и доп.- Саратов: ФГОУ ВПО Саратовский ГАУ, 2010.- 152 с.
2. Усанов К. М. Технические средства автоматики: Учебное пособие / К. М. Усанов, А.Я. Змеев, В. А. Каргин.- Саратов: ФГОУ ВПО Саратовский ГАУ, 2014.- 188 с.
3. Улыбина Т. В. Электрофизические свойства мелкодисперсного порошкового материала / Т. В. Улыбина, П. В. Неверов.- Материалы V международной научно – практ. конф «Актуальные проблемы энергетики АЭП.- Саратов: изд-во Буква, 2014.- С.319-323.
4. Петров И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования/под ред. В.П. Дьяконова. – М.: СОЛОНПресс, 2004. - 256 с.
5. Каргин В. А. Система управления электромагнитной ударной машиной / В. А. Каргин // Образовательная среда сегодня и завтра: Материалы X научно-практической конференции.- 2015.- С. 303-306.
6. Усанов, К. М. Импульсные электромагнитные двигатели в приводе оборудования пищевого производства / К. М. Усанов, В. А. Каргин, С. М. Зубарев, А. В. Шевченко // научное обеспечение агропромышленного производства: Материалы Межд. науч.- практ. конф.- Курск: Изд-во Курск. гос. с – х. ак.,2010.- С. 228-231.
7. Усанов, К. М. Использование линейного электромагнитного двигателя для упаковки сельскохозяйственной продукции / К. М. Усанов, В. А. Каргин, А. В. Шевченко, С. А. Ивженко // Механизация и электрификация сельского хозяйства, №1, 2012.- С. 22-33.
8. Усанов, К.М. Электрический преобразователь с ёмкостным накопителем энергии для питания электромагнитной ударной машины / К. М. Усанов, В. А. Каргин // Механизация и электрификация сельского хозяйства: Материалы конференции, посвящённой 119-й годовщине со дня рождения академика Н. И. Вавилова, Саратов: СГАУ, 2006.-С. 81-85.
9. Каргин, В. А. Совершенствование технологий погружения продольно-неустойчивых стержневых элементов на объектах АПК использованием переносного импульсного электромагнитного привода / В. А. Каргин.- автореф. ... дис. к-та техн. наук.- Саратов: ФГОУ ВПО Саратовский ГАУ им. Н. И. Вавилова, 2007.- 21 с.
10. http://ecoresurs.ru/controllers_b100_charact.htm.

А.В. Богдан¹, Д.С. Нетребко¹, А.А. Гучемуков²

¹Кубанский государственный аграрный университет, г. Краснодар

²Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар

АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ГОРОДОВ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО СОКРАЩЕНИЮ ТЕХНИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ

Аннотация. Экспериментально определены коэффициенты заполнения суточных графиков нагрузки фидеров и трансформаторных пунктов 6-10 кВ городов Краснодарского края.

Ключевые слова: потери энергии, графики нагрузки, коэффициент заполнения графика, время максимальных потерь.

Для расчета потерь энергии необходимо использовать интегральные характеристики графиков нагрузки фидеров и трансформаторных подстанций. Такими интегральными характеристиками являются коэффициент заполнения графика нагрузки K_3 и величина времени максимальных потерь τ .

Аналізу подвергнуты распределительные сети 6(10) кВ восьми городов Краснодарского края [1, стр.60]. Для анализа использовалась методика, которая обеспечивает выработку адресных рекомендаций.

Суточные графики нагрузок трансформаторных пунктов (ТП) определялись за недельный срок с помощью регистратора AR-5. Величины нагрузок по фазам трансформаторов определялась с помощью диспетчерских журналов замера токов фаз, которые ведутся в сети каждого их городов. Так как графики нагрузки усредняются на определенных интервалах (час, 0,5 часа и др.), то интегрирование заменяется суммированием. В этом случае формулы для расчета параметров графика имеют вид:

Коэффициент заполнения -
$$K_3 = \frac{1}{nP_{i\hat{a}\hat{e}\hat{n}}} \sum_{i=1}^n P_i ,$$

Расчетный τ -
$$\tau = \frac{1}{nP_{i\hat{a}\hat{e}\hat{n}}^2} \sum_{i=1}^n P_i^2 ,$$

где n – количество ступеней графика за расчетный интервал времени.

Анализ графиков показал, что в среднем коэффициент заполнения графика полного тока в начале фидеров 6-10 кВ колеблется в пределах 0,72- 0,82. Также в разное время и в различных точках были сняты суточные графики нагрузок ТП. Анализ этих графиков показывает, что в среднем коэффициент заполнения графика ТП 6-10/0,4 кВ колеблется в пределах 0,55- 0,65.

В расчетах режимов электрических сетей городов можно ориентироваться на следующие значения коэффициентов заполнения графиков нагрузки:

ТП с производственной нагрузкой	$K_3 = 0,6 \div 0,66 ;$
ТП с бытовой нагрузкой	$K_3 = 0,55 \div 0,63 ;$
ТП со смешанной нагрузкой	$K_3 = 0,58 \div 0,65 .$

Анализ показывает, что к фидеру подключены ТП с различными суточными графиками. Суточный график тока фидера получается суммированием и за счет несовпадения максимумов нагрузки для ТП с бытовой нагрузкой и производственной нагрузкой, имеет коэффициент заполнения в среднем на 0,05÷0,1 выше, чем коэффициенты заполнения суточных графиков токов отдельных ТП, подключенных к данному фидеру

Для величины времени максимальных потерь предложено много приближенных формул, которые более или менее точно отражают величину τ , определенную по реальному графику. Среди множества формул [2, стр.346] были выбраны те, которые, по мнению авторов, оценивают величину τ с наибольшей точностью.

Величина τ определялась по выражению -
$$\tau_{\text{данный}} = \frac{\hat{E}_C(1 + 2\hat{E}_C)}{3};$$

либо по уточненной формуле с учетом минимальной нагрузки -

$$\tau_{\text{данный}} = \frac{\hat{E}_C(1 + 2\hat{E}_C)}{3} + \frac{I_{\text{данный, мин}}}{I_{\text{данный, макс}}} \frac{\hat{E}_C - 1}{3},$$

где $I_{\text{мин, ср}}$, $I_{\text{макс, ср}}$ – средние значения минимального и максимального токов за период усреднения при регистрации средних значений (0,25 часа для проведенных измерений);

Из результатов обработки графиков нагрузки получено, что наибольшую точность обеспечивает формула для расчета τ с учетом минимальной мощности графика нагрузки [3, стр.36]. Расчетная формула, рекомендуемая [1], во всех случаях давала завышенный результат определения величины τ .

Проводилось также тепловизионное обследование контактных соединений стороны 0,4 кВ ТП [4, стр.66]. Обследование показало, что степень нагрева контактных соединений весьма велика. Температура контактов в некоторых случаях достигает 120-140 °С. Температура контактов 40-60 °С встречается в подавляющем числе ТП.

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 // Изв. Вузов «Электромеханика». - 2013. - № 1. - С. 61-62.
2. Железко Ю.С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: Руководство для практических расчетов / Ю.С. Железко. - М.: ЭНАС, 2009. – 456 с.: ил.
3. Богдан А.В. Об определении времени максимальных потерь // Известия вузов. Электромеханика. – 2009. - №4. - С. 35-36.
4. Богдан А.В., Гарькавый К.А., Нетребко Д.С. Контактные соединения в распределительных ТП. Определение потерь при помощи инфракрасной диагностики // Новости электротехники. – 2011. - № 5(71). - С. 64-67.

ВЫБОР ТОЧКИ БИВАЛЕНТНОСТИ И МОЩНОСТИ ТЕПЛООВОГО НАСОСА ДЛЯ Г.САРАТОВА

Тепловой насос, это оборудование, преобразующее тепловую энергию низкопотенциального источника в высокопотенциальную для теплоснабжения различных объектов. При этом источниками энергии могут быть воздух, грунт, водоемы, подземные воды, сточные воды и т.д.

Расчет мощности теплового насоса, работающего при моновалентном режиме работы, ориентировочно можно произвести на основе теплотребления по отапливаемой мощности:

здание с низким потреблением тепла (современные материалы, утепление стен, окна из стеклопакетов) – 40 Вт/м^2 ,
новостройка с хорошей теплоизоляцией - 50 Вт/м^2 ,
здание со стандартной теплоизоляцией - 80 Вт/м^2 ,
более старые постройки без особой теплоизоляции - 120 Вт/м^2 .

Если горячая вода готовится в тепловом насосе, то дополнительно прибавляется примерно $0,25 \text{ кВт}$ на человека при обычном расходе 50 л на человека в сутки.

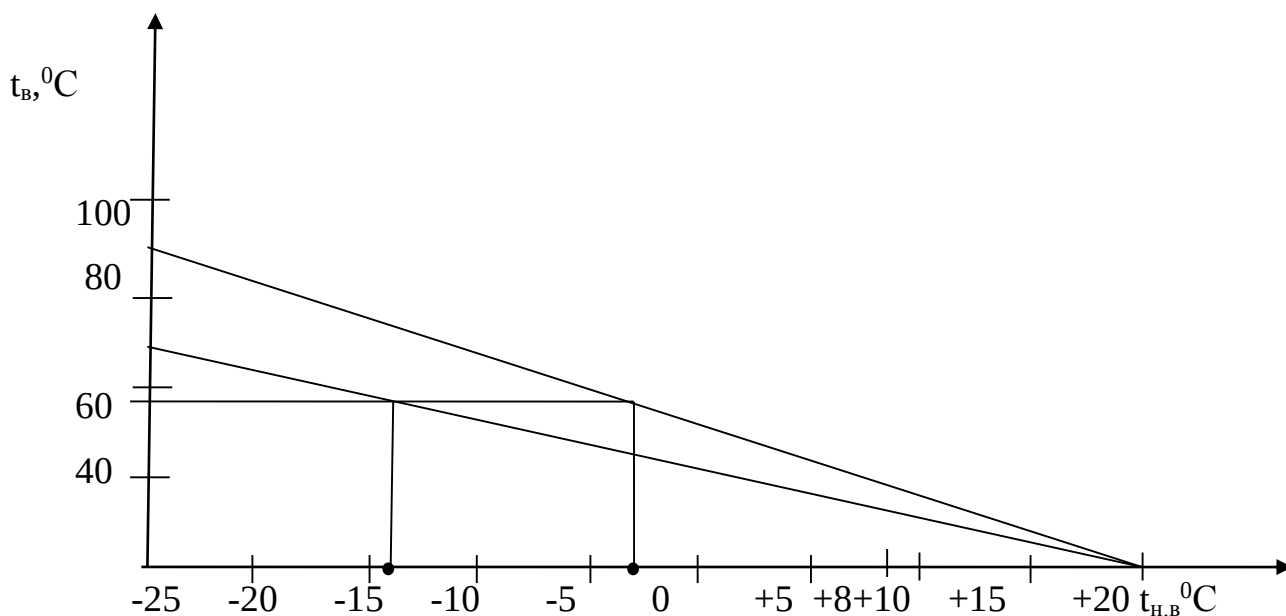
При плановом отключении электроэнергии необходимо увеличить мощность теплового насоса, умножив ее на коэффициент, рассчитываемый по формуле в зависимости от времени отключения электроэнергии.

Выбор мощности теплового насоса при бивалентном режиме зависит от выбранной точки бивалентности. Остальное теплотребление при этом покрывается вспомогательным теплогенератором.

Определим, какой должна быть температура точки бивалентности для г. Саратова. Для этого построим графики зависимости температуры воды в системе отопления от температуры наружного воздуха (рис.1).

Из графика видно, что для существующих систем отопления с температурным графиком $90\text{-}70^\circ\text{C}$ температура бивалентности для Саратова будет $-2,5^\circ\text{C}$, при температуре ниже этой, отопительный период составляет около 2708 часов, т. е. тепловой насос обеспечивает около 40% тепловой нагрузки, т.е. применение теплового насоса в системе отопления с таким температурным графиком не выгодно.

Для новых, проектируемых систем отопления, в хорошо теплоизолированных зданиях, желательно использовать более низкий температурный график, к примеру, $70\text{-}50^\circ\text{C}$. Такой график можно обеспечит и в существующих системах теплоснабжения, увеличив площадь радиаторов. Тогда точка бивалентности снизится до -12°C . Отопительный период ниже этой температуры составляет не более 1050 часов, т.е. тепловой насос сможет обеспечить теплом отапливаемый объект более чем на 76% .



| Рисунок 1. Точки бивалентности для г. Саратова.

Рассчитаем, насос, какой мощности необходимо выбирать при найденной точке бивалентности -12°C .

Примем мощность теплового насоса, работающего по моновалентному режиму, равной 10 кВт и пересчитаем ее на найденную точку бивалентности:

$$Q_{\text{т.н}} = 10(18 + (-12)) / (18 - (-25)) = 7 \text{ кВт.}$$

Следовательно, приняв точку бивалентности -12°C мы снизим мощность теплового насоса на 30%, т.е снизим первоначальные затраты на оборудование и его монтаж, обеспечив 76% на теплоснабжение.

Можно сделать вывод, что мощность теплового насоса при бивалентном режиме желательно выбирать для Саратова равной 70 % от номинальной, принимая температурный график в системе отопления $70\text{-}50^{\circ}\text{C}$, что позволит снизить первоначальные затраты на покупку теплового насоса и на монтаж оборудования, при этом обеспечивая теплом отапливаемый объект на 76%.

В системе с тепловым насосом, работающим в бивалентном режиме желательно устанавливать буферные емкости, которые предупреждают частое включение-выключение оборудования, аккумулируют тепло на случай отключения энергии и гидравлически разделяют контуры теплового насоса и системы отопления. Минимальный объем бака принимают из расчета 10-20 л на 1 кВт мощности теплового насоса.

Список литературы

1. www.wolf-heiztechnik.de
2. Инструкция по проектированию. Системы тепловых насосов. Viessman <http://xn7sbeb4ay-iatoaf.xnai/docs/equipment/Vitocal/PA5829519RU052010.pdf>
3. Брюнина О.Г. Основные тенденции котлостроения в России. // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы IV Международной научно-практической конференции. Под. ред. А.В. Павлова. 2013. с.24-26.
4. Брюнина О.Г. Выбор режима работы теплового насоса//Тенденции развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения: материалы III Международной научно-практической конференции. Под. ред. Ф.К. Абдразакова. 2016.с.56-57.

А.А. Верзилин, М.В. Зайцева

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

АВТОНОМНОЕ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ

Область применения. Малая энергетика в России с электростанциями до 30 МВт по разным оценкам составляет до 8% от всей установленной мощности энергосистемы страны. Таким образом в стране преобладает централизованное энергоснабжение.

Наряду с крупными промышленными предприятиями России существуют многочисленные малые производственные и перерабатывающие хозяйственные субъекты, входящие в централизованную систему энергетики, но вследствие разрозненности малых предприятий на территориях городских и сельских муниципальных образований, не всем доступны ресурсы централизованных энергосистем. [1]

Для малых хозяйственных субъектов альтернативным вариантом становится малая энергетика построенная на базе микро-электростанций мощностью до 100 кВт., мини-электростанций мощностью от 100кВт до 1МВт. Для одних хозяйственных субъектов она может, рассматривается, в связи с повышением платы за подключение к централизованным сетям или при необходимости увеличении мощности, для других, в связи с необходимостью резервного источника, который может использоваться как автономная энергосистема.

Значимость малой энергетики подкрепляется тем, что основное оборудование централизованных энергетических систем от части выработало свой ресурс, а для обновления и строительства новых энергетических объектов и их ремонта отсутствуют необходимые инвестиции.

Для предприятий, у которых по технологии их производства требуется резервное энергоснабжение, капитальные вложения в строительство резервного источника будут оправданы, если его использовать для перехода на автономное энергоснабжение.

Весьма актуальным становится развитие малой энергетики на базе биотоплива, так как за последнее время наблюдается рост цен на энергоносители, поставляемые централизованно, а в себестоимости конечной продукции и услуг предприятий высока доля затрат на тепловую и электрическую энергию. [3]

Классификация автономной энергосистемы. Автономная энергосистема вырабатывает электрическую, электрическую и тепловую, а также только тепловую энергию. В свою очередь, для каждого вида энергии есть свои методы ее производства.

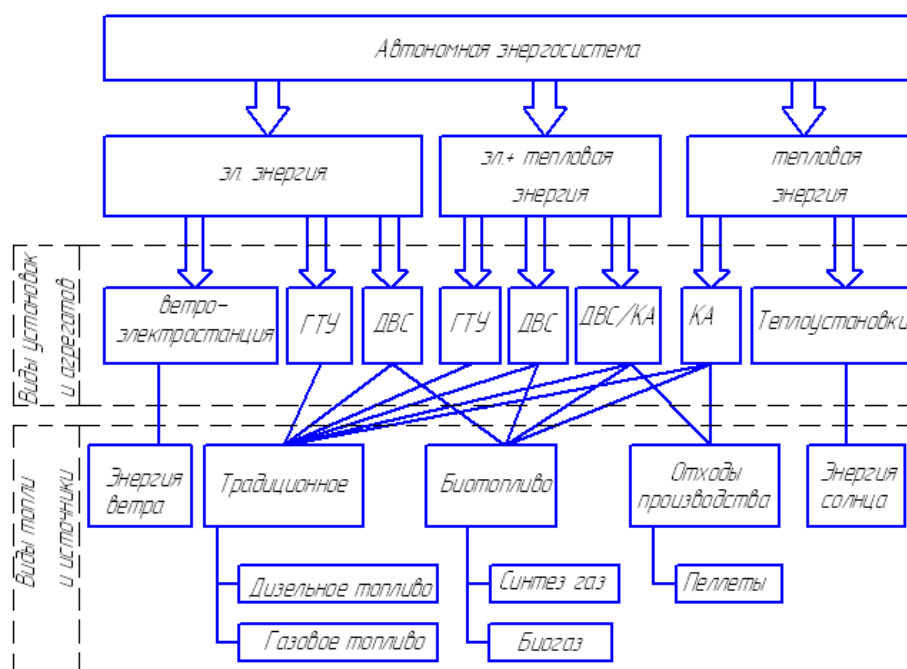


Рисунок 1.– Классификация автономной энергосистемы.

Виды установок и агрегатов:

1. Ветроэлектростанция
2. Газотурбинная электроустановка (ГТУ)
3. Двигатель внутреннего сгорания (ДВС)
4. Электротепловые установки на базе ДВС/КА
5. Котельный агрегат (КА)
6. Тепло установки

Автономное энергоснабжение от микро и мини-электростанций.

В малой энергетике, существующие постоянно действующие микро и мини-электростанций построены в основном на базе малых газотурбинных установок (ГТУ) и двигателей внутреннего сгорания (ДВС), обеспечивающие постоянное электроснабжение объектов.

ГТУ установки. Относительно не большое распространение получили ГТУ в малой энергетике. Основная проблема ГТУ - низкий электрический КПД, особенно при малых мощностях. В большинстве ГТУ при уменьшении нагрузки до 50%, электрический КПД газовой турбины значительно снижается, также происходит повышенный износ оборудования. Использование ГТУ экономически оправдано при подборе установки под покрытие тепловой нагрузки на горячее водоснабжение. Тем самым обеспечивается 100% загрузка ГТУ.

ГТУ работает за счет использования традиционного вида топлива: жидкого топлива и газообразного вещества. Как правило, в стандартном режиме агрегат работает на природном газе, а если включается резервный аварийный режим, то уже используется дизельное топливо. ГТУ установки вырабатывают как электро, так и тепловую энергию.

Ветро-электростанция. В последние десятилетие получили развитие электростанции на базе нетрадиционных источников энергии с применением ветроэнергетических установок. Ветро-электростанция работает за счет ветровой энергии. Эта энергия возобновляемая и в отличие от тепловых станций ветроэнергетика не ис-

пользует богатство недр, а ведь добыча угля, нефти, газа связана с огромными затратами труда. Но при этом у ветро-электростанции есть и свои минусы: мощность ветрогенератора зависит от площади ометаемой лопастями генератора и высоты над поверхностью земли. Ветро-электростанция относится к установкам, вырабатывающим только электроэнергию. Их применение ограничено климатическими зонами и неравномерность выработки электрической энергии обуславливающее необходимость емких аккумулирующих устройств.

На сегодняшний день на российском энергетическом рынке есть десятки проектов различных типов ветро-электроустановок. Однако в условиях Поволжья, где нет постоянной ветровой нагрузки, применение ветроустановок связано с использованием устройств, для аккумуляции электрической энергии.[2]

ДВС установки. ДВС установка работает как на традиционном, так и на биотопливе (биогаз, синтезированный газ. При использовании двигателей внутреннего сгорания для получения электрической энергии образовывается бросовая тепловая энергия, которую для увеличения КПД агрегата необходимо использовать, тем самым поставлять потребителю и тепло.

Электротепловые установки на базе ДВС/КА. Комбинированные электротеплотанции работают на разных источниках и видах топлива: на традиционном (дизельное, газовое), на биотопливе (биогаз, синтез-газ), а также на сухих отходах производства (пеллеты). Комплекс функционально связанных технических устройств, состоящий из одной или нескольких электротеплотанций с ДВС, теплогенерирующих энергоустановок, а также устройств, для накопления и распределения энергии, объединенных в общую схему, предназначенных для обеспечения потребителей электрической и тепловой энергией.

Таким образом, на сегодняшний день широкое распространение в малые энергетике получили установки на базе ДВС и ГТУ.

Мини электростанции на базе ДВС в сравнении с ГТУ, более просты в эксплуатации и обслуживании установки. Установки ДВС могут работать как на традиционном виде топлива, так и на биотопливе.

При планировании внедрения ГТУ необходимо учитывать график ее 100% загрузки, так как при снижении электрической нагрузки значительно снижается КПД установки и повышается износ оборудования.

Возможность использования ветро-, и тепло-установок ограничивается климатическими условиями региона, а именно такими параметрами как роза ветров и солнечных дней в году соответственно.

Список литературы

1. Михайлов А. Малая энергетика России. Классификация, задачи, применение. [текст] / А. Михайлов, А. Агафонов, В. Сайданов //Новости Электротехники, 3(93),2015.
2. Глухарев В.А. Совершенствование энерго- и электроснабжения сельскохозяйственных потребителей [Текст] // Вестник Саратовского госагроуниверситета имени Н. И. Вавилова. – 2007. - №2. – С.36-37.
3. Попов И.Н. Возможности использования твердого биотоплива в системах энергообеспечения сельских поселений и предприятий региона // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы 2 междунар. науч.-практ. конф. - Саратов: СГАУ, 2011. - С.241-243

Н. К.Гераскин, А.Н.Тимофеев

учащиеся 8 «а» класса средней общеобразовательной школы №95 с углубленным изучением некоторых предметов

НЕКОТОРЫЕ МЕТОДЫ КРИПТОГРАФИИ

Рассмотрены некоторые методы криптографии, приведены примеры шифрования информации.

То, что информация имеет ценность, люди осознали очень давно, в результате возникла задача защиты информации от чрезмерно любопытных глаз. На протяжении всей своей многовековой истории, вплоть до совсем недавнего времени, это искусство служило немногим, в основном верхушке общества, не выходя за пределы резиденций глав государств, посольств и разведывательных миссий. Всего несколько десятилетий назад все изменилось, и информация приобрела самостоятельную коммерческую ценность и стала широко распространенным, почти обычным товаром. Ее производят, хранят, транспортируют, продают и покупают, а значит - воруют и подделывают - и, следовательно, ее необходимо защищать. Современное общество все в большей степени становится информационно обусловленным, успех любого вида деятельности все сильнее зависит от обладания определенными сведениями и от отсутствия их у конкурентов. И чем сильнее проявляется указанный эффект, тем больше потенциальные убытки от злоупотреблений в информационной сфере, и тем больше потребность в защите информации.

Из вышесказанного ясно, что ценную информацию следует скрывать от посторонних глаз и тем более от злоумышленников. Именно поэтому возникла необходимость шифрования сообщений. **Шифрование** — это способ изменения сообщения или другого документа, обеспечивающее искажение (сокрытие) его содержимого. **Кодирование** — это преобразование обычного, понятного, текста в код. При этом подразумевается, что существует взаимно однозначное соответствие между символами текста (данных, чисел, слов) и символьного кода — в этом принципиальное отличие кодирования от шифрования. Часто кодирование и шифрование считают одним и тем же, забывая о том, что для восстановления закодированного сообщения, достаточно знать правило подстановки (замены). Для восстановления же зашифрованного сообщения помимо знания правил шифрования, требуется и **ключ** к шифру. **Ключ** понимается нами как конкретное секретное состояние параметров алгоритмов шифрования и дешифрования. Знание ключа дает возможность прочтения секретного сообщения. Шифровать можно не только текст, но и различные компьютерные файлы — от файлов баз данных и текстовых процессоров до файлов изображений.

Методами шифрования занимается наука криптография — наука о методах обеспечения конфиденциальности и аутентичности информации. Существует огромное количество методов сокрытия информации. Для разработки новых методов с давних пор действовали самые блистательные умы человечества, использующие передовые технологии.

В середине 20-го века появилось универсальное устройство – компьютер, который перевел криптографию на новый уровень. Теперь рутинную работу по шифрованию и дешифрованию сообщений можно переложить на могучие «электронные плечи компьютера», человек же может заняться творческой работой - разработкой алгоритмов для машины, что можно реализовать в виде программ на языке Pascal ABC.

1. Поросячья латынь (Синий язык)

Кто в детстве не секретничал, пытаясь скрыть свои переговоры с друзьями от посторонних ушей? Самый простой детский шифр «Поросячья латынь», в русском варианте «Синий язык».

Чаще используется как детская забава, особой трудности в дешифровке не вызывает. Обязательно употребление английского языка, латынь здесь ни при чем.

В словах, начинающихся с согласных букв, эти согласные перемещаются назад и добавляется “суффикс” *ay*. *Пример* : *question = estionquay*. Если же слово начинается с гласной, то к концу просто добавляется *ay*, *way*, *uay* или *hay* (*пример* : *a dog = aay ogday*).

В русском языке такой метод тоже используется. Называют его по-разному: “синий язык”, “солёный язык”, “белый язык”, “фиолетовый язык”. Таким образом, в «Синем языке» после слога, содержащего гласную, добавляется слог с этой же гласной, но с добавлением согласной «с» (т.к. язык синий).

Пример: Исходный текст: «Серёга, пойдём гулять!»

Зашифрованный текст: «Сесересегаса, посойдесем гусулясьть!»

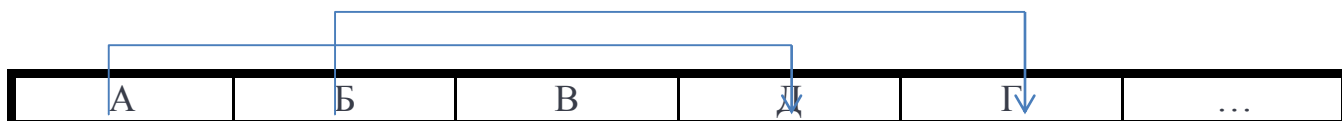
Алгоритм «Синий язык» выглядит следующим образом:

1. Задаем константой массив А (массив эталонов), в котором содержатся только гласные буквы (заглавные и строчные).
2. Из строки st1 (исходный текст) берем по одной букве (исследуемая буква) и сравниваем её с элементами массива
3. Как только находим букву, которая равна одному из эталонов, то в строку st2 (зашифрованный текст) добавляем фрагмент равный: *исследуемый эталон + «с» + исследуемый эталон*.
4. Если буква не похожа ни на один из эталонов, то к строке st2 добавляем *исследуемую букву*.

Файл шифровки: `blue_tongue_cod`, файл дешифровки: `blue_tongue_decod`.

2. Шифр Цезаря (шифр сдвига, сдвиг Цезаря)

Сутью данного шифра является замена одной буквы другой, находящейся на некоторое постоянное число позиций левее или правее от неё в алфавите. Гай Юлий Цезарь использовал этот способ шифрования при переписке со своими генералами для защиты военных сообщений. Этот шифр довольно легко взламывается, поэтому используется редко. Например, в шифре со сдвигом вправо на 3, А была бы заменена на Д, Б станет Г и т.д.



Исходный текст: «Противник подходит к Риму!», с кодом смещения: 3.

Зашифрованный текст: «Тусхлерлн#тсзшсзлх#н#Улпц\$»

Алгоритм «Шифр Цезаря» таков:

1. В качестве массива эталона взяли кодовую таблицу Windows-CP-1251(в ней «адекватные» символы начинаются с 32 номера, а заканчиваются 255).
 2. Из строки st1 (исходный текст) берем по одной букве (исследуемая буква) и извлекаем её номер в таблице CP-1251 (переменная k).
 3. Запрашиваем у человека сдвиг, он может быть положительным и отрицательным. Если сдвиг положительный, то шифруем текст, отрицательный - дешифруем. Поэтому этот алгоритм в некотором смысле универсальный.
 4. Новое значение переменной $k = k + \text{сдвиг}$.
 5. Если значение $k > 255$, то избыток начинаем отсчитывать от 32.
 6. Если значение $k < 32$, то избыток начинаем отсчитывать от 255 в обратном порядке (в случае дешифровки).
 7. Значение k переводим в соответствующий символ из CP-1251.
 8. Добавляем новый символ к строке st2.
- Файл шифровки (дешифровки): Cesar_cod_decod.

3. Шифр Атбаш

Шифр Атбаш был, скорее всего, изобретен Ессеями, иудейской сектой повстанцев. И заключался в том, что первая буква алфавита заменяется на последнюю, вторая - на предпоследнюю и т.д. Название Атбаш и само даёт подсказку, как работает этот шифр. В еврейском алфавите слово "атбаш" состоит из двух первых и двух последних букв алфавита: алеф(а), таб(т), бет(б), шин(ш).

Пример таблицы русского алфавита для шифра Атбаш:

А	Б	В	Г	Д	Е	Ё	Ж	З	И	Й	К	Л	М	Н	О	П	Р	С	Т	У	Ф	Х	Ц	Ч	Ш	Щ	Ъ	Ы	Ь	Э	Ю	Я
Я	Ю	Э	Ь	Ы	Ъ	Щ	Ш	Ч	Ц	Х	Ф	У	Е	С	Р	П	С	Н	М	Л	К	Й	И	З	Ж	Ё	Е	Д	Г	В	Б	А

Пример шифрования:

Исходный текст: ПОДНЯВШИЙ МЕЧ ОТ МЕЧА И ПОГИБНЕТ.

Зашифрованный текст: ПРЫСАЭЖЦХ УЪЗ ЗМ УЪЗЯ Ц ПЗЫЦЮСЪМ.

! Если Вы запустите нашу программу, то заметите, что будет выдан другой текст, так как в нашей программе таблица сложнее: использует таблицу, в которой буквы не только заглавные (как в примере), но и строчные.

Алгоритм «Шифра Атбаш»:

1. Задаем константой массив А (массив эталонов), в котором содержатся буквы русского алфавита.
2. Из строки st1 (исходный текст) берем по одной букве (исследуемая буква) и сравниваем её с элементами массива
3. Как только находим букву, которая равна одному из эталонов, то в строку st2 (шифровка) добавляем фрагмент равный: $bb - \text{номер исследуемой буквы} + 1$ (bb -количество букв в массиве эталонов).

4. Если буква не похожа ни на один из эталонов, то к строке st2 добавляем *исследуемую букву*.

Файл шифровки (дешифровки): *atbasch_cod_decod*.

4. Шифр Гронсфельда

Граф Гронсфельд первым основал дешифровальное отделение в Германии. Он же является автором одноименного шифра.

Шифр Гронсфельда представляет собой модификацию шифра Цезаря числовым ключом. Для этого под буквами исходного сообщения записывают цифры числового ключа. Если ключ короче сообщения, то его запись циклически повторяют. Шифротекст получают примерно, как в шифре Цезаря, но отсчитывают по алфавиту не третью букву(см. пример выше в п.3), а выбирают ту букву, которая смещена по алфавиту на соответствующую цифру ключа.

Пример: Пусть ключ сдвига будет 1472.

М	А	М	А		М	Ы	Л	А		Р	А	М	У
1	4	7	2	1	4	7	2	1	4	7	2	1	4

Записываем исходную фразу, а под каждой буквой этой фразы цифры ключа. Если длина ключа короче фразы, то циклически повторяем запись ключа под каждой буквой фразы. «М» передвинут на один символ алфавита: «Н», «А» на четыре символа: «Д», «М» на семь символов: «У», «А» → «В», «пробел» → «!» и т.д.

Пример шифрования: Исходный текст: *МАМА МЫЛА РАМУ*

Зашифрованный текст: *НДУВ!РвНБ\$ЧВНЧ*

Алгоритм «Шифра Гронсфельда»:

1. В качестве эталона взяли кодовую таблицу Windows CP-1251.
2. Запрашиваем код сдвига и подсчитываем количество цифр в числе кода.
3. Заполняем числовой массив (В), длина которого равна длине строки исходного текста, цифрами кода циклически.
4. Берем символ исходного текста, определяем его номер из таблицы CP-1251.
5. Прибавляем к номеру символа соответствующую цифру (читай число) из массива В. Если получившееся число превосходит 255, то поступаем как в алгоритме Шифр Цезаря (см. п. 3).
6. Значение k переводим в соответствующий символ из CP-1251.
7. Добавляем новый символ к строке st2(шифровка).

Файл шифровки *gronsfeld_cod*, файл дешифровки *gronsfeld_decod*.

Несомненно, методов шифрования текстовых сообщений гораздо больше, чем было рассмотрено в данной работе. Одним из самых перспективных и интересных способов шифрования, на наш взгляд, является **стеганография** – сокрытие текстовых сообщений в цифровых изображениях. Однако оно требует дополнительного анализа и изучения.

Список литературы

1. Википедия. Шифрование [электронный ресурс]: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Шифрование>.
2. Криптография [электронный ресурс]: <http://kriptografea.narod.ru/atbash.html>.
3. ТерраКИД. Шифр Цезаря или шифр сдвига [электронный ресурс]: <http://www.terrakid.ru/master-classes/opyty-i-eksperimenty-svoimi-rukami/756-shifr-tsezarya-ili-shifr-sdviga>
4. AkademOUT. Метод Гронсфельда [электронный ресурс]: <http://academout.ru/course-works/information1/3.php>
5. Pascal.NET. СОВРЕМЕННОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ НА ЯЗЫКЕ PASCAL
6. 14 способов шифрования [электронный ресурс]: <http://thereichenbachblog.tumblr.com/type-sofcipher>.

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ

Коммерческие потери в электрических сетях – важнейший показатель энергоэффективности энергосбытовой деятельности энергосистемы. Существенными составляющими коммерческих потерь являются недоучет и хищения электроэнергии.

Применение системы учета электроэнергии жилого сектора на основе современного комплекса АСКУЭ бытового потребителя (АСКУЭ - автоматизированная система коммерческого учета потребления электроэнергии) позволяет значительно уменьшить коммерческие потери при сборе информации. Эта система решает такие проблемы, как: доступ к приборам учета электроэнергии; съем достоверной информации без вмешательства контролера к данным (он не имеет возможности их искажения, при предоставлении отчетов в энергосбыте); объем информации, получаемой со счетчика; время предоставления сведений к оплате за потребленную электроэнергию; оперативность сбора и передачи информации; возможность хищения электроэнергии потребителем; сокращение обслуживающего персонала.

Модель АСКУЭ для частного сектора (например, АСКУЭ для коттеджного поселка) применима как для нового, так и для старого жилья.

Автоматизированная система учета электроэнергии строится на базе устройства сбора и передачи данных УСПД, устанавливаемого в шкафу АСКУЭ на трансформаторной подстанции. УСПД получает информацию автоматически от счетчиков по радиоканалам посредством стационарного радиомодема. При этом УСПД обеспечивает сбор, обработку, хранение и передачу данных в центр сбора и обработки информации по выделенным и коммутируемым телефонным линиям, а также каналам сотовой связи GSM.

Сбор данных также может осуществлять на переносной компьютер с установленным специализированным программным обеспечением посредством переносного радиомодема.

Сбор данных при помощи переносного карманного ПК может производить всего один человек, на автомобиле (при ручном методе на сбор показаний счетчика направляется, в среднем, один работник на квартал).

На примере небольшого поселка рассчитано время, необходимое для сбора информации у потребителя при использовании АСКУЭ, по сравнению с ручным методом.

Радиус считывания информации со счетчика составляет не более 500 м, а время на подготовку и непосредственно передачу информации не более 2 мин., одновременно можно получать данные с 7 счетчиков, количество бытовых потребителей в поселке- 465 шт.

$$\text{Время на считывание данных} = (\text{Кол-во счетчиков (всего)} \cdot \text{Время считывания}) / \text{Кол-во одновременно считываемых счетчиков}$$

Время на считывание данных = (465сч.·2мин.) / 7сч. = 133мин. = 2,2 часа.

Время на передвижение автомобиля составило 0,29ч = 17,5мин.

В итоге время необходимое на сбор данных по всему хозяйству будет приближено равно 3 - 3,5 часа. А при ручном методе сбора данных требуется времени до двух дней.

Таким образом, применение АСКУЭ является актуальной и практически значимой задачей, направленной на улучшение работы энергосистемы.

Список литературы

1. Концепция развития электрических сетей в сельской местности. - М.: Сельэнергопроект. 1991.
2. Буренков Е. В. Автоматизированные системы учета потребления энергоресурсов в условиях либерализованного рынка // Вестник Госэнергонадзора, 2001, № 1.

УДК 621.318

А.А. Гончаров, А.В.Жученко

Азово-Черноморский инженерный институт филиал ФГБОУ ВПО Донской государственной аграрный университет в г. Зернограде)

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОДУЛЯ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ ПРИ ОБРАБОТКЕ СЕМЯН НА ДВИЖУЩЕЙСЯ ЛЕНТЕ ТРАНСПОРТЕРА

Анализ работ в области электромагнитных воздействий на биологические объекты /1/ показал, что современные достижения фундаментальных наук позволяют получить достаточно убедительные ответы на вопросы, связанные со всем комплексом электромагнитных воздействий и явлений их сопровождающих при выполнении различных технологических процессов сельскохозяйственного производства.

При исследовании биологического воздействия электромагнитных излучений необходимо учитывать расстояние от биологического объекта до источника излучения. Зная расстояние, можно судить об интенсивности воздействия, например: при обработке семян в электромагнитном поле /1/ или оценить уровень электромагнитного загрязнения /2/. Сложность задачи состоит в том, что на практике мы имеем дело с подвижными биологическими объектами,двигающимися с разными скоростями и, как и во многих других случаях /3/, расстояние (дальность) от них до источника излучения - величина случайная. Кроме того, источники излучения могут иметь сложную конфигурацию и располагаться на неодинаковых расстояниях от биологических объектов.

В такой постановке решение задачи возможно при определенных допущениях на основе принципов электродинамики и математической статистики. Анализ полученных решений позволит оценить электромагнитные воздействия на биологические объекты, выявить перспективные направления конструирования и сформули-

ровать требования к системе технических средств, обеспечивающих требуемый уровень этих воздействий и надежную защиту от них (в случаях негативного воздействия).

В статье представлена методика расчета модуля магнитной индукции электромагнитного поля проводника с током I , расположенного над зерном, движущимся на транспортной ленте, учитывающая геометрические и конструктивные параметры установки для предпосевной обработки семян в электромагнитном поле.

Рассмотрена и решена задача определения закона распределения расстояния (закон распределения дальностей) от неподвижного источника электромагнитного излучения до семян, перемещающихся ленточным транспортером (приближающихся или удаляющихся к источнику электромагнитного излучения) под источником с постоянной скоростью.

Ситуация соответствует предпосевной обработке семян на движущейся ленте транспортера под источником электромагнитного излучения рис.1. Расстояние L от неподвижного источника электромагнитного излучения до семян, перемещающихся ленточным транспортером, является случайной величиной и изменяющейся в диапазоне от $L_{\max}$ до $L_{\min}$, который определяется конструкцией устройства.

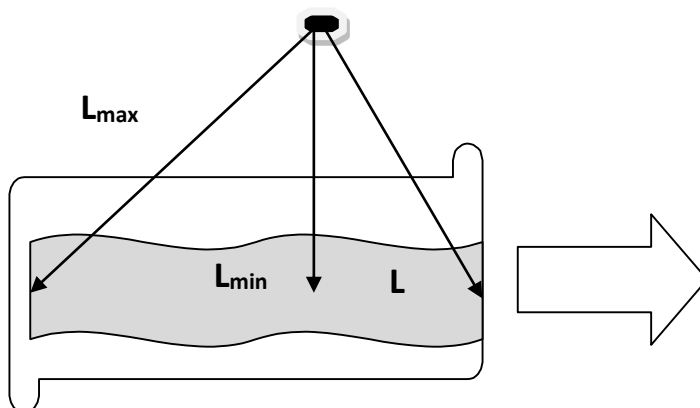


Рисунок 1.-Схема обработки семян на движущейся ленте транспортера

Принимаем следующее допущение: скорость перемещения семян транспортной лентой постоянна, их положение в любой точке диапазона дальностей $L_{\max}$ - $L_{\min}$ равновероятно. Тогда расстояние L от неподвижного источника электромагнитного излучения до случайной точки расположения одного семени на транспортной ленте имеет равномерное распределение (рис.2) с функцией распределения:

$$W(L) = \begin{cases} 0 & \text{при } L \leq L_{\min} \\ \frac{L - L_{\min}}{L_{\max} - L_{\min}} & \text{при } L_{\min} \leq L \leq L_{\max} \\ 1 & \text{при } L_{\max} \leq L \end{cases}$$

и плотностью вероятности:

$$\Phi(L) = \begin{cases} 0 & \text{при } L \leq L_{\min} \\ \frac{1}{L_{\max} - L_{\min}} & \text{при } L_{\min} \leq L \leq L_{\max} \\ 0 & \text{при } L_{\max} \leq L \end{cases}$$

Среднее значение случайной величины L равно:

$$M_L = \frac{L_{\max} + L_{\min}}{2},$$

а дисперсия вычисляется по следующей формуле:

$$D_L = \frac{(L_{\max} - L_{\min})^2}{12}.$$

Среднее значение модуля магнитной индукции электромагнитного поля проводника с током I , расположенного над зерном, находящимся на транспортной ленте, по закону Био - Савара – Лапласа, будет определяться по формуле:

$$B_{\text{ср}} = \frac{\mu_0 I}{2\pi M_L} = \frac{\mu_0 I}{\pi(L_{\max} + L_{\min})}$$

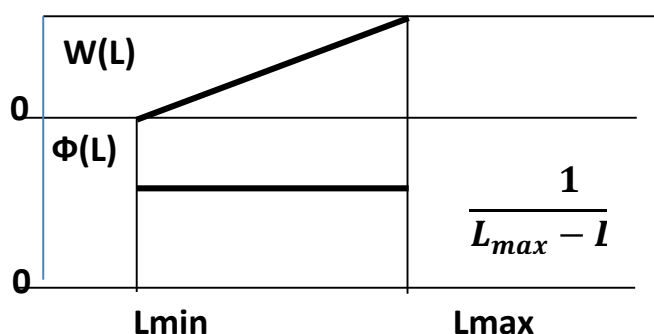


Рисунок 2.- Функция распределения и плотность вероятности расстояния (дальности) L от неподвижного источника электромагнитного излучения до случайной точки расположения одного семени на транспортной ленте

Если длина проводника с током меньше, чем ширина транспортной ленты, то по закону Био - Савара - Лапласа (рис. 3) получим:

$$B_{\text{ср}} = \frac{\mu_0 I (\cos \alpha - \cos \beta)}{4\pi M_L} = \frac{\mu_0 I (\cos \alpha - \cos \beta)}{2\pi (L_{\max} + L_{\min})}$$

Определение модуля магнитной индукции электромагнитного поля проводника с током, действующего на семена на транспортной ленте:

- "**ав**" - отрезок проводника с током I расположенным перпендикулярно направлению движения транспортной ленты на высоте M_L ;

- M_L - среднее значение расстояние (дальности) L от проводника до группы семян на транспортной ленте (точка «С»).

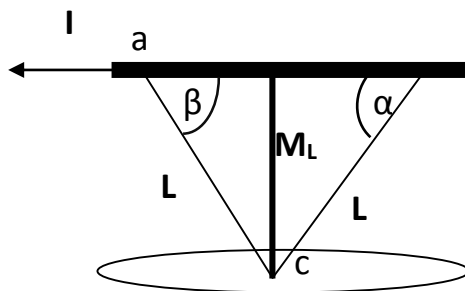


Рисунок 3-Схема воздействия электромагнитного поля проводника с протекающим электрическим током на семена на ленте транспортера.

Приведенная методика и расчетные формулы позволяют решать задачи, как нахождения модуля магнитной индукции при различных значениях тока I , так и определения конструктивных размеров ($L_{\min}$, $L_{\max}$, углов α и β), необходимых при проектировании установок с заданным уровнем электромагнитных воздействий.

Например: если угол $\alpha = 45^\circ$, а угол $\beta = 135^\circ$, то среднее значение модуля магнитной индукции определяется по формуле:

$B_{\text{ср}} = \frac{\mu_0 I \sqrt{2}}{2\pi(L_{\max} + L_{\min})}$, а среднее значение расстояния семян до источника электромагнитного излучения равно: $M_L = a\sqrt{2}$, но при заданном M_L (соответствующем заданной вероятности) получим необходимую длину проводника: $a\sqrt{2} = \frac{M_L}{\sqrt{2}}$

Однако при другом расположении проводника относительно семян, движущихся на транспортной ленте (других геометрических размерах и углах α и β), используя предложенную методику определения модуля магнитной индукции при различных значениях тока I и конструктивных размеров, получим другие расчетные формулы.

Выводы:

1. Предложенная методика и полученные формулы позволяют рассчитать среднее значение модуля магнитной индукции электромагнитного поля проводника с током, действующего на семена на транспортной ленте в процессе предпосевной обработки.

2. Рациональное сочетание геометрических и конструкторских параметров может обеспечить требуемый уровень электромагнитных воздействий при наименьшем значении тока.

Список литературы:

1. А. А. Гончаров, Н. Г. Гурский, Н. Е. Бережная. Влияние физических методов предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур на их семенные качества. Библиографический указатель ВИНТИ "Депонированные научные работы", 1994.
2. У.Р. Эйди, Х. Дельгадо, Ю.А. Холодов Электромагнитное загрязнение планеты. В сб. "Наука и человечество". Доступно о главном в мировой науке. Междунар. ежегодник М.: Знание, 1989.с. 10 - 18.
3. А.Ф. Апович Статистическая теория электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств. Минск: Наука и техника, 1984, 215 с.

С.А. Гусева, Т.Н. Мармус

Дальневосточный государственный аграрный университет, г. Благовещенск

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ЛЕСОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШ- ЛЕННОСТИ КАК ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ

В настоящее время в Российской Федерации все большее значение приобретает необходимость учета возможностей такого важного фактора развития экономики, как энергосбережение. Это объясняется, главным образом, неуклонным уменьшением запасов энергетического сырья, ростом затрат на его добычу. К сожалению, при существующем уровне научно-технического прогресса энергопотребление может быть покрыто только лишь за счет использования невозобновляемых источников энергии органического топлива (уголь, нефть, газ). Однако, по результатам многочисленных исследований, невозобновляемые источники энергии уже к 2030 г. смогут удовлетворить запросы мировой энергетики только частично. Остальная часть энергопотребности может быть удовлетворена за счет возобновляемых (ВИЭ) источников энергии.

Наиболее значительным из ВИЭ нашей страны является древесина, так как на ее территории сосредоточено около 22% всех лесных ресурсов планеты, что позволяет говорить о высоком потенциале вовлечения в баланс древесной биомассы. Во всем мире энергетическое использование древесной биомассы и, в частности, древесных отходов, рассматривается как альтернатива традиционным видам топлива. Это связано с тем, что при сжигании древесных отходов выделяется небольшое количество углекислого газа и других вредных веществ. По предварительным оценкам, в виде отходов ежегодно образуется древесное сырье, эквивалентное 40 млн. тонн условного топлива. К одним из основных факторов использования данного вида топлива можно отнести утилизацию низкосортного топлива, состоящего из отходов деревообработки - древесной щепы, опилок, обрезков, стружки.

Получаемые таким образом древесные отходы могут поставляться на специальные предприятия, занимающиеся производством пеллет в промышленных масштабах, а могут перерабатываться на месте. В этом случае необходимо соблюдать требования к подготовке сырья:

- низкая влажность (для снижения энергозатрат на производство пеллет, следующей более высокой эффективности их применения)

- должно быть равномерно измельчено на частицы примерно одинакового размера, что в значительной мере влияет на качество выходной продукции. В небольших грануляторах отсутствует стадия подготовки сырья, что ведет к двум путям его использования: либо использование одного постоянного источника сырья, либо каждый раз, загружая массу в гранулятор, перестраивать его режим работы

– обязательна оптимизация температурного режима производства, поскольку натуральный лигнин не проявляет клеящих свойств, пока масса исходного сырья не будет нагрета до определенной температуры и, следовательно, выпуск пеллет невозможен, но следует учитывать, что высокая температура может нанести вред оборудованию.

Обязательным оборудованием для производства пеллет является:

- дробильная и сушильная аппаратура (в большинстве случаев в мобильных пеллетных прессах такое оборудование отсутствует, поэтому следует выбрать эту аппаратуру отдельно).

- грануляторы, которые вследствие отсутствия постоянно пополняющего мощного источника исходного сырья следует выбрать небольших объемов и мощности, например, мобильный пеллетный пресс на 3–5 м³/ч исходного сырья с выходом готовой продукции – 500–700 кг;

- пеллетный котёл, который может использоваться также и для получения биотоплива, которое постоянно растет в связи с повышением спроса на него.

Все это привело к тому, что технологии получения энергии из древесных отходов в последние годы развиваются и совершенствуются.

К сожалению, для обеспечения требуемой большой мощности котельных деревообрабатывающих предприятий, отходов деревообработки будет недостаточно. В этом случае они могут выступать лишь в роли альтернативного топлива, а в качестве основного - будет использован традиционный источник энергии, например газ.

Таким образом, строительство котельных на предприятиях деревообработки, использующих отходы данного предприятия, как альтернативный вид топлива, значительно удешевляет получаемую тепловую энергию.

Основные технологические способы получения тепловой энергии из отходов деревообработки

Основными технологическими способами являются: сжигание, быстрый пиролиз и газификация.

Процесс сжигание базируется на нескольких методах сжигания, в том числе:

- сжигание в кипящем/циркулирующем слое;
- газификация/сжигание газов во вторичной камере сгорания;
- сжигание пылевидного топлива.

Прямое сжигание происходит в топках с горизонтальной, конусообразной, наклонной или подвижной колосниковой решеткой. Данный метод используется в водогрейных котлах и печах малой мощности (менее 20 МВт) для сжигания древесного топлива, в том числе с высокой влажностью: кусковых и длинномерных отходов, щепы, коры, опилок, топливных брикетов и гранул и т.д. Для автоматизированного сжигания измельченных отходов также используются трубчатые горелки со шнековой подачей. Обычное использование тепла - для сушки древесины в сушильных камерах, в водогрейных котлах для обогрева производственных или жилых помещений. Для выработки электрической энергии отходы сжигаются в паровом котле с последующим использованием пара в паровой турбине. Эта технология имеет низкий электрический к.п.д. порядка 8,13% (для мини-ТЭЦ), который повышается благодаря использованию более совершенных методов сжигания, таких как сжигание в

кипящем/циркулирующем слое или сжигание пылевидного древесного топлива. Однако эти методы используются в электростанциях мощностью не менее 5 МВт, строительство которых требует больших капитальных затрат. Недостатком этого метода является низкая эффективность и высокий уровень эмиссии отходов горения в дымовых газах. [5]

Сжигание в кипящем/циркулирующем слое позволяет достичь большей эффективности и экономичности за счет почти 100%-го сгорания топлива при меньшем уровне эмиссии отходов горения по сравнению с прямым сжиганием. При использовании данного метода измельченное древесное топливо подается в «кипящий» слой, созданный путем продувания воздуха или газа через слой инертного материала, например, песка. Количество инертного материала существенно больше количества топлива, поэтому процесс горения протекает стабильно с высокой эффективностью. В зависимости от скорости продувки частицы инертного слоя остаются в нем или же выносятся из слоя вместе с продуктами горения и собираются с помощью циклонов, после чего возвращаются в кипящий слой (метод циркулирующего слоя). Метод сжигания в кипящем слое используется в коммерческих или муниципальных котельных и ТЭЦ в диапазоне мощностей от 5 до 600 МВт для получения электрической и тепловой энергии. Дополнительным достоинством данного метода является возможность сжигания различных видов топлива (всего до 70 видов), включая низкосортный уголь, торф, твердые бытовые отходы, отходы ЦБК и т.д. [5]

Газификация/Сжигание газов во вторичной камере сгорания (газогенераторная топка) представляет собой двухэтапный процесс. На первом этапе топливо подается шнековым питателем на наклонную решетку в первичной камере (предтопке), где оно нагревается до такой температуры, при которой происходит процесс газификации. Перегретый и смешанный со вторичным воздухом древесный газ сгорает во вторичной камере практически без остатка. Продукты сгорания используются в котле или печи для получения горячей воды, пара или воздуха. В когенерационном режиме пар может использоваться в паровой турбине для получения электроэнергии. Диапазон мощностей систем сжигания такого рода от 150 кВт до 30 МВт. Недостаток - высокая стоимость. [1]

Сжигание пылевидного топлива осуществляется с помощью специальных горелок, предназначенных для сжигания древесной пыли, образующейся в процессе производства или в результате измельчения древесных отходов в пыль. Весь процесс от исходных древесных отходов, измельчения в пыль с влажностью порядка 8%, подачи и сжигания пыли - полностью автоматизирован. Получение энергии с использованием только древесной пыли используется достаточно редко; обычно это топливо используется в котельных или ТЭЦ, работающих на пылевидном угле или торфе. Стоимость комплектного оборудования для сжигания древесной пыли также высока. [5]

Быстрый пиролиз представляет собой процесс, при котором сухие (<10% влажности), измельченные в порошок древесные отходы, включая опилки, кору и т.д., быстро нагреваются в кипящем слое инертного материала внутри реактора до температуры 450 - 500 °С при отсутствии воздуха. Продуктами пиролиза являются частицы древесного угля, неконденсирующийся газ, конденсирующиеся пары и

аэрозоли. Частицы древесного угля отделяются в циклоне, а летучие вещества подвергаются быстрому охлаждению, в результате которого образуется жидкость - синтетическое жидкое топливо (пиротопливо), поступающее в накопительный резервуар. Пиролизный газ сжигается в горелке реактора, однако, этого тепла недостаточно для поддержания процесса. Поэтому требуется дополнительный источник тепла, например, природный газ. Основным продукт пиролиза - синтетическое жидкое топливо (пиротопливо) - имеет калорийность, составляющую примерно 55% от калорийности дизельного топлива. Используется путем сжигания в газотурбинных установках (ГТУ) или дизельных двигателях. Несмотря на высокую эффективность и удобство использования жидкого синтетического топлива, отсутствие отходов, пиролиз только недавно вышел из стадии исследований и опытных разработок (максимальная производительность действующей пилотной установки составляет 10 тонн в сутки), что обуславливает высокую стоимость используемого оборудования. [5]

Многотопливные котлы. Для использования отходов деревообработки в качестве альтернативного источника энергии применяют универсальные (комбинированные) котлы, работающие на различных видах топлива.

В некоторых котлах, оборудованных камерой для сжигания твердого топлива, предусмотрена возможность установки навесных горелок для газа. Это удобно в том случае, когда нужно дождаться появления газа, а до этого можно использовать твердое топливо. Кроме того, при проблемах с подачей газа неплохо иметь запасные варианты.

Универсальный однопочный котел - это самый подходящий вариант для создания автономной системы отопления, которая не понесет за собой больших материальных убытков, связанных с дорогостоящим обслуживанием и затратами электроэнергии. Твердое топливо имеет самую невысокую цену среди прочих видов топлива и является возобновляемым ресурсом.

Некоторые комбинированные отопительные котлы оснащены непривычной для установок отечественного производства автоматической системой регулирования. Она позволяет уменьшить участие человека в процессе обогрева помещения. Также этот производитель характеризуется тем, что предлагает оборудование с хорошим соотношением «цена-качество».

Главное достоинство комбинированных и универсальных в том, что с ними проще приспособиться к местным условиям проживания. Например, начать отапливать дом дровами, а после газификации района поставить на котел газовую горелку.

Двухтопочные котлы являются универсальными, реже комбинированными, аппаратами. Все они имеют две отдельные топочные камеры: для сжигания твердого топлива и для установки дутьевой газовой или жидкотопливной горелки. Поскольку каждая топка сконструирована так, чтобы обеспечить лучшим образом горение своего вида топлива, такие котлы, безусловно, эффективнее однопочных.

В данный момент технологии энергетического использования древесных отходов постоянно совершенствуется. Сейчас в России появляются специальные котельные для сжигания древесных отходов достаточно крупного размера, сконструированные по новым технологиям, КПД которых достаточно высок.

Применение данных технологий сжигания топлива позволяет:

- снижать потребление невозобновляемых источников энергии;
- снижать затраты в себестоимости конечной продукции;
- снижать общие выбросы парниковых газов и другие вредные выбросы в окружающую среду;
- рационально использовать отходы деревообрабатывающей промышленности;
- существенно повысить экономическую эффективность региона.

Использование комбинированных или двухтопочных котлов приведет к значительному импульсу развития экономики, в частности - лесопереработки, лесопользования.

В результате, при реализации конкретного проекта, за счет уменьшения стоимости топлива, минимизации транспортных расходов на его доставку, мы получим экономически эффективную, замкнутую и экологичную энергетическую систему.

Список литературы

1. Гусев Ю. Л. Основы проектирования котельных установок. (учебное пособие) 2-е изд. М., Стройиздат, 1973. 248 с.
2. Лямин В.А. Газификация древесины. -М.: Лесн. промышленность, 1997, -260 с.
3. СНиП II-35-76 Котельные установки. Нормы проектирования.(1977 с изм. 2001).
4. ПБ 10-574-03 Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов. Серия 10. Выпуск 24/Колл.авт.-М.: Госуд. унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России». - 2003. - 216с.
5. Интернет источник: <http://housea.ru/index.php/car/58714>
6. Интернет источник: <http://www.journal.globaledge.ru/?id=1892>

УДК 621.365

В.А. Данилушкин, И.В. Васильев

Самарский государственный технический университет, г. Самара

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ ИНДУКЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ НАГРЕВА И ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ЖИДКОСТИ

В последние годы всё большее применение находят установки косвенного индукционного нагрева неэлектропроводных жидкостей в таких областях, как нефтеперерабатывающее производство, строительная индустрия, сельское хозяйство и других сферах хозяйственной деятельности. Индукционные установки, используемые здесь, имеют ряд особенностей, к которым относятся. специфические свойства нагреваемых жидкостей, такие, как низкая теплопроводность, высокая вязкость, существенно зависящие от температуры. Это обусловило необходимость разработки специальной методики расчета и конструкции нагревателей для нагрева жидкости в индукционных установках.

Вследствие низкой теплопроводности и высокой вязкости нагреть жидкость в односекционном индукторе в силу конструктивных особенностей не представляется возможным. Исследуемый в работе проходной нагреватель состоит из трех последовательно соединенных секций. Две секции индуктора выполнены в виде соленоидальных катушек и питаются от преобразователей частоты. Третья, средняя секция, выполнена в форме статора трехфазной асинхронной машины, в полости которого осесимметрично располагаются немагнитная стальная труба и полый ферромагнитный цилиндр, закрепленный на оси вращения и выполняющий роль ротора, на оси

которого закреплен винт с определенным углом атаки для создания избыточного давления на выходе из секции. В такой конструкции часть энергии, выделяющаяся во внешней трубе, расходуется на нагрев жидкости, а вторая часть – на её перемешивание.

Этот способ, совмещающий нагрев и перемешивание в одном устройстве, позволяет значительно ускорить процесс нагрева жидкости с низкой теплопроводностью и уменьшить общую длину нагревателя.

Так как индуктор в исследуемой установке выполнен в виде статора асинхронной машины, её с некоторым допущением можно рассматривать как асинхронный двигатель с полым ротором. Однако, в исследуемом объекте при аналитическом методе расчета некоторые параметры магнитной цепи и схемы замещения не могут претендовать на точность уже по причине большого зазора между ротором и индуктором, так как это не характерно для асинхронных машин. Это обуславливает неприемлемость аналитического расчета для электромагнитной задачи.

Численный расчет электромагнитных полей в сложной составной структуре тел, содержащей ферромагнитные участки магнитной цепи, стальные конструктивные элементы и ферромагнитную загрузку, производился с помощью программного комплекса ELCUT 5.7 Professional [2]. Задача расчета нестационарного магнитного поля представляет собой общий случай расчета магнитного и электрического полей, вызванных переменными токами (синусоидальные, импульсные и др.), постоянными магнитами, или внешним магнитным полем, в линейной и нелинейной (ферромагнитной) среде, с учетом вихревых токов (поверхностный эффект).

В нелинейной постановке свойства материалов считаются изотропными и задаются зависимостью $B(H)$, представленной кубическим сплайном. На внешних и внутренних границах расчетной области принято условие Дирихле, задающее на части границы известный векторный магнитный потенциал в вершине или на ребре модели. Для расчета интегральных параметров индукционной системы, таких, как полный электрический ток (с его сторонней и вихревой компонентами), электрическое напряжение, мощность тепловыделения (омические потери), вектор Пойнтинга, необходимых для решения тепловой задачи, полученные дифференциальные результаты далее использовались как исходные данные в задаче расчета стационарного магнитного поля переменных токов. Наиболее удобным способом передачи значений полученных интегральных параметров из электромагнитной задачи в тепловую является использование связанных электротепловых моделей. В качестве первой составляющей для такой комбинации подходит только задача стационарного магнитного поля переменных токов. По результатам решения электромагнитной задачи определяются функции распределения внутренних источников тепла в трубе, на основании которых рассчитывается температура трубы и жидкости. В пределах каждого блока модели все параметры уравнений принимаются постоянными.

Алгоритм решения задачи методом конечных элементов реализован программным путем. Для представления результатов расчета в наглядной форме используются специальные графические пакеты, которые позволяют представить распределения температурных полей в виде временных диаграмм для отдельных точек, а также в виде плоской картины изотерм для всего массива точек сечения нагреваемой жидкости.

Исследования, выполненные с помощью предложенной модели, позволили оценить влияние различных параметров нагревателя на процесс нагрева и выделить

среди них наиболее существенные. Так, из результатов расчета следует, что при нагреве вязкой жидкости с низкой теплопроводностью в ёмкости без принудительной конвекции возникает существенная неравномерность температурного распределения по объёму жидкости, что приводит к увеличению времени нагрева и длины нагревательной системы.

Значительный перепад температуры между поверхностными слоями и центром вследствие низкой теплопроводности не всегда удовлетворяет технологическим требованиям и приводит к необходимости поиска конструкции нагревательной установки, обеспечивающей равномерное распределение температуры по сечению потока. Выбор оптимального варианта представляет собой сложную многопараметрическую задачу, требующую самостоятельного исследования на основе полученных в работе результатов.

УДК 621.382

О.И. Евликова, М.А. Левин

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

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЧАСТОТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ПРИВОДА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ В КАЧЕСТВЕ УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ

Асинхронные двигатели (АД) трехфазного переменного тока напряжением до 1000 В при мощностях от 0,05 до 350 - 400 кВт являются наиболее распространенным видом электродвигателей [1]. Простота конструкции и доступная стоимость являются их достоинствами, однако сложное регулирование частоты вращения ограничивает его применение. Чтобы обеспечить ему надежную защиту и обеспечить возможность его управления, можно использовать частотный преобразователь.

Задача частотного преобразователя — плавное регулирование скорости за счет изменения частоты напряжения питания электродвигателя, а значит, и обеспечение возможности его плавного запуска и торможения [4]. Преобразователь частоты также оптимизирует все рабочие режимы в зависимости от текущей нагрузки, повышая при этом КПД двигателя, и в то же время осуществляет защиту двигателя от перегрузок, что значительно увеличивает срок использования как электрической, так и механической частей двигателя - соответственно, может выполнять функции защитного аппарата.

Частотные преобразователи могут выполнять функции защиты в следующих аспектах:

тепловая защита асинхронного двигателя

Это программная реализация защиты от перегрева асинхронного двигателя, вызванного превышением тока обмоток и выделением избыточного тепла. В некоторых преобразователях данная функция имеет название «электронное тепловое реле». Ее применение не требует использование датчиков температуры двигателей [3].

Этот вид защиты асинхронного двигателя реализован путем непрерывного расчета контроллером преобразователей частоты перегрева двигателя. Перегрев асинхронного двигателя определяется как разность между количеством тепла, выделяющегося в обмотках электродвигателя и количеством тепла, которое способен рассеять двигатель в промышленных условиях применения.

$$P_{нагр} = (I_{ном} \times K_{пер})^2 \times t \quad (1)$$

$$P_{охл} = (I_{ТМ})^2 \times t \quad (2)$$

где $I_{ТМ}$ – ток тепловой модели асинхронного электродвигателя (модели охлаждения двигателя).

Вид тепловой модели электродвигателя показан на рис. 1. Модель определяет зависимость допустимых токов, протекающих через обмотки двигателя, от частоты вращения асинхронного двигателя. Работа двигателя в пределах допустимой области графика может быть долговременной, без перегрева.

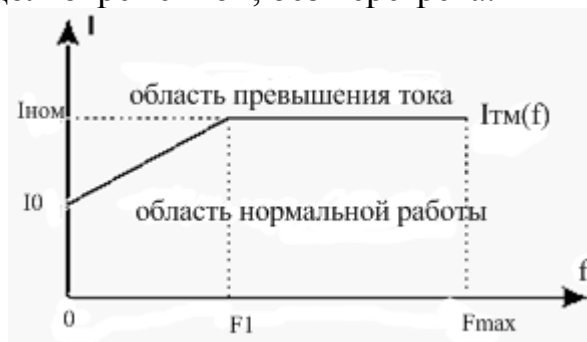


Рисунок 1. Тепловая модель асинхронного двигателя

Значение текущего перегрева определяется преобразователем по формуле:

$$S_{mex} = \left[\left(\frac{I_{эфф}}{I_{ТМ}} \right)^2 - 1 \right] \times t_{инт} \quad (3)$$

где $I_{эфф}$ – эффективный ток на выходе ПЧ для текущей частоты, усредненный за период интегрирования; $I_{ТМ}$ – значение тока тепловой модели для текущей частоты ПЧ; $t_{инт}$ – период интегрирования.

Значение допустимого перегрева двигателя обычно задается сочетанием двух параметров: коэффициента превышения тока и времени превышения тока. Первый определяет допустимое увеличение тока через двигатель (относительно тока тепловой модели). Второй параметр – максимальное время, в течение которого происходит это увеличение тока. Вычисленное значение программного перегрева по вышеприведенной формуле суммируется в цикле с предыдущими вычисленными значениями, и полученная сумма сравнивается с максимально допустимым перегревом [2], определяемым по формуле:

$$S_{пер} \% = [K_{Ineper}^2 - 1] \times t_{пер} \times 100\% \quad (4)$$

Введение программной защиты от перегрева и подобного описания тепло. Введение программной защиты от перегрева и подобного описания тепловой модели позволяет значительно повысить надежность работы привода при долговременной работе.

Защита от токов перегрузки АД.

Принципиальной особенностью прямого пуска АД с коротко - замкнутым ротором является возникновение больших пусковых токов. Большие броски электромагнитных моментов могут вызвать опасные динамические нагрузки на обмотки электродвигателей и механические напряжения в элементах кинематической цепи

электропривода [1]. Формирование плавных переходных процессов при пуске и торможении обеспечивает исключение больших динамических нагрузок, что увеличивает срок службы электродвигателей и элементов механического оборудования. Кроме того, при большой мощности электропривода благодаря плавному пуску исключается воздействие пиковых электрических нагрузок на питающую сеть, что благоприятно сказывается на других потребителях электрической энергии.

Защита от резонансных частот. Некоторые механизмы имеют собственные резонансные частоты при работе на которых наблюдается недопустимые вибрации, что может привести к поломке оборудования. В таких случаях функция исключения недопустимых частот в преобразователе позволит обезопасить механизм от его преждевременного выхода из строя.

Кроме того, большинство частотных преобразователей вследствие своих функциональных возможностей защищают электродвигатель от недопустимых уровней напряжения как выше номинально, так и ниже, от неполнофазного режима работы, утечек тока на корпус.

Каждую функцию защиты, приведенную выше, могут выполнить различные дополнительные устройства защиты. Все эти устройства, возможно заменить одним частотным преобразователем. В зависимости от конкретной ситуации возможно применение частотного преобразователя без использования дополнительных приборов защиты, кроме необходимых, например, только с защитой от токов короткого замыкания.

С учётом вышеуказанных преимуществ использования частотных преобразователей, а также эффекта энергосбережения, высокого КПД, данное решение является эффективным в плане экономии ресурсов, а также способствует продлению срока службы асинхронного двигателя вследствие благоприятных тепловых режимов и исключения технологических перегрузок. В свою очередь необходимо определить область применения частотных преобразователей как техническую, так и экономическую, что позволит выполнять комплектование систем управления и защиты электродвигателей с наименьшей стоимостью и расширенными функциональными возможностями управления и защиты.

Список литературы

1. Никитенко Г.В. Электропривод производственных механизмов / Учебное пособие – 2 издание, изд. Лань, - М.: 2013. 224 с.
2. Анучин А.С. Системы управления электроприводов / Учебник для вузов - изд. М.: МЭИ, 2015. - 373 с.
3. Клевцов А.В. ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЧАСТОТЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА/ Практическое пособие для инженеров – изд. ДМК - Пресс, 2010. – 224 с.
4. Левин М.А., Иванкина Ю.В., Чурляева О.Н. ВЛИЯНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА НАГРУЗКИ НА НАДЕЖНОСТЬ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ / Научное обозрение, №8, Москва, 2015 г., с. 111-113

А. С. Егиазарян, А.Л. Головачев

Самарский государственный технический университет, г. Самара

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ТЕХНОЛОГИЯХ «ИНДУКЦИОННЫЙ НАГРЕВ - ДЕФОРМАЦИЯ»

Традиционный путь достижения максимальной энергоэффективности технологических комплексов «индукционная нагревательная установка (ИНУ) - обработка металла давлением (ОМД)» состоит в решении локальных задач оптимизации отдельно для нагревательной установки и деформирующего оборудования в жестких рамках заданных технологических инструкций, формируемых за пределами этих задач. Качественно более широкие возможности появляются при совместной оптимизации этих процессов, преследующей достижение предельных значений совокупного экономического показателя работы комплекса в целом, в условиях максимального числа степеней свободы для выбора различных параметров и управляющих воздействий, оптимизируемых по данному критерию.

Рассматриваемый метод совместной оптимизации индифферентен к виду ОМД, но для получения конкретных результатов необходим дифференцированный подход. Это связано, с особенностями конструкции зоны обработки давлением (очага деформации), которые отражаются в тепловом балансе деформируемого металла.

Из всех затрат энергии при работе комплекса превалирующее значение имеют затраты на нагрев. Так, расход электроэнергии при индукционном нагреве стали в среднем равен 500 кВт.ч/т, алюминия - 280 кВт.ч/т. Расход энергии на деформацию, если взять два основных вида ОМД в металлургии - прокатку и прессование, составит для обжимных станов: для стали - 12-30 кВт.ч/т, для алюминия - до 80 кВт.ч/т, при прессовании соответственно - 12-20 и 30-50 кВт.ч/т.

Определяющая роль температурного фактора позволяет описать комплекс «ИНУ-ОМД» поведением температурного поля обрабатываемого металла на соответствующих стадиях технологического процесса. Отсюда вытекает возможность представления этого комплекса в виде ступенчатой системы, состоящей из трех объектов управления с последовательными во времени режимами их работы, где модель каждого из объектов представляется соответствующим уравнением нестационарной теплопроводности.

В общем случае это уравнение Фурье - Кирхгофа, отражающее на первой стадии нагрев металла в индукторе, на второй - его охлаждение при транспортировании к деформирующему оборудованию, и на третьей - температурное поле в процессе ОМД.

Время цикла или темп выдачи готовой продукции определяется в установившемся режиме работы комплекса максимальным временем обработки металла в одном из активных его элементов (ИНУ или ОМД), что полностью соответствует концепции «узкого места» при системном подходе. Если максимальная производитель-

ность деформирующего оборудования меньше производительности ИНУ, то для оптимизации системы индукционного нагрева, можно рассматривать условие минимума себестоимости продукции комплекса в части затрат, обусловленных нагревом металла и влиянием его температуры на условия деформации.

В данном случае минимальное значение времени цикла работы комплекса определяется предельными возможностями одного из его элементов, который является «узким местом» комплекса, сдерживающим его производительность. В процессе решения одновременно с поиском управляющих воздействий находятся параметры оптимальной технологической инструкции: оптимальное температурное поле заготовки перед ОМД и оптимальные длительности нагрева, транспортировки и деформации.

Оригинальность рассматриваемой задачи заключается в том, что в данном случае управление будет также оптимальным по расходу энергии, т.е. обеспечивает максимальное энергосбережение.

УДК 621.317.7

А.В. Емелин, А.В. Савенко

Кубанский государственный аграрный университет, г.Краснодар

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА НЕСИММЕТРИИ НАПРЯЖЕНИЙ ПО НУЛЕВОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ

При проведении обследования систем электроснабжения и электропотребления сельскохозяйственных предприятий возникает необходимость в применении надежных, точных и дешевых средств определения показателей качества электроэнергии. Использование специализированных микропроцессорных анализаторов качества электроэнергии не представляется возможным из-за их высокой цены. Поэтому нами предлагается анализатор качества напряжения, позволяющий определять относительное отклонение напряжения, коэффициенты несимметрии напряжений по нулевой и обратной последовательностям [1,2,4,5]. Предлагаемые аппаратные средства позволят службе главного энергетика сельскохозяйственного предприятия, не прибегая к услугам аудиторских фирм и не приобретая дорогие приборы, проводить энергетические обследования систем электроснабжения и электропотребления своими силами с использованием разработанного методического обеспечения [3,6,7].

Коэффициент несимметрии напряжения по нулевой последовательности определяется с помощью симметричной прецизионной резистивной «звезды» (рис.1). Ток нейтрали пропорционален напряжению нулевой последовательности. Для его измерения с целью уменьшения зоны нечувствительности предложено использование диодно – резистивного выпрямительного моста. В качестве измерительного прибора используется микроамперметр магнитоэлектрической системы, позволяющий получить высокую точность и высокую чувствительность.

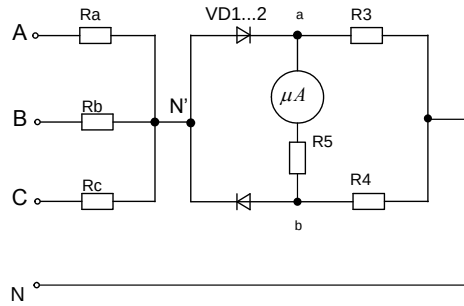


Рисунок 1 – Определение коэффициента несимметрии напряжений по нулевой последовательности

В случае включения диода VD1 в прямом направлении, диода VD2 в обратном направлении (один полупериод), напряжение $U_{NN'}$ определяется

$$U_{NN'1} = \frac{\left| U_A \frac{1}{R_a} + U_B \frac{1}{R_b} + U_C \frac{1}{R_c} \right|}{\frac{1}{R_a} + \frac{1}{R_b} + \frac{1}{R_c} + \frac{1}{R_{экв1}}},$$

где U_A, U_B, U_C – комплексы фазных напряжений;
 R_a, R_b, R_c – сопротивления фаз (выбраны по 300 кОм);
 $R_{экв1}$ – эквивалентное сопротивление участка NN'

$$R_{экв1} = \frac{R_3(R_4 + R_5)}{R_3 + R_4 + R_5}.$$

При этом потенциал точки а $\varphi_a = U_{NN'1}$, потенциал точки б $\varphi_b = U_{NN'1} \frac{R_4}{R_4 + R_5}$.

Напряжение на участке цепи аб на одном полупериоде можно выразить в виде:

$$U_{ab}(t) = U_{NN'1} \sqrt{2} \left(1 - \frac{R_4}{R_4 + R_5} \right) \sin \omega t.$$

В случае включения диода VD2 в прямом направлении, диода VD1 в обратном направлении (один полупериод), напряжение $U_{NN'}$ определяется как $U_{NN'2}$

$$U_{NN'2} = \frac{\left| U_A \frac{1}{R_a} + U_B \frac{1}{R_b} + U_C \frac{1}{R_c} \right|}{\frac{1}{R_a} + \frac{1}{R_b} + \frac{1}{R_c} + \frac{1}{R_{экв2}}},$$

где $R_{экв2}$ – эквивалентное сопротивление участка NN'

$$R_{экв2} = \frac{R_4(R_3 + R_5)}{R_4 + R_3 + R_5}$$

Аналогично напряжение на участке цепи аб в следующем полупериоде ($\pi, 2\pi$) можно выразить в виде:

$$U_{ab}(t) = -U_{NN'2} \sqrt{2} \left(1 - \frac{R_3}{R_3 + R_5} \right) \sin \omega t.$$

Определим среднее значение напряжения за весь период

$$U_{cp} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} U_{ab}(\omega t) d\omega t,$$

$$U_{cp} = \frac{1}{2\pi} \left(\int_0^{\pi} U_{NN'1} \sqrt{2} \left(1 - \frac{R_4}{R_4 + R_5} \right) \sin \omega t d\omega - \int_{\pi}^{2\pi} U_{NN'2} \sqrt{2} \left(1 - \frac{R_3}{R_3 + R_5} \right) \sin \omega t d\omega \right)$$

$$U_{cp} = \frac{\sqrt{2}}{\pi} \left(U_{NN'1} \left(1 - \frac{R_4}{R_4 + R_5} \right) + U_{NN'2} \left(1 - \frac{R_3}{R_3 + R_5} \right) \right).$$

Показания микроамперметра будут соответствовать выражению

$$I = \frac{U_{cp}}{R_5} = \frac{\sqrt{2}}{\pi R_5} \left(U_{NN'1} \left(1 - \frac{R_4}{R_4 + R_5} \right) + U_{NN'2} \left(1 - \frac{R_3}{R_3 + R_5} \right) \right).$$

Шкала магнитоэлектрического микроамперметра проградуирована в процентах и позволяет напрямую оценить коэффициент несимметрии напряжения по нулевой последовательности:

$$\varepsilon_{0U} = 0,2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{\pi R_5} \left(U_{NN'1} \left(1 - \frac{R_4}{R_4 + R_5} \right) + U_{NN'2} \left(1 - \frac{R_3}{R_3 + R_5} \right) \right)$$

или

$$\varepsilon_{0U} = 0,2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{\pi} \left(\left(\frac{U_A \frac{1}{R_a} + U_B \frac{1}{R_b} + U_C \frac{1}{R_c}}{\frac{1}{R_a} + \frac{1}{R_b} + \frac{1}{R_c} + \frac{1}{R_{экв1}}} \right) \left(\frac{1}{R_4 + R_5} \right) + \left(\frac{U_A \frac{1}{R_a} + U_B \frac{1}{R_b} + U_C \frac{1}{R_c}}{\frac{1}{R_a} + \frac{1}{R_b} + \frac{1}{R_c} + \frac{1}{R_{экв2}}} \right) \left(\frac{1}{R_3 + R_5} \right) \right).$$

Схема позволяет определить коэффициент отклонения нулевой последовательности от 0 до 10 % с абсолютной погрешностью, соответствующей требованиям ГОСТ 32144-2013 не более 0,3 %.

Оценка параметрической чувствительности представлена в таблице.

Таблица 1.– Погрешности при определении коэффициента несимметрии напряжения по нулевой последовательности

$\varepsilon_{0U}, \%$ истинное значение	$\varepsilon_{0U}, \%$ измеренное значение	Абсолютная погрешность	$\varepsilon_{0U}, \%$ при отклонении параметра $R_3 + 5\%$	$\varepsilon_{0U}, \%$ при отклонении параметра $R_3 - 5\%$
0	0	0	0	0
2	1,99	-0,01	1,98	2,00
4	3,98	-0,02	3,97	3,99
6	5,97	-0,03	5,95	5,99
8	7,96	-0,04	7,94	7,99
10	9,95	-0,05	9,92	9,98

При отклонении параметров R_3 и R_5 абсолютная погрешность не превышает 0,1 %.

Список литературы

1. Патент 2353943 Российская Федерация МПК G01R 29/16 Фильтр напряжения обратной последовательности / В. В. Тропин, А. В. Савенко, А. В. Емелин; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО Кубанский государственный аграрный университет. - №2008110252/09; заявл. 17.03.2008; опубл. 27.04.2009, бюл. №12. – 4 с.

2. Савенко А. В. Аналитическое определение коэффициентов несимметрии напряжения сети по нулевой и обратной последовательностям // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2006. – №2. – С.79-80.
3. Савенко А. В., Емелин А.В., Перепечин В.А. Определение рекомендуемой длины линии 0,4кВ электрической сети на имитационной математической модели // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 2007. - №8. - С. 9-10.
4. Савенко А.В., Тропин В.В. Полномасштабный анализатор отклонений и колебаний напряжений прямой, обратной и нулевой последовательностей // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. - 2014. №3. - С. 7-8.
5. Савенко А.В., Емелин А.В., Белах А.С. Аппаратное обеспечение энергоаудита системы электроснабжения и электропотребления электрической сети 0,4 кВ сельскохозяйственного предприятия // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2008. №1 Специальный выпуск. – С.123-124
- 6., Савенко А.В. Емелин А.В. Математическое моделирование системы электроснабжения и электропотребления предприятия АПК при проведении на нем экспресс-энергоаудита // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. Труды 6-й Международной конференции (13-14 мая 2008 года, г. Москва, ГНУ ВИЭСХ). В 5-ти частях. Ч. 1. Проблемы энергообеспечения и энергосбережения. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2008. – С.196-199.
7. Тропин В. В., Савенко А.В., Перепечин В.А. Анализ связи параметров сети с показателями качества электроэнергии // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. - 2005. - №5. - С.16-18.

УДК 621.317.39.084.2

А.А. Еопаров, Т.В. Улыбина

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

ВИБРАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ УСТАНОВКИ

В данной статье рассматривается построение вибрационной модели вентиляционной установки с целью более точного расчета основных параметров вибрации.

Для роторного оборудования характерным является наличие вращающегося ротора, установленного на подшипниковых опорах корпуса, и, генерирующего колебательные процессы [1, 2, 3]. Методы вибрационной диагностики определяют изменение характера взаимодействия элементов механизма, а значит отклонения технического состояния электрооборудования от нормального. Эффективность метода обусловлена связью используемой диагностической информации вибросигнала с динамическими процессами возбуждения и характером распространения колебаний в материале, автоматизированный сбор которых возможен с помощью современных приборов и вычислительной техники [2].

Для выявления структуры вибрационной модели вибрационной установки рассмотрим вибрационные связи между основными элементами с помощью графов связи (см. рисунок). Структура связей элементов установки будет симметрична относительно инерционной характеристики ротора M_p , поэтому на чертеже показана система связей между ротором, корпусом и подшипниками электродвигателя с одной стороны, и между ротором и вентилятором с другой. Вибрационные связи M_p с инерционными характеристиками внутренних колец подшипников M_{k1} и M_{k2} осуществляются через упругие элементы, характеризующие жесткостью оси C_{p1-3} , где

C_{p1} – осевая характеристика связи, C_{p2} – радиальная характеристика связи, C_{p3} – угловая характеристика связи.

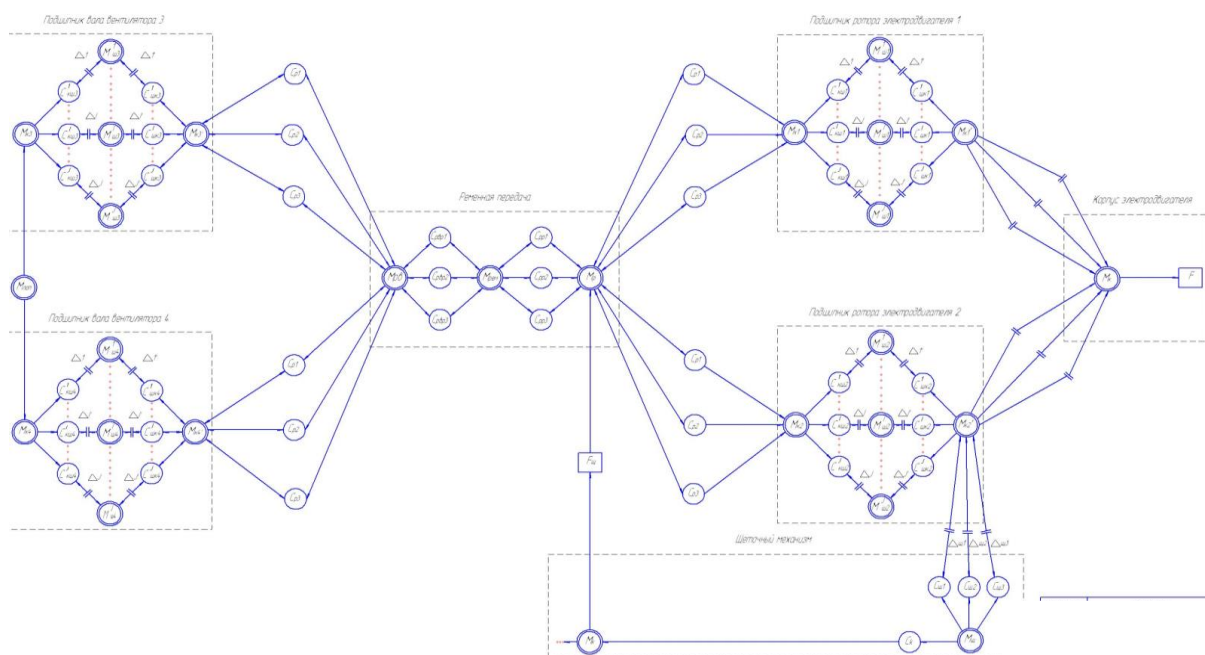


Рисунок 1. - Вибрационная модель вибрационной установки

Рассмотрим, как пример систему «Подшипник 1». Связи между $M_{к1}$ и инерционными характеристиками шариков $M_{ш1}^{1-J}$ определяются упругими свойствами контактов «шарики — кольцо подшипника» $C_{ку1}^{1-J}$ и возможными зазорами $\Delta_{ку1}^{1-J}$. Связи между M , C и F определяют воздействие технологических погрешностей на упругие свойства контактов «шарики — кольца подшипников» (F – возмущающая сила или воздействие, характеризуемое потенциальной энергией). Связи между $M_{ш1}^{1-J}$ и инерционными характеристиками наружного кольца подшипника $M_{к1}'$ имеют аналогичную структуру. Связь между $M_{к2}'$ и инерционными характеристиками подшипникового щита $M_{щ}$ осуществляются через $C_{щ1-3}$ и $\Delta_{щ1-3}$. Параметры $C_{щ1-3}$ определяют упругие свойства подшипникового щита, а $\Delta_{щ1-3}$ – возможные зазоры. Упругие свойства корпуса характеризуются через $M_{к}$, а F показывает влияние фундамента на инерционные свойства корпуса (в данном случае влияние фундамента будет рассматриваться как определённый момент инерции J , уменьшающий общую вибрацию корпуса J за счёт передачи части энергии вибрации в землю). Магнитные силы $F_{м}$ определяют вибрационную связь между $M_{р}$ и $M_{к}$ (к примеру, сюда относится влияние величины неравномерности воздушного зазора, притяжение ротора у статору). Влияние подшипникового сепаратора не рассматриваются в данной модели, т.к. этот элемент конструкции отсутствует в данном типе подшипников. Воздействие $F_{м}$, учитывающее наличие магнитных сил одностороннего магнитного притяжения ротора к статору, определяется по выражению [3].

$$F_{м} = -K_{м} \cdot [(y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2], \quad (1)$$

где $K_{м}$ – коэффициент, характеризующий величину притяжения ротора и статора (берётся из справочника); y_1, z_1 – координаты произвольно выбранной точки ротора без учёта притяжения; y_2, z_2 – координаты той же точки, с учётом влияния притяжения ротора и статора.

Аналогична и ситуация в системе взаимодействия «вентилятор – электродвигатель». Вибрация с лопаток вентилятора $F_{\text{лон}}$ складывается с вибрацией подшипников вала вентилятора $M_в$ (подробнее процесс суммирования вибрации описан ниже) и от вала вентилятора через три типа характеристик связей (осевая, радиальная, угловая) взаимодействует с инерционной характеристикой ременной передачи $M_{\text{рем}}$, которая в свою очередь с инерционной характеристикой ротора электродвигателя M_p . В том случае, когда упругие связи отсутствуют, то $C = 0$, если же отсутствуют зазоры, то $\Delta = 0$. Составим передаточные функции каждого элемента, для этого возьмём два параметра, характеризующие каждый элемент: возмущающее воздействие F и виброскорость V . Тогда при параллельном соединении входов и выходов элементов матрица импедансов примет вид:

$$\begin{pmatrix} F_1 \\ F_2 \end{pmatrix} = (Z_1 + Z_2) \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \end{pmatrix} \quad (2)$$

Таким образом, при параллельном соединении систем импеданс новой системы равен сумме импедансов отдельных систем. Если два звена соединяются последовательно, то воспользуемся передаточной матрицей:

$$\begin{pmatrix} F_1 \\ V_1 \end{pmatrix} = T' \begin{pmatrix} F_2 \\ V_2 \end{pmatrix} \quad (3)$$

При последовательном соединении систем передаточные матрицы перемножаются. Таким образом, полученные решения матриц будут выражаться в зависимости, характеризуемые коэффициентом $Q^r = F(V)$ – матрица функции, учитывающая гироскопические свойства элемента. При анализе вибрационных процессов наибольшее значение имеет изучение режимов вибрации, а также получение выражений для передаточной функции, связывающей возмущения с виброперемещением элементов установки. Уравнение, определяющее в общем виде динамику системы, выглядит следующим образом [3]:

$$F = q \cdot (J + (Q_1 + Q^r) + (C + \mu \cdot \sum_{p=1}^n C_p \cdot \cos pt), \quad (4)$$

где q – вектор, определяющий вибросмещение модели; J – момент системы, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$; Q_1 – матрица демпфирования (при наличии демпфера); μ – коэффициент, характеризующий технологические погрешности при изготовлении элементов конструкции; p – оператор системы.

Для определения q необходимо решить уравнение (4) относительно q , однако поскольку q является многомерным вектором, то аналитически решить это уравнение достаточно сложно. Поэтому целесообразно получить решение уравнения в виде передаточной функции, связывающей возмущение F и виброперемещение q . В этом случае можно записать:

$$F = e^{\lambda t} \cdot E \cdot e, \quad (5)$$

где E – единичная матрица, e – единичный вектор; $\lambda = i^* \omega$, где i^* – мнимая единица.

Решение уравнения (4) в виде:

$$q = F \cdot W, \quad (6)$$

где W – передаточная функция.

Передаточная функция вибрационной модели универсальна и имеет вид:

$$W = W_0 + \sum_{p=1}^n (W_p^2 \cdot \cos pt + W_p^2 \cdot \sin pt), \quad (7)$$

где W_0 – постоянная составляющая передаточной матрицы; W_p^2 – матрица с постоянными коэффициентами.

Таким образом, полученная функция при наличии числа элементов n , характеристик позволяет W_0 и W_p^2 с относительной точностью и в любой точке системы

получить значение виброперемещения или размаха вибрации по формуле (4). Отсутствие упругих связей (т.е. $C = 0$) допускается лишь в тех моделях, когда коэффициент сжимаемости менее 0,02 [4].

Вибрационные модели наглядно показывают физическую сторону вибрации в механизмах и системах с большим числом элементов, каждый из которых характеризуется отличными от других параметрами (масса, момент инерции, виброскорость). Через эти параметры мы можем судить о величине вибросмещения, а упругие связи и зазоры показывают характер взаимодействия этих элементов между собой. Отсутствие зазоров в механике встречается в тех случаях, когда, например, соединение элементов происходит не с помощью разъёмного соединения, например, болтового, а с помощью операции прессования.

Список литературы

1. ГОСТ 31350-2007. Вибрация. Вентиляторы промышленные. Требования к производимой вибрации и качеству балансировки. - М.: Стандартиформ.-2008 г.
 2. Кальменс, В.Я Обеспечение вибронадежности роторных машин на основе методов подобию и моделирования./ СПб.: СЗПИ, 1992.-245с.
 3. Каргин В.А.Совершенствование технологии погружения продольнонеустойчивых стержневых элементов на объектах АПК использованием переносного импульсного электромагнитного привода: автореф. ... дис. канд. техн. наук. – Саратов:, 2007. 21 с.
 4. 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, №3, 2008.-С.86-87.
 5. Усанов, К.М. Импульсный электромагнитный привод тросошайбового кормораздатчика[Текст] / К.М. Усанов, В.А.Каргин, А.П.Моисеев // Техника в сельском хозяйстве, №3, 2011. – С. 14 – 16.
 6. Улыбина, Т.В. Совершенствование технических средств для измерения вибраций/ А.Н.Власов.– Международная студенческая научно-практическая конференция «Студенты в научном обеспечении развития АПК».- С.-Петербург.-2010
- УДК 621.548

***Н.Б. Ербаева¹, Р.Р. Файзуллин², А.В.Садырин², Е.Т.Ербаев,² И.Ю. Лошкарев³,
В.И. Лошкарев³***

¹Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.
Россия, Саратов

²Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана
Республика Казахстан, Уральск

³Саратовский государственный аграрный университет имени Вавилова Н.И.Рос-
сия, Саратов

УПРАВЛЕНИЕ ПОТОКАМИ ЭНЕРГИИ РАЗНОЙ МОЩНОСТИ В АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ВЕТРО-ДИЗЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Для электроснабжения потребителей децентрализованных зон широкое применение получили дизельные генераторы (ДГ). Основной недостаток этих источников электроэнергии – высокий расход дизельного топлива, которое зачастую необходимо доставлять в удаленные районы.

Эти генераторы обычно выбирают по суммарной присоединенной мощности одновременно работающих электроприемников, которая определяется за получасовой максимум в интервале времени с наибольшей нагрузкой с учетом их среднего коэффициента мощности. При формировании технологического графика сначала рассматривают процессы, которые необходимо обеспечить в полном объеме, затем те, которые могут обслуживаться в ограниченном диапазоне мощности. Следует также стремиться уменьшать расчетную нагрузку, снижая потребляемую мощность по некоторым процессам, переносить отдельные процессы на другое время суток и т.п.

Наличие в регионе такого энергоносителя, как ветер, делает целесообразным применение гибридных электростанций, в которых дизельные генераторы дополняются ветрогенераторами [1,2].

Возможны различные варианты построения гибридных электростанций, которые отличаются не только составом оборудования, но организацией режимов работы [3, 4, 6, 7].

В настоящее время наиболее часто применяют схему, в которой источники подключаются непосредственно к шине переменного тока нагрузки без промежуточного преобразования электроэнергии. Благодаря отсутствию дополнительных преобразований электроэнергии в такой схеме обеспечивается высокий КПД в целом. Определенной проблемой схемы с суммированием мощности на шине переменного тока является включение на параллельную работу двух и более генераторов различной мощности и распределение нагрузки между ними.

В условиях интенсивного развития силовой электроники более целесообразной может быть схема гибридной электростанции, в которой суммирование потоков энергии отдельных источников разной мощности осуществляется на шине постоянного тока [4].

Пример построения такой системы электропитания показан на рис. 1. Первичными источниками энергии в ней являются дизельный генератор ДГ и ветрогенератор ВГ.

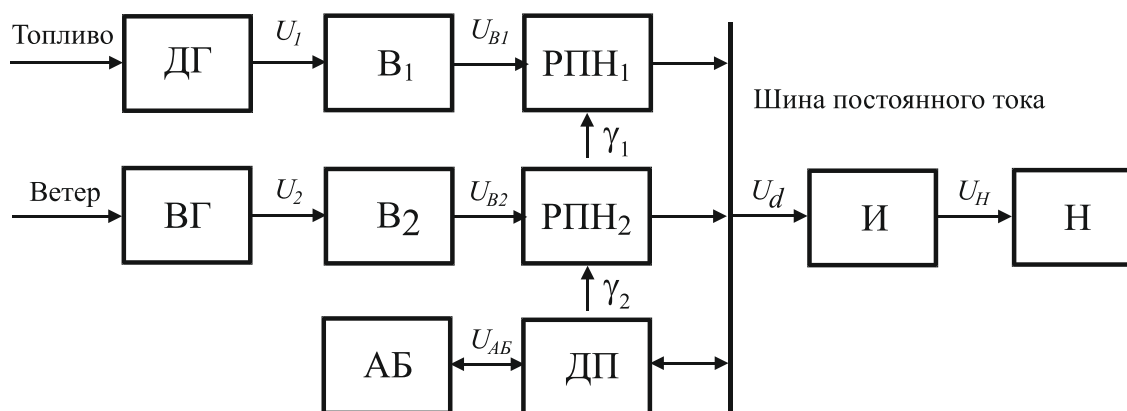


Рисунок 1 - Блок-схема гибридной системы электропитания с накопителем энергии и суммированием мощности на шине постоянного тока

ДГ и ВГ вырабатывают электрическую энергию переменного тока, при этом частота и величина напряжения на выходе каждого из этих генераторов зависит от

скорости вращения вала первичного двигателя. В рассматриваемой схеме (рис. 1) подразумевается, что ДГ и ВГ работают с изменяемой скоростью вращения вала, что требует решение задачи управления потоками энергии для обеспечения заданного качества электроэнергии в системе электропитания при изменении параметров нагрузки и климатических условий [5].

Определенной проблемой схемы с суммированием мощности на шине переменного тока является включение на параллельную работу двух и более генераторов различной мощности и распределение нагрузки между ними.

Для решения указанной задачи, прежде всего, осуществляется преобразование электрической энергии переменного тока на выходах ДГ и ВГ в электрическую энергию постоянного тока с помощью выпрямителей V_1 и V_2 . Подключение выпрямителей к шине постоянного тока производится через регуляторы постоянного напряжения РПН₁ и РПН₂. От шины постоянного тока получает питание инвертор И, который формирует на нагрузке переменное напряжение. При этом в нагрузку должна поступать электрическая энергия, показатели качества которой должны соответствовать ГОСТ 32144-2013 в заданном диапазоне изменения параметров нагрузки. К шине постоянного тока через двунаправленный преобразователь ДП подключена также аккумуляторная батарея АБ, которая в зависимости от режима работы системы электропитания заряжается от напряжения на шине постоянного тока при совместной или раздельной работе ДГ и ВГ или отдает энергию в нагрузку через ДП и инвертор И.

При суммировании потоков электрической энергии в звене постоянного тока должна быть решена задача стабилизации напряжения на шине постоянного тока [2].

Один из вариантов построения гибридной системы автономного электроснабжения с суммированием потоков энергии на шине постоянного тока представлен на рис. 2. В состав установки входят следующие источники электроэнергии: ДГ с двигателем внутреннего сгорания ДВС и синхронным генератором с электромагнитным возбуждением и блоком управления; ВГ с ветродвигателем ВД и синхронным генератором на постоянных магнитах.

Выходы ВГ и ДГ через выпрямители В подключены к шине постоянного тока, от которой получает питание инвертор И. В качестве накопителя энергии в рассматриваемой схеме используется аккумуляторная батарея АБ, которая подключена к шине постоянного тока через контроллер заряда-разряда К.

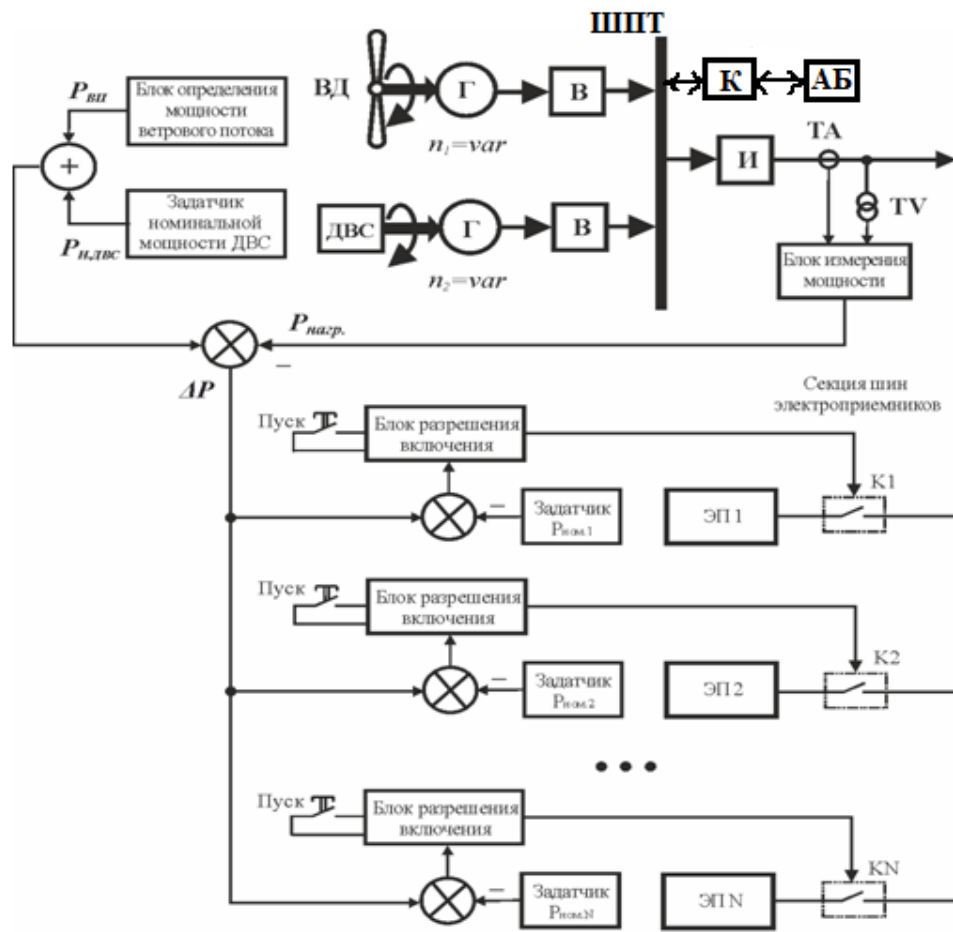


Рисунок 2 - Схема гибридной системы автономного электроснабжения

К выходу инвертора И могут быть подключены электроприемники ЭП1 – ЭПN через коммутаторы K1 – KN, которые имеют управляющие входы, соединенные с блоками разрешения включения. ВЭУ оснащена блоком определения мощности ветрового потока, ДЭС – задатчиком номинальной мощности ДВС. На выходе инвертора И установлен блок измерения мощности с датчиками тока ТА и напряжения TV. Электроприемники ЭП1 – ЭПN снабжены датчиками номинальной мощности $P_{ном.k}$.

Функционирование ВДУ осуществляется следующим образом. На шину постоянного тока поступают потоки энергии, которые вырабатывают ВГ под действием ветра и ДГ за счет теплоты сгорания дизельного топлива. Далее, инвертор преобразует напряжение на шине постоянного тока в переменное напряжение в электроэнергию трехфазного переменного тока с частотой 50 Гц и напряжением 380 В. Это напряжение подается электроприемникам ЭП1...ЭПN через коммутаторы K1...KN.

В системе осуществляется оперативный контроль нагрузочной способности источников электроэнергии. Для исключения аварийных ситуаций, обусловленных перегрузкой ВГ и ДГ, подключение электроприемников ЭП1 – ЭПN к сборной шине производится только в том случае, когда в системе электроснабжения имеется определенный запас мощности, который определяется следующим образом:

$$\Delta P = P_{вп} + P_{н.двс} - P_{нагр.},$$

где $P_{ВП}$ – мощность ветрового потока;

$P_{н.двс}$ – номинальная мощность ДВС;

$P_{нагр.}$ – активная мощность нагрузки.

После нажатия кнопки «Пуск» блок разрешения включения выдает сигнал на запуск соответствующего электроприемника, если выполняется условие:

$$\Delta P - P_{ном.k} > P_0,$$

где P_0 – некоторая наперед заданная величина.

Таким образом, исключаются ситуации, когда одновременно включаются мощные электроприемники, при которых происходит перегрузка ВДУ. При этом разделение во времени пусковых режимов мощных электроприемников позволяет уменьшить установленную мощность электрогенерирующего оборудования, что способствует снижению стоимости электрооборудования.

Список литературы

1. Лукутин Б.В. Возобновляемая энергетика в децентрализованном электроснабжении / Б.В. Лукутин, О.А. Суржикова, Е.Б. Шандарова // Учебное пособие. М.: Энергоатомиздат, 2008. 231 с.
2. Ербаев Е.Т. Особенности построения автономной ветро-дизельной системы электроснабжения объектов с электроприемниками разного типа / Е.Т. Ербаев, И.И. Артюхов, С.Ф. Степанов и др. // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1 (Электронный журнал) URL: <http://www.science-education.ru/121-17998>.
3. Обухов С.Г., Плотников И.А. Сравнительный анализ схем автономных электростанций, использующих установки возобновляемой энергии // Промышленная энергетика. 2012. №7. С. 46 – 51.
4. Артюхов И.И., Ербаев Е.Т. Варианты построения схем автономных ветродизельных установок / Новые технологии и технические средства в АПК: материалы Междунар. конф., посвященной 105-летию со дня рождения профессора Красникова В.В. (Саратов, 23–24 мая 2013 г.). Саратов: Изд-во «КУБиК», 2013. С. 9 –11.
5. Лукутин Б.В. Способы снижения расхода топлива дизельных электростанций / Б.В. Лукутин, Е.Б. Шандарова // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 2; URL www.science-education.ru / 108-8615.
6. Моисеев А.П., Волгин А.В., Лошкарев И.Ю., Леонтьев А.А. // Силовые характеристики электромагнитного двигателя с конденсаторным питанием //Актуальные проблемы энергетики АПК VI Международная научно-практическая конференция. Под общей редакцией Трушкина В.А.. 2015. С. 181-184.
7. Лошкарев И.Ю., Клепиков А.П., Лошкарев В.И. // Оценка возможности применения возобновляемых источников энергии в Александрово-Гайском районе Саратовской области //Актуальные проблемы энергетики АПК VI Международная научно-практическая конференция. Под общей редакцией Трушкина В.А.. 2015. С. 139-144.

¹Ербаева Н.Б., ²Файзуллин Р.Р., ²Садырин А.В., ²Ербаев Е.Т., ³Лошкарев И.Ю.,
³Лошкарев В.И.

¹Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.
Россия, Саратов

²Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана
Республика Казахстан, Уральск

³Саратовский государственный аграрный университет имени Вавилова Н.И.
Россия, Саратов

АВТОНОМНАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ УНИВЕРСИТЕТА

В наше время тема развития альтернативных способов получения энергии как нельзя более актуальна. Традиционные источники стремительно иссякают и уже через какие-нибудь десятки лет могут быть исчерпаны. И 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 получение солнечной энергии [1,2,10].

В последние годы так называемая «альтернативная энергетика» пользуется все большей популярностью. Особое же внимание уделяется использованию излучения солнца. Это вполне закономерно, ведь если создать элемент, который способен преобразовать световые лучи в электричество, можно получить бесплатный неиссякаемый энерго-источник. И такой элемент был создан. Он был назван «солнечным фотоэлементом» или «солнечной батареей», причем как работает солнечная батарея, разобраться довольно просто (рис.1).



Рисунок 1 – Солнечный фотоэлемент

Главное – не путать фото-батареи с солнечными коллекторами (и те, и другие часто именуют «солнечными панелями»). Если принцип действия коллекторов основан на нагревании теплоносителя, то фото-ячейки производят непосредственно электричество. В основе их работы – фотоэлектрический эффект, заключающийся в генерации тока под воздействием солнечных лучей в полупроводниковых материалах [3].

Возобновляемые источники энергии важны не только с точки зрения диверсификации технологической базы электро-генерации. Сегодня мировое сообщество испытывает серьезную озабоченность по поводу глобального изменения климата [1].

Важным преимуществом систем солнечной фото-энергетики является отсутствие выбросов углекислого газа в процессе работы систем [4].

Потенциально возможная выработка солнечной энергии оценивается в 2,5 млрд. кВт/ч в год. Несмотря на то, что Казахстан расположен в северных широтах, потенциал солнечной радиации на территории республики достаточно значителен (составляя 1,3 - 1,8 тыс. кВт/ч на 1 кв.м в год, количество солнечных часов в году – 2,2 - 3 тыс.).

При этом, солнечная энергия может использоваться не только для выработки электроэнергии, но и тепла, что обуславливает возможность точечного внедрения солнечных установок, в том числе и районах, отдаленных от центрального электро- и теплоснабжения. Казахстан может извлечь огромную пользу из чрезвычайно высокого технического потенциала солнечной энергии на его территории [5].

Территория университета довольно обширна, она включает в себя корпуса факультетов, административные здания, научно-исследовательские сооружения и лаборатории, здания общежития, аллеи и т.д.

Вдоль аллей, которые нужно освещать большое количество деревьев и других эстетических сооружений. Поэтому автономное освещение с помощью солнечных панелей позволит не только снизить расходы электроэнергии в целом, сравнительно малое количество линий электропередач для освещения также является преимуществом.

При наличии таких линий их эксплуатация требует постоянного контроля. Каждый год необходимо следить за ростом деревьев, расчищать просеки и т.д. Автономная система освещения предполагает использовать меньше таких линий, что уменьшает не только затраты на эксплуатацию ЛЭП, но и улучшает эстетику территорий университета [1].

Новая система включает в себя светодиодные светильники, датчики движения и беспроводную связь, соединяющую все осветительные приборы между собой, а также с диспетчерской. Система автоматически приглушает свет каждого уличного фонаря до 20% от максимальной мощности, пока в зоне его ответственности нет ни пешеходов, ни машин, ни велосипедистов. При появлении путника свет автоматически разгорается. Таким образом за человеком или автомобилем бежит пятно света, в то время как значительную часть времени вся остальная сеть работает в режиме минимального потребления электроэнергии.

Похожие идеи встречались и раньше, к тому же на рынке давно можно найти светодиодные фонари с датчиком движения, включающим свет только при появлении человека. Вместе с тем в системе из Делфта есть отличия от предшественников. Например, на территории технологического университета Делфта установлена система интеллектуального уличного освещения «Intelligente straatverlichting», создан-

ная по проекту выпускника Делфта Чинтан Шаха. Особенность этой системы заключается в том, что по подсчетам разработчиков, экономия электроэнергии составляет около 80%.

Здесь, по мере перемещения людей, загорается не только самый ближний к пешеходам уличный фонарь, но и соседние, которые получают команду от собрата по радио. И все лампы никогда не гаснут полностью. Это создаёт большое «пятно безопасности» вокруг каждого пешехода и позволяет по аналогичному чужому «пятну» издали заметить другого человека или приближающийся автомобиль.

По оценке Международного энергетического агентства, свыше 20% всей потребляемой в мире электроэнергии расходуется на освещение. Современные передовые технологии позволяют сэкономить до 40 - 60% потребляемой электроэнергии, что в мировом масштабе эквивалентно 106 млрд евро экономии в год. С экологической точки зрения это соответствует: сокращению выбросов углекислого газа в атмосферу на 555 млн тонн в год, ежегодному сбережению 2 тераватт электроэнергии и экономии 1,5 млрд баррелей нефти [6].

Применение инновационных систем освещения и светодиодных источников света снижает себестоимость производимых товаров, увеличивает производительность труда и приводит к экономии всех видов ресурсов. Светодиодное освещение городских улиц и автомагистралей — реальность современного мира энергосберегающих технологий. Светодиодные светильники для освещения улиц и автодорог работают в США, Китае, Европе. Установленные на опоры освещения различной высоты, светодиодные светильники используются в этих странах для освещения автомобильных дорог за пределами городов. Менее мощные светодиодные уличные светильники используются и для освещения улиц, дворовых территорий и проезжей части в самих городах.

В г. Уральске Западно-Казахстанской области уличное освещение постепенно заменяется на энергосберегающее, светодиодное. К сожалению, данный процесс не является очень быстрым, что обусловлено высокой стоимостью светодиодов и недостаточным финансированием со стороны государства. Несмотря на это, перспективные предприятия выделяют денежные средства на уличное освещение территорий и подъездов.

Основными движущими силами в замене уличного освещения являются экономия электроэнергии, а так же ресурсов предприятия по обслуживанию объектов, т.к. светодиодные светильники в обслуживании не нуждаются.

Как уже ясно, солнечный светильник работает автономно, без подключения к электрической сети. Однако источником света в нем является обычная светодиодная лампа, которой для работы необходим заряд энергии. На самом деле, в этом светильнике также вырабатывается электроэнергия, но она не берется в готовом виде из розетки, а «перерабатывается» из энергии солнечных лучей. Солнечная батарея, являющаяся главным элементом подобных светильников, как раз и преобразует солнечную энергию в электрическую [6].

Накопление энергии происходит в светлое время дня, причем, чем дольше и интенсивнее будет освещен светильник, тем больше света он будет выделять ночью.

Энергия, накопленная за день, концентрируется в аккумуляторе (в недорогих моделях его роль играют аккумуляторные батарейки, в более «продвинутых» — никель-кадмиевые аккумуляторы). Полной зарядки аккумулятора в дневное время обычно хватает на 8 - 12 часов непрерывной ночной работы светильника. В том случае, если светильник заряжался в пасмурный день, срок ночной работы будет меньше, а качество освещения — хуже.

Уличные фонари на столбах либо ножке подойдут для подсветки большой территории — парковки передней части двора, беседки, сада, здания. Существуют устройства, мощностью до 60 Вт, однако их чаще применяют для автономного освещения дорог (рис.2).



Рисунок 2 – Модель уличного фонаря на опоре с использованием солнечной панели

Панели бывают как с монокристаллическим кремнием, так с и поликристаллическим кремнием. Для изготовления монокристаллического кремния его очищают, плавят и кристаллизуют в слитки, от которых отрезают тонкие слои. Внешне монокристаллические элементы выглядят, как однотонная поверхность темно-синего или почти черного цвета. Сквозь кремний проходит сетка из металлических электродов. Эффективность такого элемента составляет от 16 до 19 % в стандартных условиях тестирования (прямой солнечный свет, + 250 °C). Срок службы таких панелей у хороших производителей составляет обычно 40 - 50 лет. Производительность за каждые 20 - 25 лет службы постепенно снижается примерно на 20 %.

Внутренний слой элемента выполняется из «р» - полупроводника, внешний, гораздо более тонкий, - из «п» - полупроводника. На границе слоев возникает так называемая «зона «р-п» перехода», образовавшаяся за счет формирования объемных положительных зарядов в «п» - слое и отрицательных — в «р» - слое (рис.3 б).

При этом в зоне перехода возникает определенный энергетический барьер, вызванный разностью потенциалов зарядов. Он препятствует проникновению основных носителей электрического заряда, но свободно пропускает неосновные, причем в противоположных направлениях. Под действием же солнечного света часть фотонов поглощается поверхностью элемента и генерирует дополнительные «дырочно-электронные» пары. То есть электроны и дырки перемещаются из одного полупроводника в другой, передавая им дополнительный отрицательный или положительный заряд. При этом первоначальная разность потенциалов между «п» - и «р» - слоем снижается, а во внешней цепи генерируется ток (рис. 3 а).

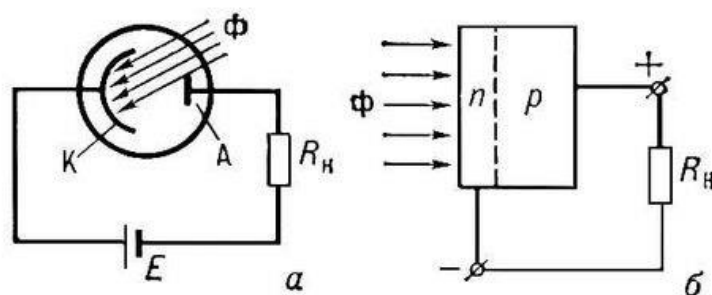


Рисунок 3 – Схема фотоэлемента

Солнечные панели и их количество необходимо рассчитать с учетом разности уровня солнечной радиации зимой и летом. Так зимой может понадобиться большее количество солнечных панелей при таком же количестве аккумуляторов. Цепь: солнечная панель – контроллер – аккумуляторы – инвертор будет использоваться только для освещения и будут рассчитаны на сравнительно малую мощность [7,8].

Аккумуляторные батареи являются одним из важнейших элементов современных гелиосистем. Ведь в солнечные дни фотоэлементы вырабатывают, как правило, гораздо больше энергии, чем требуется, а в ночное время их производительность равна нулю. Поэтому и возникает необходимость накопления и хранения энергии для последующего использования. Иными словами, именно аккумуляторы для солнечных батарей отвечают за равномерное и бесперебойное энергоснабжение [9].

В настоящее время распространены гелиевые аккумуляторы для солнечных батарей. Благодаря особой желеобразной консистенции электролита такие устройства также могут работать в любом положении. Роль разделителя свинцовых пластин играет силикагель, в порах которого и удерживается гелиевый электролит. Поскольку силикагель полностью заполняет все пространство между электродами, их осыпание практически полностью исключено.

Расчет и выбор остальных составляющих, таких как провода, светодиодные фонари, фотоэлементы для автономного включения фонарей и защитные устройства не требуют особых расчетов, и их выбор не составит труда. Сейчас существует широкий выбор различных дизайнов уличных светодиодных фонарей.

Преимущества автономного освещения на солнечных батареях:

- главное достоинство солнечных батарей - их предельная конструктивная простота и полное отсутствие подвижных деталей;
- сокращение общего потребления электроэнергии университетом за счет самостоятельного питания ламп уличного освещения;
- солнечные батареи не нуждаются в каком-либо топливе и способны работать на внутренних ресурсах, автономная простая система управления на фоторезисторах питает светодиоды при наступлении темноты;
- применяемые технологии и материалы полностью соответствуют самым высоким экологическим нормам, солнечные батареи не производят выбросов вредных веществ в окружающую среду и абсолютно безопасны;

К недостаткам такого освещения относится:

- при пасмурной погоде батарея генерирует малое количество энергии, которой хватает только на половину темного времени суток;
- при отсутствии датчиков движения нужна более сложная система управления;
- стоимость всех элементов такого освещения высокая, а значит срок окупаемости больше обычной системы освещения.

Развитие солнечных батарей позволяет эффективно тратить энергию по мере ее надобности и это в полной мере касается ночного освещения. Использование солнечных батарей в настоящее время активно применяется во многих странах мира. В первую очередь подразумевает возможности использования солнечных батарей освещения в городе Уральска.

В заключение следует отметить, что применение автономного энергоснабжения уличного освещения на солнечных панелях легко и экономически целесообразно совместить с ветровыми установками, так как при их совместном использовании уровень энергоснабжения возрастет при небольших дополнительных затратах.

Список литературы

1. Токбергенова Г.А. Возможности использования солнечных батарей в уличном освещении / Г.А. Токбергенова // Вестник Жезказганского университета имени О.А. Байконурова (научный журнал). – 2015. - №2 (30). – С. 78 – 81.
2. Рубан С.С. Нетрадиционные источники энергии - М.: Энергия, 2003.
3. <http://xn---8sbemlh7ab4a1m.xn--p1ai/work/436056/Ulichnoe-osveshhenie-na-solnechnyx>.
4. Германович А., Турилин А. Альтернативные источники энергии. Практические конструкции по использованию энергии ветра, солнца, воды, земли, биомассы. – СПб.: Наука и техника, 2011. – 320 с.
5. Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки М. Энергоатомиздат 1991.
6. Тлеуов А.Х. Нетрадиционные источники энергии: учебное пособие. – Астана. Фолиант, 2009. – 248 с.
7. http://m.ekaraganda.kz/?mod=news_read&id=34027.
8. <http://www.bestreferat.ru/referat-216840.html>.

Г.П.Ерошенко, М.М.Королев

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

СОСТАВ И КЛАССИФИКАЦИЯ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЕЛЬКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ 10-0,4 кВ

Аннотация: В статье представлен состав и классификация потерь электроэнергии в сельскохозяйственных электрических сетях. Данная классификация позволяет выработать рекомендации, необходимые для более корректного определения потерь электроэнергии в электрических сетях при разных ступенях напряжения

Ключевые слова: потери энергии, снижение, классификация, распределительные сети.

Рациональное использование топливно-энергетических ресурсов является одной из наиболее актуальных проблем, как в России, так и за рубежом. Для достижения максимальной эффективности их использования необходимо рассматривать всю схему производства и потребления энергии, начиная от добычи энергетических ресурсов и их транспортировки к местам переработки в электроэнергию и заканчивая её потреблением. На всех этапах этой схемы имеются возможности для снижения расхода энергоресурсов. Снижение потерь электроэнергии в распределительных электрических сетях является важной составляющей общего комплекса энергосберегающих мероприятий.

Уровень потерь электроэнергии в сетях считаются основными показателями эффективности и экономичности их работы. Это - своего рода индикатор энергосберегающей деятельности предприятий. Большое количество потерь электроэнергии в сетях показывает на то, что в этой сфере существуют определенные проблемы.

Рост потерь энергии в электрических сетях определен действием вполне объективных закономерностей в развитии всей энергетики в целом. Основными из них являются: тенденция к концентрации производства электроэнергии на крупных электростанциях; непрерывный рост нагрузок электрических сетей, связанный с естественным ростом нагрузок потребителей и отставанием темпов прироста пропускной способности сети от темпов прироста потребления электроэнергии и генерирующих мощностей.

На сегодняшний день наиболее острой проблемой являются именно технические потери электроэнергии в сетях, это обусловлено несовершенством системы расчетов и особенностями процессов передачи и распределения энергии. Технические потери электроэнергии, в свою очередь, подразделяют на условно-постоянные потери и переменные потери электроэнергии в сетях. Эти виды потерь целиком и полностью зависят от уровня и постоянства выдаваемой нагрузки.

Системный подход к исследованию потерь электроэнергии при высокой степени неопределенности обуславливает необходимость уточнить их классификацию.

Для исключения неопределенности любого рода при расчете и анализе потерь электроэнергии целесообразно использовать структуру таких потерь, в которой они разделены на составляющие, исходя из физической природы самих потерь, реальных условий эксплуатации электрических сетей.

Для целей нормирования потерь целесообразно использовать укрупненную классификацию потерь электроэнергии, в которой потери разделены на составляющие исходя из их физической природы и специфики методов определения их количественных значений. Исходя из этого критерия фактические (отчетные) потери электроэнергии могут быть разделены на четыре составляющие:

1) технические потери электроэнергии, обусловленные физическими процессами, происходящими при передаче электроэнергии по электрическим сетям и выражающимися в преобразовании части электроэнергии в тепло в элементах сетей. Технические потери не могут быть измерены. Их значения получают расчетным путем на основе законов электротехники;

2) потери при расходе электроэнергии на собственные нужды подстанций, необходимом для обеспечения работы технологического оборудования подстанций и жизнедеятельности обслуживающего персонала. Расход электроэнергии на собственные нужды подстанций регистрируется счетчиками, установленными на трансформаторах собственных нужд, а значение потерь в этом случае получают расчетным путем;

3) потери электроэнергии, обусловленные инструментальными погрешностями её измерения (инструментальные потери). Эти потери получают расчетным путем на основе данных о метрологических характеристиках и режимах работы используемых приборов;

4) коммерческие потери, обусловленные хищениями электроэнергии, несоответствием показаний счетчиков оплате за электроэнергию бытовыми потребителями и другими причинами в сфере организации контроля за потреблением энергии. Коммерческие потери не имеют самостоятельного математического описания и, как следствие, не могут быть рассчитаны автономно. Их значение определяют, как разницу между фактическими (отчетными) потерями и суммой первых трех составляющих.

Три первые составляющие укрупненной классификации потерь обусловлены технологическими потребностями процесса передачи электроэнергии по сетям и инструментального учета её поступления и отпуска. Сумма этих составляющих хорошо описывается термином «технологические потери».

Четвертая составляющая – коммерческие потери – представляет собой воздействие «человеческого фактора» и включает в себя все его проявления: сознательные хищения электроэнергии некоторыми абонентами с помощью изменения показаний счетчиков, потребление энергии мимо счетчиков, неоплату или неполную оплату показаний счетчиков, определение поступления и отпуска электроэнергии по некоторым точкам учета расчетным путем при несовпадении границ балансовой принадлежности сетей и мест установки приборов учета и прочее.

Классификация потерь при передаче электроэнергии, систематизированная с целью разработки новой методики учета производственных потерь, представлена схематично на рисунке 1.

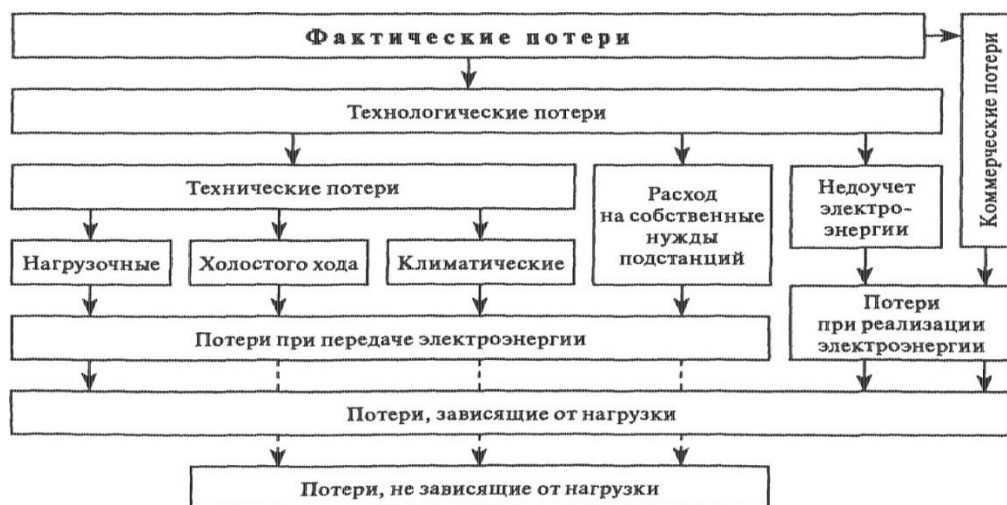


Рисунок 1 - Классификация потерь электроэнергии

Показатели, формирование которых необходимо для характеристики потерь энергоснабжающей организации и направления их использования в системе управления представлены в таблице 1. На основании уровня потерь электроэнергии можно сделать выводы о необходимости и объеме внедрения энергосберегающих мероприятий. В настоящее время активно ведутся разработки новых методов и планов мероприятий, которые бы способствовали уменьшению потерь электроэнергии в сетях, приведенные в таблице 1.

Таблица 1- Мероприятия по энергосбережению в сетях

Характер потерь	Энергосберегающие мероприятия
Технологические потери электроэнергии	1. Включение в себестоимость продукции технологических потерь с целью полного учета всех затрат энергоснабжающей организации согласно действующему инструктивному материалу; 2. Потери при расходе на собственные нужды подстанций и недоучет электроэнергии, принимать в расчет для целей управленческого учета при определении себестоимости и финансового результата по производству и реализации продукции; 3. Контроль уровня технологических потерь в сравнении с другими энергоснабжающими организациями; 4. Составление товарного баланса электроэнергии
Коммерческие потери электроэнергии	1. Определение реального убытка от утраченной электроэнергии; 2. Обоснование затрат, позволяющих сократить потери при сопоставлении затрат и возможных предотвращаемых потерь; 3. Определение общей суммы затрат при выявлении потерь (хищений) электроэнергии, для отнесения на виновное лицо (организацию); 4. Для сопоставления затрат по выявлению потерь (хищений) электроэнергии, в совокупности с объемом утраченной электроэнергии, с затратами по их предотвращению - с целью принятия решений о возможности осуществления мероприятий по предотвращению потерь.

К приоритетным мероприятиям по снижению технических потерь электроэнергии в распределительных электрических сетях 0,4-10 кВ относятся:

- применение самонесущих изолированных и защищенных проводов для ВЛ напряжением 0,4-10 кВ;

- разработка и внедрение нового более экономичного электрооборудования, в частности, распределительных трансформаторов с уменьшенными активными и реактивными потерями холостого хода, встроенных в КТП и ЗТП конденсаторных батарей;

- комплексная автоматизация и телемеханизация электрических сетей, применение коммутационных аппаратов нового поколения, средств дистанционного определения мест повреждения в электрических сетях для сокращения длительности неоптимальных ремонтных и послеаварийных режимов, поиска и ликвидации аварий;

Рекомендуемая классификация потерь при передаче электроэнергии предоставляет возможность формирования в учете данных для информационного обеспечения системы управления, в полной мере характеризующих потери как единый показатель с необходимой степенью детализации для принятия обоснованных решений по важнейшим аспектам хозяйственной деятельности энергоснабжающей организации.

Экономические показатели эффективности зависят от технической надёжности работы её элементов, и здесь важную роль играет научное обоснование инженерных и организационных решений, повышающих параметры надёжности.

Список литературы

1. Воротницкий В.Э., Загорский Я.Т. Расчет, нормирование и снижение потерь электроэнергии в городских электрических сетях // Электрические станции. 2000. №5.

2. Инструкция по нормированию расхода электроэнергии на собственные нужды подстанций 35...500 кВ. Главтехуправление. М., 2011.

3. Саган-оол К.Б. Методы реализации промышленной политики регионального уровня /К.Б. Сагаан-оол // Экономическое возрождение России. 2011. № 3 (29).

4. Мировая энергетика: прогноз развития до 2020 г./ Пер. с англ. под ред. Ю.Н. Старшикова. М.: Энергия, 1990.

5. Потери электроэнергии в электрических сетях энергосистем. / Под ред. В.Н. Казанцева. М.: Энергоатомиздат, 2013.

6. Информационные материалы третьей Международной научно-технической конференции «Нормирование, анализ и снижение потерь электроэнергии в электрических сетях –2004» // Российский статистический ежегодник ГОСКОМСТАТ. М., 2004. № 64

7. Инструкции о порядке расчётов за электрическую и тепловую энергию», утверждённой Комитетом по политике цен и Минтопэнерго РФ 30.11.15 г. № 01 - 17 / Н43- 11 и ВК – 7539.

Г.П.Ерошенко , А.Д. Овчаров, М.М. Королев

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

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Аннотация: В статье рассмотрены основные направления энергосбережения. Энергосбережение изучается в контексте со стратегическим планированием издержек в энергетике - ведущей ценообразующей отрасли сельского хозяйства. Значительная роль энергетики обусловлена тем, что все процессы в сельском хозяйстве связаны с увеличивающимися масштабами использования энергии, ростом энерговооруженности труда, а, следовательно, наличием энергетической составляющей в каждом из видов сельскохозяйственной продукции.

Ключевые слова: потери энергии, сельскохозяйственные предприятия, энергосберегающие системы.

Энергетика является важнейшей составляющей материально-технической базы сельского хозяйства, ее сердцевиной, определяющей эффективность развития производства, уровень производительности труда, качество производимой продукции, социальные условия жизни населения, быт и стабильность функционирования сельских поселений. Развитие экономики каждой из страны мира сопряжены с увеличением потребления энергетических ресурсов используемых для совершенствования технологий и объемов производства промышленной и сельскохозяйственной продукции, улучшение бытовых и социальных условий жизни, замещения ручного труда машинным.

В настоящее время мировое потребление первичных энергоресурсов составляет 11 млрд. тон нефтяного эквивалента (н.э.) и по оценкам мирового энергетического совета в 2015 г. рост составил 50-55%. За 1973-2015 гг. объемы производства электрической энергии возрос по данным международного энергетического агентства более чем в 2,5 раза – с 6111 до 15882 млрд. кВт·ч. В мировой экономике в 2015 г. 40,3% электрической энергии производилось за счет переработки угля, 19,7% - газа, 16,0% - гидроресурсов, 15,2% - ядерного топлива, 6,2% - нефти и 2,5% других источников. К 2025 г. прогнозируется увеличение производства электроэнергии в два раза – до 26018 млрд. кВт·ч. Сельское хозяйство России в настоящее время занимает незначительную долю в потреблении энергетических ресурсов страны, составляющих 4-6%.

В то же время надежность, устойчивость и эффективность энергообеспечения влияет на качественные и количественные показатели эффективности сельскохозяйственного производства.

Необходимость экономного и по существу рационального использования энергоресурсов обуславливается рядом причин - экономическое, социальное экологическое, демографическое характера. Из-за низкой продуктивности растениеводства и животноводства, уступающих показателям западных стран в 1,5-2,5 раза и более, возросли удельные затраты всех видов ресурсов, что делает нашу продукцию неконкурентоспособной. В структуре издержек производства продукции удельный вес прямых затрат на энергоресурсы в сельском хозяйстве составляют 12-13%, т.е. они возросли за последние 10-15 лет в связи с ростом тарифов на энергоносители и увеличением энергоёмкости из-за применения устаревших энергозатратных технологий в 3-5 раз.

Энергосбережение - это система средств и способов получения желаемых технологических результатов (продуктов) при наименьших затратах ресурсов. Такая система разрабатывается при новом проектировании процессов или путем модернизации традиционных.

Создание энергосберегающей системы будет успешным, если на первых шагах удастся определить границы её эффективности. Для этого необходимо знать количество сберегаемой энергии и какие допустимы затраты на достижение этой цели. Другими словами, затраты на энергосберегающую систему не превышает стоимость сбереженной энергии за расчетный период времени.

Применительно к энергосбережению эта задача в общем виде может быть решена следующим образом. Предположим что на создание энергосберегающей системы требуется ΔK рублей капиталовложений. Эта система позволяет в течении года сберечь ΔW кВт*ч электроэнергии. Расчетные затраты на систему Z_c и стоимость сбереженной энергии $Z_э$ можно записать:

$$Z_c = (E + E_p) * \Delta K \quad (1)$$

$$Z_э = c * v_n * \Delta W \quad (2)$$

где $E + E_p$ – коэффициент нормативной окупаемости и реновационных отчислений, c – тариф на электроэнергию, v_n – коэффициент потерь в системе энергосбережения.

Очевидное условие эффективности энергосберегающей системы $Z_c < Z_э$. Из уравнения (1), (2) получаем

$$\Delta K < c * v_n * \Delta W / (E + E_p) \quad (3)$$

Для объектов сельской электрификации можно принять:

$c = 5$ руб/кВт*ч; $v_n = 1,2$; $E + E_p = 0,2$.

Подставим эти данные в (3) и получим

$$\Delta K < 30 \Delta W \quad (4)$$

Отсюда следует, на сбережение 1000 кВт*ч/год электроэнергии допустимый размер капиталовложений не должен превышать 30 000 рублей. Такой ориентир заставляет разработчиков вести целевое проектирование по размеру сбереженной энергии и стоимость энергосберегающей системы.

Сейчас ведется широкий поиск энергосберегающих систем. Их классификация ещё не сложилась. Поэтому рассмотрим способы и средства энергосбережения на примере традиционных технологий в животноводстве: создание микроклимата, кормоприготовления и освещения.

Создание искусственного микроклимата в помещениях является необходимым условием эффективного ведения животноводства на промышленной основе. Передовой опыт доказал, что нормализацией микроклимата способствует повышение продуктивности животных. Надой может возрастать на 10-20%, а его жирность на 10-15%, яйценоскость кур повышается на 30%, прирост массы животных на 15-30%. При этом расход кормов сокращается в 1,3-1,5 раза. Особенно важным (положительным) фактором является микроклимат при выращивании молодняка животных.

Однако для получения положительных эффектов требуется больше энергозатрат, достигающие 8 кВт*ч/сутки на животное. Этим подтверждается актуальность энергосбережения в системах микроклимата для телят, поросят и яичников.

Традиционный способ создания микроклимата в телятниках состоит в подогреве приточного воздуха с помощью электрокалориферов и подачи его в помещение с помощью перфорированного воздуховода, расположенного вдоль помещения под потолком. Такая схема резко снижает эффективность конвективного обогрева, так как под потолком сосредотачивается горячий воздух с температурой (18-24) °С, а в зоне отопления телят (у стены) - (6-8) °С.

Первый способ энергосбережения – это переход от общего к местному обогреву. Для телят – применяются обогреваемые стены, для поросят – обогреваемые полы, для ягнят обогреваемые логова [1,2]. Хорошие результаты достигают за счет использования лучистых панелей, позволяющих создавать зоны комфортного содержания животных с наименьшими энергозатратами.

В поисках способов энергосбережения необходимо учитывать природный опыт животных, когда они научились приспосабливаться к окружающей среде. Молодняк диких животных выживает в суровых условиях за счет создания логова в зарослях, в траве и других обстоятельствах. В настоящее время имеются такие примеры содержания телят на глубоких подстилках (сено слоем 60-70 см). Они, благодаря природному теплу, создают логова в этом сене и сохраняют своё здоровье без дополнительного обогрева.

Кормоприготовление и кормораздача являются главными процессами животноводства. Для поиска энергосберегающих технологий требуются глубокие знания физико-математических свойств исходного сырья, рабочих процессов кормоприготовительных машин, физиологии животных и других вопросов. При этом учитывают, что оптимальный вариант обычно находят применением приводов с регулируемой частотой вращения, а так же комплексной автоматизацией процессов.

Эффективного снижения энергозатрат при освещении сельскохозяйственных предприятий, возможно добиться заменив лампы накаливания на энергосберегающие (экономия в 4-5 раз). А появившиеся сравнительно недавно светодиодные лампы, дают снижение энергопотребления в 8-10 раз, и во столько же раз дольше служат. Автоматизация включения-выключения позволяет освещать территорию в строго необходимое время.

Энерговооруженность труда, энергоемкость производства и эффективность продукции животноводства являются взаимосвязанными и взаимообусловленными показателями. С развитием и совершенствованием технологии производства, ростом

технического оснащения объектов происходит повышение энерговооруженности труда и рост его продуктивности - повышается количество обслуживаемых животных и птицы одним работником, снижаются удельные затраты труда на получение продукции, создаются условия для более полного использования генетического потенциала животных - возрастают привесы скота, продуктивность коров. Все это влияет на снижение удельной энергоемкости продукции, издержек производства и рост рентабельности. Актуальность и необходимость энергосбережения обуславливается также и тем, что электроемкость ВВП в России составляет 0,59 кВт·ч/долл. по паритету покупательной способности, что существенно выше, чем в экономически развитых странах. Соответственно в США – 0,32, Японии – 0,27, Германии, Франции – 0,22-0,25, Канаде – 0,52 кВт·ч/долл. При этом, потребление электроэнергии на душу населения в России значительно ниже, чем в отмеченных странах, что сдерживает рост продуктивности труда и составляет в 2015 г. в России – 5,4 тыс. кВт·ч в год, США – 12,0, Японии – 7,6, Германии – 6,1, Франции – 7,0 и Канаде – 15,9 кВт·ч. Развитие экономики по инновационному типу будет неизбежно сопровождаться ростом потребления энергетических ресурсов и прежде всего электрической энергии. Ресурсосбережение и снижение удельных затрат энергии в растениеводстве и в животноводстве является необходимым условием роста эффективности производства, которое должно осуществляться на основе роста технического и технологического уровня и применения техники нового поколения, 2-х - 3-х кратного роста энерговооруженности труда.

Список литературы

1. Ерошенко Г.П., Коломиец А.П. и др. Эксплуатация энергооборудования –М.: КолосС, 2005-344с.
2. Ерошенко Г.П., Исаханов М.Ж. Устройство для обогрева молодняка животных, Авторское свидетельство СССР №1166764, 1985.
3. Стребков Д.С., Тихомиров А.В. // Машинно-технологическое обеспечение повышения производительности труда в растениеводстве и животноводстве. Том 2. Сборник научных докладов XII Международной научно-практической конференции. М.: ГНУ ВИМ, 2011.

А.Ю.Захаров, В.В. Иванов, Е.Л.Белов

ФГБОУ ВО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия»

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ ПАРКОВ

Суть социально-экономического развития регионов России определяется задачами, которые устанавливает общество: ускоренный переход к инновационной экономике; технологический прорыв в производстве уникальных изделий и захват соответствующих сегментов российского и мирового рынков сбыта.

Концепция инновационного развития регионов представляет собой систему взглядов на инновационность и роль государства, его институтов в формировании устойчивой конкурентной экономической политики; определяет цели, принципы, направления и механизмы в сфере инновационной деятельности.

К негативным тенденциям регионов отнесены: отсутствие инновационных идеологии и институтов в целом, неразвитость рынка технологических инноваций и низкая инновационная активность организаций; преимущественное вложение ресурсов в инвестиционные, а не в инновационные проекты организаций финансовыми институтами и фондами, что создает реальную угрозу утраты инновационных возможностей экономической системы.

Одна из самых больших проблем национальных проектов - повышение эффективности при вложении инвестиций, как, например, в АПК, отрасли промышленности, ЖКХ, жилье...

Реформы ЖКХ в нарушение основных требований федерального закона об основах жилищной политики свелись к простому повышению тарифов на жилищно-коммунальные услуги. Как и прежде, над теплотрассами парит, наши ТЭЦ и котельные коптят небо в ущерб здоровью населения, взыскивая с него же за чьи-то недоработки и бездействие. Нет прорывов и в АПК, хотя заговорили о продовольственной безопасности и завозе в страну опасных для здоровья человека продуктов питания. Реформы в АПК и ЖКХ необходимы, но их эффективность обеспечат только современные технологии, материалы, кадры и тотальная всеобщая бережливость.

1. Счетчики и расходомеры в ЖКХ -уровень прошлого века, они позволяют вести корректный учет потребления энергоресурсов... На Урале, как и в Японии 80-х прошлого века, принудили внедрить современные энергосберегающие технологии почти на всех заводах, на крупных объектах соцжилбыткульты и жилых массивов. Внедрение систем коммерческого учета «Энергия» на Урале позволило сэкономить соразмерную с фондом оплаты труда на предприятиях. Ещё больший эффект обеспечила привязка к ним локальных энергосберегающих технологий ...[1-4.]

2. Многим из сегодняшних работников предприятий АПК и ЖКХ не хватает знаний о новых технологиях, оборудовании и материалах, не хватает ни квалифика-

ции, ни желания познать информацию про новые разработки и ожидаемую эффективность, внедрение которых намного бы сбило цену издержек обслуживания жилья и необходимость повышать тарифы. [1- 4.]

Поэтому по опыту многих стран, вузов Сибири и Урала пора для всех вузов вводить в программу для многих инженерных специальностей дисциплины по энергосбережениям по областям предстоящей деятельности. Это созвучно и с междисциплинарным обучением в вузах, о чем бурно обсуждали на заседании Совета по науке и образованию при Президенте РФ 8 декабря 2014 г...Тогда не будет публичных выступлений отдельных мэров и федеральных министров, демонстрирующих свое невежество в области современной техники...и тем более в области энергосбережений.

3. Опыт раздавления инновационных фирм, как МП «Благо», рейдерский захват «Лада» с высококвалифицированными специалистами, такие факты был и других регионах страны, многих напугал. Инновационные фирмы нужно организовать вне предприятий АПК и ЖКХ, но с доступом к кредитам под залоговое имущество энергосберегающих организаций, и внедрять все новое в ЖКХ и АПК: и в новые, и в реконструируемые объекты... Простое направление инвестиций в депрессивные области может не оправдать, как и в случае в АПК - деньги придут и уйдут, но некому освоить их с должной отдачей и обеспечением инфраструктуры... Не надо забывать отсутствие инновационной культуры в этих областях,...Вышеназванные проблемы можно решить только на базе холистической методологии и только при государственной поддержке. И очень своевременно регионы решили организовать агропромышленные парки. Именно агропромышленные парки ближе к предприятиям сельских районов, могут, объединив усилия и творческую мысль, дать выход из этой безвыходной ситуации:

1. Создание малых внедренческих предприятий всех направлений за счет государственных инвестиций...

2. Все интересные в стратегическом отношении предприятия и вузы ПФО можно объединить с синергетическим управлением для достижения синергетического эффекта при внедрении (трансферте) технологий в объекты АПК и машиностроения регионов ПФО,

3. Привлечь на все эти направления новаторов... с вузов и проектных организаций, как, например, Казани, Таганрога, Самары, Саратова, Томска. и Челябинска с возможностью работать по договорам.... с привлечением творческой молодежи вузов... (Курсовые и дипломные работы по заказам реального сектора,...)

4. Создать малые научно- внедренческие предприятия (НВП) в регионах для АПК и ЖКХ... Работа НВП рационально организовать по сетевому графику: начать работу на 3-5 предприятиях АПК и ЖКХ,... Эти вновь полученные средства направлять далее на проведение работ на следующие предприятия....

5. Через многие НВП после выхода на работу с прибылью начать акционирование и продажу акций вновь созданных НВП с аукционов... под контролем депутатов и общественности. Часть акций передать оправдавшим себя новаторам ...как в Силиконовой долине - это должно быть прописано в трудовых договорах с НВП.

6. Инновационное развитие строительной индустрии предполагает переход на новые архитектуру, типы зданий и технологии их возведения, позволяющие снизить ресурсоемкость, а также нацеленных на удовлетворение требований экологической безопасности жилых домов. С этими задачами могут справиться стройорганизации с современными кадрами и технологиями.

В АПП нужно организовать Кратковременные курсы для бухгалтеров, специалистов АПК, строителей, электриков и др., семинары с приглашением ведущих специалистов из ведущих вузов, наладить прямые связи с вузами, поставщиками стройматериалов, сантехники, электроники и электротехнического оборудования.

Выводы: Опыт ведущих фирм Белгородской, Московской областях, Саратовской и Челябинской областей и Республики Татарстан в области АПК показывает возможности и достижения реального инновационного их развития в регионах России.

Организация агропромышленных парков должна быть направлена на повышение конкурентоспособных предприятий АПК и ЖКХ на базе современных организационных и технических новаций - оригинальное решение извечных проблем со сведением риска вложения государственных инвестиций.

Правительству России надо скорректировать «Программу инновационного развития России до 2020 года» с учетом новых реалий в геополитике, направляя усилия не просто на импортозамещение, а с одновременным внедрением высоких технологий, в том числе и в энергетике с внедрением энергосберегающих технологий и систем интеллектуального управления. Все это потребует одновременно с развитием био- и нанотехнологий восстановления как производства интегральных микросхем наряду, так станкостроения и сельхозтехники, повысит устойчивость и рентабельность АПК, машиностроения и транспорта. (2-11.)

Список литературы

1. Алексеев В.А. Энергосберегающие технологии для крупных населенных пунктов /В.А. Алексеев, В.С.Артемов.- Чебоксары, ВФ филиал МАДИ, 2013.-208 с.
2. Алексеев В.А. Технология современного инновационного менеджмента – основа стратегии повышения устойчивости реальной экономики/В.А. Алексеев, А.В. Ледрова, Ю.В. Алексеев// «Инновации и инвестиции» (РАН), №7, 2014. –С. 10 -13..
- 3.Алексеев В.А. Озонаторы в АПК и машиностроении/ В.А. Алексеев, В.С. Артемов //Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт, №12, 2013. -23-28 с.
- 4.Алексеев В.А. Развитие методов интеллектуального анализа в интеграции с моделями систем диспетчеризации энергосберегающего оборудования/ В.А. Алексеев, С.П. Колосов// Ежемесячный отраслевой научно- производственный журнал «Автоматизация и IT в энергетике», №11 (52), Москва, «АВИТ-ТЭК», ноябрь 2013. -С.35-42.

Ю.В.Зубков, Ю.Н.Иванников, Д.О.Буйлова

Самарский государственный технический университет, г. Самара

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СТАРТЕРА ПРИ ПУСКЕ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Запуск газотурбинного двигателя (ГТД) является неустановившимся процессом по раскрутке ротора от состояния покоя до режима малого газа. Вращение ротора при этом осуществляется при помощи агрегата предварительной раскрутки (стартера). Существует несколько видов систем запуска, среди которых электрические системы получили широкое распространение благодаря общим достоинствам электрического привода: надёжности работы, простоте управления, легкости автоматизации операций пуска, удобству обслуживания, скорости пуска.

Известны системы электрозапуска постоянного и переменного тока. Главным недостатком электростартеров постоянного тока является наличие коллекторно-щеточного узла, усложняющего эксплуатацию машины в особенности при высоких окружных скоростях якоря. В качестве электростартеров переменного тока принципиально могут использоваться асинхронные и синхронные электродвигатели. К недостаткам асинхронного стартера следует отнести: низкую кратность пусковых моментов, большие пусковые токи, наличие сложной системы управления скоростью вращения ротора. Весьма перспективным в настоящее время является вариант системы электрозапуска с синхронным магнитоэлектрическим двигателем.

Режим работы стартера при электрозапуске ГТД является повторно-кратковременным, поэтому для оценки его теплового состояния требуется рассчитать тепловой переходный процесс, соответствующий циклограмме пуска.

Данная задача решена посредством численного моделирования нестационарного температурного поля стартера с магнитоэлектрическим возбуждением в программной среде *Elcut*. В таблице 1 приведены теплофизические свойства используемых в конструкции стартера материалов.

Таблица 1- Теплофизические свойства используемых материалов

Материал	Теплопроводность $\lambda, \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$	Теплоемкость $C, \text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	Плотность $\rho, \text{кг}/\text{м}^3$
Сталь электротехническая (зубцы и ярмо статора)	37	460	7650
Медь электротехническая (обмотка статора)	400	400	8920
Постоянные магниты N33SH	8,955	502,4	7500
«Имидофлекс» (пазовая изоляция)	0,14	1200	1507
Компаунд	0,8	920	2200
Воздух	0,0298	1005	1,225
«Polyglas» (бандажная лента)	0,53	1200	1200
Лак ПЭ-939 (класс изоляции F)	0,14	1160	1470

При запуске ГТД допускаются включения стартера циклами, по три включения. Продолжительность одного включения не более 100 с. Перерывы между включениями в цикле не менее 5 минут.

На предварительном этапе определены:

- эквивалентный коэффициент теплопроводности $\lambda_{\text{экв}}$ катушки обмотки статора в направлении распространения теплового потока;
- объемные тепловыделения обмотки, ярма и зубцов статора.

Так как в повторно кратковременном режиме периоды нагревания двигателя сменяются периодами остывания, плотность тепловыделения, например, для обмотки статора указана следующим образом:

$$Q = 1424000 \cdot \text{impulse}(t, 0, 100) + 0 \cdot \text{impulse}(t, 100, 400) + 1424000 \cdot \text{impulse}(t, 400, 500) + 0 \cdot \text{impulse}(t, 500, 800) + 1424000 \cdot \text{impulse}(t, 800, 900) + 0 \cdot \text{impulse}(t, 900, 1200).$$

Стартер охлаждается естественной конвекцией и теплоизлучением с внешней поверхности, так как размещение встроенного вентилятора приводит к увеличению габаритов и не является эффективной мерой при повторно-кратковременном режиме работы. Теплообмен в воздушном зазоре осуществляется без осевого движения охлаждающей среды.

На рис 1. Показаны температурное поле стартера в момент окончания цикла запуска и временная зависимость перегрева в середине паза относительно температуры окружающей среды.

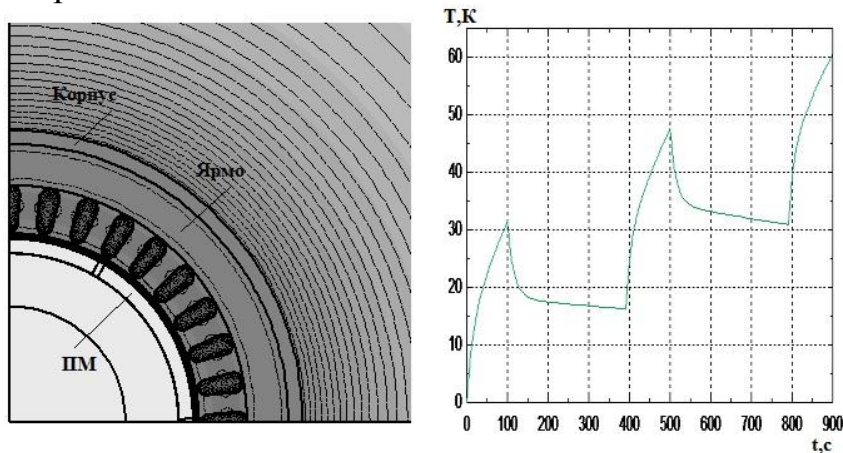


Рис.1. Температурные поле и циклограмма стартера при пуске ГТД

Максимальное превышение температуры в наиболее нагретой точке паза статора составило $\Delta T = 61^\circ \text{C}$, что допускает эксплуатацию данного стартера при максимальной температуре окружающей среды 85°C и применяемых изоляционных материалах класса F.

Список литературы

1. Борисенко А.И., Костиков О.Н., Яковлев А.И. Охлаждение промышленных электрических машин. - М.: Энергоатомиздат, 1983. - 206 с.:ил.
2. Зубков Ю.В., Иванников Ю.Н. Расчет температурного поля бесщеточного генератора с жидкостным охлаждением. Материалы Всероссийской научно- практической конференции «Электротехнические комплексы и системы», Уфа 2015., с.100-105.
3. Сипайлов Г.А. Тепловые, гидравлические и аэродинамические расчеты в электрических машинах: учебник для вузов/ Г.А.Сипайлов, Д.И. Санников, В.А. Жадан. – М.: Высшая школа, 1989. – 239 с.:ил.

А. Е. Игнатьев, А. П. Моисеев.

ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ им. Н.И.Вавилова»

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ БРИКЕТИРОВАНИЯ КОРМОВ ПРИМЕНЕНИЕМ ЛИНЕЙНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Проанализирован процесс брикетирования кормов при замене двигателя вращательного действия на электромагнитный двигатель.

Ключевые слова: электромагнитный двигатель, брикеты, устройство, электропривод.

Важным этапом замены электропривода устройства для брикетирования, состоящего из традиционного асинхронного двигателя, на линейный электромагнитный двигатель (ЛЭМД) представляется обоснованием устройств передачи механической энергии (УМПЭ) двигателя перемещаемому рабочему органу (пресс, шток-пуансон). Конструкция и параметры именно этого устройства определяют, главным образом, эффективность передачи, технические и эксплуатационные показатели привода [1].

Поскольку подобные устройства весьма разнообразны, представляется целесообразным кратко проанализировать особенности УМПЭ [1,2,3] и выбрать предпочтительные для обеспечения перемещения рабочего органа устройств для брикетирования кормов на примере устройства штокового пресса.

Рабочим органом данной установки является шток-пуансон, который приводится в поступательно-возвратное движение по прямолинейной траектории от приводного механизма, состоящего асинхронного двигателя (АД), маховика, зубчатой передачи и коленчатого вала.

Ротор АД, соединённый с маховиком, начинает вращаться, приводя его во вращение, маховик передаёт свою механическую энергию коленчатому валу, соединённому с ним при помощи зубчатой передачи, тот в свою очередь приводит в прямолинейное движение шток-пуансон, который прессует продукт в брикеты.

Недостатком является то, что приводу данной установки приходится тратить много электрической энергии, чтобы преобразовать её в механическую и передать на шток-пуансон. Также данный привод довольно громоздок, материалоемок и сложен в конструкции, что приводит к большим затратам на его обслуживание (рисунок 1).



Рисунок 1. Структурная схема привода с АД (АД–асинхронный двигатель, УУЗ–устройство управления и защиты, Р – редуктор; М – маховик; ЗП – зубчатая передача; КВ – коленчатый вал; РО – рабочий орган).

В приводе с ЛЭМД шток-пуансон напрямую связан с рабочим органом, сам двигатель представляет собой соленоид, на который подаётся определённый импульс от импульсного электрического преобразователя, за счёт этого импульса рабочий орган выталкивается, приводя шток-пуансон в движение по прямолинейной траектории, затем с помощью возвратных пружин возвращается в обратное положение (рисунок 2) [4,5].

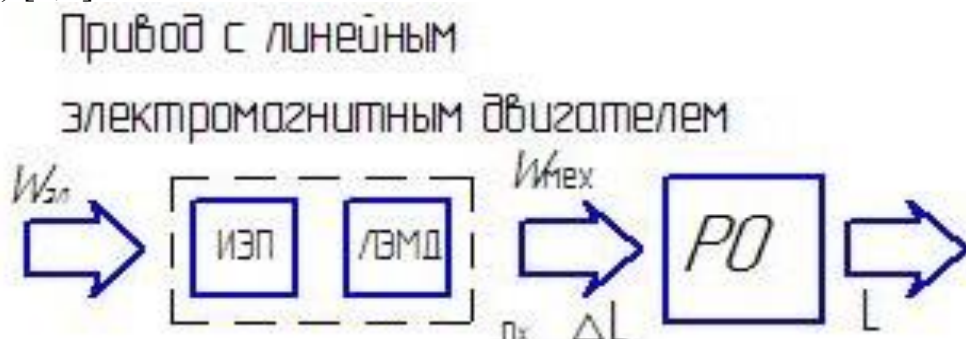


Рисунок 2. Структурная схема привода с ЛЭМД. (ИЭП – импульсный электрический преобразователь, ЛЭМД – линейный электромагнитный двигатель).

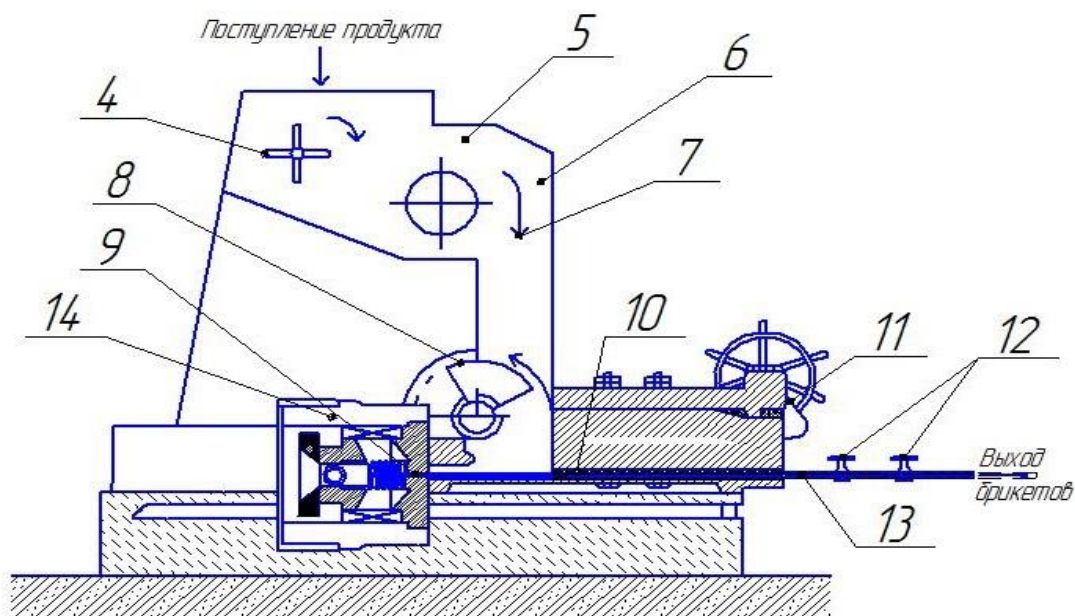


Рис.3. Схема штокового пресса с приводом от ЛЭМД. (1 – маховик; 2 – зубчатая передача; 3 – коленчатый вал; 4 – разрыхлитель; 5 – питающий механизм; 6 – питающий валик; 7 – канал; 8 – подпрессователь; 9 – шток-пуансон; 10 – прессовая камера; 11 – Механизм для регулирования брикета; 12 – нажимные механизмы; 13 – Мундштук; 14 – ЛЭМД).

Таким образом, предлагаемый привод ведёт к уменьшению массогабаритных показателей установки, удешевлению конструкции, а возможность настройки скорости прессования брикетов, даст на выходе продукт необходимого качества.

Список литературы

1.Моисеев А.П. Применение линейных электромагнитных приводов в шайбовых кормораздаточных транспортёрах : автореф. Дисс. ... канд. техн. наук/Моисеев А.П. – Саратов, ФГБОУ ВО СГАУ им. Вавилова Н.И. , 2011 год.

2. 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.

3. Патент РФ №2366065, МКП H02K 41/03 Линейный шаговый электромагнитный двигатель/К.М. Усанов, А.П. Моисеев, А.В. Волгин, В.А. Каргин; (RU) -№ 2008118610/09; заявл. 12.05.2008, опубл. 27.08.2009, Бюл. №18.

4. Усанов К.М., Моисеев А.П. Некоторые перспективы применения электромагнитных машин с осевым каналом в процессах и технологиях АПК//Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. -2010. -№ 4. –С. 59-61.

5. Мошкин В.И. Специальные режимы линейных электромагнитных двигателей/В.И. Мошкин, А.П. Моисеев, Г.Г. Угаров//Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы Междунар. науч.-практ. конф. –Саратов, 2010. –С. 23-28.

УДК 620.9:005.52(100):502.174.3

Кабанов О.В., Панфилов С.А., Андропова О.А., Оксин А.А.

ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет», г. Саранск

К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

На сегодняшний день, при существующем уровне развития научно-технического прогресса, существующие потребности энергопотребления могут быть покрыты только лишь при использовании топливо энергетических ресурсов, таких как органические (нефть, природный газ, уголь), атомной энергетики, гидроэнергетики и т.д. Исходя из многочисленных научных исследований, органические виды топлива смогут только частично покрывать запросы мировой энергетике к 2020 году. Остальные потребности предполагается удовлетворять с помощью альтернативных источников энергии (возобновляемых и не возобновляемых). Под невозобновляемыми источниками энергии подразумеваются природные запасы – органические, из которых человек может производить энергию. Примером данных источников могут служить ядерное топливо, природный газ и т.д. Под возобновляемыми, понимается в основном постоянно существующие или периодически возникающие в окружающей среде потоки энергии [1].

Резолюция Генеральной Ассамблеи ООН №33/148 разъясняет, что подразумевается под нетрадиционными и возобновляемыми источниками энергии: приливная, геотермальная, ветровая, солнечная, энергия, получаемая от сланцев и т.д. Последние годы можно заметить, что в средствах массовой информации большое внимание уделяется теме об энергетическом кризисе. Многие учёные утверждают, что достаточно лишь увеличить количество вырабатываемой энергии с помощью строительства электростанций различного типа. Но как было написано выше, органические виды топлива иссекаемые. Вследствие данных обстоятельств многие учёные-

инженеры мира, занимаются поиском новых источников энергии, которые в дальнейшем могли бы сохранить и заменить органические ресурсы, но и улучшить экологию всей планеты в целом.[1,2]

Российская Федерация на сегодняшний день располагает возобновляемыми источниками электроэнергии, экономический потенциал которых составляет около 270 миллионов тон условного топлива, что в процентном соотношении порядка 25% от внутреннего потребления энергии в стране. Но на практике используется порядка 1,5 мил т.у.т., что составляет порядка 0,5% от всех возможностей. [1]

Исторически имея большой опыт использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) Россия в последние 25 лет, после распада СССР уступила возможности для технологического прорыва в данной области, от ведущих западных стран, по разработкам и внедрению ВИЭ. [1]

Сейчас ученые-инженеры Российской Федерации занимаются прорывными разработками и поисками новых источников энергии, которые не только могли бы сохранить, и заменить истощаемые природные ресурсы, но, и улучшить экологическую картину нашей страны.[1]

Для того что бы достичь хороших результатов, требуется изучить те основные методы (способы) и приемы, которые используются в промышленно развитых странах, для активного увеличения мощностей ВИЭ, и предпринять попытку применить использование этого опыта в формирование энергетической политики России, и ускоренного развития новой энергетической отрасли страны. Всё это необходимо, прежде всего, по той причине, что в ближайшем будущем только лишь те страны, которые имеют развитую возобновляемую энергетику, смогут претендовать на роль ведущих, технико-передовых держав. Например, на сегодняшний день европейская индустрия ВИЭ достигает уровня оборота в 10 млрд. Евро, а сама Европа является одним из мировых лидеров в развитии технологий возобновляемой энергетики. Это было вызвано, прежде всего, тем, что в Европейском Союзе была в значительной мере стимулирована законодательная политика, которая создала условия для роста возобновляемой энергетики. [3]

Положительным фактором для развития нетрадиционных и возобновляемых источников энергии в России является начавшееся создание законодательной базы.

Закон «Об энергосбережении» принятый в 1996 году, в котором установлена правовая основа для использования электрогенерирующих установок на нетрадиционных и возобновляемых источниках энергии, который разрешает независимым производителям электроэнергии от нетрадиционных и возобновляемых источников энергии (НВИЭ) подключаться к сетям энергоснабжающих организаций. Существует закон «О государственной политике, в сфере использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии» который устанавливает минимально допустимые в современных условиях экономические и организационные основы развития. Разработана федеральная программа по использованию нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, которая предполагает развивать производственные мощности оборудования нетрадиционной энергетики. [1,4,5,10] В начале 2003 года принят закон «Энергетическая стратегия России на период до 2020 г.». Одним из

направлений данного документа является рассмотрение возможностей использования возобновляемых источников энергии. Стратегическими целями использования возобновляемых источников энергии и местных видов топлива являются: - сокращение потребления не возобновляемых топливно-энергетических ресурсов; - снижение экологической нагрузки от топливно-энергетического комплекса; - обеспечение децентрализованных потребителей и регионов с дальним и сезонным завозом топлива; - снижение расходов на дальнепривозное топливо.[1,6] Начало создания правового (законодательного) обеспечения использования ВИЭ в России положено Федеральным законом № 250-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с осуществлением мер по реформированию Единой энергетической системы России» от 18 октября 2007 г. С помощью данного закона были внесены поправки в Федеральный закон от 26 марта 2003 г. № 35-ФЗ и дано следующее определение: ВИЭ – «энергия солнца, энергия ветра, энергия вод (в том числе энергия сточных вод), за исключением случаев использования такой энергии на гидроаккумулирующих электроэнергетических станциях, энергия приливов, энергия волн водных объектов, в том числе водоёмов, рек, морей, океанов, геотермальная энергия с использованием природных подземных теплоносителей, низкопотенциальная тепловая энергия земли, воздуха, воды с использованием специальных теплоносителей, биомасса, включающая в себя специально выращенные для получения энергии растения, в том числе деревья, а также отходы производства и потребления, за исключением отходов, полученных в процессе использования углеводородного сырья и топлива, биогаз, газ, выделяемый отходами производства и потребления на свалках таких отходов, газ, образующийся на угольных разработках» [7,8].

На рис. 1 изображена карта Российской Федерации с отмеченными на ней наиболее крупными НИВЭ. Рис. 1. Расположение объектов нетрадиционной и возобновляемой энергетики на территории России.



Рисунок 1 - Расположение объектов НИВЭ на территории Российской Федерации

Для примера на рис.2 представлен потенциал возобновляемых и нетрадиционных источников энергии в Республике Мордовия.

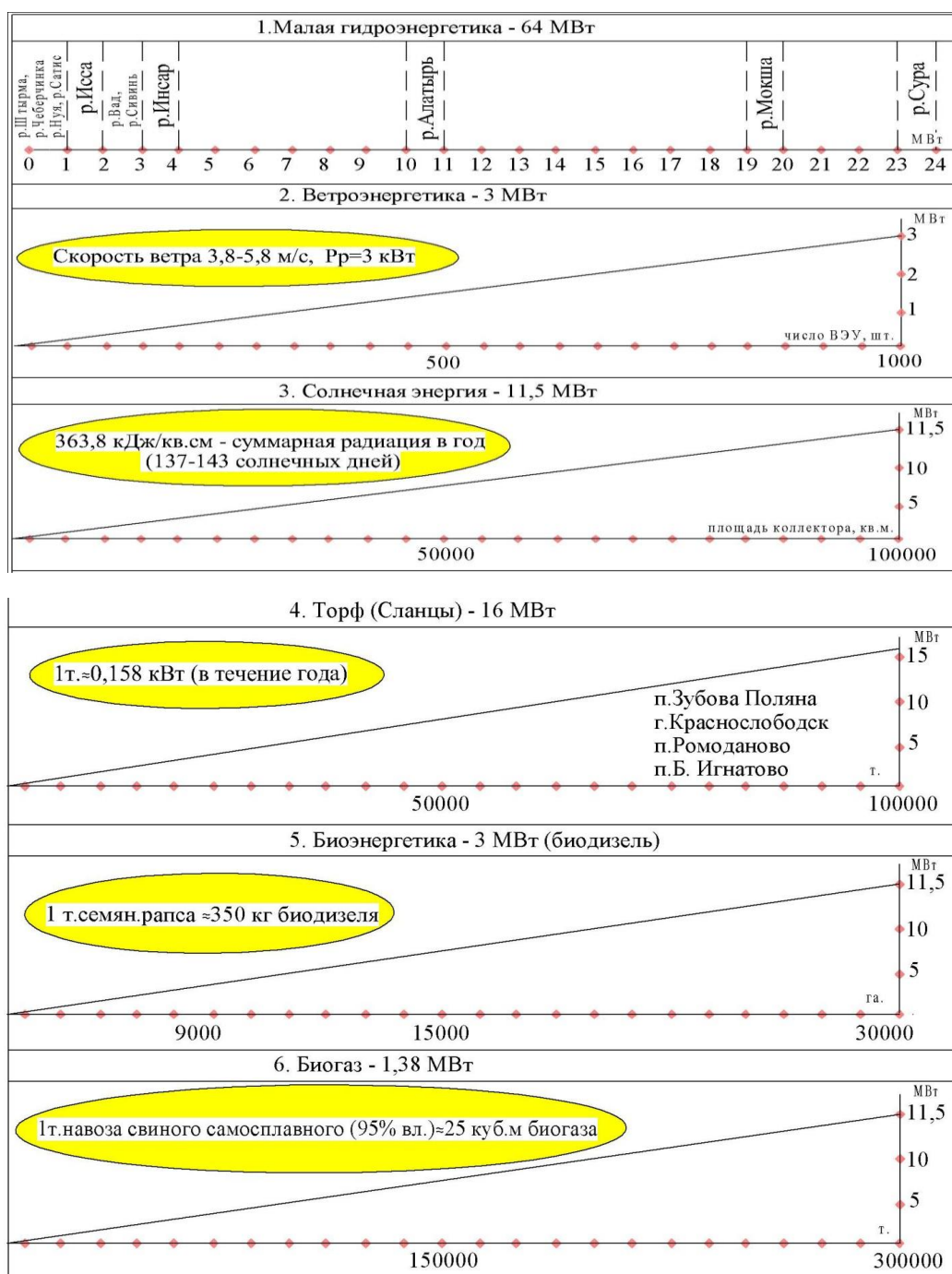


Рисунок 2- потенциал возобновляемых и нетрадиционных источников энергии в Республике Мордовия

Из рис.2 видно, что потенциал НИВЭ в Республике Мордовия велик.

Было проведено исследование относительно того, как население Республики Мордовия относится к перспективе использования НИВЭ. По результатам проведённого исследования, в котором приняло участие 1000 человек, получены следующие данные: 79% опрошенных положительно относятся к использованию НИВЭ и выразили готовность использовать данные виды источников энергии, 15 % опрошенных респондентов, нейтрально относятся к использованию НИВЭ и 6 % не хотели, бы

использовать НИВЭ.

Было проведено исследование, которое показало, что с 2008 года и по настоящее время цена на электроэнергию увеличилась в 1,59 раза.

На рис. 3 представлена статистическая диаграмма изменений тарифа на электроэнергию за последние 7 лет.



Рисунок 3 - Статистическая диаграмма изменений тарифа на электроэнергию.

Согласно Федеральному закону от 23 ноября 2009 г. N 261-ФЗ (Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации) основной целью энергосберегающей политики является: обеспечение в нужный момент, и в необходимой мере замедления роста потребления энергоресурсов без ущерба развитию экономики и окружающей среде. [9] В настоящее время практически во всех многоквартирных домах производится учёт общедомовых нужд (ОДН) на потребление электроэнергии. Под данными нуждами в основном понимается освещение лестнично-лифтовых узлов (ЛЛУ), подвалов и чердачных помещений. Было проведено исследование на установление времени работы осветительных приборов, располагаемых в подъезде многоквартирного, многоквартирного дома. В ходе исследований было установлено, что осветительные приборы в подъезде работают каждый в среднем по 40 минут в день. Из проведённых исследований видно, что источники света, располагаемые в не жилых площадях, многоквартирных многоквартирных домов отличаются небольшим энергопотреблением ввиду того, что используются по мере необходимости (при обслуживании подвалов и чердаков, при подъёме жильцов по лестнице и т.п.). Новой тенденцией решения подобных направлений является поиск НИВЭ. Сейчас в качестве НИВЭ используются: солнечные, ветряные, приливные, геотермальные и другие электрогенераторы. Основным достоинством данных источников является их возобновляемость. Этот факт, как нельзя лучшим образом позволяет использовать НИВЭ для освещения этих площадей. Наиболее перспективным источником для получения электроэнергии в непромышленных масштабах является энер-

гия перемещения воздушных потоков и энергия, получаемая от падающих на земную поверхность солнечных лучей. Существует большое количество способов преобразования энергии воздушного потока в электроэнергию (ветрогенераторы различных конструкций и действия). Так же существуют технологии получения электроэнергии, основанные на движении воздуха за счёт его нагревания.

Вследствие того, что для освещения лестнично-лифтовых узлов, подвальных и чердачных помещений требуется небольшое количество энергии, видится возможным перевести данные осветительные установки на получение энергии от НИВЭ, что в свою очередь приведёт к повышению уровня благосостояния общества, улучшит экологию страны в целом, и привнесёт небольшой, но существенный вклад в решение энергетической проблемы.

Список литературы

- 1 Агеев В.А. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии [Электронный ресурс].- URL: <http://cendomzn.ucoz.ru/index/0-20231>
- 2 Резолюция Генеральной Ассамблеи ООН №33/148 [Электронный ресурс].- URL: <http://www.un.org/ru/documents/ods.asp?m=A/RES/33/148>
- 3 Сокольский А.К. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. [Электронный ресурс].- URL: www.roft.ru/uploads/files/alternate_energy.pdf
- 4 ФЗ № 261 «Об энергосбережении» [Электронный ресурс].- URL: <http://www.energoso-vet.ru/npb1.html>
- 5 Федеральный закон «О государственной политике в сфере использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии» [Электронный ресурс].- URL: <http://www.bestpravo.ru/rossijskoje/di-gosudarstvo/n8p.htm>
- 6 Распоряжение Правительства РФ № 1234-р «Об утверждении Энергетической стратегии РФ на период до 2020» [Электронный ресурс].- URL: http://www.rosteplo.ru/Npb_files/npb_shablon.php?id=25
- 7 Возобновляемая энергетика как одно из оснований инновационного развития России и мера преодоления кризиса П. П. Безруких. [Электронный ресурс].- URL: <http://www.kudrinbi.ru/public/20402/index.htm>
- 8 О внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ в связи с осуществлением мер по реформированию Единой энергетической системы России. [Электронный ресурс].- URL: <http://docs.cntd.ru/document/902069304>
- 9 Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ. [Электронный ресурс].- URL: <http://docs.cntd.ru/document/902186281>
- 10 Кабанов О.В., Панфилов С.А. Влияние качества электроэнергии на работу энергосберегающего оборудования. Проблемы и перспективы развития отечественной светотехники, электротехники и энергетики материалы XII Всероссийской научно-технической конференции с международным участием в рамках III Всероссийского светотехнического форума с международным участием. Саранск 2015. С. 526-533.

Н.К. Катаева

Южноуральский государственный аграрный университет, г. Челябинск

ПРОГНОЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРИМЕНЕНИЯ УЗО В СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ 0,38кВ ПРИ НЕСИММЕТРИЧНОМ РЕЖИМЕ РАБОТЫ

Создание безопасных условий труда и повышение надежности элементной базы сельских электрических сетей 0,38кВ является актуальной задачей агропромышленного комплекса (АПК) России, в том числе для Челябинской области. Это сложная оптимизационная задача, требующая потоки информации о работе защитных устройств (УЗО).

При исследовании применения количества УЗО в электроустановках можно усложнить задачу, увеличивая количество факторов и связей между ними. Можно также неограниченно увеличивать число учитываемых связей, т.е. всеобщей связи предметов и явлений.

Другими словами задача должна рассматриваться как многокритериальная с детерминированной или стохастической исходной информацией, либо однокритериальной с определенной исходной информацией.

Общий путь решения заключается в отыскании способов получения информации, с помощью которой можно сузить области неопределенности исходных данных или вообще исключить неопределенность.

Применительно к техническим задачам мы считаем можно применить имитационное моделирование при помощи ЭВМ.

Имитационное моделирование это метод, позволяющий строить модели и описывать процессы так, как они происходили бы в действительности. Модель можно «проиграть» во времени как для одного испытания, так и для заданного их множества. При этом результаты будут определяться случайным характером процессов и по этим данным можно получать устойчивую статистику.

Для оценки уровня оснащенности устройствами защитного отключения введем показатель численности УЗО [1]

$$Y = \frac{M}{N}, \quad [1]$$

где М – количество людей (работающих);

N – количество единиц УЗО.

В целом по России он составляет 40млн.штук УЗО. Если взять Челябинскую область, то этот показатель равен 2 млн. штук.

Многокритериальная задача нами решена путем свертывания всех частных критериев в один суммарный критерий эффективности W_c .

$$W_c = \sum_{i=1}^n \lambda_i W_i, \quad [2]$$

где λ -коэффициент, зависящий от особенностей задачи и определяемый по дополнительной информации;

W_i -частные критерии и их граничные параметры.

Тогда целевую функцию можно представить в виде:

$$W_c = f(x_1, \dots, x_k, W_1, \dots, W_k), \quad [3]$$

где $x_1, \dots, x_k$ – параметры, не имеющие ограничений.

Решение по этой функции заключается в прогнозе результатов применения УЗО в сельских электрических сетях 0,38кВ.

В результате сбора и обработки информации о параметрах, характеризующих технические средства, нами была установлена стохастическая природа этих параметров и получены законы распределения.

Однако сохранение этой природы требует получения числовых характеристик в прогнозных задачах, носящих неопределенный характер. Для решения задачи с неопределенными факторами применяем Теорию Игр и статистических решений. Цель Игры заключается в нахождении наилучшей стратегии, соответствующей решению задачи.

При использовании критериев Вальда [2, 3]

$$W = \max_{i=1, \dots, m} \min_{j=1, \dots, n} W_{ij}, \quad [4]$$

Сэвиджа:

$$Dy = Wy - \max_i (Wg), \quad [5]$$

Задача решается с рядом недостатков.

Эти критерии несимметричны, т.е. ориентированы на наименее благоприятные значения неопределенного фактора.

Задачу с неопределенными факторами можно решить используя худший вид неопределенности «дурной», когда параметры неизвестны как объективные, так и субъективные, т.е. применим метод районирования множества векторов состояния природы [3, 4].

Применяя метод районирования Динера И.Я. мы разбиваем причины травмирования с УЗО и без. На ряд областей, в каждой из которых наилучшим является одно из решений (таблица 1 и таблица 2).

Таблица 1- Динамика электропоражений по различным причинам (области)

Причины травмирования	Количество несчастных случаев, %				
	годы				
	2011	2012	2013	2014	2015
Зависящие от пострадавших, в т.ч.	46,2	10,5	39	34	30
Неприменение электромеханических УЗО	1,7	4,3	9,4	9,2	7
Неприменение электронных УЗО	1,8	1,2	1,9	1,5	1,0
Нарушение правил монтажа УЗО	7,4	6,3	5,7	5,5	5,4
Итого	57,1	52,3	56,0	50,2	44,5

Таблица 2. - Количество фактических и прогнозируемых электропоражений на 2011-2015гг

Причины травмирования	Количество НС(%)	
	Показатель	
	Фактический	Прогнозируемый
Зависящие от пострадавшего	53,4	40,5
Неприменение УЗО	5,4	7,3
Нарушение безопасного расстояния до УЗО	1,9	1,6
Итого	60,7	58,4

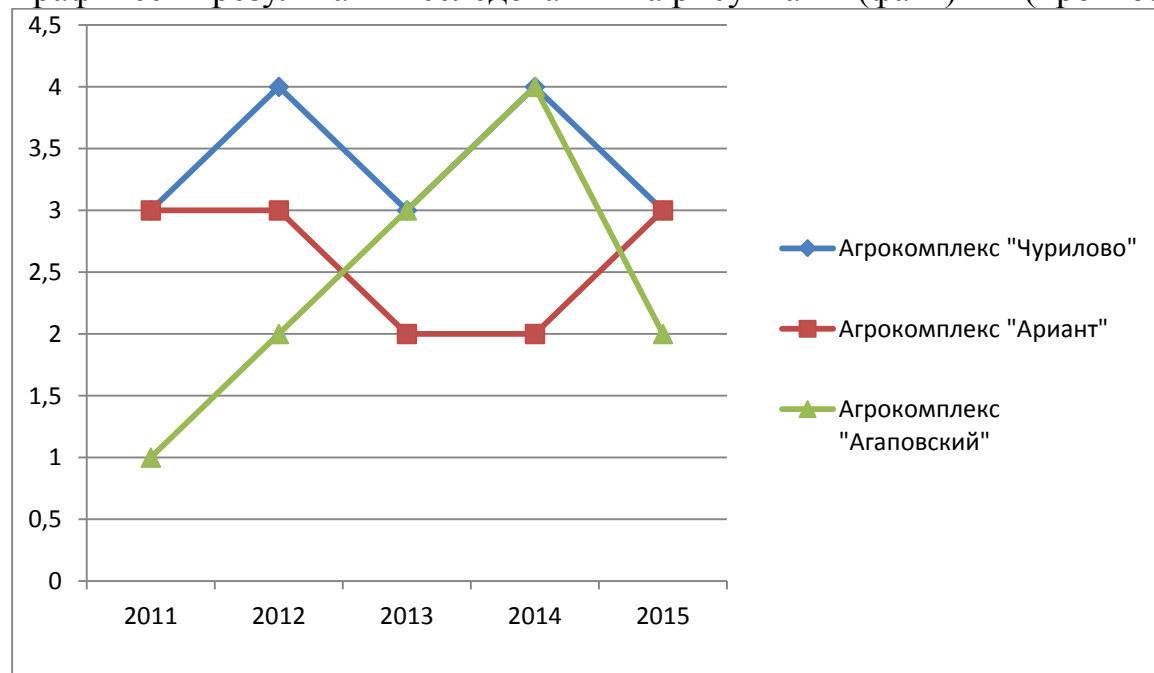
Сбор и обработка выборки данных дали возможность сделать допущения о характере изменении я неопределенных факторов и фиксированных величин (таблица 3).

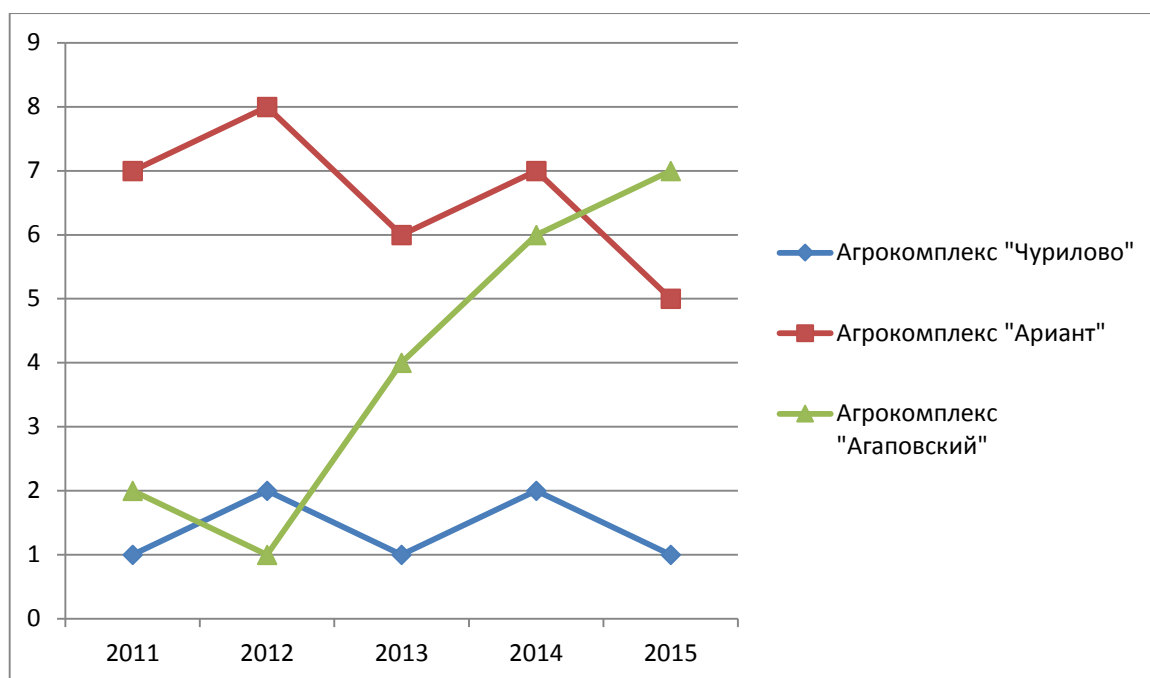
Таблица 3

Предприятие	Фактическое и прогнозируемое число электротравм по годам				
	2011	2012	2013	2014	2015
Агрокомплекс «Чурилово»	3/1	4/2	3/1	4/2	3/1
Агрофирма «Ариант»	3/7	3/8	2/6	2/7	3/5
Агрокомплекс «Агаповский»	1/2	2/1	3/4	4/6	2/7
Итого	7/10	9/11	8/11	10/15	8/13

Выводы, вытекающие из научного исследования не могут быть точными или однозначными, но в случае количественного анализа принести пользу при решении задачи прогнозирования могут помочь.

Графически результаты исследования на рисунках 1 (факт) и 2 (прогноз).





Выводы:

1. Графики показали, что применение УЗО уменьшает число электротравм примерно на 60%.
2. Для уменьшения числа электротравм необходимо повышать качество электроэнергии, т.е. уменьшать так называемые «фоновые» токи утечки, ограничивать применение нелинейных нагрузок (регуляторы напряжения, преобразователи частоты, освещение светодиодное, серверы, контролеры и пр.), гармоники.
3. В качестве рекомендации по качественному применению УЗО необходимо каскадное включение УЗО в сложной разветвленной сети.
4. Для предотвращения влияния гармоник на УЗО всех типов необходимо применение специального фильтра, пока зарубежного исполнения (компания Schaffner).

Список литературы

1. Никольский О.К. Электробезопасность России на рубеже XXI века-Вестник Акт ГГУ им. И.И. Ползунова, № 3, 2006
2. Будзко И.А., Левин А.А. Электроснабжение сельскохозяйственных предприятий населенных пунктов. М. Агропромиздат, 1985 (320с.)
3. Лабскер Л.Г. Теория критериев и решения (монография). М.КноРУС, 2008 (742с.)
4. Катаева Н.К. К вопросу исследования УЗО и применения их в условиях несимметрии. Актуальные проблемы АПК, Материалы VI международной научно-практической конференции, Саратов, 2015г.
5. ПУЭ, 7-е изд., п.п. 7.1 на 21.05.2015г.

О НЕОБХОДИМОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Аннотация. *Раскрыты основные тенденции и причины возрастающего интереса к возобновляемым источникам энергии.*

Ключевые слова: *возобновляемые источники энергии, традиционные энергетические ресурсы.*

Как известно, что энерговооруженность общества является базой развития производительных сил и без освоения новых видов энергии человечество не способно полноценно существовать [1, с.37].

Основными причинами возникновения тенденции к освоению новых видов энергии сегодня являются: ограниченный запас традиционных энергетических ресурсов и экологические проблемы, связанные с их добычей и переработкой; непрерывное увеличение потребления энергетических ресурсов промышленностью и населением.

Намного большее влияние на потребление энергии оказывает уровень и темпы технологического развития [2, с.7–10].

Несмотря на то, что масштабы потребления энергии, получаемой от возобновляемых источников, сегодня значительно ниже уровня использования энергии, получаемую традиционными способами, однако им принадлежит важная роль в системах энергоснабжения многих стран мира [3, с.24].

Основные причины возрастающего интереса к возобновляемым источникам энергии (ВИЭ) заключаются в следующем [4, с.190]: энергия, получаемая от возобновляемых источников бесплатная; в отличие от традиционных источников энергии они распределены по территории планеты равномерно; ВИЭ являются экологическими источниками, поскольку их применение практически не загрязняет окружающую среду и не оказывает существенного влияния на изменение климата; научно-технические достижения последнего времени в области производства основных функциональных элементов (блоков, узлов) для возобновляемой энергетики позволили существенно усовершенствовать их, что в свою очередь уменьшило общую стоимость электрических и тепловых станций;

Уровень инвестиций в возобновляемую энергетику, по разным источникам, вырос в 1,5–1,7 раз (в сравнении с 2010 г.). Анализ, проведенный Международным энергетическим агентством, и прогноз на 2030 г. свидетельствуют о том, что удельные капитальные вложения и себестоимость электроэнергии установок на базе ВИЭ стремительно снижались, и далее будут снижаться.

Если сравнить с нефтяным эквивалентом энергию, которая хранится в недрах земли (геотермальная энергия), то её объём примерно в 100 000 раз больше объёма энергии, используемой человечеством в настоящее время (около $21 \cdot 10^{13}$ кВт·ч).

Технический и экономический потенциал геотермальной энергии в России существенно превышает потенциал других видов ВИЭ.

Несмотря на то, что в России теоретический потенциал ветровой энергетики существенно превышает его показатель в малой гидроэнергетике и биоэнергетике, уровень экономического потенциала гораздо ниже уровня известных видов ВИЭ [1, с.190].

Масштабы строительства солнечных электрических и тепловых станций в России невелики, из-за отсутствия платежеспособного спроса и инвестиций [5, с. 124].

Несмотря на то, что в настоящее время в течение нескольких десятилетий население земли будет получать энергию, используя ресурсы традиционной энергетики, в том числе нефти, газ и уголь, перспективы ВИЭ очевидны. Во-первых, по оценкам специалистов, мировых запасов традиционного топлива осталось: нефти – не более чем на 40 лет, газа на – 60, ядерного топлива – на 40, угля – на 200 лет. Во-вторых, это подтверждается масштабами финансовых вложений в системы энергоснабжения, основанные на использовании ВИЭ ведущих стран, прогнозами развития этой отрасли, которые построены на расчётных показателях потребления энергии в 2020 г.

Список литературы

1. Григораш О.В., Степура Ю.П., Усков А.Е., Квитко А.В. Возобновляемые источники электроэнергии: термины, определения, достоинства и недостатки // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2011. – № 32. – С. 189 – 192.
2. Григораш О.В., Квитко А.В., Попучиева М.А. Перспективы малых гидроэлектростанций в предгорных и горных реках // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – № 112. С. 955 – 967.
3. Григораш О.В., Сулейманов Р.А., Квитко А.В. и др. К расчету экономической эффективности ветроэлектрических установок // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2011. – № 33. – С. 192 – 195.
4. Григораш О.В., Усков А.Е., Власов А.Г. Ресурсы солнечной энергии, особенности конструкции и работы солнечных фотоэлектрических установок // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – № 43. – С. 263 – 266.
5. Григораш О.В., Воробьёв Е.В., Коваленко В.П. и др. Перспективы возобновляемых источников энергии в Краснодарском крае // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 39. – С. 123 – 126.

А.С. Кириченко, А.А. Скороход, Н.С. Авдьян

Кубанский государственный аграрный университет, г. Краснодар

СОЗДАНИЕ НЕОБХОДИМОГО МИКРОКЛИМАТА В ТЕПЛИЦАХ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Аннотация. Показан способ создания микроклиматических условий для выращивания растений в закрытом грунте.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, микроклимат, теплица.

Сельское хозяйство является ведущей отраслью экономики Краснодарского края. Регион занимает лидирующее положение в России по уровню производства овощей и фруктов на душу населения, так на одного жителя приходится 13 кг продукции тепличных хозяйств, а валовой сбор составляет 70 тыс. тонн [1, с. 1].

Тепличные хозяйства края потребляют колоссальное количество энергии, что в значительной степени сказывается на стоимости продукции [2, с. 121-128].

Для повышения автономности тепличных хозяйств, снижения нагрузки на электрические сети, а также уменьшения стоимости выращиваемой продукции целесообразно использование возобновляемых источников энергии [3, с. 174].

Применение в тепличных хозяйствах альтернативных источников энергии возможно сразу в нескольких направлениях: использование солнечной энергии и низкопотенциального тепла окружающей среды для обогрева теплицы, использование холода грунтовых вод для кондиционирования воздуха в теплице, а также электрообогрев тепличного комплекса за счет фотоэлектрических панелей и ветрогенераторов и т.д. [4, с. 13].

Система энергоснабжения теплицы, использующая возобновляемые источники энергии позволяет в значительной степени сократить потребление традиционных ресурсов и, тем самым, повысить экологичность процесса выращивания сельскохозяйственных культур [5, с. 281].

Список литературы

1. Муравьев А. О перспективах развития тепличной отрасли Краснодарского края. // Электронный ресурс: <http://admkrasnodar.ru/content/14/show/309273>. - 02.03.2016.
2. Григораш О.В., Степура Ю.П., Сулейманов Р.А. и др. Возобновляемые источники электроэнергии. – Краснодар: КубГАУ. – 2012. – 272 с.
3. Амерханов Р.А., Гарькавый К.А. Оптимизация энергоэкономической системы теплоснабжения. // Труды Кубанского государственного аграрного университета. - 2007. - № - 6. С. 173-176.
4. Стребков Д.С., Тихомиров А.В., Харченко В.В. Проект энергетической стратегии сельского хозяйства России. // Техника и оборудование для села. - 2009. - № 2 (140). - С. 12-15.
5. Амерханов Р.А., Трубилин А.И., Гарькавый К.А. Необходимость решения проблемы экономики энергетических ресурсов путем использования современных энергосберегающих технологий. // Труды Кубанского государственного аграрного университета. - 2012. - № 36. - С. 281-283.

А.С. Кириченко, Э.Г. Армаганян, М.И. Милованов

Кубанский государственный аграрный университет, г. Краснодар

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Аннотация. Представлен способ использования возобновляемых источников энергии для теплоснабжения потребителей.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, теплоснабжение, альтернативная энергетика.

В настоящее время существует широкий спектр установок энергоснабжения и энергосбережения на основе нетрадиционных и возобновляемых источников энергии.

Для стабильной работы воздушных тепловых насосов для теплоснабжения объектов требуется температура наружного воздуха выше -15°C , а оптимальными для работы являются температуры выше -5°C [1 с. 208]. В климатических условиях Краснодарского края более всего обеспечивается температурный режим, так средняя температура января $-2,6^{\circ}\text{C}$ [2, с. 13-14].

Для использования грунтовых тепловых насосов горизонтального типа необходима малая глубина промерзания, что так же характерно для края, глубина промерзания грунта на равнинной части не превышает 0,8 м, а линия постоянных температур залегает на глубине 8-10 м, что обеспечивает условия для использования грунтовых тепловых насосов [3, с 26].

Необходимо отметить, что использование солнечных тепловых систем так же оправдано на всей территории Краснодарского края, в виду того, что суммарная солнечная радиация, поступающая на горизонтальную поверхность, составляет 1200-1400 Вт ч/м², что даже в зимний период достаточна для использования вакуумированных солнечных коллекторов в системах отопления и горячего водоснабжения [4, с. 146-149].

Наибольший ресурсный потенциал в Краснодарском крае имеет геотермальная энергия. На территории края открыто 12 геотермальных месторождений с потенциальной мощностью 258 МВт [5, с. 142].

Из анализа вышеизложенного можно сделать вывод, что Краснодарский край обладает высоким ресурсным потенциалом для использования установок на основе альтернативных источников энергии для теплоснабжения потребителя.

Список литературы

1. Амерханов Р.А. Тепловые насосы и их роль в решении проблем энергосбережения и защиты окружающей среды // Труды Кубанского государственного аграрного университета. - 2006. - № 2. - С. 207-219.
2. Амерханов Р.А., Касьянов Р.С., Милованов И.В. Потенциал возобновляемой энергетики Краснодарского края // Инструменты современной научной деятельности. - 2016. - С. 13-14.
3. Амерханов Р.А., Ильин Р.А. Эффективность децентрализованного теплоснабжения на базе грунтового теплового насоса // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. - 2014. - № 1. - С. 26-30.
4. Амерханов Р.А. и др. Возможности использования солнечной энергии в Краснодарском крае // Труды Кубанского государственного аграрного университета. - 2014. - № 48. - С. 146-149.
5. Амерханов Р.А. и др. Преимущества использования геотермальной энергии в системах тепло- и электроснабжения // Труды Кубанского государственного аграрного университета. - 2014. - № 48. - С. 142-146.

А.С. Кириченко, Ю.Л. Пыжикова, В.А. Квартников

Кубанский государственный аграрный университет, г. Краснодар

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНЦЕНТРАТОРОВ ИЗЛУЧЕНИЯ

Аннотация. Рассмотрены вопросы использования концентраторов солнечного излучения.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, солнечная энергетика, концентратор.

Солнечная энергия - неисчерпаемый источник энергии, посылающий на землю сотни гигаватт энергии. Однако использование этой энергии связано со сложностями ее аккумуляции, так как плотность излучения у поверхности земли не превышает 1 кВт/м^2 [1, с. 188].

Применение концентраторов солнечного излучения позволяет увеличить энергетическую эффективность солнечного коллектора. В установках солнечного теплоснабжения без концентрации солнечного излучения нельзя получить температуру, необходимую для реализации рабочих процессов в газотурбинных и термоэмиссионных преобразователях энергии, невозможно обеспечить инверсную населенность и генерацию излучения в лазерах с прямой солнечной накачкой и в других подобных системах [2, с. 161].

В общем случае система концентрации может быть определена как специальная оптическая система, предназначенная для улавливания и перераспределения в пространстве потока солнечного излучения с целью повышения его плотности до уровня, необходимого для дальнейшего эффективного использования [3, с. 109].

Эффективность работы солнечной установки, состоящей из приемника и концентратора солнечного излучения, зависит от их оптических свойств, таких как коэффициент отражения концентратора и коэффициент поглощения приемника [4, с. 40-43].

Однако, уменьшение размеров влечет за собой и уменьшение КПД гелиоустановки [5, с. 148].

Таким образом, можно сделать вывод, что солнечный концентратор позволяет значительно увеличить коэффициент концентрации солнечного излучения, а также КПД гелиоустановки. Целесообразно применять такие установки в районах с наибольшей концентрацией солнечной энергии.

Список литературы

1. Амерханов Р.А. и др. Перспективы развития возобновляемой энергетики при использовании комплексных гелиоустановок малой мощности // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2010. № 24. С. 188-196.
2. Амерханов Р.А., Бутузов В.А., Бершицкий Ю.И. Об экономическом и энергетическом обосновании использования гелиоустановок // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2010. № 25. С. 156-161.
3. Амерханов Р.А. и др. Параболические концентраторы солнечного излучения // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 51. С. 107-110.
4. Амерханов Р.А., Бутузов В.А., Брянцева Е.В. Опыт и условия эксплуатации и оптимизации гелиоэнергетических установок в Краснодарском крае // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2011. № 3. С. 40-43.
5. Амерханов Р.А. и др. Возможности использования солнечной энергии в Краснодарском крае // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 48. С. 146-149.

Н.П. Кондратьева, Р.Г. Большин, М.Г. Краснолуцкая

Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, г. Ижевск

РАЗРАБОТКА УФ СВЕТОДИОДНОЙ (LED) ОБЛУЧАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН

Ключевые слова: электротехнологии, ультрафиолетовое излучение (облучение); энергия прорастания; всхожесть; ранняя продукция, светодиоды, LED, УФ излучение.

Введение. Предпосевная обработка семян обеспечивает устойчивые урожаи сельскохозяйственных культур, т. к. способствует повышению качества посевного материала и предусматривает обеззараживание семян.

Положительное влияние этого способа воздействия на растения и семена перед посевом известно давно. При этом стимулирующее действие УФ на всхожесть проявляется в основном у семян пониженного класса качества. При использовании наиболее аффе́ктивных доз происходит выравнивание популяции и увеличению количества стимулированных сеянцев.

Объект и методика. Анализ перечисленных способов предпосевной обработки семян показывает, что наибольший интерес представляет обработка семян УФ излучением [15].

Предпосевное облучение семян УФ излучением существенно увеличивает энергию прорастания, всхожесть, повышает урожайность и качество продукции. Вместе с этим, этот способ представляет интерес в виду своей простоты, дешевизны, энергоэффективности, высокой производительности. При использовании УФ светодиодов (УФ LED) он еще экологически безопасен.

Для предпосевной УФ обработки семян нами использовалась установка, изображенная на рис.1, а:.

В этой компактной мобильной УФ облучательной установке использовалась мощные УФ LED марки 1173-01-1. (рис.1, б) со следующими техническими данными: длина волны: от 360 нм до 370 нм; интенсивность излучения в спектре 140 мВт, угол излучения 120 градусов (рис. 1, в), потребляемая мощность 1 Ватт. Поставляется на радиаторе "звезда" и без радиатора. Световой поток 40-60 лм [7, 9, 10].

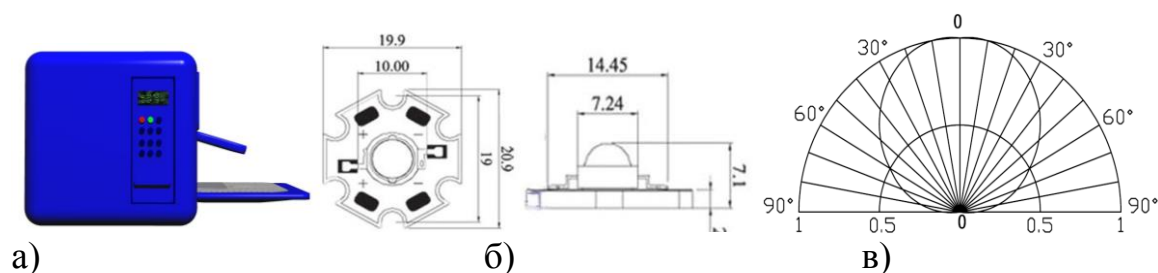


Рисунок 1. Светодиодная УФ установка для облучения семян :

а)- общий вид: б) Общий вид и размеры УФ LED марки 1173-01-1. в) Кривая силы излучения

В качестве источника излучения, используем сборку-матрицу из 25 УФ светодиодов 1173-01-1 с длиной волны 365 нм (рис. 2, а).

Корпус установки, панели управления, лотка выполнен из ABS пластика изготавливается с использованием 3D принтера по данным загруженной модели. Размеры корпуса 150х150 мм.

Рабочая поверхность лотка покрыта отражающей пленкой и составляет 100 х 100 мм. На рис. 2 показана матрица и схема включения светодиодов.

Для надежной работы LED установки мы рассчитывался резистор с помощью сайта «Светлые решения» для параллельной схемы соединения LED. Оказалось точное значение резистора получилось 40,1 Ом, стандартное значение – 47 Ом, минимальная мощность резистора – 10,1 Вт, общая потребляемая мощность – 12 Вт [14].

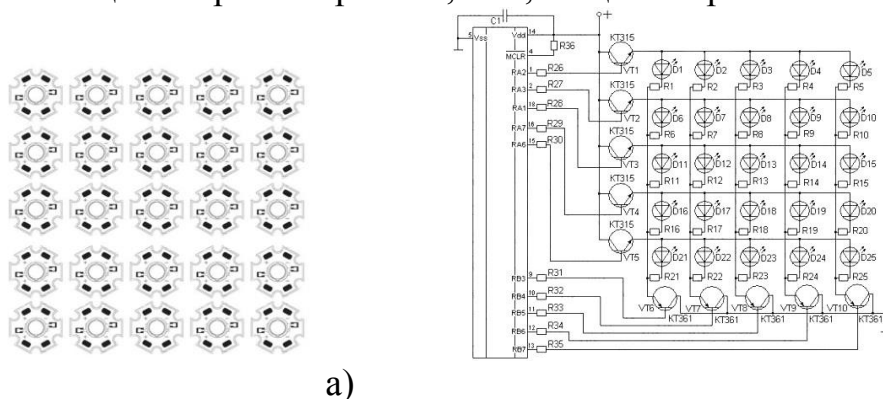


Рисунок 2. Вид матрицы светодиодной на базе ультрафиолетовых диодов 1173-01-1 (а) и принципиальная схема светодиодной матрицы 5 X 5 управляемой контроллером (б)

В общем случае расчет УФ установки с УФ LED мы производили точечным методом, базирующимся на основном закона светотехники [4],

$$E_A = \frac{I_\alpha \cdot \cos\beta}{R^2} \quad (1)$$

где I_α - сила света в направлении от источника к точке, кд;

$\cos\beta$ - косинус угла падения луча на плоскость;

R - расстояние между источником и точкой, м.

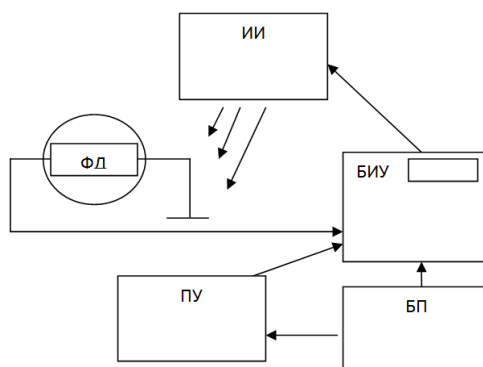


Рисунок 3. Блок-схема LED установки для УФ облучения семян [6, 8].

ИИ – источник излучения (УФ LED или матрица с УФ LED); ФД – фотодатчик для контроля интенсивности излучения; БП – блок питания; ПУ – пульт управления; БИУ - блок индикаторного устройства

Для управления работой установки используем программируемый контроллер, содержащий в себе контроллеры, диммеры, модули ввода данных, ввод фотодатчика. По техническим параметрам подходит мощный программируемый шестнадцати канальный контроллер для управления нагрузкой постоянного тока «Kislovodsk_led 16.1» (рис. 4) [13].

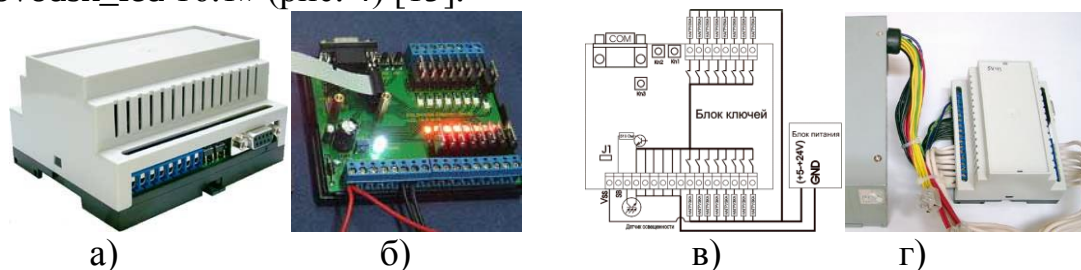


Рисунок 4. Внешний вид программируемого контроллера с корпусом (а), без корпуса (б), схема подключения контроллера (в), вид контроллера смонтированного для работы с блоком АТХ (г).

Эксперимент по проверке лабораторной всхожести облучённых семян ели европейской проводился согласно ГОСТ 13056.6-75 [1, 2, 12]. Семена раскладывали в чашках Петри. В каждом опыте было по 100 семян, опыты повторялись четыре раза. Диапазон мощности излучения был подобран по результатам предыдущих исследований, проведенных на установке с лампой типа ДРТ 400 [3, 5, 11, 14, 15.]

Результаты эксперимента по облучению семян ели 3 класса качества показали значительное превышение всхожести облученных семян по сравнению с контролем. При дозе 14,9 кДж/м² показала наилучшие результаты по повышению энергии прорастания семян ели 3 класса. При этом критерий Стьюдента фактический превысил табличное значение ($t_{факт.} = 3,16 > t_{табл.} = 2,77$ при достоверности результатов 0,95 [1, 16].

Выводы. Проведенные исследования показали перспективность использования ультрафиолетовой предпосевной обработки, являясь простым и энергоэкономичным способом выведения семян из состояния покоя, усиливая их способность к быстрому и что очень важно дружному прорастанию. В то же время действие ультрафиолетового облучения на всхожесть ярко выражено проявляется только у семян **низкого класса качества.**

Список литературы

1. Бывальцев А.В., Кондратьева Н.П., Украинцев В.С. Влияние УФ облучения на повышение посевных качеств семян. / Методика и технология / Сабрюкен, 2012
2. ГОСТ 13056.6 - 75. Семена деревьев и кустарников. Методы определения всхожести. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 39 с.
3. Кондратьева, Н.П. Перспективные источники излучения для промышленного цветоводства / Кондратьева Н.П., Райков Н.И., Синицкий И.Г. // В сборнике: Электрификация стационарных технологических процессов сельскохозяйственного производства Нечерноземья сборник научных трудов. Горьковский сельскохозяйственный институт. 1990. С. 29-32.
4. Кондратьева, Н.П. Повышение эффективности электрооблучения растений в защищенном грунте / Дисс. ... д-р техн. наук М.: ВИЭСХ. – 2003. – 250 с.
5. Кондратьева, Н.П., Владыкин И.Р. Устройство для предпосевной обработки семян./ Кондратьева, Н.П., Владыкин И.Р. // Патент на полезную модель RUS 54714 17.02.2006
6. Кондратьева Н.П., Глухов Д.А., Кондратьев Р.Г. Современные методы проектирования облучательных установок для защищенного грунта / Известия Международной академии аграрного образования. 2012. Т. 2. № 14. С. 376-379.

7. Кондратьева, Н.П., Энергоэффективное электрооборудование для обработки семян перед посевом / Кондратьева, Н.П., Краснолуцкая М.Г., Большин Р.Г. // Биотехнология. Взгляд в будущее. [Текст] : IV Международная научная Интернет-конференция, материалы конф. (Казань, 24-25 марта 2015 г.) / Сервис виртуальных конференций Рах Grid ; сост. Синяев Д. Н. - Казань : ИП Синяев Д. Н. , 2015. – 57...61 с.
8. Кондратьева, Н.П., Перспективы использования электротехнологии для повышения посевных качеств семян УФ-излучением / Кондратьева Н.П., Романов В.Ю., Чефранова М.Н., Нуреева Т.В., Корепанов Д.А., Краснолуцкая М.Г., Большин Р.Г. // Известия Международной академии аграрного образования. 2015. № 24. С. 10-13.
9. Кондратьева, Н.П., Энергосберегающие электротехнологии для предпосевной обработки семян / Кондратьева Н.П., Коломиец А.П., Большин Р.Г., Краснолуцкая М.Г. // В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК. VI Международная научно-практическая конференция. Под общей редакцией Трушкина В.А.. 2015. С. 108-111.
10. Кондратьева, Н.П., Энергоэффективное электрооборудование для обработки семян перед посевом / Кондратьева Н.П., Краснолуцкая М.Г., Большин Р.Г. // В сборнике: Биотехнология. Взгляд в будущее IV Международная научная Интернет-конференция. Казань, 2015. С. 57-61.
11. Кондратьева, Н.П., Энергоэффективные электротехнологии в подготовке семян к посеву / Кондратьева Н.П., Краснолуцкая М.Г., Большин Р.Г. // В сборнике: Актуальные вопросы и тенденции развития в современной науке Материалы II Международной научно-практической конференции. 2015. С. 49-55
12. Корепанов, Д.А., Установка для повышения посевных качеств семян длинноволновым УФ облучение / Корепанов Д.А., Кондратьева Н.П. // Монография. - Ижевск, 2006, 61 с.
13. Корнев, С.А. Возможность использования систем управления интеллектуальными световыми фитосветильниками / Корнев, С.А., Большин Р.Г., Краснолуцкая М.Г., Коростелёв Д.В. // Биотехнология. Взгляд в будущее. [Текст] : IV Международная научная Интернет-конференция : материалы конф. (Казань, 24-25 марта 2015 г.) / Сервис виртуальных конференций Рах Grid ; сост. Синяев Д. Н. - Казань : ИП Синяев Д. Н. , 2015. – 62...65 с.
14. Светлые решения. Режим доступа: <http://www.beeled.ru/webcalc.php>
15. Рыбкина, С.В. Применение оптического излучения для стимулирования прорастания семян ели европейской// С.В. Рыбкина, М.В. Беляков // Лесной журнал. - 2007. - № 4. - С. 14 – 18.
16. Украинцев, В.С. Влияние ультрафиолетового облучения на повышение посевных качеств семян хвойных пород / В.С.Украинцев, Н.П.Кондратьева, Д.А. Корепанов, А.В.Бывальцев // Вестник Удмуртского университета. Серия 6: Биология. Науки о Земле. Выпуск 1. –Ижевск, УдГУ, 2011. - С. 132-137.

М.Ю. Кононова

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
г. Санкт-Петербург

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЮЩИХСЯ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ПРИ РАЗВИТИИ ТРЗ АПК

Правительством Российской Федерации поставлена цель: к 2020 году понизить энергоёмкость ВВП России на 40%, в основу осуществления ряда задач на пути к данной цели положены:

- Указ Президента Российской Федерации от 04.06.08 № 889 "О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики";
- Федеральный закон от 23.11.09 № 261-ФЗ "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации";
- Постановление Правительства РФ № 18 от 25.01.11 «Об утверждении правил установления требований энергетической эффективности ...»;
- Постановление Правительства РФ № 19 от 25 января 2011 «Об утверждении положения о требованиях, предъявляемых к сбору, обработке, систематизации, анализу и использованию данных энергетических паспортов...»

Таким образом одной из задач является использование возобновляющихся источников энергии АПК при обеспечении сервитутов их недвижимости в части благоустройства и озеленения территорий, организации социокультурных общественных пространств и инфраструктуры физической культуры и спорта для целей поддержания здоровья и здорового образа жизни работников и их семей. Данные задачи являются на сегодня неотъемлемой частью развития как для южных, так и для северных территорий субъектов Российской Федерации, на которых осуществляется деятельность по культурному и дикому растениеводству, скотоводству и птицеводству.

Основные принципы современной концепции геоэкологического маркетинга туристско-рекреационных зон (ТРЗ) территорий развития:

- Нацеленность на достижение устойчивого практического результата деятельности в границах ТРЗ.
- Направленность на долговременный безотказный и безопасный результат работы объектов отдыха и досуга.
- Использование единства и взаимосвязи стратегии и тактики деятельности ТРЗ.
- Ориентация фиксированных результатов работы на реальные условия и качество среды обитания, обеспечивающие желания и нужды потребителя.
- Ориентация на инновации в конструкциях, материалах, оборудовании и снарядах.
- Системное изучение рынка досуга и отдыха и его конъюнктуры.

- Экопластичность/экотолерантность при повышении ликвидности недвижимости ТРЗ территорий АПК.
- Системный научный подход к рассмотрению и решению задач.
- Выработка маркетингового мышления у всех сотрудников ТРЗ через обучение, организацию сервиса и разработку индивидуальных экотехнологических пакетов.
- Установление партнёрских отношений на взаимовыгодных условиях со смежниками для принятия системных решений по требованиям жизнеобеспечения.

Для территории Северо-Запада России подходы уже формализуются и имеют чёткое описание в «Рекомендации по обеспечению энергетической эффективности жилых и общественных зданий» (РМД «Энергоэффективность»). Разработчик РМД ОАО «КБ ВиПС» по заказу Комитета по строительству Правительства Санкт-Петербурга [1], в том числе принимали участие ОАО «НИПИ ВиПС», ОАО «Газпром Промгаз», ЛенНИИпроект, ВНИИМ им. Д.И.Менделеева, ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, НИУПЦ «Межрегиональный институт окна» и др.

Рекомендации по использованию возобновляемых и вторичных источников энергии для теплоснабжения, мероприятиям по повышению энергетической эффективности зданий на стадии эксплуатации и по энергетическому обследованию зданий отличительной особенностью документа одновременно с расчётом энергоэффективности здания, производимым для материалов и конструкций любого производителя, - в РМД обобщены 6 критических направлений: энергетическая эффективность – материалы и ресурсы, водоэффективность - территория и биоразнообразие, качество внутренней среды – инновации и дизайн.

Большое внимание в данных видах работ должно уделяться применению и использованию существующей нормативно-правовой базы: ФЗ от 23.11.2009г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», Приказа Министерства регионального развития Российской Федерации от 28.05.2010 г. № 262 «О требованиях энергетической эффективности зданий, строений, сооружений», Приказа Министерства регионального развития Российской Федерации от 08.04. 2011 г. № 161 «Об утверждении Правил определения классов энергетической эффективности многоквартирных домов и Требований к указателю класса энергетической эффективности многоквартирного дома, размещаемого на фасаде многоквартирного дома», СНиП 23-01-99* «Строительная климатология», СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий», СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий», СНиП 31-01-2003 «Здания жилые многоквартирные», СНиП 31-02-2001 «Дома жилые одноквартирные», СНиП 31-05-2003 «Общественные здания административного назначения», СНиП 31-06-2009 «Общественные здания и сооружения», СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование» и другие, имеющие непосредственное значение при локализации выбора по недвижимости и инфраструктурам конкретной территории АПК.

Одним из вариантов развития территории АПК может служить уже показавшая себя технология переработки биомассы для ТЭЦ, которая вполне могла бы выполнять функции по децентрализованному обслуживанию социо-культурных инфраструктур АПК (см. рис.1, <http://www.oekotech-energie.de/re.html>)

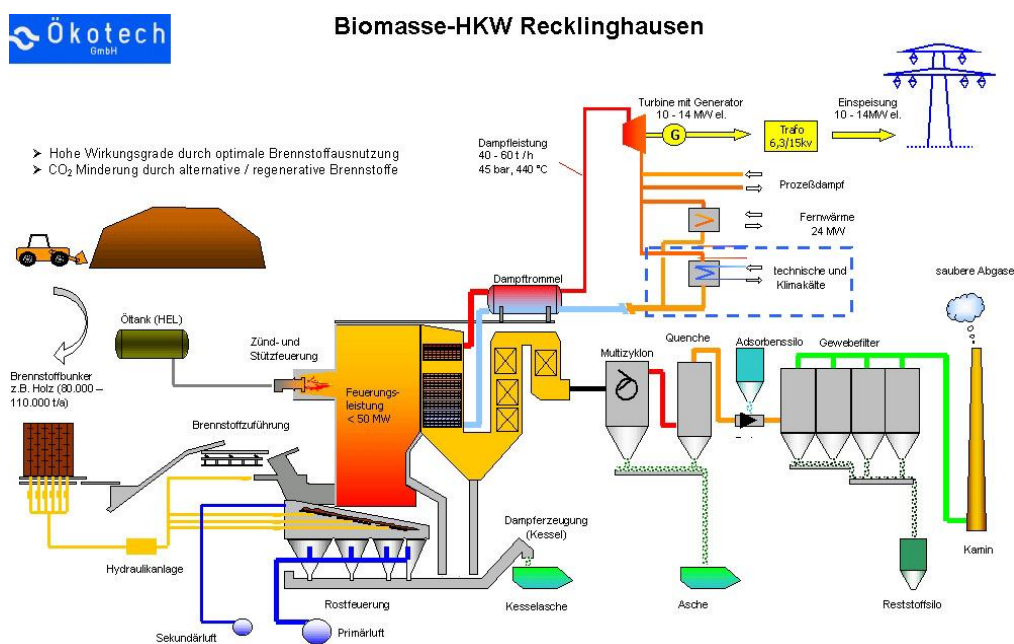


Рисунок 1. - ТЭЦ на основе биомассы (Реклингхаузен)

Следует учитывать возможности регионов в части развития локальных мощностей возобновляющихся источников энергии (для сельскохозяйственных территорий – это в большей степени биогаз, биомасса, ветроэнергетика и гидроэнергетика) Реализации Климатической доктрины Российской Федерации.

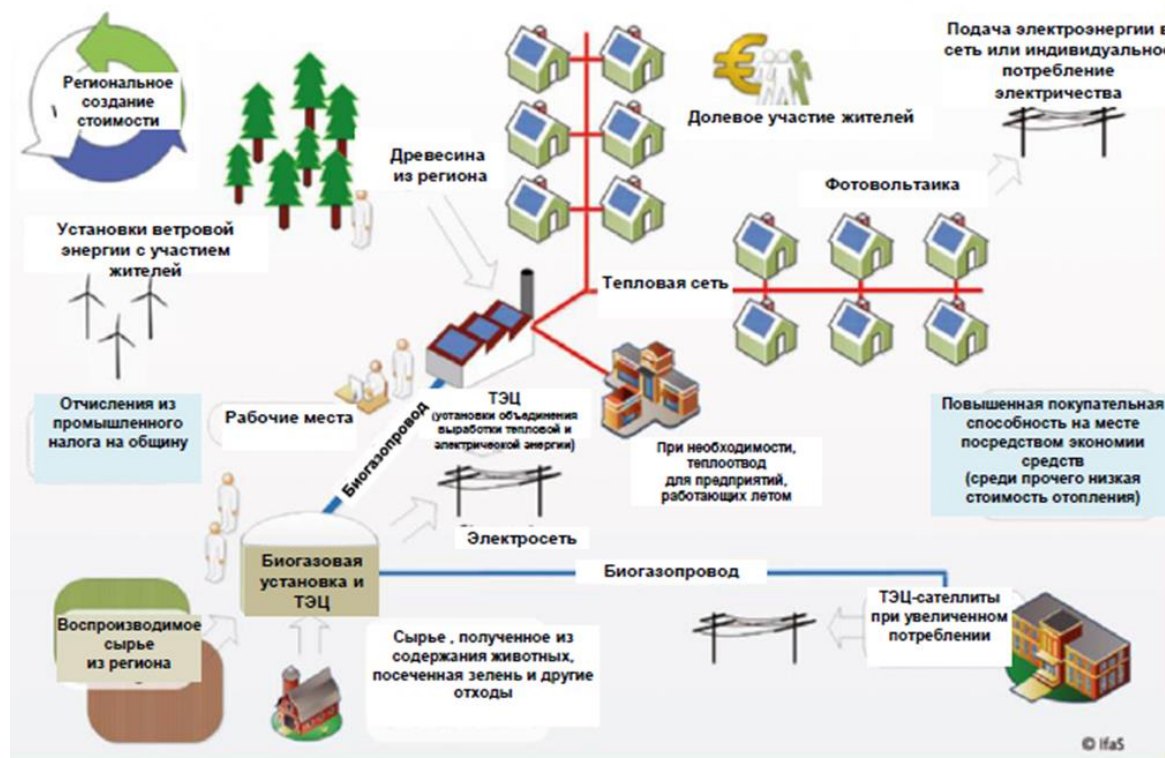


Рисунок 2. - Структура и влияние биоэнергетической деревни

Приоритеты системы LEED (рейтинговой оценки «зелёного» строительства в США) таковы, что при всех системных комплексных оценках максимальное количество баллов, которое можно получить от использования «зелёного» строительства как в городах, так и в населённых пунктах сельской местности не может быть больше 106, при том что водозэффективность на которую необходимо в первую очередь обращать внимание АПК может быть только 10 баллов при организации циркуляционного использования, локальных очистных сооружений и т.д. В большей степени имеет место вклад сохранения территории (26 баллов) и энергетическая эффективность (35 баллов), на что в свою очередь можно обратить более пристальное внимание, учитывая местные условия и природно-климатическую зону развития территории, её облесённость и обводнёность. Для территории и биоразнообразия – это 26 баллов, материалы и ресурсы – 14 баллов, инновации и дизайн – 6 баллов. С другой стороны можно использовать и сертификацию BREEAM (Великобритания) по 10 основным экологическим разделам: менеджмент, здоровье, энергия, транспорт, вода, материалы, отходы, использование земли и экология, загрязнение, инновации.

Одним из примеров могут быть уже реализованные в Германии (Bio)EnergieDörfer (Биоэнергетические деревни) рис.2, (Био)энергетическое торгово-промышленное товарищество, зарегистрированное <http://www.bedeg.de>.

За основу можно взять Методику оценки проектов жилых и общественных зданий по критериям энергоэффективности и экологии (1-я редакция) [2] для детализации особенностей архитектурно-планировочных решений, ресурсоёмкости и перспективного природопользования в зависимости от существующих жизненных циклов АПК и планируемого индивидуального экологического следа при использовании возобновляющихся источников энергии.

Основные направления требований:

выполнение системы поддержки принятия решений для устойчивого развития территорий: выявление туристско-привлекательных и безопасных мест; выявление мест под развитие и строительство спортивных объектов; оценка воздействия на окружающую среду и геоэкологической устойчивости; развитие сопровождающей и обслуживающей инфраструктуры.

инжиниринг возобновляющихся источников энергии и гидроэнергетика для туристско-рекреационных территорий;

геоэкологическое моделирование и менеджмент рекреационной инфраструктуры (туризм, спорт, курорты, физическая культура);

выполнение ГИС на туристско-рекреационную зону территории развития;

базы данных для интернет-геоэкомаркетинга с учётом управления корпоративной недвижимостью;

унификация и единый принцип формирования базовых образовательных программ для инновационного использования территорий развития сервисов АПК.

Список литературы:

1. Региональный методический документ «Рекомендации по обеспечению энергетической эффективности жилых и общественных зданий», 2012 (РМД «Энергоэффективность»)
2. http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=4690 – Табунщиков Ю. А., Гранев В. В., Наумов А. Л. Рейтинговая система оценки качества здания в России. Статья опубликована в журнале “АВОК”, №6. 2010.

М.Г. Корныльев

Ульяновский государственный технический университет, г. Ульяновск

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОГО СОСТОЯНИЯ КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТОГО ТЕЛА В ПРОЦЕССЕ КОНВЕКТИВНОЙ СУШКИ В АКУСТИЧЕСКИХ ПОЛЯХ ВЫСОКОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

Стадия сушки является наиболее энергоемкой и ответственной в производстве керамического кирпича. Оптимизация технологических параметров является одним из способов реализации на стадии сушки значительного потенциала энергосбережения. Такая оптимизация может быть направлена на снижение брака при термической обработке, так и непосредственно на снижение затрат тепловой энергии при рациональной организации сушки изделий.

В современных сушильных установках конвективного типа действия до 70% потерь теплоты приходится с отработанным сушильным агентом. Именно отсутствием теории и математических моделей процесса конвективной сушки сдерживает поиск условий, в которых содержится резерв повышения эффективности процесса сушки керамического кирпича путем рационального использования сушильного агента и сокращения цикла сушки. Перспективным вариантом дополнения конвективного способа сушки является сушка в акустических полях высокой интенсивности, что позволяет повысить интенсивность процесса, обеспечить качественную и эффективную сушку при низких температурах. Применение ультразвуковых излучателей позволяет интенсифицировать процесс конвективной сушки без существенного повышения температуры материала.

Ранее [1] установлено, что длительность конвективной сушки лимитируется в связи с более интенсивным влагопереносом в периферийной зоне тела (вблизи поверхностей) по сравнению с зоной центра, в результате которого в периферийной зоне могут образовываться дефекты в виде сколов и трещин. Для интенсификации влагопереноса в центральной зоне капиллярно-пористого тела предложено накладывать ультразвуковые колебания, которые предотвращают закупоривание порового пространства паровоздушными пузырьками и многократно уменьшают вязкостный и инфекционный коэффициенты гидравлического сопротивления фильтрации влаги [3].

Для исследования эффективности этого решения разработана математическая модель кинетики тепловлажностного состояния капиллярно-пористых тел в процессе конвективной сушки. Задача формулируется и решается в нестационарной трехмерной постановке. Технологические параметры сушки, тип сушильной установки и параметры сушильного агента и изделия моделируются при расчетах заданием граничных условий на каждой из поверхностей капиллярно-пористого тела.

Распределение температуры в капиллярно-пористом теле определяется дифференциальным уравнением теплопроводности.

Учёт влияния ультразвука осуществляли опосредованно через коэффициент диффузии жидкости, который определяли экспериментально и уточняли по данным работы [3].

Аналитическому решению система дифференциальных уравнений теплопроводности и влагопереноса не поддается, поэтому для ее интегрирования применяли численный метод конечных разностей. Для этого с использованием явной разностной схемы второго порядка аппроксимации по пространственным переменным и первого порядка по времени строили разностные аналоги уравнений теплопроводности и влагопереноса для типовых (внутренних) и всех особых (расположенных на поверхностях, на ребрах, в углах) расчетных точек капиллярно-пористого тела, а также получили выражения для определения устойчивого шага Δt интегрирования по времени. С помощью построенной системы разностных уравнений по заданному начальному тепловлажностному состоянию капиллярно-пористого тела последовательно с шагом Δt определяли кинетику тепловлажностного состояния капиллярно-пористого тела в процессе конвективной сушки [4,6].

С целью прогнозирования и предотвращения технологического брака для всех внутренних точек определяли градиенты температуры и влагосодержания в изделии.

Значения коэффициента диффузии D жидкости в капиллярно-пористом пространстве под воздействием ультразвука, определяли экспериментально по оригинальной методике [5,6]. Некоторые результаты выполненных исследований показаны на рис. 1.

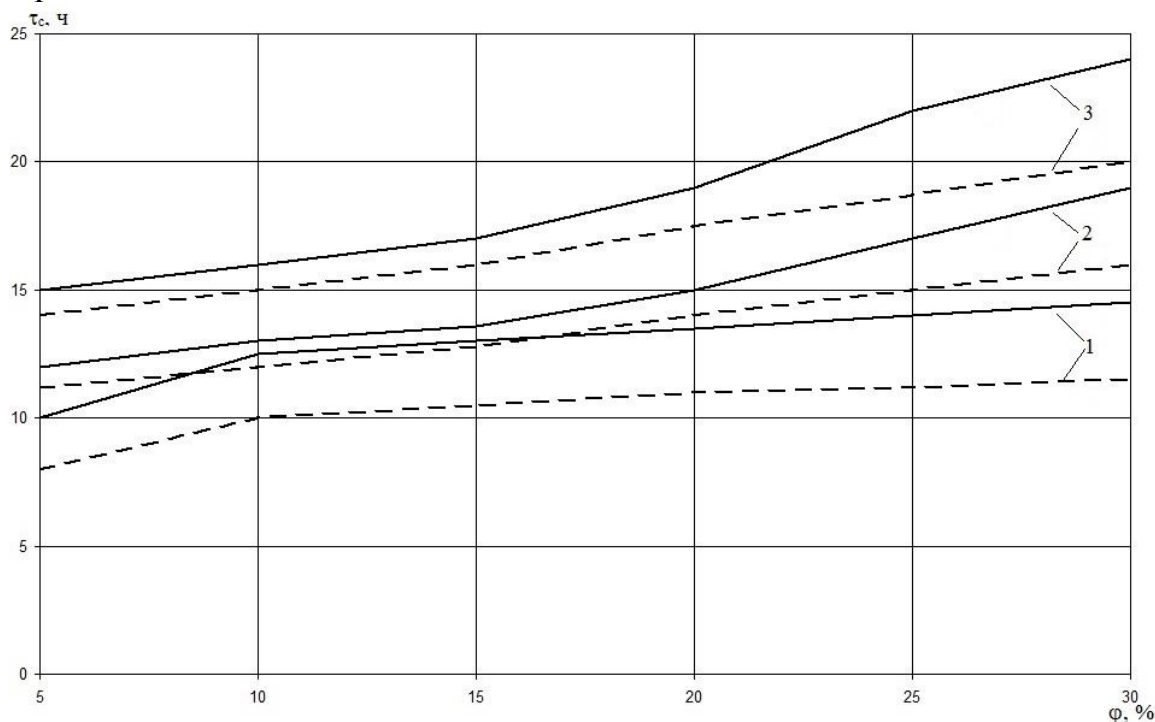


Рис. 1. Влияние ультразвука на длительность сушки капиллярно-пористого тела: линия – сушка без применения ультразвука; --- – сушка с применением ультразвука; 1, 2, 3 – $T_f = 373; 333; 323$ К

Установлено, что применение ультразвука способствует сокращению времени конвективной сушки на 30...40 %. Результаты исследований будут использованы для совершенствования существующих и разработки новых энергоэффективных технологий сушки.

Список литературы

1. Ковальногов В.Н., Павловичева Т.В. Моделирование и экспериментальное исследование энергоэффективной сушки строительного кирпича // Промышленная теплотехника, 2011. № 8. С. 54 – 57.
2. Ковальногов В.Н., Павловичева Т.В., Фокеева Е.В. Моделирование влияния регенерируемого сушильного агента на тепловлажностное состояние керамического кирпича в технологическом процессе сушки // Тезисы докладов и сообщений XIV Минского международного форума по тепло- и массообмену (10-13 сентября 2012 г.). Институт тепло и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси. Т. 1. С. 504 – 506.
3. Ковальногов В.Н. Разработка методов повышения эффективности механической обработки путем наложения модулированных ультразвуковых колебаний на смазочно-охлаждающую жидкость и инструмент. – Saarbrücken, Germany: Palmarium Academic Publishing, 2012. 404 p.
4. Журавлев А.А., Карпухина Т.В., Химин И.С. Исследование закономерностей кинетики тепловлажностного состояния керамического кирпича в процессе сушки // Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы V Международной научно-практической конференции. / Под ред. В.А. Трушина. Саратов. Буква. 2014. С. 109-112.
5. Способ определения коэффициента диффузии жидкости в капиллярно-пористом теле: пат. № 2469292 РФ // В.Н. Ковальногов, Н.Н. Ковальногов, Т.В. Павловичева. 2012. Бюл. № 34.
6. Zolotov A.N., Kovalnogov V.N., Kornilev M.G. Modeling of heat and humidity condition of the capillaryporous body in the process of convective drying with ultrasound / Science, Technology and Higher Education [Text] : materials of the IX International research and practice conference, Westwood, December 23-24, 2015 / publishing office Accent Graphics communications – Westwood – Canada, 2015. 400 p. 297-303 p.

УДК 669.18.046.51.004.18:669.054.8

Д.С. Коробовцев, Ю.И. Рахимова

Самарский государственный технический университет

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОТЫ ГОТОВОЙ СТАЛИ В СТАЛЕПЛАВИЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

В работе исследуется возможность интенсивного энергосбережения в производстве стали. Показано, что теплота жидкой стали является наибольшим вторичным энергетическим ресурсом процесса, который в настоящее время практически не используется.

Настоящее время характеризуется значительным ростом цен на энергоресурсы, поэтому энергосбережение в промышленной теплоэнергетике и теплотехнологиях приобретает важное значение.

Ежегодно миллиард тонн производимой в мире жидкой стали, с температурой около 1600⁰С, разливается для получения разнообразных отливок и при охлаждении выделяет теплоту, эквивалентную 40-45 млн. т.у.т.

Большая часть этой теплоты теряется даже в низкотемпературной области (ниже 800°C), а в высокотемпературной ($1600-800^{\circ}\text{C}$) она теряется практически полностью. В этих условиях актуально исследование вопроса об энергетических возможностях плавящегося лома в сталеплавильном процессе.

В настоящее время сталь производят с применением различных источников энергии: электроэнергии, кислорода, природного газа и углерода в чугунах.

Если для кислородно-конвертерного процесса основным источником энергии являются кислород и углерод, содержащийся в чугуне, то для электросталеплавильного процесса характерно широкое применение дополнительных энергоносителей – электроэнергии и природного газа.

Чрезвычайно низкая энергоемкость стального лома создает предпосылки для получения общей энергоемкости стали.

При оценке энергоемкости следует различать энергоемкость процесса и энергоемкость продукта. В энергоемкость процесса включены только расходы энергоносителей, а в энергоемкость продукта дополнительно учитываются расходы скрытой энергии в полупродуктах и материалах.

В электросталеплавильном процессе со снижением доли лома (повышением доли чугуна) энергоемкость конечного продукта будет только повышаться, несмотря на то, что энергоемкость процесса снижается.

Одним из наиболее эффективных снижений, как процесса, так и продукта является использование теплоты готовой стали, так как с повышением доли лома в процессе энергия готовой стали является единственным вторичным энергоресурсом. В этом случае теплота готовой стали является дополнительным источником энергии в сталеплавильном производстве и открывает возможности существенного энергосбережения.

Теплообмен между чугуном и твердым ломом является смешанным, и используется для плавления лома и вывода температуры на 1600°C , то есть используется только лишь часть теплового потенциала жидкой фазы. Оставшейся тепловой потенциал использован быть не может, так как температура выпуска стали 1600°C .

Если же использовать этот тепловой потенциал на плавление твердого лома, что теоретически возможно при использовании противотока, с помощью промежуточного теплоносителя представляется возможным передать теплоту полностью, при этом не только нагреть, но и расплавить определенное количество лома.

При использовании противоточного теплообмена при начальной температуре 1600°C одной тонной охлаждающейся стали возможно расплавление и перегрев до 1600°C расплава стального лома в количестве 0,233 тонны без внешних затрат [1]. Повышение начальной температуры увеличивает количество металлического лома в шихте.

При температуре 1890°C 1 т охлаждающейся стали может расплавить 1 т стального лома до 1500°C , то есть замкнуть процесс по массе. Догрев на 390°C замыкает процесс на температуре. Наиболее эффективным процессом в интервале температур 1500 до 1890°C является электродуговой процесс. Необходимая энергия составляет $76\text{ кВт}\cdot\text{ч/т}$, что является теоретическим минимумом в сталеплавильном процессе, к которому и следует стремиться.

Увеличение доли лома приводит к снижению энергоемкости стали. для электросталеплавильного процесса с повышенной температурой энергоемкость составила 60кг у.т./т., что является его теоретическим минимумом, который может быть достигнут и к которому следует стремиться.

Список литературы

1. Картавец С.В., Строгонов К.В. Интенсивное энергосбережение в сталелитейных процессах // Энергосбережение – теория и практика: Труды 1-й Международной школы-семинара молодых ученых и специалистов. Москва, 15-18 апреля 2002г. М.: Издательство МЭИ, 2002. С.116-119.

УДК 621.316.728

В.И. Котенев, В.В. Кочетков, Д.А. Елькин

Самарский государственный технический университет, г. Самара

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ С НЕСТАБИЛЬНЫМ НАПРЯЖЕНИЕМ

Известно, что потери реактивной мощности в элементах электрической сети составляют почти половину всей генерируемой мощности, из которой почти 75 % приходится на потери в трансформаторах, а на потери в асинхронных двигателях приходится до 70 % всей потребляемой промышленными предприятиями реактивной мощности.

Поэтому с целью снижения потерь в понижающей и распределительных сетях систем электроснабжения промышленных предприятий и повышения качества электроэнергии повышают коэффициент мощности за счет применения локальных регулируемых источников реактивной мощности, которые устанавливают в распределительных узлах и узлах нагрузки.

Основными серийными источниками реактивной мощности в системах электроснабжения являются конденсаторные установки и синхронные двигатели. Причем в конденсаторных установках регулирование дискретное, а в двигателях – непрерывное, и без генерации мощности искажения.

Повышение качества управления мощностью можно добиться только за счет применения систем автоматического управления с синхронными машинами, погрешность математических моделей которых существенно отражаются на качественных характеристиках систем.

Существующие системы управления параметрами режимов узлов нагрузки электрической системы конструируются на базе математических моделей двигателей, не учитывающих колебания напряжения в сети, что негативно сказывается на качестве регулирования.

В данной работе рассматривается математическая модель синхронного двигателя СТД-1250 ($P_n = 1250$ кВт, $U_n = 6$ кВ, $\omega_n = 314$ с⁻¹, $\eta_n = 0,968$):

$$\Delta I_f(p) = (T_f' p + 1)^{-1} (R_f^{-1} \Delta U_f(p) - T_{d2} p \Delta U_c(p) + T_{d1} p \Delta \theta(p));$$

$$\Delta \theta(p) = (k_1 x_{ad} E_{q0}^{-1} \Delta I_f(p) + k_1 U_{c0}^{-1}(p) \Delta U_c(p)) W_1(p);$$

$$\Delta Q(p) = x_{ad} k_5 \Delta I_f(p) - k_4 \Delta \theta(p),$$

где $T_{d1} = \frac{x_{ad} U_{c0} \sin \theta_0}{\omega x_d R_f}; \quad T_{d2} = \frac{x_{ad} \cos \theta_0}{\omega x_d R_f}; \quad W_1 = \frac{1}{T_1^2 p^2 + 2\varepsilon_1 T_1 p + 1};$

$k_4 = -U_{c0} E_{q0} \sin \theta_0 x_d^{-1}$, $k_5 = U_{c0} \cos \theta_0 x_d^{-1}$; U_f, I_f, R_f – напряжение, ток и активное сопротивление обмотки возбуждения; x_d, x_{ad} – индуктивные сопротивления по продольной оси реакции якоря; θ – угол нагрузки; E_{q0} – Э.Д.С. машины; Q – реактивная мощность синхронного двигателя; U_c – напряжение сети. Остальные обозначения даны в [1, 2].

Из переходных характеристик $\Delta \theta(t)$ и $\Delta Q(t)$ по выходному воздействию $\Delta U_c = 630$ В при $T_1 = 0,31$ с, $\varepsilon_1 = 0,1$, $T_{d1} = 62$ А·с, $T_{d2} = 0,014$ с·Ом⁻¹, $T_f' = 0,367$ с, $R_f = 0,18$ Ом, $x_{ad} = 32$ Ом, $x_d = 32,7$ Ом, $k_1 = -0,75$, $k_4 = -1340$ кВА, $k_5 = 0,148$ кА, построенных по вышеприведенным операторным уравнениям следует, что эти характеристики изменяются достаточно быстро по колебательно-затухающему закону, причем реактивная мощность вначале изменяется скачкообразно, что необходимо учитывать при синтезе системы управления.

Список литературы

1. В.И. Котенев, А.В. Котенев, В.С. Осипов, В.В. Кочетков. Математическая модель синхронной машины при управлении ее возбуждением. Вестник СамГТУ. Технические науки. 2012. Вып. 2(34) – С. 128-135.
2. В.И. Котенев, В.С. Осипов, В.В. Кочетков. Обобщенная математическая модель узла нагрузки для управления параметрами режимов в системе электроснабжения. Известия ВУЗов. Электромеханика. 2014. №5 – С. 103-105.

УДК.663.854.78

В.А. Кожухов, Р.А.Зубова.

ФГБОУ ВО Красноярский Государственный Аграрный Университет, г. Красноярск

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КОМПЛЕКСНОЙ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН С ТВЕРДОЙ ОБОЛОЧКОЙ

Цель исследования: Для успешного развития животноводства необходимо создание прочной кормовой базы, основу которой составляют растительные корма, доля которых в общем кормовом балансе - более 90 %. Основным источником этой группы кормов – полевое кормопроизводство; оно дает более 70 % общего объема кормов.

Козлятник восточный относится к многолетним бобовым кормовым культурам и характеризуется специфическими положительными особенностями: может расти во всех сельскохозяйственных регионах страны, холодостойкий, отличается продуктивным долголетием – 10-15 лет, дает по 2-3 полноценных укоса в год (за два

укоса – до 60-70 т/га зеленой массы, 10-15 т/га сена в год), высокая питательность (в 100 кг зеленой массы 20-21 корм. ед., в 100 кг сена 57-58 корм. ед., обеспеченность одной кормовой единицы сырым белком 125-216 г.), раннее отрастание, производит белок за счет биологической фиксации азота воздуха, без затрат энергоемких и дорогостоящих азотных удобрений.

Козлятник восточный относится к твердосемянным культурам, семена имеют твердую оболочку и не пропускают влагу.

Характеристика и физико-химические свойства кожуры семени: Семя бобовых Fabaceae состоит из зародыша с двумя семядолями, заключенными в семенную оболочку. Семенная кожура - плотная оболочка, предохраняющая внутренние части семени от неблагоприятных воздействий внешней среды. С биологической точки зрения кожура - это оболочка растительной клетки, ее непротоплазматический компонент — продукт деятельности протопласта.

Слои кожуры располагаются в следующей последовательности: 1) с поверхности семени покрыты однородной, изменяющейся по толщине пленкой - кутикулой, 2) далее идет эпидермис, представленный палисадным (мальпигиевым) слоем, 3) затем следует гиподерма (слой катушечных клеток), 4) замыкает кожуру слой в виде нескольких рядов паренхимных клеток.

Клеточные оболочки, из которых состоит семенная кожура, включают в себя следующие компоненты: целлюлоза, лигнин, гемицеллюлозы, неорганические экстрактивные вещества. Архитектура клеточной оболочки в значительной степени определяется присутствием целлюлозы. Этот углевод образует каркас, который погружен в *матрикс* из нецеллюлозных углеводов. Многокомпонентность состава кожуры семени позволяет отнести ее к природным композиционным материалам.

Энергетические воздействия на оболочку семени: При предварительной обработке семян с твердой оболочкой в ультразвуковом поле их поверхность покрывается трещинами за счет действия кавитации. Зародышами кавитационных каверн служат всегда имеющиеся в биологической среде газовые пузырьки. Часть воды за счет ультразвукового капиллярного эффекта проникает в образовавшиеся трещины в кожуру семени и происходит смачивание зародыша и эндосперма.

Согласно технологии предпосевной обработки семян в СВЧ поле за счет увлажнения происходит селективный нагрев семян и паразитирующих фитопатогенов, находящихся на их поверхности и внутренних структурах. Вода, как полярный диэлектрик обладает диэлектрической проницаемостью, обусловленной поляризацией двух типов: электронным смещением и ориентацией диполей, связанной с поглощением подводимой энергии. Каждый полярный диэлектрик имеет свою резонансную частоту, которая соответствует возникновению аномальной дисперсии, сопровождающейся сильным поглощением электрической энергии, т. е. на определенный частоте тангенс диэлектрических потерь $tg\delta$ максимален.

Результаты применения разработанной методики: При обработке семян козлятника восточного в ультразвуковой ванне «ELMASONIC» потребляемой мощностью $P = 0,04$ кВт и частотой озвучивания $f = 35$ кГц и при режимах обработки в электромагнитном поле сверхвысокой частоты с параметрами: удельная мощность

– 665 Вт/дм³, экспозиция – 60 – 80 секунд увеличение лабораторной всхожести относительно контроля находится в пределах 6 – 9 % сравнительно с необработанным вариантом.

Список литературы

1. Акопян В.Б., Ершов Ю.А. Основы взаимодействия ультразвука с биологическими объектами. Ультразвук в медицине, ветеринарии и экспериментальной биологии. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 225 с.
2. Цугленок Г.И., Бастрон Т.Н., Василенко А.А., Зубова Р.А. Исследование режимов предпосевной обработки семян козлятника энергией СВЧ-поля и ультразвуком // Вестник ИрГСХА, Выпуск 65, Иркутск. гос. сельскохозяй. ак-я – Иркутск, 2014. с. 117-124

УДК 621.316.722

Г.С. Кудряшев, А.Н. Третьяков, Х. Рахмет, С.В. Батищев

ФГБОУ ВО Иркутский государственный аграрный Университет им. А.А. Ежевского, г. Иркутск, РФ

ВЛИЯНИЯ НЕСИНУСОИДАЛЬНОСТИ НА РАБОТУ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Оценка влияния качества электроэнергии на работу электроприемников позволит применить комплекс мер по снижению потерь электроэнергии, увеличению срока службы оборудования и в конечном счете послужит повышению энергоэффективности производства, экономии электроэнергии, снижению издержек производства.

Объектом исследования выбрана птицефабрика СХ ОАО «Белореченское» - динамично развивающееся предприятие, которое успешно провело модернизацию своих производственных основных фондов, в том числе и электрического оборудования. Птичники для выращивания бройлеров оснащены современным высокотехнологичным оборудованием, управляемым, в основном автоматикой. В качестве средства измерения применялся прибор «Ресурс-UF2M»

Основными потребителями электроэнергии предприятия являются птичники для выращивания бройлеров на подстилке (табл. 1). В свою очередь, основными потребителями электроэнергии птичников является электрооборудование систем освещения, кормления и вентиляции (табл. 2).

Состав электрооборудования на птицефабрике представлен на рисунке 1.

Таблица 1-Состав электрооборудования на птицефабрике

Наименование помещения	Установленная мощность, кВт	Количество потребителей	Общая установленная мощность	
Птичник	20	21	480	83,2
Кормоцех	25	1	25	4,3
Контора	15	1	15	2,6
Лаборатория	15	1	15	2,6
Склад	15	1	15	2,6
Санпропускник	15	1	15	2,6
КНС	11	1	11	1,9
Весовая	1	1	1	0,2

Таблица 2.-Установленная мощность электрооборудования птичника

№ п/п	Вид оборудования	Руст, кВт	Суммарная мощность,
1	Вентиляция	1,1	31,1
2	Кормораздача	0,75	8,1
3	Освещение	0,25	3,06

Важной особенностью работы исследуемого электрооборудования является практически полная ее автоматизация, т.е. оборудование работает под управлением по заданной заранее программе. Программа работы оборудования задается регламентом по технологии откорма бройлеров при напольном выращивании [1].

Из регламента следует, что электрооборудование птичника работает циклично, причем выделяются суточный цикл и 40-дневный цикл выращивания птицы (период от размещения молодняка до выгрузки готовой птицы). После завершения 40-дневного срока выращивания предусмотрен санитарный разрыв длительностью 10 дней между сдачей партии бройлеров на убой и посадкой новой партии.

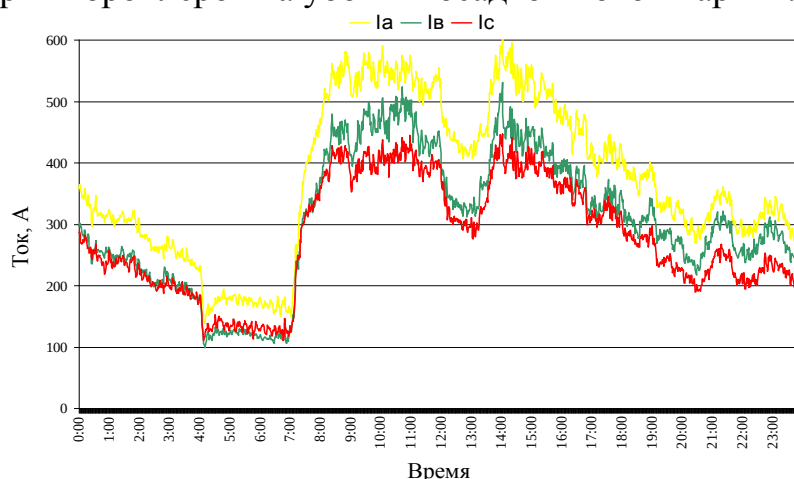


Рисунок 1 – Фазные токи на отходящих линиях птичника.

В зависимости от дня выращивания изменяются длительность и уровень рабочего освещения, длительность работы кормораздачи. Режим работы вентиляции

График зависимости активной (P) и реактивной (Q) мощности от времени. Показаны суточные колебания с пиками в дневное время.

По данным, полученным при измерениях на действующем птичнике, найдено потребление активной и реактивной мощности, коэффициент мощности за суточный период (рис. 3, 4) На основе данных измерений и регламента [1] составлен примерный суточный график работы электрооборудования (табл. 3).

[illegible]

110

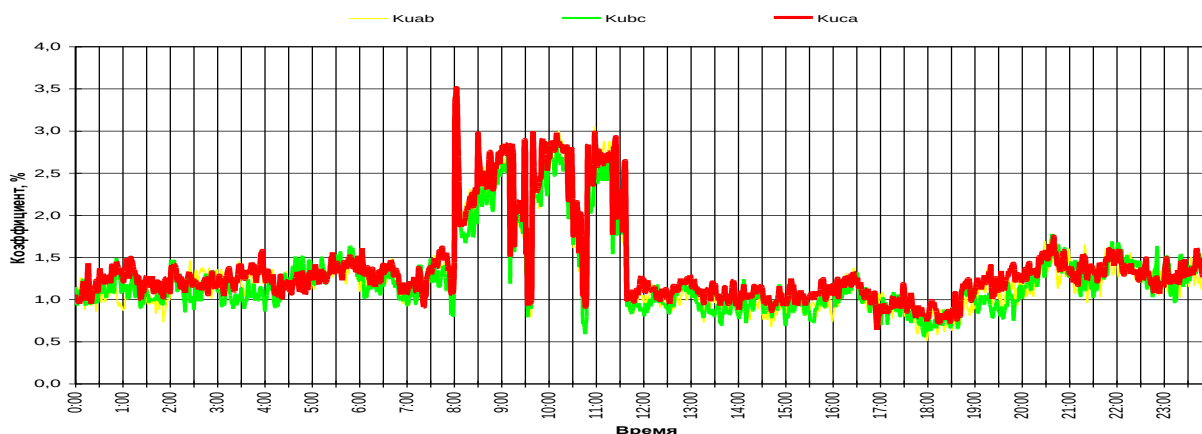


Рисунок 4 – Коэффициент несинусоидальности напряжения на птичнике

Для определения фактической картины по уровня несинусоидальности в питающей сети, проведены измерения, представленные на рисунке 4.

Дополнительные потери активной мощности в асинхронных двигателях и трансформаторах, рассчитаны по методике, предложенной в [4], и составили:

- для трансформаторов - 4,2 Вт (менее 0,01% от $P_{ном}$);
- для асинхронных двигателей - 0,37 Вт (0,05% от $P_{ном}$)
- снижение срока службы для трансформаторов и асинхронных двигателей - 0,7% и 0,8%, соответственно.

Результаты исследования показывают, что влияние несинусоидальности на работу электрооборудования птицефабрики незначительно, а уровень дополнительных потерь от данных параметров качества значительно меньше потерь на основной частоте

Низкие потери обусловлены проведенной модернизацией оборудования, в частности заменой весьма энергоемких электрических брудеров (нагревателей) газовыми, после которой потребляемая электроэнергия значительно снизилась. Однако установленное новое оборудование, а именно люминесцентные энергосберегающие лампы, является источником высших гармоник

При разработке мероприятий по повышению качества и снижению потерь электрической энергии в сетях 0,38 кВ, обусловленных несинусоидальностью напряжений и токов, большое значение имеет точная оценка величины показателей несинусоидальности токов и напряжений, а также величины потерь электрической энергии.

Список литературы

1. Регламент по технологии откорма бройлеров при напольном выращивании. СХ ОАО «Белореченское», 2012. 18 с.
2. Энергосбережение при производстве и переработке сельскохозяйственной продукции/ Рахмет Х, Г.С. Кудряшев, В.В. Федчишин, Третьяков А.Н.//Вестник ИрГТУ.-2013.-№5 (76).- С. 147-150.
3. Чемоданов Е.В. Оценка влияния несимметрии, несинусоидальности и отклонения напряжения на работу электрооборудования предприятия агропромышленного комплекса // Вестник Чувашского университета.- 2012.-№3.-С. 175-180.
4. Шидловский А.К., Кузнецов В.Г. Повышение качества энергии в электрических сетях. Киев: Наук. думка, 1985. 268 с.

ТЕРМОДИНАМИКА УПРУГОЙ ДЕФОРМАЦИИ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Характерной особенностью изотропного твердого полимерного тела является высокоэластичность или упругость. При изучении поведения материалов при термоупругих деформациях представляет интерес поведение энтропии, позволяющей отслеживать изменение их структурных свойств, что весьма важно при решении многих материаловедческих проблем.

Известно, что упругая деформация твердых тел может сопровождаться термическими эффектами и выполняется термодинамический принцип Ле-Шателье [1], согласно которому при всяком внешнем воздействии на тела в нем возникают такие внутренние процессы, которые стремятся ослабить внешнее воздействие. Следовательно, при сжатии тела должны нагреваться, а при растяжении – охлаждаться, что подтверждается для большинства твердых тел [2]. Однако для высокомолекулярных соединений (различных каучуков и резин) в случае адиабатического процесса наблюдается смена знака этого термоупругого эффекта и, как следствие, происходит изменение знака энтропии. Известно, что для сшитых полимеров такой критерий изменения энтропии можно связать с температурной зависимостью удлинения. Из обобщенного закона Гука следует, что $\frac{\partial \alpha}{\partial T} \approx \frac{d}{\partial T} \approx \frac{\Delta l}{\Delta T}$, где l – длина полимера. Рассмотрен случай $\frac{\Delta l}{\Delta T} > 0$, при условии $F = \text{const}$. Это соответствует увеличению энтропии и ухудшению структуры полимера. Так как $\Delta l > 0$ при удлинении, то $\Delta T > 0$ и происходит нагревание полимера. Если $\frac{\Delta l}{\Delta T} < 0$, что соответствует уменьшению энтропии, то при $\Delta l > 0$ всегда $\Delta T < 0$ и происходит охлаждение. Такое изменение энтропии учтено с помощью эмпирического члена dS :

$$dS = dS_2 \left(\lambda - \frac{1 + \beta T}{\lambda} \right), \quad (1)$$

где $dS_2 = dS(\lambda=1)$, а $\lambda = l/l_0$ — относительная длина.

Вышеприведенное уравнение описывает уменьшение температуры полимеров в адиабатическом приближении, до определенного значения $\lambda \leq \lambda_k$, где $\lambda_k = (1 + \beta T)^{0.5}$. Если $\lambda > \lambda_k$, то, как следует из вышеприведенной формулы, энтропийный член меняет свой знак. Это связано с тем, что при значительных удлинениях происходят структурные изменения, проявляющиеся в ориентации клубков макромолекул, а это приводит к нагреванию полимера.

Выясним механизм, приводящий к этому эффекту, исходя из молекулярно-кинетической теории сшитых полимеров. Известно [3], что сшитые полимеры представляют длинные цепи углеродных атомов, случайным образом свернутые в

клубки, причем образование сшивок происходит при вулканизации. С точки зрения термодинамики [3] при растяжении резины происходит частичное упорядочивание клубков. Это упорядочивание приводит к уменьшению энтропии, так как энтропия характеризует степень беспорядка. Но при адиабатическом процесс энтропия постоянна, ориентация клубков должна компенсироваться увеличением хаотического движения молекул друг относительно друга, а это, в свою очередь, приводит к повышению температуры. Таким образом, при незначительных растяжениях резина охлаждается, а при относительно больших растяжениях резина нагревается.

Данный термический эффект, связанный с изменением характера теплового процесса при деформации полимерных материалов с выделения на поглощение тепла, имеет практическое применение. При использовании данных материалов в промежуточных преобразователях датчика силы [4], весьма важным является правильное использование этих материалов в таком диапазоне приложенных нагрузок, в которой ещё не возникают проблемы с ползучестью и усталостью. Определение критических значений относительного удлинения по эффекту смены характера теплового процесса в рабочем органе в промежуточном преобразователе датчика силы и использовании датчика силы в определенном диапазоне нагрузок позволяет избежать проблем с различными нелинейными эффектами (ползучесть, усталость). Сравнение теоретических и экспериментальных значений критического параметра λ_k показало их хорошее совпадение. Некоторое расхождение теоретических и экспериментальных результатов связано с недостаточным выполнением условия адиабатичности в эксперименте и эмпирическим выражением для энтропийного члена. Следует отметить, что данный результат имеет определенную технологическую особенность. Известно, что при нагружении тел (в том числе и полимеров) постоянной силой в нем возникает ползучесть, величина и знак которой непредсказуемы, что вынуждает ограничивать диапазон измерений датчика силы деформацией не более чем 0,2% [4]. Следовательно, при использовании полимеров в качестве промежуточного преобразователя необходимое значение критического параметра не должно быть более определяемой величины $\lambda_k \approx 1,1$, а изменение знака термического эффекта имеет практическое применение для контроля структурных изменений в полимерах.

Список литературы

1. Базаров И.П. Термодинамика. -М.: Высш.школа.1976.-447с.
2. Сычёв В.В. Сложные термодинамические системы.- М.: Высш. шк., 1986.-312с.
3. Зув В.В., Успенская М.В., Олехнович А.О. Физика и химия полимеров.- СПб.: СПб ГУ и ГМО,2010.-45с.
4. Аш Ж. Датчики измерительных систем. – М.: Мир,1992.-424с.

Н.Н. Курзин

Кубанский государственный аграрный университет, г. Краснодар

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ В СИСТЕМЕ ВОДОПОДГОТОВКИ ДЛЯ ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ АПК

В сельскохозяйственном производстве для тепловой обработки кормов, пастеризации молока, обогрева теплиц и производственных помещений, снабжения горячей водой и других целей широко используются паровые и водяные котлы малой мощности, водоподогреватели и кормозапарники различных конструкций [1-3].

Исключительно важным обстоятельством является безаварийность работы теплообменного оборудования, так как даже временная остановка котла или теплообменника и прекращение подачи теплой воды и корма, например, в родильные отделения животноводческих ферм, может привести к массовой гибели животных и серьезным экономическим затратам.

Солевые отложения в котельных установках низкого давления производительностью до 1 тонны пара/час и в теплообменниках, образуются в результате сложных физико-химических процессов, в которых участвуют не только накипеобразующие соединения, такие как бикарбонаты $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$, сульфаты CaSO_4 , MgSO_4 , NaSO_4 , нитриты NaNO_2 , KNO_2 , силикаты NaSiO_3 , $\text{Ca}(\text{HSiO}_3)_2$, хлориды Cl_2 , MgCl_2 , NaCl , но и грубодисперсные вещества с размером частиц более 0,0001 мм, коллоидные частицы размером до 0,000001 мм и растворенные в воде газы кислорода (O_2), углекислого газа (CO_2), и сероводорода (H_2S).

Природная вода представляет собой слабый раствор электролитов, диссоциированных на положительно заряженные ионы или катионы Ca^{2+} , Na^{+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , H^{+} и др. и отрицательно заряженные ионы-анионы OH^{-} , HCO_3^{-} , SO_4^{2-} , и др., поэтому интенсивность образования отложений зависит не только от общего количества накипеобразующих солей, но и от преобладания тех или иных ионов. Так, если водородных ионов больше, чем гидроксильных, то реакция кислая, а если меньше, то щелочная. При равенстве концентрации водородных и гидроксильных ионов вода будет нейтральная.

В таблице 1 приведены данные по перерасходу топлива в процентном отношении к его расходу при чистой поверхности нагрева, в зависимости от толщины слоя накипи для наиболее типичного случая.

Таблица 1

Толщина слоя накипи в мм	Перерасход топлива в % к его расходу при чистой поверхности
1,0	1,5 – 3,0
2,0	4,0 – 5,0
3,0	6,0 – 7,0
4,0	7,5 – 8,0
5,0	8,5 – 9,0
6,0	9,5 – 10

Несмотря на значительные запасы жидкого топлива в России, и падения цен на нефть на мировых рынках, цена на топливо в нашей стране имеет тенденцию устойчивого роста, что в свою очередь существенно увеличивает себестоимость сельскохозяйственной продукции. Таким образом, снижение образования накипи при работе теплообменного оборудования – проблема актуальная и её решение позволит сэкономить значительное количество топлива, сократить трудозатраты, обеспечить безаварийную эксплуатацию котельных, повысить конкурентность растениеводческой и животноводческой отраслей.

В Кубанском государственном аграрном университете проведен анализ отечественных патентов за период 1996-2014 годов и рефератных журналов по данной проблематике. Оказалось, что за последние годы практически нет работ по исследованию влияния магнитных и электромагнитных полей на процессы солевых отложений в теплообменной аппаратуре. Из последних работ следует отметить исследования ученых Никитенко Г.В., Куценко А.Н. и Тлиша Р.Д., где подробно рассмотрен механизм воздействия электрических, магнитных и электромагнитных полей на водные системы промышленных и сельскохозяйственных предприятий, расчет магнитных и электромагнитных аппаратов, а также их экономическую эффективность.

Образование накипи и шлака в котельных установках низкого давления происходит в результате физико-химических процессов, в которых участвуют не только накипеобразователи в основном кальциевые и магниевые соли находящиеся как в диссоциированном, так и ассоциированном состоянии, а также окислы металлов, образующиеся в результате коррозионных процессов. В свою очередь интенсивность образования отложений зависит от многих факторов, таких как жесткость и щелочность питательной воды, паропроизводительность или тепловой режим работы оборудования, скорость движения воды, начальная температура и другие показатели, значение и характер влияния которых разными исследователями зачастую оценивается по-разному.

В условиях децентрализованного расположения котельных одним из наиболее эффективных и экономически выгодных методов предупреждения солевых отложений на рабочих поверхностях нагрева теплообменных аппаратов АПК, фермерских хозяйств, включая пароводяные котлы низкого давления типа Е-1/9-1, ММЗ-0,8 кормозапарники и других являются так называемые безреагентные методы предупреждения отложений за счет обработки воды электрическими и магнитными

полями, СВЧ и ультразвуковыми колебаниями, жестким ультрафиолетовым излучением, гамма излучением.

Разработанные в университете противонакипные и водоподготовительные устройства, защищены патентами Российской Федерации [4-12], просты по конструкции, что позволяет осуществлять их широкое внедрение силами инженерных служб предприятий АПК или самих фермеров. Эти установки особенно эффективны для районов, где вода, добываемая из скважин, имеет высокое солесодержание. Так, в Ейском, Старошербиновском и в Кущевском районах Краснодарского края содержание солей в воде достигает порядка 18-22 мг-экв/кг, что приводит к необходимости проводить частый ремонт, связанный в основном с удалением солевых отложений с рабочих поверхностей нагрева. Однако для большинства сельских регионов (более 40) и десятков городов края общее солесодержание питательной воды не превышает 1,5-5 мг-экв/кг, что позволяет проводить профилактический ремонт один раз в год или в сезон.

Список литературы

1. Курзин Н.Н. Устройства для предотвращения отложений в теплообменниках / Н.Н. Курзин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2004. № 11. С 27-28.
2. Курзин Н.Н. Новые электромагнитные устройства сельскохозяйственного назначения / Н.Н. Курзин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2004. № 6. С 20-22.
3. Курзин Н.Н. Современные методы предотвращения образования отложений в теплообменной аппаратуре / Н.Н. Курзин // Труды КГАУ. – Краснодар, 2006. – Вып. № 1 – С 298-305.
4. Патент 2177375 Российская Федерация, МПК С2 7 F 23 D 11/00 Устройство для очистки изделий / Н.Н. Курзин, Н.В. Когденко; заявитель и патентообладатель КГАУ. – №2000108248/12 заявл. 03.04.2000; опубл. 27.12.2001. Бюл. № 36. – 6 с.
5. Патент 2177912 Российская Федерация, МПК С2 С 02 F 1/48//С 02 F 103:02 Устройство для предотвращения образования накипи / Н.Н. Курзин; заявитель и патентообладатель КГАУ. – № 99123673/12 заявл. 09.11.1999; опубл. 10.01.2002. Бюл. № 1. – 6 с.
6. Патент 2131572 Российская Федерация, МПК С1 F 28 G 7/00 Установка для предотвращения образования накипи / Н.Н. Курзин, И.А. Потапенко, Н.И. Богатырев и др.; заявитель и патентообладатель КГАУ. – № 98104265/12 заявл. 05.03.1998; опубл. 10.06.1999. Бюл. № 16. – 6 с.
7. Патент 2204444 Российская Федерация, МПК С2 7 B 06 B 1/16 Устройство для возбуждения колебаний / Н.Н. Курзин, Н.И. Богатырев, В.Н. Темников и др.; заявитель и патентообладатель КГАУ. – № 2001121502/28 заявл. 31.07.2001; опубл. 20.05.2003. Бюл. № 14. – 6 с.
8. Патент 2206854 Российская Федерация, МПК С1 7 F 28 G 7/00 Устройство для предотвращения образования накипи / Н.Н. Курзин, Н.И. Богатырев, И.А. Потапенко и др.; заявитель и патентообладатель КГАУ. – № 2001129662/06 заявл. 01.11.2001; опубл. 20.06.2003. Бюл. № 17. – 8 с.
9. Патент 2263267 Российская Федерация, МПК С1 F28G 7/00 / Устройство для предотвращения образования отложений / Н.Н. Курзин, О.В. Григораш, И.А. Потапенко и др.; заявитель и патентообладатель КГАУ. – №2004120826/12 заявл. 07.07.2004; опубл. 27.10.2005. Бюл. № 30. – 4 с.
10. Патент 2136123 Российская Федерация, МПК С1 Н 05 В 6/10, 6/50 Индукционный проточный нагреватель / Н.И. Богатырев, О.В. Вронский, Е.А. Зайцев и др.; заявитель и патентообладатель КГАУ. – № 97120742/09 заявл. 11.12.1997; опубл. 27.08.1999. Бюл. № 16. – 8 с.
11. Патент 2269734 Российская Федерация, МПК С1 F28G 7/00 (2006.01) / Устройство для предотвращения образования накипи / Н.Н. Курзин, И.А. Потапенко, М.В. Лепетухин и др; заявитель и патентообладатель КГАУ. – №2004117307/06 заявл. 07.06.2004; опубл. 10.02.2006. Бюл. № 4. – 3 с.
12. Патент 2281917 Российская Федерация, МПК С2 C02F 1/48 (2006.01) Способ подготовки воды / Н.Н. Курзин, О.В. Григораш, И.А. Потапенко и др.; заявитель и патентообладатель КГАУ. – № 2004124314/15 заявл. 09.08.2004; опубл. 20.08.2006. Бюл. № 23. – 3 с.

АВТОЗАПРАВОЧНЫЕ СТАНЦИИ И ВОДОРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Основная часть. В статье обосновываются перспективы создания автозаправочных водородных станций на базе электролиза водорода, питаемых от солнечных панелей. Приводится результат приблизительного расчета площади необходимой для питания электрической энергией автозаправочную станцию.

Ключевые слова: водородная энергетика, автозаправочная станция, электролиз водорода, солнечные панели.

В настоящее время, происходит совершенствование техносферы человеческой цивилизации, за счет замещения углеводородов свободным водородом. Данное направление получило название: водородная энергетика. Одним из основных направлений водородной энергетике являются технологии применения водорода в качестве топлива для транспортных средств [1, 2].

В настоящее время известны проекты создания АЗС заправки водородом, с применением фотоэлектрических генераторов энергии для электролиза водорода, например [4 - 7].

В исследовательском университете Гумбольдта в 1993 году разработана автономная фотоэлектрическая солнечно-водородная система мощностью 9,2 [кВт], способная обеспечить привод компрессоров для аэрации бассейнов рыборазведения. В данной конструкции применяется биполярный щелочной электролизер мощностью 7,2 [кВт], с производительностью 25 [л/мин]. Водородные заправочные станции с генерацией водорода высокого давления (фактически достигнутое давление: 13,8 [МПа], обеспечивают теоретически требуемый уровень: 70 [МПа]) [4]. Водород предполагается использовать для питания топливных элементов транспортных средств. Энергия фотоэлектрического генератора используется для производства водорода посредством электролиза воды.

Проведем классификацию теоретических и практических задач, встающих при создании системы водородных АЗС, питающихся от солнечных батарей. На рис. 2. представлена диаграмма "ишикавы" на которой определены составляющие задач при создании водородных АЗС.

Задачи создания сети водородных АЗС можно разделить на четыре основных вида:

1. Технические задачи. Среди которых выделим: проблемы получения электрической энергии от солнечных батарей; осуществления электролиза водорода; хранение водорода и проблема заправки водородным топливом транспортных средств;

2. Нормативные задачи, решение которых необходимо для нормальной работе множества организаций в области создаваемой транспортной инфраструктуры, а также построение системы качества работы АЗС (в целях исключения аварийных

ситуаций). К нормативным задачам относятся: разработка пакета нормативных документов регламентирующих эксплуатацию АЗС; определение контролирующих организаций федерального и муниципального уровня и разработка государственных стандартов регламентирующих вопросы эксплуатации водородных АЗС в русле развития водородной энергетики.

3. Экономические задачи, включающие определение путей финансирования проекта создания водородных АЗС, а также, разработки стратегий оптимального развития сети данных АЗС в условиях конкуренции с существующими бензиновыми АЗС.

4. Политические задачи – широкий круг задач прогнозирования и управления процессов внедрения водородной энергетики на транспорте (на общегосударственном, федеральном уровне), которые можно охарактеризовать необходимостью разработки и реализации государственной программы развития водородной энергетики, в том числе в области транспортной инфраструктуры.

Обозначенные задачи, в свою очередь, состоят из множества подзадач, среди которых следует выделить:

1. определение показателей энергетического потока от энергии солнечной радиации до химической энергии топлива транспортного средства. Данные показатели необходимо определить в условиях заданной плотности транспортного потока.

2. определение технических параметров солнечных батарей, электролизера и системы хранения водорода. Решение данной подзадачи позволит осуществить

3. определение себестоимости водородного топлива и технико-экономической эффективности работы водородной АЗС на базе солнечных батарей в условиях конкуренции с существующей сетью бензиновых АЗС.

4. рассмотрение норм и правил противопожарной и экологической безопасности, обеспечение требований к защите водородной АЗС от грозových перенапряжений и требования к электрическому исполнению систем в условиях возможности утечек водорода (учитывая его способность к формированию взрывоопасной смеси с кислородом воздуха).

Таким образом, в качестве выводов следует определить:

1. достаточно активный интерес исследовательских компаний к проблеме создания водородных АЗС питающихся от солнечных батарей;

2. определены достоинства и недостатки системы преобразования энергии солнечной радиации в химическую энергию свободного водорода;

3. определены и классифицированы задачи, решение которых необходимо при создании сети водородных АЗС. Данные задачи поставлены в качестве цели дипломного проектирования.

Проведем оценку требуемых затрат энергии для обеспечения топливом транспортного потока через водородную АЗС.

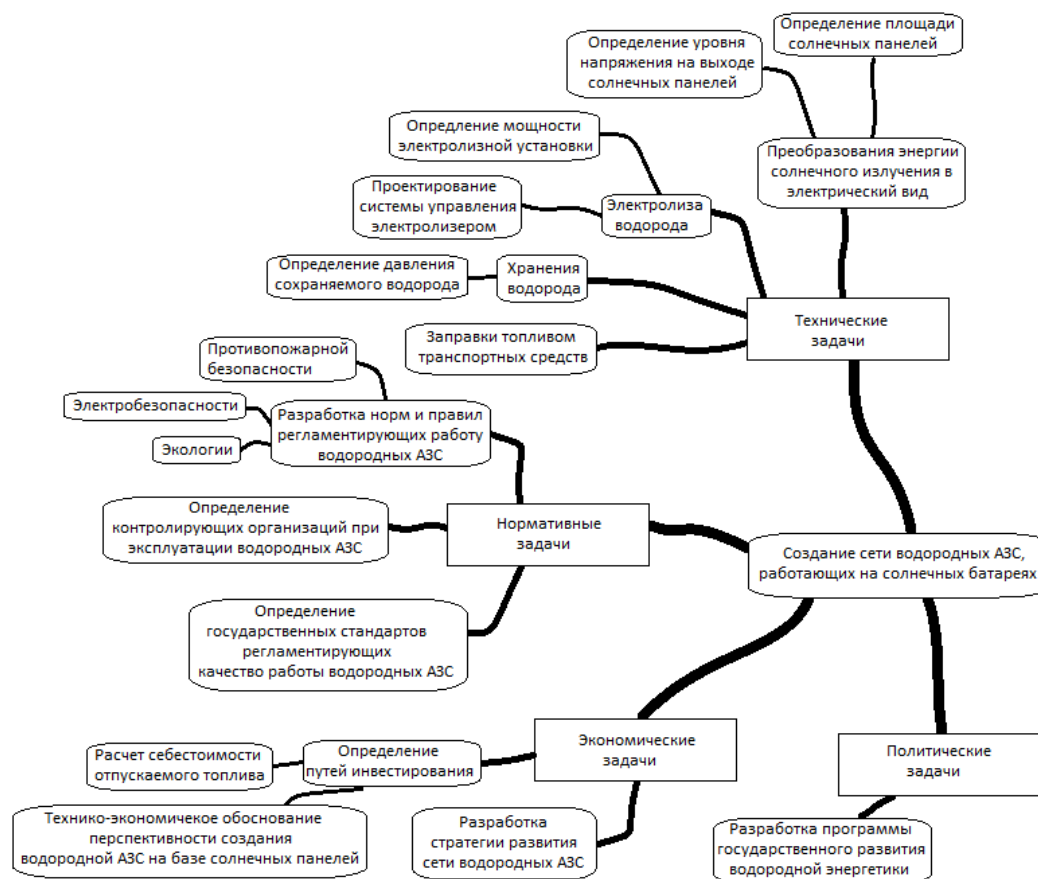


Рисунок 2. Диаграмма "ишаквы" задач при создании сети водородных АЗС работающих на солнечных батареях

В качестве исходных данных примем поток транспортных средств, заправляемых топливом в размере: $N_{\text{тр.с.}} = 100$ [ед./сут.]. Потребность одного автомобиля определим исходя из средней емкости бензобака легкового автомобиля: $V_{\text{б.б.}} = 45$ [л.]. При этом тепловая энергия, запасаемая в бензобаке определится исходя из удельной теплоты сгорания бензина (примем в качестве эталона бензин АИ-98): $T_{\text{уд.б.}} = 46,238$ [кДж/гр] и его плотности: $\rho_{\text{б.}} = 780000$ [гр/м³] согласно выражения:

$$W_{\text{теп.}} = V_{\text{б.б.}} \cdot 10^{-3} \cdot \rho_{\text{б.}} \cdot T_{\text{уд.б.}} = 45 \cdot 10^{-3} \cdot 780000 \cdot 46,238 = 1,623 \cdot 10^6 \text{ [кДж]}. \quad (1)$$

Определим требуемую величину энергии солнечной радиации, для того чтобы обеспечить полученное значение в выражении (1).

Объем водорода (при нормальном давлении) которое соответствует величине $W_{\text{теп.}} = 1,623 \cdot 10^6$ [кДж], при удельной теплоте сгорания водорода: $T_{\text{уд.в.}} = 143$ [кДж/гр] и плотности водорода: $\rho_{\text{в.}} = 89,8$ [гр/м³] составит:

$$V_{\text{в.}} = \frac{W_{\text{теп.}}}{T_{\text{уд.в.}} \cdot \rho_{\text{в.}}} \cdot 10^3 = \frac{1,623 \cdot 10^6}{143 \cdot 89,8} \cdot 10^3 = 126388 \text{ [л.]}. \quad (2)$$

Учитывая КПД работы электролизера: $W_{эл.л.} = 0,005$ [кВт·ч/л.], величина электрической энергии требуемая для выработки объема водорода $V_{\text{в.}} = 126388$ [л.] составит:

$$W_{эл.л.} = V_{\text{в.}} \cdot W_{эл.л.} = 126388 \cdot 0,005 = 631,94 \text{ [кВт·ч]}. \quad (3)$$

Приняв среднюю величину потерь электроэнергии в системе передачи энергии от солнечных батарей к электролизеру в размере: $\eta_{сб.эл.л.} = 0,05$ [%] величину энергии на выходе солнечных батарей получим в размере:

$$W_{с.б.} = W_{эл.л.} \cdot (1 + \eta_{сб.эл.л.}) = 631,94 \cdot (1 + 0,05) = 663,537 \text{ [кВт·ч]}. \quad (4)$$

Учитывая производительность солнечных батарей: $P_{\text{н.д.}} = 0,1$ [кВт/м²], среднее число часов светлого времени суток (на широте города Сочи согласно [7]): $h_c = 12,189$ [ч], коэффициенту ясности погоды в течении года: $k_{\text{я.}} = 0,46$, а также предполагая что солнечные панели располагаются в наиболее выгодном положении для восприятия солнечной радиации (перпендикулярно к направлению на Солнце) площадь солнечных панелей¹ составит:

$$S_{с.б.} = \frac{W_{с.б.}}{h_c \cdot k_{\text{я.}} \cdot P_{с.б.}} = \frac{663,537}{12,189 \cdot 0,46 \cdot 0,1} = 1183,421 \text{ [м}^2\text{]} \quad (5)$$

Таким образом, площадь солнечных батарей, которая должна позволить обеспечить электролиз водорода в объемах, соответствующих потребностям 100 легковых автомобилей (учитывая усреднение величины ясных дней и количества часов светлого времени суток в течении года) составит $S_{с.б.} = 1183,421$ [м²], чем соответствует площадь порядка квадрата со стороной 34,4 [м].

Выводы: в статье представлены результаты поверочного, предварительного расчета площади солнечных батарей, необходимой для питания водородной заправочной станции, построенной на базе электролиза водорода.

Список литературы

1. Пономарев-Степной Н.Н., Столяревский А.Я. Атомно-водородная энергетика – пути развития. "Энергия" 2004, №1. с. 3-9.
2. Кузык Б. Н., Кушлин В. И., Яковец Ю. В. На пути к водородной энергетике / Б. Н. Кузык, В. И. Кушлин, Ю. В. Яковец. — М.: Институт экономических стратегий, 2005. — 160 с.
3. BMW Hydrogen 7 [Электронный ресурс]: https://ru.wikipedia.org/wiki/BMW_Hydrogen_7
4. Nelson A. Kelly, Thomas L. Gibson, David B. Ouwerkerk, Generation of high-pressure hydrogen for fuel cell electric vehicles using photovoltaic-powered water electrolysis//INTERNATIONAL JOURNAL OF HYDROGEN ENERGY 36 (2011) 15803-15825; 5. Водородные заправочные станции будут установлены на АЗС Италии / [Электронный ресурс] <http://ecology.md/page/vodorodnye-zapravochnye-stancii-budu>.
5. В Японии открылась солнечная заправка водородом / [Электронный ресурс] http://www.zr.ru/content/news/421428-v_japonii_otkrylas_solnechnaja_zapravka_vodorodom/.
6. Официальный сайт компании Sunpower [Электронный ресурс] <http://us.sunpower.com/>.
7. Surface meteorology and Solar Energy [Электронный ресурс] <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>.

¹ достаточная для выработки в течении суток энергии $W_{\text{н.д.}}$

Л.А. Лягина

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

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ВОЗДУХА ПРИ ОБДУВЕ НА ПРОЦЕСС СУШКИ**Ключевые слова:** скорость воздушного потока, растительное сырье, продолжительность сушки.

Растительное сырье в процессе хранения претерпевают различные микробиологические, биохимические и другие изменения, которые приводят к их порче. Одним из средств подавления роста микроорганизмов является удаление влаги путем сушки. Минимальное содержание влаги, при котором развиваются бактерии – 25-30%, плесневые грибы – 10-15%. При высушивании влажность доводят до уровня, который препятствует развитию микроорганизмов – 8-20% [1]. Сушка – самый простой, наиболее дешевый и наименее трудоемкий способ консервирования растительного сырья. Сушеные продукты растительного сырья хорошо сохраняются, не требуют специальных помещений для хранения, занимают мало места [2].

Основными факторами влияющие на скорость сушки являются: скорость воздушного потока, относительная влажность воздуха, температура сушильного агента, степень измельчения материала, толщина слоя, атмосферное давление.

Максимальная скорость в период постоянной скорости сушки определяется по формуле, $(\frac{\%}{\text{мин}})$ [3]:

$$tg \sigma_{\max} = \left(\frac{dw}{d\tau} \right)_{\max} = N \quad (1)$$

где dw – влагосодержание растительного сырья, %; $d\tau$ – приращение времени, ч; N – скорость постоянного периода сушки, $\frac{\%}{\text{мин}}$; $tg \sigma_{\max}$ – тангенс угла наклона касательной, проведенной через данную точку кривой сушки.

Продолжительность сушки (мин) определяется по формуле

$$\tau = \frac{1}{N} \left[(W_1 - W_k) + A \int_{W_2}^{W_1} \frac{dw}{(W - W_p)^m} + \beta(W_k - W_2) \right] \quad (2)$$

где W_1 , W_k , W_2 , W_p – влагосодержание растительного сырья начальное, критическое, конечное, равновесное, %; A , β – массообменные коэффициенты, определяющие перемещение влаги внутри материала; m – показатель степени является постоянной величиной, не зависит от формы и размера частиц, влагосодержания, способа и параметров процесса сушки (для моркови, свеклы, петрушки – $m = 1$).

При значении показателя степени $m = 1$ продолжительность сушки примет вид

$$\tau = \frac{1}{N} \left[(W_1 - W_k) + A \cdot 2,3 \cdot \lg \frac{W_k - W_p}{W_2 - W_p} + \beta(W_k - W_2) \right] \quad (3)$$

Скорость воздушного потока сказывается на скорости сушки только на участке постоянной скорости, при постоянной температуре и относительной влажности. Этот участок характеризуется постоянной скоростью снижения влагосодержания и температурой растительного сырья. В этот период удаляется свободная влага. Скорость сушки в течение всего первого периода остается постоянной [4].

Список литературы

1. Драгилев, А.И., Дроздов, В.С. Технологические машины и аппараты пищевых производств. –М.: «Колос», 1999.
2. Лягина, Л.А. Повышение эффективности сушки продуктов растительного происхождения за счет инфракрасно-конвективного воздействия: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Саратов, 2010. 23 с.
3. Лебедев, П.Д. Расчет и проектирование сушильных установок. –М-Л.: ГОСЭНЕРГОИЗДАТ, 1963. –С. 232.
4. Сакун, В.А. Сушка и активное вентилирование зерна и зеленых кормов. -М.: «Колос», 1969. -174 с.

УДК 631.365.3/4:633.88

Л.А. Лягина, Д.А. Мухамбетов

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

КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ УМЯГЧЕНИЯ ВОДЫ

Ключевые слова: магнитная обработка воды, отложение накипи, электромагнитная, способы умягчения воды.

При работе энергетических стационарных и передвижных установок на поверхностях нагрева и охлаждения происходит отложение накипи, резко ухудшающей теплопередачу, снижающей мощность и увеличивающей расход топлива и электроэнергии. Под слоем накипи образуются зоны местного перегрева металла. Накипеобразованию подвержены теплообменники различных типов и назначения: деаэраторы, конденсаторы, пароохладители, котлы [1]. Вышеперечисленные факторы приводят к необходимости проведения ремонтных работ, и требует значительных капитальных вложений и дополнительных денежных расходов с целью очистки теплообменной аппаратуры. На рис.1 представлена классификация способов умягчения воды.

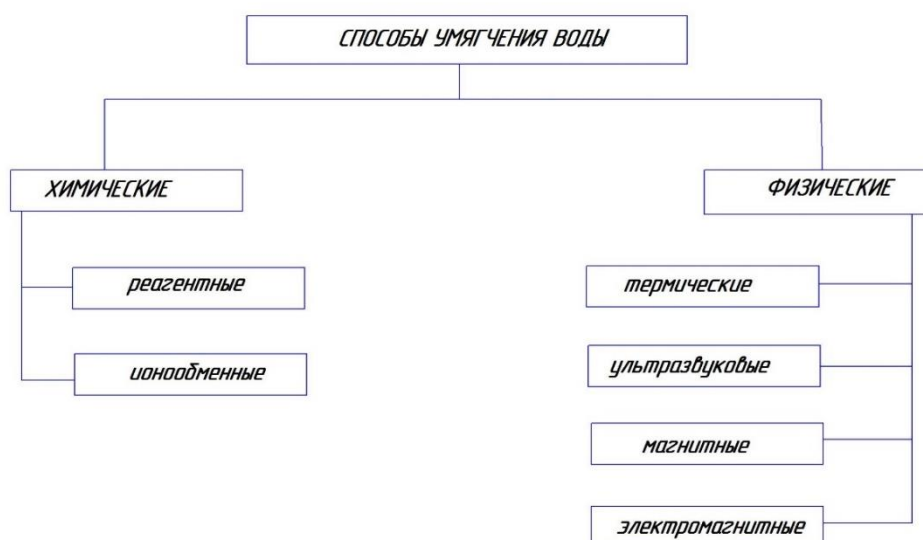


Рисунок 1. Классификация способов умягчения воды

Реагентный способ основан на добавлении в воду полифосфатов, препятствующих образованию твердых отложений. Такой способ имеет ограничения по применению: недопустимость использования в питьевом водоснабжении, экологические ограничения по сбросам.

Ионообменный способ основан на удалении из воды ионов жесткости. Химические способы достаточно дороги, требуют большого расхода реагентов, специального оборудования.

Термический способ не подходит для умягчения воды в больших количествах, а также после обработки воды образуется осадок, который надо удалять [2].

Уничтожение микроорганизмов ультразвуком в воде довольно долго производится с использованием хлора. Такой способ эффективен, но избыточная концентрация вредна для человеческого организма.

Способ магнитной обработки воды является экологически чистым методом и не требует химических реагентов. В результате магнитной обработки воды вместо прикипевшего котельного камня образуется мелкокристаллический легко удаляемый шлам.

Электромагнитные волны имеют ряд преимуществ перед магнитной обработки воды: расширен диапазон воды с высокой жесткостью, устранен эффект «привыкания» воды, обработанная питьевая вода сохраняет кальций и магний, экологическая безопасность, низкие эксплуатационные расходы [2].

Считаем, что электромагнитный способ наиболее эффективен для умягчения воды не только для теплообменного оборудования, систем водоснабжения, но и для систем водоочистки и коммуникаций питьевой воды.

Список литературы:

1. Кофанов, Д.Е. Совершенствование конструкции модульных аппаратов магнитной обработки воды для систем тепловодоснабжения животноводческих объектов: Автореф. дис. ...канд. техн. наук. Ставрополь, 2009. 170 с.
2. Рябчиков, Б.Е. Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования –М.: ДеЛи принт, 2004. –328с.ISBN:5-94343079-2

Н.И. Малин, Ю.А. Канатников

РГАУ-МСХА имени Тимирязева К.А., г. Москва

ЭНЕРГО-И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ СУШКЕ ЗЕРНА

Одной из главнейших и наиболее энергоемких теплотехнологий, используемых производителями зерна и рядом перерабатывающих отраслей АПК, является сушка зерна, объемы которой (в плановых тоннах, используемых в качестве единицы учета производительности зерносушилок) практически ежегодно составляют порядка 50...60 % от валового сбора. И это на фоне данных о затратах топливных ресурсов: 12...14 кг условного топлива на каждую плановую тонну просушенного зерна.

Конечными целями одного из направлений исследований, проводимых на кафедре теплотехники, гидравлики и энергообеспечения предприятий РГАУ - МСХА им. Тимирязева К.А. является разработка технологии и техники сушки зерна на основе практической реализации энерго- и ресурсосберегающих мероприятий.

Результаты проведенных до 2002 г. исследований, базирующихся на теоретических исследованиях, подкрепленных результатами испытаний основных типов отечественных зерносушилок, составили основу учебного пособия [1], в котором освещены темы, охватывающие следующие основные вопросы: нормирование расхода топлива и электроэнергии на сушку зерна; теоретическое обоснование путей снижения энергозатрат на сушку зерна; критериальная оценка технологической эффективности работы зерносушилок и их отдельных узлов; эффективность работы основных типов зерносушилок; эффективность мероприятий по снижению энергозатрат на сушку зерна; методологические основы проектирования и расчета зерносушилок с низкими энергозатратами на сушку зерна.

Результаты последующих исследований (2002 ... 2010 г.г.) вначале нашли отражение в учебном пособии [2], практическом пособии [3], а затем также в учебном пособии [4].

В одно из этих изданий [3], наряду с изложением нового методологического подхода к расчету шахтных прямоточных и рециркуляционных зерносушилок, включена вновь разработанная методология оценки эффективности реконструкции зерносушилок и их отдельных узлов с позиций прироста их производительности и снижения энергозатрат на сушку. При этом для наглядности предусматривается построение графиков и диаграмм. В частности, на осях абсцисс графиков последовательно наносятся технологические приемы обезвоживания зерна в отдельных узлах реконструированной зерносушилки (например, кратковременный нагрев, смешение зерна различной влажности и температуры, отлежка смеси, подвод к зерну агента сушки, окончательное охлаждение), а по осям ординат — соответствующие значения коэффициента K_b пересчета просушенного зерна в плановые единицы и температуры зерна. На осях абсцисс диаграмм последовательно наносятся технологические приемы обезвоживания в отдельных узлах типовой зерносушилки, а по осям

ординат — соответствующие значения коэффициентов эффективности (или неэффективности) реконструкции по производительности $\mathcal{E}_g$ (%), и по энергозатратам в зонах сушки $\mathcal{E}_q$ (%) и охлаждения $\mathcal{E}_{q,охл}$ (%). По существу, вторая часть этого практического пособия может использоваться при проведении исследований с целью сравнительной оценки эффективности использования либо новых технологий сушки на базе стандартного зерносушильного оборудования, либо новых конструкций зерносушилок и их отдельных узлов.

В одном из разделов последнего из этих изданий [4] показана взаимосвязь между режимами работы, производительностью и энергоэффективностью шахтных прямоточных зерносушилок при различных значениях температуры и скорости фильтрации агента сушки в зерновом слое, начальной влажности зерна и температуры агента сушки. В частности установлено, что понижение температуры агента сушки по сравнению с базовой, устанавливаемой для зерна пшеницы Инструкцией по сушке [5], существенно повышает энергоемкость зерносушилки (например, использование агента сушки с температурой 80 °С в 1,5 раза повышает удельный расход условного топлива на сушку). Повышение температуры агента сушки в сравнении с базовой, понижает энергоемкость зерносушилки, но уже в меньшей мере. Протягивается линейная зависимость производительности зерносушилки, как от температуры, так и от скорости фильтрации агента сушки в зерновом слое: с понижением их значений производительность снижается. Что касается энергоемкости, то она явно растет в условиях увеличения скорости фильтрации. Что касается совместного влияния на энергоемкость температуры и скорости фильтрации, то, как следует из рис. 1, здесь нет однозначного ответа: сочетание определенных температур и скоростей при коэффициенте энергоемкости $K_э > 1$ приводит к росту удельных затрат топлива на сушку; целесообразно сочетание температур и скоростей при коэффициенте энергоемкости $K_э \leq 1$, приводящее к снижению удельных затрат топлива на сушку.

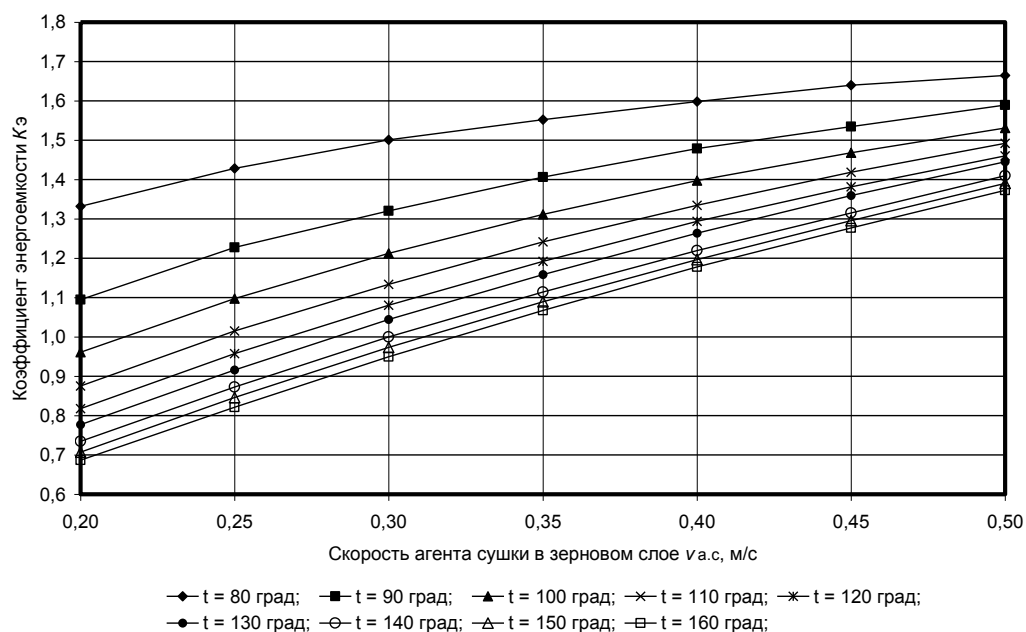


Рисунок 1 — Влияние скорости фильтрации агента сушки в зерновом слое на коэффициент энергоемкости

Подбор рациональных сочетаний температуры и скорости фильтрации агента сушки в зерновом слое можно осуществить анализом совмещенных зависимостей коэффициентов K_3 и K_g от температуры при определенных значениях скорости (вида рис. 2).

Анализ рис. 2 показывает, к примеру, что использование режима со скоростью фильтрации 0,35 м/с способствует росту производительности зерносушилки при завышенном, в сравнении с базовым режимом (при $K_3 = 1$), удельном расходе топлива на сушку, а потому нежелательно к использованию. Помимо использования зависимостей, приведенных на рис. 2, обязательно необходим учет влияния скорости фильтрации в сочетании с температурой агента сушки на температуру нагрева зерна.

Понижение влажности подаваемого на сушку зерна понижает энергоемкость зерносушилки. Например, при сушке зерна пшеницы начальной абсолютной влажностью 21 % (соответствует 17,4 % относительной влажности, определяемой в расчете на общую массу) удельный расход условного топлива снижается примерно на 4,5 % в сравнении с базовым вариантом, т.е. при абсолютной влажности 25 %, соответствующей 20 % относительной влажности (при $K_3 = 1$).

Влияние температуры атмосферного воздуха, проявляющееся в снижении или повышении затрат топлива, связанных с нагревом или охлаждением наружного воздуха и зерна до базовой температуры $t_0 = \theta_0 = 5^\circ\text{C}$ проявляется в виде линейной зависимости и свидетельствует, что сушка зерна при повышенных в сравнении с базовой температурах, характеризуется заниженными удельными затратами топлива на сушку.

Совершенно очевидна необходимость учета полученных зависимостей в следующих направлениях: при установлении оптимальных по энергоэффективности режимов сушки зерна различных культур и различного назначения; при проведении энергетических обследований (энергоаудита) зерносушилок; при планировании потребности предприятия в условном топливе на сушку.

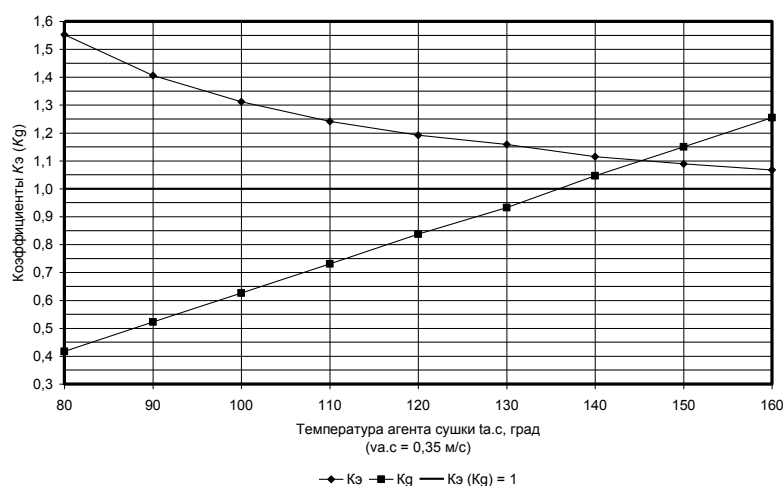


Рисунок 2 — Зависимость коэффициентов энергоемкости и производительности от температуры агента сушки при определенном значении скорости фильтрации

В следующих разделах этого издания [4] показано влияние на энергоэффективность зерносушилок таких мероприятий, как: стабилизация по влажности подаваемого на сушку зерна; устранение явления пересушивания зерна; рациональное использование теплоты, затраченной на нагрев зерна; сравнительная оценка энергоэффективности нагрева и сушки зерна при различном состоянии зернового слоя.

В частности, на примере зерна пшеницы приведены конкретные данные, показывающие, что существенный эффект снижения затрат теплоты на испарение влаги достигается при подаче на сушку в шахтные прямоточные зерносушилки зерновой смеси, стабилизированной по влажности (до 18 % на общую массу) и прошедшей отлежку (в течение 8...48 ч.) с целью частичного перераспределения влаги между сырыми и сухими зерна. Это позволяет использовать повышенные температурные режимы (рекомендуемые для зерна влажностью до 20 %) при одновременном сохранении не только технологических, но и семенных достоинств зерна, повысить производительность зерносушилки на 25...30 %; снизить затраты теплоты (и топлива).

Показано, что уменьшение производительности зерносушилки по сырому зерну в результате его пересушивания до влажности 13,5...12,0 % влечет за собой перерасход топлива в размере 8...37 %. Для любого типа зерносушилки экономия условного топлива $\mathcal{E}$, кг_{у.т.} / план. т, за счет устранения пересушивания зерна составляет

$$\mathcal{E} = b_n [(K_{\phi} - K_n) / K_n],$$

где b_n — нормативный (или фактический для конкретных условий производства) удельный расход условного топлива на сушку, кг_{у.т.} / план. т; K_{ϕ} , K_n — коэффициенты перевода просушенного зерна в плановые единицы при условии сушки зерна до фактического и нормативного конечных значений влажности.

Далее показано, что эффективность работы охлаждающих камер большинства отечественных зерносушилок, оцениваемая в плановых единицах охлажденного зерна, значительно меньше производительности зерносушилок в плановых единицах просушенного зерна. Описаны четыре основных возможных варианта охлаждения зерна. Даны рекомендации, позволяющие существенно повысить эффективность охлаждения при одновременном увеличении количества испаряемой из зерна влаги за счет его внутренней тепловой энергии.

Приведены результаты исследований, показывающие, что наименьшие удельные затраты теплоты непосредственно на испарение влаги характерны для сушки зерна в плотном подвижном слое, находящем применение в зонах рециркуляции всех основных типов рециркуляционных зерносушилок. Затем следуют плотный малоподвижный (находит применение в шахтных прямоточных зерносушилках и зонах досушки рециркуляционных зерносушилок), падающий, кипящий и взвешенный слои. Последние (падающий, кипящий и взвешенный) рекомендуются к использованию в рециркуляционных зерносушилках в основном для быстрого, с минимальными энергозатратами, предварительного нагрева сырого, либо смеси сырого и рециркулируемого зерна, перед последующей досушкой в других зонах зерносушилок (в плотном подвижном или плотном малоподвижном слоях).

После 2010 г. исследования были направлены, вначале на разработку методики расчета промежуточных параметров зерна при двухступенчатой сушке в шахтных прямоточных и рециркуляционных зерносушилках, затем, на этой основе, на моделирование процесса сушки в рециркуляционных зерносушилках.

Характерной особенностью последней является наличие зоны отлежки смеси сырого и рециркулируемого зерна, последствия которой сказываются при поступлении смеси зерна в зоны сушки: имеет место интенсивное испарение поверхностной влаги, сопровождаемое некоторым понижением температуры зерна в начальный период сушки [1]. Характерная термограмма двухступенчатой сушки зерна пшеницы в 1-й и 2-й зонах сушки шахтной рециркуляционной зерносушилки, созданной на базе шахтной прямоточной зерносушилки типа ДСП-32 приведена на рис. 3.

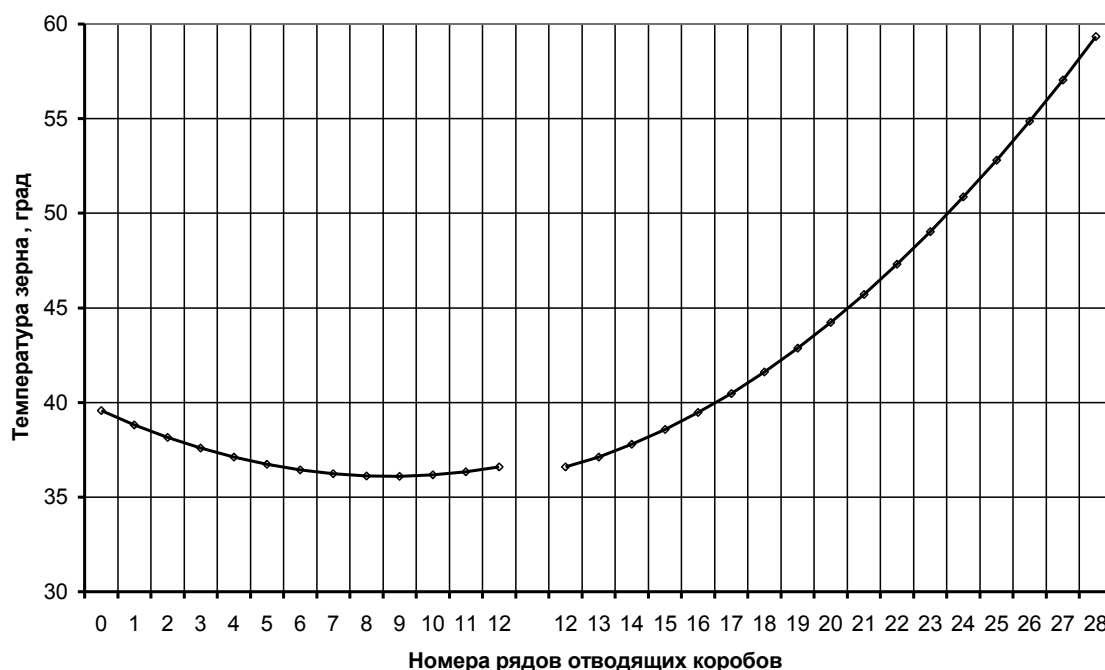


Рисунок 3 — Термограмма двухступенчатой сушки смеси зерна пшеницы влажностью 15,56 % в 1-й (точки 0...12) и 2-й зонах сушки (точки 12...28) шахтной рециркуляционной зерносушилки при температуре агента сушки $t_{1c} = 130\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $t_{2c} = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$ и скорости фильтрации $v_{\phi} = 0,28\text{ м/с}$

Первым этапом моделирования процесса явился анализ схемы работы шахтной рециркуляционной зерносушилки с позиций управления процессом сушки [6]. По результатам этого анализа были сделаны следующие выводы:

основным фактором воздействия на параметры рециркулируемого зерна является коэффициент циркуляции N , необходимое значение которого следует определять при коэффициенте пропорциональности $A = 3,0$;

в условиях возврата в зерносушилку рециркулируемого зерна различной начальной влажности и температуры, при нормативных значениях влажности и температуры сырого зерна ($\theta_0 = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$; $w_0 = 20\text{ }\%$) и коэффициенте $A = 3,0$, за 7...10 циклов сушки происходит самовыравнивание параметров рециркулируемого зерна до $\theta_{\text{рец},0} \approx 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $w_{\text{рец},0} \approx 14,1\text{ }\%$;

в условиях подачи на сушку сырого зерна с начальной температурой $\theta_0 < 5\text{ }^{\circ}\text{C}$

и влажностью $w_0 < 20,0 \%$, основным фактором воздействия на параметры рециркулируемого зерна (для предупреждения его перегрева и пересушивания ниже 14%), является температура t_{2c} .

Последним на данный момент этапом моделирования процесса явилось изучение влияния режимов на параметры отработанного агента сушки шахтной рециркуляционной зерносушилки. Основным результатом этих исследований, проведенных с позиций изучения потенциала и параметров вторичных энергоресурсов зерносушилок, для последующего решения вопроса о наиболее рациональном их использовании, были следующие выводы.

Увеличение скорости фильтрации v_f (м / с), а заодно и массового расхода агента сушки и воздуха L (кг / ч), в незначительной мере влияет на температуру t' и влагосодержание d' отработанного агента сушки и воздуха. Прослеживается (рис. 4) явное влияние начальной температуры агента сушки, которая в ходе исследований была принята в соответствии с Инструкцией по сушке [5] и не изменялась как для 1-й...3-й зон сушки ($t_{1c} = t_{3c} = 130 \text{ }^\circ\text{C}$), так и для 2-й зоны ($t_{2c} = 150 \text{ }^\circ\text{C}$). В частности установлено, что чем выше начальная температура агента сушки, тем выше температура отработанного и, наоборот, чем ниже начальная температура агента сушки, тем выше влагосодержание отработанного.

Изменение начальной температуры подаваемого на сушку зерна (связанное с изменением температуры окружающей среды), также в незначительной мере влияет на температуру t' и влагосодержание d' отработанного агента сушки и воздуха (размер повышения не превышает нескольких единиц, в соответствии с размерностью этих параметров). Как и на рис. 4 прослеживается явное влияние начальной температуры агента сушки, с теми же последствиями.

Изменение начальной влажности подаваемого на сушку зерна (возможное в условиях производства в основном с сушкой различных партий зерна), в большей мере (рис. 5), в сравнении с рис. 4, влияет на температуру t' и влагосодержание d' отработанного агента сушки и воздуха. Причем характер поведения кривых совершенно иной: с ростом влажности сырого зерна наблюдается уменьшение температуры отработанного агента сушки и воздуха. Что касается влагосодержания отработанного агента сушки, то по мере роста влажности зерна, как и в предыдущих опытах наблюдается увеличение их значений.

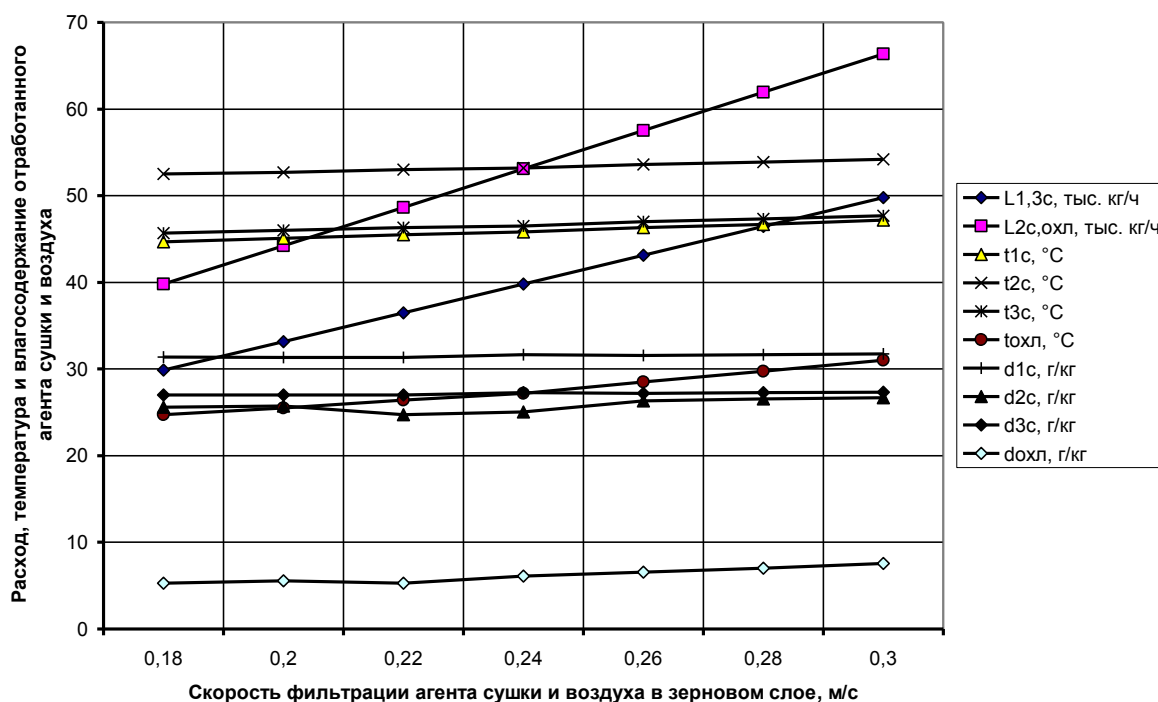


Рисунок 4 — Влияние скорости фильтрации v_f (м/с) агента сушки и воздуха в зерновом слое на параметры отработанного агента сушки и воздуха: расход L (кг/ч), температуру t' и влагосодержание d' в зонах сушки (1с, 2с, 3с) и охлаждения (охл)

А вот влагосодержание отработанного воздуха ведет себя по другому: по мере роста влажности зерна наблюдается незначительное уменьшение влагосодержания, что можно объяснить более интенсивным охлаждением просушенного зерна и снижением на этом фоне количества испаряемой из зерна влаги за счет внутренней тепловой энергии самого зерна.

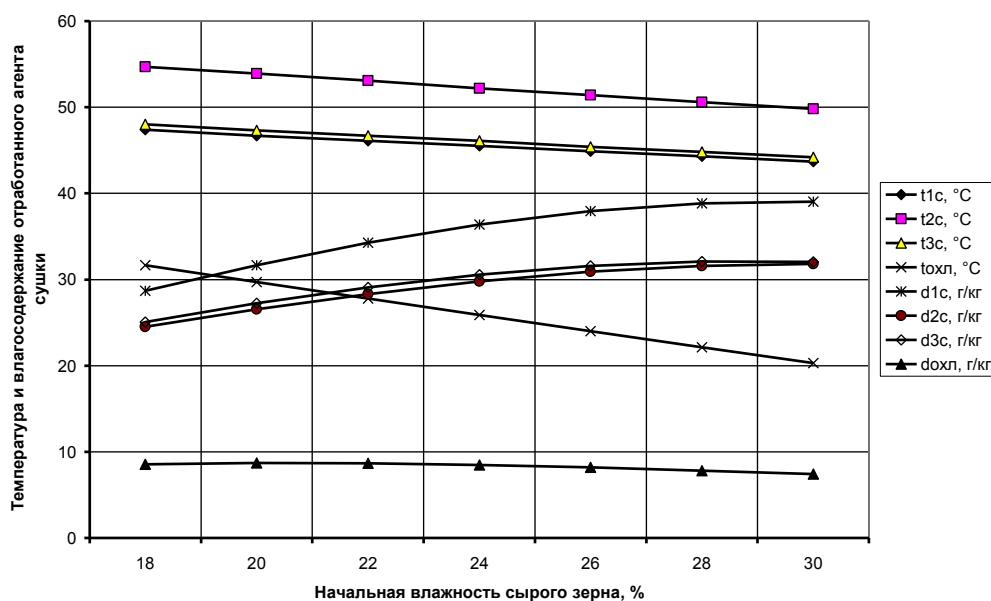


Рисунок 5 — Влияние начальной влажности сырого зерна w_0 (%) на параметры отработанного агента сушки и воздуха: температуру t' и влагосодержание d' в зонах сушки (1с, 2с, 3с) и охлаждения (охл)

Список литературы

1. Инструкция по сушке продовольственного, кормового зерна, маслосемян и эксплуатации зерносушилок № 9-3-82. — М.: ЦНИИТЭИ Минзага СССР, 1982. — 60 с.
2. Малин Н.И. Анализ схемы работы шахтной рециркуляционной зерносушилки с позиций управления процессом сушки // Проблемы ресурс- и энергосберегающих технологий в промышленности и АПК (ПРЭТ-2014). Сборник трудов Международной научно-технической конференции. Иваново, 2014. т.1. С. 58...64.
3. Малин Н.И. Энергосберегающая сушка зерна. — М.: КолосС, 2004. — 240 с.
4. Малин Н.И. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях: конспект лекций. — М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2009. — 168 с.
5. Малин Н.И. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях: практическое пособие по выполнению курсовой работы. — М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2006. — 48 с.
6. Малин Н.И. Энергосбережение в теплотехнологиях и теплотехнических системах АПК: учебное пособие. — М.: ФГБОУ ВПО МГАУ, 2011. — 112 с.

УДК 664.723.047

Н.И. Малин

РГАУ — МСХА имени Тимирязева К.А., г. Москва

ШАХТНАЯ ЗЕРНОСУШИЛКА С ОДНИМ И ДВУМЯ КОНТУРАМИ РЕЦИРКУЛЯЦИИ, КАК ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СУШКИ

Наряду с рядом достоинств (в том числе возможностью сушки зерна различной исходной влажности), некоторые из рециркуляционных зерносушилок характеризуются значительным пересушиванием отдельных компонентов рециркулируемого зерна и, следовательно, соответствующим перерасходом топлива на сушку. Еще один, не менее существенный недостаток большинства рециркуляционных зерносушилок, создаваемых, как правило, на базе шахтных прямоточных, — недостаточное охлаждение просушенного зерна.

Характерным представителем подобных зерносушилок является шахтная зерносушилка с одним контуром рециркуляции, которая конструктивно (рис. 1, *а*) состоит из надсушильного бункера, двух параллельно работающих (и расположенных) шахт (одна из которых рециркуляционная, а вторая — сушильно-охлаждающая) и напорных камер между ними (верхняя — для подвода агента сушки в 1-ю и 3-ю зоны сушки; вторая, диагонально разделенная перегородкой, соответственно для подвода агента сушки во 2-ю зону сушки и атмосферного воздуха в зону охлаждения).

Принцип работы зерносушилки с одним контуром рециркуляции заключается в чередовании циклов обезвоживания (после отлежки в надсушильном бункере, где происходит полное выравнивание температуры между отдельными компонентами смеси, и частичное перераспределение влаги между сырыми и сухими зёрнами) плотного подвижного слоя рециркулируемого зерна при подводе к нему агента

сушки, и плотного малоподвижного слоя при подводе к нему, вначале (в зоне досушки) агента сушки, а затем атмосферного воздуха (в зоне окончательного охлаждения).

Особенность схемы шахтной зерносушилки, приведенной на рис. 1, б, состоит в наличии второго контура рециркуляции, образованного делением надсушильной емкости на два равных бункера и возврат в соответствующий надсушильный бункер части просушенного и охлажденного зерна.

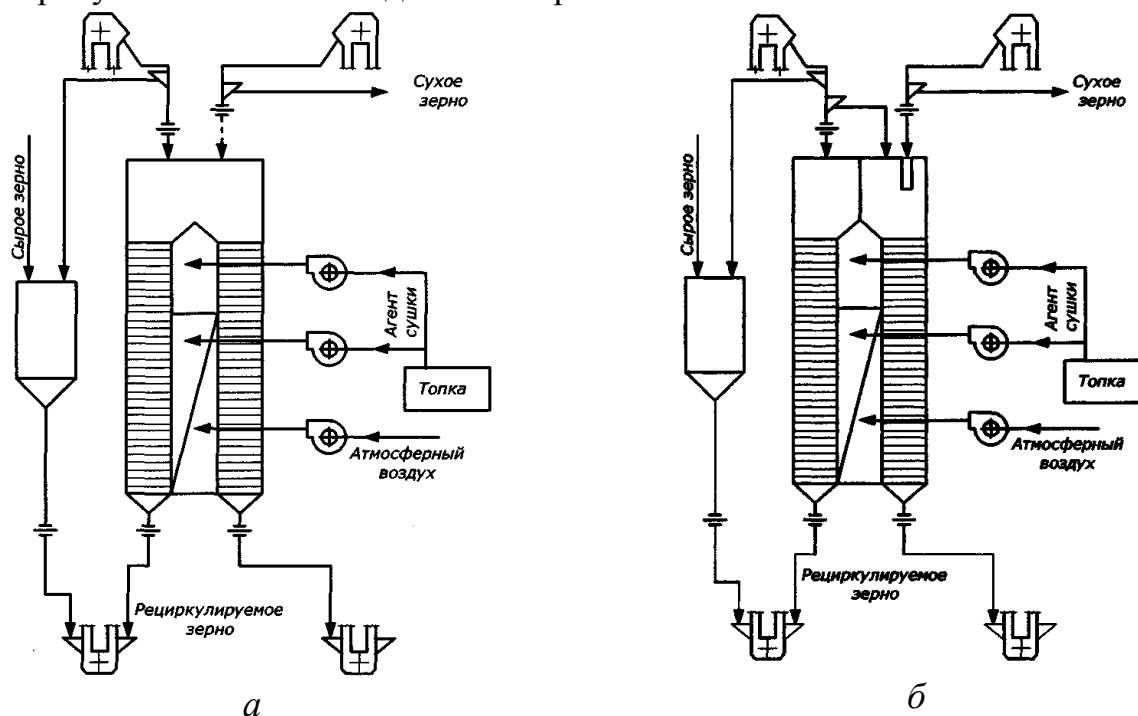


Рисунок 1 — Схема движения зерна в шахтной зерносушилке с одним (а) и двумя контурами рециркуляции (б)

Как следует из рис. 2, вновь подаваемое на сушку холодное сырое зерно (с параметрами G_0 , w_0 и θ_0) смешивается с нагретым сухим рециркулируемым (с параметрами $G_{\text{рец.1}}$, $w_{\text{рец.1}}$ и $\theta_{\text{рец.1}}$), образуя многокомпонентную по температуре и влажности смесь (с параметрами $G_{\text{см.1}}$, $w_{\text{см.1}}$ и $\theta_{\text{см.1}}$), с последующим разделением этой смеси на два потока с параметрами, соответственно $G_{\text{см.1}}$ и $G'_{\text{см.1}}$.

Далее, при подводе агента сушки к плотному подвижному слою рециркулируемого в первом контуре зерна с начальными параметрами $G_{\text{см.1}}$, $w_{\text{см.1}}$ и $\theta_{\text{см.1}}$, осуществляется последовательное изменение температуры смеси зерна до значений θ_1 и $\theta_{\text{рец.1}}$, и одновременное снижение его влажности до значений w_1 и $w_{\text{рец.1}}$.

Параллельно, при досушке и последующем охлаждении рециркулируемого во втором контуре плотного малоподвижного слоя зерна с начальными параметрами $G_{\text{см.2}}$, $w_{\text{см.2}}$ и $\theta_{\text{см.2}}$ (образуемого путем смешения двух потоков зерна с параметрами $G'_{\text{см.1}}$, $w_{\text{см.1}}$, $\theta_{\text{см.1}}$ и $G'_{\text{рец.2}}$, w_3 , θ_3), происходит изменение его температуры до значений θ_2 и θ_3 , и одновременное снижение его влажности до значений w_2 и w_3 .

$= (484,8 - 483,4) = 1,4$ Па (или 0,38 %), а при увеличении порозности слоя на 10 % (с 0,4 до 0,4·1,1 = 0,44), соответствующее увеличение сопротивления составляет $\Delta H = (486,2 - 483,4) = 2,8$ Па (или 0,58 %), что несущественно. А поэтому влиянием скорости перемещения зерновых слоев на равномерность распределения агента сушки по двум параллельно расположенным шахтам (1-я и 3-я зоны сушки) можно пренебречь.

Для моделирования процесса двухступенчатой сушки зерна в зоне рециркуляции, в дополнение к ранее полученным автором [2] формулам для описания кинетики процесса, получена [3] формула расчета средней (по зонам сушки) температуры агента сушки $t_{a.c.ср}$ (°C) с учетом позонных температур ($t_{a.c.1c}$) и ($t_{a.c.2c}$), а также соответствующих значений чисел рядов отводящих коробов ($n_{o.к.1c}$) и ($n_{o.к.2c}$), и скорости агента сушки на выходе из отводящих коробов ($v_{o.к.1c}$) и ($v_{o.к.2c}$),

$$t_{a.c.ср} = [t_{1c}v_{o.к.1c}(n_{o.к.1c}) + t_{2c}v_{o.к.2c}(n_{o.к.2c})] / [v_{o.к.1c}(n_{o.к.1c}) + v_{o.к.2c}(n_{o.к.2c})],$$

использование которой позволило обосновать алгоритм перехода от режима сушки в 1-й зоне к режиму во 2-й зоне сушки.

Для расчета коэффициента циркуляции была использована формула [4]:

$$N = AK_{н(к)}(w_0^c - w_3^c) / [w_0^c - 0,011(w_0^c)^2 - 9,4], \quad (1)$$

где A — коэффициент пропорциональности, учитывающий особенности конструкции зерносушилки; $K_{н(к)}$ — коэффициент, учитывающий особенности зерновой культуры ($к$) и назначение ее ($н$) после сушки; w_0^c , w_3^c — влажность сырого и просушенного зерна в расчете на массу сухого вещества, %; с учетом w (влажности на общую массу) $w^c = 100w / (100 - w)$.

Как показали исследования шахтной зерносушилки с одним контуром рециркуляции [5], основным фактором воздействия на параметры рециркулируемого зерна является именно коэффициент циркуляции N при рекомендованном [4] значении коэффициента пропорциональности $A = 3,0$.

В условиях введения второго контура рециркуляции напрашивается необходимость внесения коррективов в расчеты коэффициента A (и, как следствие, — N), значение которого следует определить не только для первого, но и для второго контуров рециркуляции.

Согласно [4], при сушке зерна мягкой пшеницы с хорошей клейковиной и влажностью $w_0 \leq 20$ % рекомендовано использовать следующий режим сушки: предельная температура нагрева зерна $\theta_{п.д} = 50$ °C; температура агента сушки t_{1c} (и t_{3c}) = 130 °C, $t_{2c} = 150$ °C. Поэтому при моделировании процесса мы исходили из условия, что после вывода сушилки на установившийся режим (т.е. после многократного пропуска исходного сырого зерна через зоны рециркуляции и досушки) и достижения заданной конечной влажности $w_3 \approx 14$ %, в сушилку вновь начинают подавать сырое зерно с характерными для него значениями производительности G_0 (кг / с), влажности w_0 (%) и температуры θ_0 (°C).

Анализ результатов моделирования процесса сушки, проведенного в привязке к одноконтурному варианту работы зерносушилки (т.е. при $A_{2к} = 1$, и различных сочетаниях $A_{1к}$, начальных значениях $w_{рец.1.0}$ и $\theta_{рец.1.0}$: $A_{1к} = 2,25, 2,50, 2,75, 3,00, 3,25$

и 3,50; $w_{\text{рец.1.0}} = 14,0, 14,2, 14,4, 14,6, 14,8$ и $15,0$ %; $\theta_{\text{рец.1.0}} = 40, 42, 44, 46, 48$ и 50 °C) при базовых для проектирования зерносушилок значениях температуры $\theta_0 = 5$ °C, влажности $w_0 = 20,0$ % и $w_3 = 14,0$ %, показал (табл. 1) следующее.

Таблица 1 — Параметры зерна, как функция коэффициента пропорциональности $A_{1к}$

Параметры зерна (рис. 2)	Коэффициент пропорциональности $A_{1к}$ (при $A_{2к} = 1,00$)					
	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50
Производительность:						
G_0 , кг / с	10,05	9,55	9,17	8,88	8,65	8,47
$G_{\text{см}}$, т / ч	80,5	85,1	90,0	95,2	100,6	106,2
Температура, °C:						
$\theta_{\text{рец.1}}$	71,7	61,7	54,7	49,6	45,6	42,4
$\theta_{\text{см.2}}$	41,5	38,7	36,4	34,6	33,0	31,7
θ_2	39,4	40,0	40,8	41,7	42,5	43,3
θ_3	16,2	16,5	16,9	17,3	17,7	18,1
Влажность, %:						
$w_{\text{рец.1}}$	13,22	13,61	13,88	14,09	14,25	14,36
$w_{\text{см.2}}$	16,25	16,18	16,12	16,07	16,03	16,00
w_2	14,32	14,33	14,35	14,37	14,38	14,41
w_3	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00
Коэффициент k_g	1,13	1,07	1,03	1,00	0,97	0,95

Определяющей, при контроле предельной температуры нагрева в исследованном диапазоне, является температура циркулируемого в первом контуре зерна $\theta_{\text{рец.1}}$ (°C), поскольку температура зерна на выходе из зоны досушки (перед охлаждающей камерой) соответствует величине, приближающейся к $\theta_2 = 42$ °C; подобная разница температур зерна (рециркулируемого и на выходе из зоны досушки, т.е. перед зоной охлаждения) объясняется не столько разницей режимов (в зоне рециркуляции используется двухступенчатый режим: $130\text{—}150$ °C, а в зоне досушки одноступенчатый, при 130 °C), сколько разницей времени пребывания зерна в этих зонах, соответственно, порядка 18 и 16 мин, причем независимо от начальной влажности ($14\text{...}15$ %) и начальной температуры ($40\text{...}50$ °C) рециркулируемого зерна.

После вывода сушилки на установившийся режим и начала подачи в сушилку сырого зерна, процесс сушки в первом контуре рециркуляции стабилизируется (с колебаниями влажности $\pm 0,01$ % и температуры $\pm 0,1$ °C) независимо от начальных параметров рециркулируемого зерна (по $w_{\text{рец.1}}$ и $\theta_{\text{рец.1}}$) через $7\text{...}10$ циклов, а если принять во внимание допускаемый [6] разброс значений влажности просушенного зерна, т.е. в данном случае после второго контура рециркуляции, $\pm 0,5$ %, то на подобный «стабильный» режим зерносушилка выходит уже через $2\text{...}3$ цикла прохождения смеси зерна через первый контур рециркуляции.

При $A_{1к} = 2,75$ и ниже наблюдается серьезный перегрев зерна свыше $\theta_{\text{п.д}} = 50$ °C (от 5 °C при $A_{1к} = 2,75$ до 21 °C при $A_{1к} = 2,25$).

При $A_{1к} = 3,25$ и выше температура циркулируемого зерна составляет $\theta_{\text{рец.1}} = 46\text{...}42$ °C, что влечет за собой более низкую эффективность межзернового контактного тепло- и влагообмена и, соответственно меньшую величину

влажносъема.

При $A_{1к} = 3,00$ температура циркулируемого в первом контуре зерна (независимо от принятых исходных значений $w_{\text{рец.1}}$ и $\theta_{\text{рец.1}}$) в большей мере приближается к предельной температуре нагрева (в данном случае $\theta_{\text{рец.1}} = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$), а поэтому это значение A является оптимальным для первого контура рециркуляции при принятых условиях моделирования (т.е. при $\theta_0 = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $w_0 = 20,0\%$).

Анализ результатов серии моделирования процесса сушки во втором контуре рециркуляции (при $A_{2к} = 1,00 \dots 1,50$, с шагом 0,05) в привязке к приведенным выше параметрам работы первого контура рециркуляции (по $w_{\text{рец.1.0}}$ и $\theta_{\text{рец.1.0}}$ при $A_{1к} = 3,00$), позволил установить (табл. 2) следующее.

При $A_{2к} = 1,00$ анализируемая зерносушилка работает как одноконтурная, со всеми характерными для нее особенностями, как по производительности (номинальная, условно принятая за 100 %, при коэффициенте производительности $k_g = 1$), так и по недостаточному эффекту охлаждения просушенного зерна.

При $A_{2к} = 1,05 \dots 1,50$ наблюдается незначительное повышение эффекта охлаждения просушенного зерна при одновременном снижении производительности зерносушилки.

Таблица 2 — Параметры зерна, как функция коэффициента пропорциональности $A_{2к}$

Параметры зерна (рис. 2)	Коэффициент пропорциональности $A_{2к}$ (при $A_{1к} = 3,00$)										
	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45	1,50
Производительность:											
G_0 , кг / с	8,88	8,83	8,78	8,73	8,69	8,65	8,60	8,57	8,54	8,50	8,47
$G_{\text{см}}$, т / ч	95,2	94,7	94,1	93,5	93,1	92,6	92,2	91,7	91,4	90,9	90,6
Температура, $^{\circ}\text{C}$:											
$\theta_{\text{рец.1}}$	49,6	49,9	50,2	50,6	50,8	51,1	51,4	51,7	51,9	52,2	52,4
$\theta_{\text{см.2}}$	34,6	33,9	33,3	32,7	32,1	31,6	31,0	30,4	30,0	29,6	29,1
θ_2	41,7	41,2	40,6	40,4	39,9	39,5	39,2	38,9	38,6	38,4	38,1
θ_3	17,3	16,9	16,6	16,2	15,9	15,6	15,4	15,1	14,9	14,7	14,5
Влажность, %:											
$w_{\text{рец.1}}$	14,09	14,05	14,01	13,97	13,94	13,91	13,88	13,84	13,82	13,78	13,76
$w_{\text{см.2}}$	16,07	15,95	15,84	15,73	15,64	15,56	15,49	15,41	15,35	15,29	15,24
w_2	14,37	14,36	14,34	14,33	14,33	14,32	14,31	14,31	14,30	14,29	14,29
w_3	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00
Коэффициент k_g	1,00	0,99	0,99	0,98	0,98	0,97	0,97	0,96	0,96	0,96	0,95

Следующая серия моделирования, ориентированная на внесение возмущений в процесс сушки (путем подачи на сушку зерна различной начальной температуры и влажности: $\theta_0 = 0, 5, 10, 15$ и $20\text{ }^{\circ}\text{C}$; $w_0 = 18,0, 19,0$ и $20,0\%$), при коэффициентах пропорциональности $A_{1к}$ и $A_{2к}$, равных соответственно 3,0 и 1,0, позволила установить (табл. 3) следующее.

Таблица 3 — Параметры зерна, как функция начальных значений температуры θ_0 ($^{\circ}\text{C}$) и влажности w_0 (%) сырого зерна (при $A_{1к} = 3,00$ и $A_{2к} = 1,00$)

$w_0, \%$	Параметры зерна (рис. 2)	$\theta_0, ^\circ\text{C}$				
		0	5	10	15	20
18,00	Производительность:					
	$G_0, \text{кг / с}$	11,55	11,96	12,42	12,92	13,50
	$G_{\text{см}}, \text{т / ч}$	96,6	100,0	103,9	108,1	112,9
	Температура, $^\circ\text{C}$:					
	$\theta_{\text{рец.1}}$	59,0	56,6	54,3	52,1	50,0
	$\theta_{\text{см.2}}$	33,6	34,4	35,2	36,1	37,1
	θ_2	36,1	35,9	35,7	35,6	35,6
	θ_3	17,0	20,1	23,0	25,8	28,5
	Влажность, %:					
	$w_{\text{рец.1}}$	13,51	13,51	13,50	13,50	13,50
	$w_{\text{см.2}}$	15,45	15,44	15,44	15,43	15,43
	w_2	14,17	14,16	14,16	14,16	14,16
	w_3	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00
	Коэффициент k_g	1,02	1,05	1,09	1,14	1,19
$w_0, \%$	Параметры зерна (рис. 2)	$\theta_0, ^\circ\text{C}$				
		0	5	10	15	20
19,00	Производительность:					
	$G_0, \text{кг / с}$	9,80	10,11	10,46	10,83	11,25
	$G_{\text{см}}, \text{т / ч}$	94,1	97,1	100,4	103,9	108,0
	Температура, $^\circ\text{C}$:					
	$\theta_{\text{рец.1}}$	54,1	52,3	50,6	49,0	47,4
	$\theta_{\text{см.2}}$	33,8	34,6	35,4	36,2	37,1
	θ_2	39,2	38,6	38,1	37,7	37,4
	θ_3	15,2	18,6	21,9	25,0	28,0
	Влажность, %:					
	$w_{\text{рец.1}}$	13,81	13,80	13,79	13,78	13,77
	$w_{\text{см.2}}$	15,76	15,75	15,74	15,74	15,73
	w_2	14,26	14,25	14,24	14,23	14,23
	w_3	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00
	Коэффициент k_g	0,99	1,02	1,06	1,09	1,14
20,00	Производительность:					
	$G_0, \text{кг / с}$	8,64	8,88	9,15	9,44	9,76
	$G_{\text{см}}, \text{т / ч}$	92,7	95,2	98,1	101,2	104,6
	Температура, $^\circ\text{C}$:					
	$\theta_{\text{рец.1}}$	51,0	49,6	48,2	46,9	45,7
	$\theta_{\text{см.2}}$	33,8	34,6	35,4	36,2	37,1
	θ_2	42,5	41,7	40,9	40,2	39,6
	θ_3	13,6	17,3	20,9	24,3	27,6
	Влажность, %:					
	$w_{\text{рец.1}}$	14,11	14,09	14,07	14,05	14,04
	$w_{\text{см.2}}$	16,09	16,07	16,06	16,05	16,04
	w_2	14,39	14,37	14,35	14,33	14,32
	w_3	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00
	Коэффициент k_g	0,97	1,00	1,03	1,06	1,10

Снижение исходной влажности подаваемого на сушку зерна вызывает (во избежание пересушивания) необходимость увеличения его расхода G_0 (кг / с), с

сопутствующим увеличением расходов $G_{\text{см}}$ и $G_{\text{см.1}}$ (кг / с), снижением температуры $\theta_{\text{см.1}}$ (°C), влажности $w_{\text{см.1}}$ и производительности G (план. т / ч).

Повышение температуры подаваемого на сушку зерна вызывает (во избежание пересушивания) необходимость увеличения его расхода G_0 (кг / с), с сопутствующим увеличением расходов $G_{\text{см}}$ и $G_{\text{см.1}}$ (кг / с), повышением температуры $\theta_{\text{см.1}}$ (°C) и производительности G (план. т / ч) при неизменном значении влажности $w_{\text{см.1}}$ (последняя изменяется пропорционально исходной влажности w_0 , %, т.е. чем ниже w_0 тем, соответственно ниже $w_{\text{см.1}}$, %).

Подача на сушку зерна с начальной температурой $\theta_0 = 0 \dots 20$ °C при влажности $w_0 = 18,0$ % сопровождается изменением температуры рециркулируемого зерна (служащей в качестве индикатора предельной температуры нагрева зерна в зерносушилке) в пределах $59 \dots 50$ °C, а при влажности $w_0 = 20,0$ % — в пределах $51,0 \dots 45,7$ °C, при коэффициентах производительности k_g , соответственно $1,02 \dots 1,19$ и $0,97 \dots 1,10$.

Выводы:

в достаточно широком диапазоне изменения начальных значений влажности и температуры сырого зерна, уже за $7 \dots 10$ циклов происходит самовыравнивание параметров зерна (с абсолютной погрешностью по влажности $\pm 0,01$ % и температуры $\pm 0,1$ °C), циркулируемого в первом и втором контурах рециркуляции;

введение второго контура рециркуляции, наряду с незначительным повышением эффективности охлаждения просушенного зерна, приводит к некоторому перегреву и значительному пересушиванию рециркулируемого в первом контуре зерна, на фоне снижения производительности (до $k_g = 0,95$) и, естественно, энергоэффективности;

в условиях подачи на сушку зерна влажностью $w_0 \leq 20,0 \dots 18$ % при переменных значениях температуры θ_0 (°C), основным фактором воздействия на температуру $\theta_{\text{рец.1}}$ (°C) и влажность рециркулируемого зерна $w_{\text{рец.1}}$ (%), для предотвращения его перегрева и пересушивания, является температура t_2 (см. рис. 2);

характерные особенности второго контура рециркуляции (особенно при $w_0 < 20$ %) определяют целесообразность определения для него коэффициента циркуляции не по выражению (1), а из соотношения $N_{2к} = A_{2к}$;

выбор оптимального значения коэффициента пропорциональности $A_{2к}$ (при оптимальном значении $A_{1к} = 3,0$) несомненно связан с условиями конкретно решаемой задачи: если необходимо выдержать условие $(\theta_3 - t_0) \leq 10$ °C, то совершенно очевидна необходимость понижения температуры t_2 , с сопутствующим дополнительным снижением производительности (и энергоэффективности); если необходимо использовать только эффект саморегулирования за счет полного перевода зерносушилki на работу по принципу сообщающихся сосудов (элемент автоматизации процесса сушки, когда производительность зерносушилki можно регулировать задвижкой подачи сырого зерна), то достаточно значения $A_{2к} = 1,05 \dots 1,10$ при практически неизменной производительности и энергоэффективности;

изменение параметров подаваемого на сушку сырого зерна сопровождается изменением расходов зерновой смеси, циркулирующей в первом и втором контурах рециркуляции, поэтому на данный момент нерешенным остается вопрос

эффективности организации работы рециркуляционных зерносушилок без учета оптимальных значений коэффициентов циркуляции $N_{1к}$ и $N_{2к}$, когда согласно [2] нории производительностью 350 т / ч загружают так, чтобы амперметр показывал 60...70 А, производительностью 175 т / ч — 35...40, нории производительностью 100 т / ч — 20...25 А.

Список литературы:

1. Мельник Б.Е., Малин Н.И. Справочник по сушке и активному вентилированию зерна. М.: Колос, 1980. 175 с.
2. Малин Н.И. Энергосберегающая сушка зерна. М.: КолосС, 2004. 240 с.
3. Малин Н.И. Энергосбережение в теплотехнологиях и теплотехнических системах АПК: учебное пособие. М.: ФГБОУ ВПО МГАУ, 2011. 112 с.
4. Малин Н.И. Справочник по сушке зерна. М.: Агропромиздат, 1986. 159 с.
5. Малин Н.И. Анализ схемы работы шахтной рециркуляционной зерносушилки с позиций управления процессом сушки // Проблемы ресурсо- и энергосберегающих технологий в промышленности и АПК (ПРЭТ-2014). Сборник трудов Международной научно-технической конференции. Иваново, 2014. т.1. С. 58...64.
6. Инструкция по сушке продовольственного, кормового зерна, маслосемян и эксплуатации зерносушилок № 9-3-82. М.: ЦНИИТЭИ Минзага СССР, 1982. 60 с.

УДК 621.313.3

A.Kh. Massad¹, C.H. Хумров²

¹Head of Electrical and Mechanical Engineering Department at An-Najah University, in Palestine.

²Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, г. Саратов

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА ДЛЯ АВТОНОМНОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ УДАРНЫХ МАШИН С ЛЭМД

Ключевые слова: линейные электромагнитные двигатели, импульсные машины, источники питания, химические источники тока, бензогенераторы.

В статье приведен краткий сравнительный анализ источников питания автономных ударных машин с линейными электромагнитными двигателями. В частности рассмотрены требования к автономным источникам электропитания, проведено сопоставление характеристик химических источников тока и сформулированы рекомендации о предпочтительности использования ХИТ для автономного энергообеспечения электромагнитных ударных машин.

Ударная машина (УМ), содержащая в основе линейный электромагнитный двигатель (ЛЭМД), осуществляет импульсное преобразование электрической энергии непосредственно в механическую работу [1-5]. При этом технико-экономические показатели УМ в значительной мере определяются способностью источника питания обеспечить большую мгновенную мощность питающих импульсов в обмотке ЛЭМД [6-10].

При эксплуатации УМ в местах без стационарной электросети, например, использовании ее в полевых условиях, применяют автономные источники электроэнергии [1,11,12].

В [1,2] показано, что для автономного энергообеспечения электромагнитных ударных машин в ряде случаев представляется использование химических источников тока (ХИТ).

При выполнении технических задач ХИТ обычно оцениваются по следующим параметрам:

- напряжение разомкнутой цепи; если величина напряжения недостаточна, то увеличивается количество последовательно включенных элементов для получения требуемого напряжения;
- удельная емкость в ампер-часах на единицу массы или объема ХИТ, определяющая запас электрической энергии;
- удельная мощность, приходящаяся на единицу массы или объема ХИТ;
- срок годности;
- величина саморазряда, обусловленного наличием побочных электрохимических процессов на электродах, приводящих к расходованию активных масс (коррозия) и потере удельной емкости ХИТ;
- стоимость.

Чем выше первые четыре характеристики и ниже пятая и шестая, тем более универсальным представляется химический источник тока.

По принципам работы ХИТ разделяют первичные, вторичные и топливные элементы (рисунок 1);

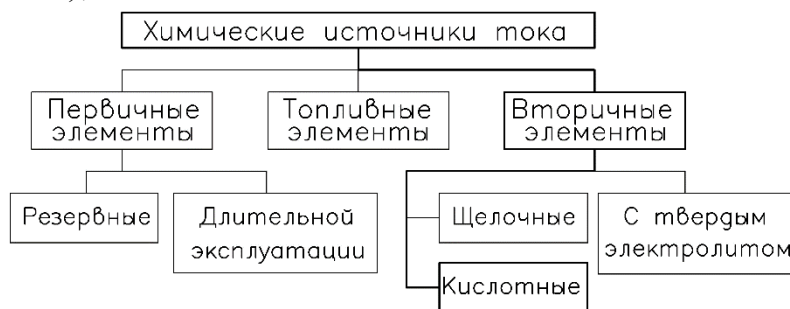


Рисунок 1 Схема классификации ХИТ

При этом использование первичных и топливных элементов ввиду ряда их особенностей для питания электромагнитной ударной машины представляется нецелесообразным [1].

Вторичные ХИТ (аккумуляторы) после расходования активных масс (разряда) могут быть приведены в рабочее состояние пропусканием электрического тока через элемент в обратном направлении. В качестве примера распространенного аккумулятора можно привести свинцовый аккумулятор (СА), активными веществами которого являются свинец и двуокись свинца, а электролитом – раствор серной кислоты. СА – наиболее универсальный в настоящее время вторичный ХИТ. На основе свинцовых аккумуляторов выпускаются стартерные (для запуска двигателей внутреннего сгорания), тяговые (для питания электромоторов передвижных средств) и стационарные батареи (для радиоэлектронных устройств и средств связи, а также для работы в аварийных ситуациях).

В последнее время интенсивно ведутся исследования по замене одного из электродов на органические окислительно-восстановительные системы. Эти работы одновременно преследуют цель снижения веса аккумулятора. Однако успехи в этой области еще достаточно скромные [1].

К щелочным аккумуляторам, выпускаемым промышленностью в настоящее время, относятся железо-никелевые, кадмий-никелевые и цинк-серебрянные, в качестве электролита для которых используется водный раствор калиевой щелочи. Эти аккумуляторы просты в эксплуатации и имеют более высокие удельные электрические характеристики по сравнению со свинцовыми аналогами. Однако стоимость их высокая. Это особенно относится к цинк-серебрянным аккумуляторам, которые в качестве окислителя используют окись серебра. Его удельные электрические характеристики в 2 раза более высокие, чем у других щелочных аккумуляторов, что обеспечивает их широкое применение в авиационной и космической технике.

Окислительным электродом железо-никелевого и кадмий-никелевого аккумуляторов является оксид (гидроксид) никеля. В настоящее время технология его изготовления хорошо отработана, что обеспечивает надежную работу в течение тысяч циклов. Это обстоятельство послужило основой для создания некоторых типов комбинированных аккумуляторов, где в качестве отрицательного электрода используют металлический цинк или водород. В последнем случае для проведения электрохимической реакции с водородом применяют активированный платиной пористый никелевый электрод. Для накопления значительных количеств водорода в аккумуляторе создается высокое давление, которое должен выдерживать его корпус. С недавнего времени для снижения давления стали использовать интерметаллические соединения никеля с редкоземельными элементами. Они способны поглощать большие количества водорода при сравнительно небольших давлениях, а при разряде аккумулятора легко выделяют водород. Однако ввиду высокой стоимости аккумуляторы данной группы не получили широкого распространения в силовой импульсной технике.

На рис.2 представлена сравнительная гистограмма удельных характеристик аккумуляторных источников питания [1,11,12].

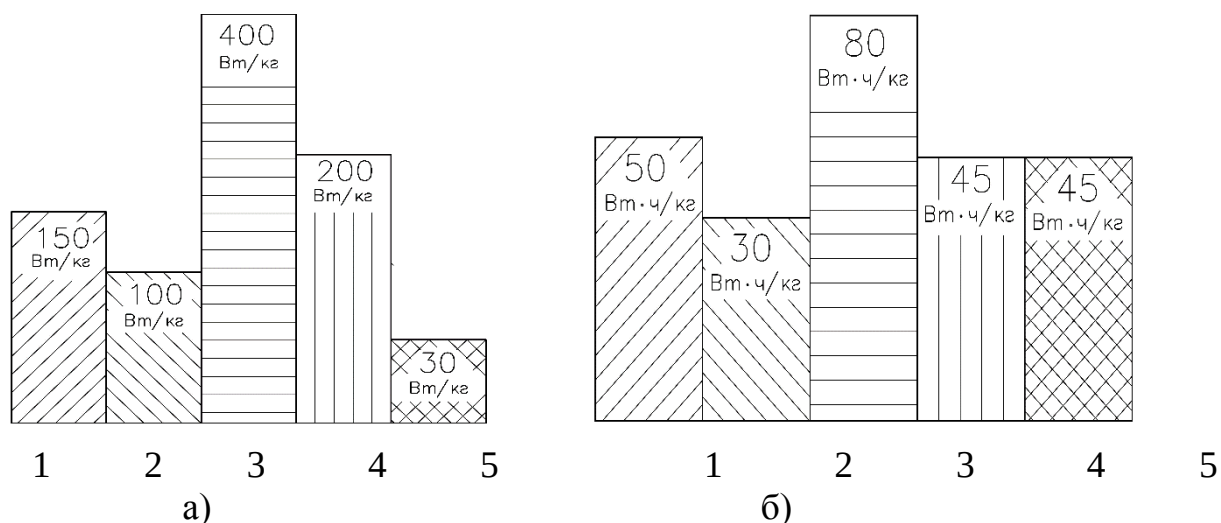


Рисунок 2. Удельные энергия W_y^* (а) и максимальная мощность P_y^* (б) аккумуляторных источников питания: 1 – свинцовые кислотные, 2 – кадмиево- и железо-никелевые щелочные; 3 – серебряно-цинковые; 4 – никель-цинковые; 5 – никель-водородные.

Примером аккумулятора с твердым электролитом служит серно-натриевая система. В качестве твердого электролита в нем используется высокопрочная керамика

из полиалюминатов натрия. Повышенная рабочая температура (250 – 300 °С) вторичного источника тока в данном случае необходима, так как активные массы металлического натрия и серы должны находиться в расплавленном состоянии, чтобы осуществлять электродные реакции с большой скоростью. Высокая ЭДС данной пары и низкая их молекулярная масса обеспечивают высокие электрические характеристики рассматриваемого аккумулятора. Однако низкий ресурс циклической работы таких источников питания ограничивает их применение в импульсных электромагнитных приводах.

Сопоставительный анализ ХИТ показывает, что для питания импульсной ударной электромагнитной машины с ЛЭМД целесообразно использовать вторичные элементы – аккумуляторы, в частности, свинцовый кислотный, в силу следующих преимуществ: широкое распространение, доступность, низкая стоимость; хорошие электрические показатели – малое внутреннее сопротивление, высокие удельные емкость, мощность, энергия; большая отдача по емкости и энергии; приемлемый ресурс и срок службы; простота обслуживания в эксплуатации.

При этом достоинства, присущие аккумуляторному источнику питания (АИП) в сравнении с другими автономными источниками представляются следующим образом:

- отсутствие вращающихся узлов, механических передач, кинематических связей с приводным двигателем; бесшумность работы;
- возможность получения мощных питающих электрических импульсов, что обеспечивает требуемые энергетические показатели машин ударного действия;
- мгновенная готовность к работе;
- наибольший удельный запас электроэнергии;
- возможность удобного размещения на транспортном средстве;
- возможность обеспечения безопасного для обслуживающего персонала уровня напряжения.

Однако разрядная емкость C_p аккумуляторного источника питания неоднозначна и существенно зависит от условий среды и электрического разряда батарей, определяемого значением нормированного тока j_p . Чем меньше значение j_p при разряде аккумуляторов, тем значительнее емкость C_p , тем большую часть запасаемой энергии АИП отдаст в нагрузку. Добиться этого позволяет применение промежуточных накопителей энергии.

В частности, хорошими удельными показателями при запасаемой энергии $W \leq 10^4$ Дж обладают емкостные накопители. Энергией конденсаторов, определяемой емкостью C и напряжением U , легко управлять и на этапе заряда, и на этапе вывода энергии в ЛЭМД [1,2,11,12].

Для накопителей ударных электромагнитных машин, питаемых однополярными импульсами, представляется перспективным применение электролитических конденсаторов, обладающих значительной удельной (50...60 Дж/г) и запасаемой (>100 кДж) энергией, минимальным внутренним сопротивлением $((2...9) \times 10^{-3}$ Ом), не зависящим от условий среды и разряда, которые способны отдавать при разряде любую, определяемую лишь параметрами нагрузки, мощность и одновременно существенно облегчить электрический режим АИП.

Очевидно, что именно комбинированные источники, содержащие ХИТ и емкостные накопители, представляют наибольший интерес для автономного энергообеспечения УМ с ЛЭМД

Список литературы

1. Усанов, К.М. Линейные электромагнитные двигатели и приводы в им-пульсных 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. Каргин, В.А. Совершенствование технологии погружения продольно-неустойчивых стержневых элементов на объектах АПК использованием переносного импульсного электромагнитного привода [Текст] / В.А. Каргин. – автореф. ... дис. к-та техн. наук. – Саратов: ФГОУ ВПО Саратов-ский ГАУ им. Н.И. Вавилова, 2007. – 21 с.
3. Патент на изобретение. Реверсивный линейный электромагнитный двига-тель с осевым каналом / Усанов К.М., Моисеев А.П., Каргин В.А., Волгин А.В. / RU2440661, МПК H02K 41/03 Опу-бл. 20.01.2012 Бюл. № 2.
4. Патент на изобретение. Линейный шаговый электромагнитный двигатель / Усанов К.М., Каргин В.А., Моисеев А.П., Волгин А.В. / RU2366065, МПК H02K 41/03 Опу-бл. 27.08.2009 Бюл. № 24.
5. Усанов, К.М. Импульсная система с линейным электромагнитным двига-телем для интен-сификации разгрузки бункеров [Текст] / К.М. Усанов, А.В. Волгин, В.А. Каргин // Научное обо-зрение, № 6, 2012. – С.255-258.
6. Усанов, К.М. Оценка эффективности энергопреобразований в электромаг-нитной ударной машине с упругим возвратным элементом [Текст] / К.М. Усанов, В.А. Каргин, А.В. Волгин // Труды Кубанского государственного аграрного университета, №3, 2008. – С.86-87.
7. Усанов, К.М. Динамическая эффективность однообмоточных электромаг-нитных ударных машин с различными рабочими циклами [Текст] / К.М. Усанов, В.А. Каргин, И.В. Трубенкова // Вестник Алтайского госуда-рственного аграрного университета, № 12, 2010. – С.67-70.
8. Каргин, В.А. Методы расчета тепловых и гидравлических процессов в ЛЭМД импульсных машин [Текст] / В.А. Каргин, А.М. Марадудин, Д.П. Щербаков // Актуальные проблемы энерге-тики АПК: Материалы VI меж-дународной научно- практической конференции. – Саратов: ООО «ЦеСАин» 2015. – С. 75-80.
9. Усанов, К.М. Интенсификация охлаждения импульсных машин с линей-ными электромаг-нитными двигателями [Текст] / К.М. Усанов, В.А. Кар-гин, А.С. Козлов // Техника в сельском хо-зяйстве, № 1, 2013. – С. 16-17.
10. Марадудин, А.М. Оценка эффективности охлаждения линейных элек-тромагнитных дви-гателей импульсных машин [Текст] / А.М. Марадудин, В.А. Каргин, Д.П. Щербаков // Актуаль-ные проблемы энергетики АПК: Материалы VI международной научно- практической конферен-ции. – Са-ратов: ООО «ЦеСАин» 2015. – С. 157-160.
11. Багоцкий, В.С. Химические источники тока [Текст] / В.С. Багоцкий, А.М. Скундин. – М.: Энергоиздат, 1981. – 360 с.
12. Варыпаев, В.Н. Химические источники тока [Текст] / В.Н. Варыпаев, М.А. Дасоян, В.А.Никольский. – М.: Высшая школа, 1990. – 240 с.

А.М.Марадудин, В.А. Каргин, А.В.Перетяцько, А.А.Леонтьев

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

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СПОЛЬЗОВАНИЯ ОРЕБРЕНИЯ БОКОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ КОРПУСА В КАЧЕСТВЕ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ЛЭМД

Ключевые слова: линейные электромагнитные двигатели, импульсные машины, тепловые режимы, теплопередача, эффективность охлаждения.

В статье приведена оценка возможности использования оребрения боковой поверхности корпуса ЛЭМД в качестве системы охлаждения. Данная цель достигается за счет соотношения потерь в обмотке с мощностью, отводимой при помощи оребрения боковой поверхности.

Для решения некоторых проблем механизации и автоматизация технологических процессов используются силовые импульсные линейные электромагнитные двигатели в качестве привода различных машин [1,7,8,9].

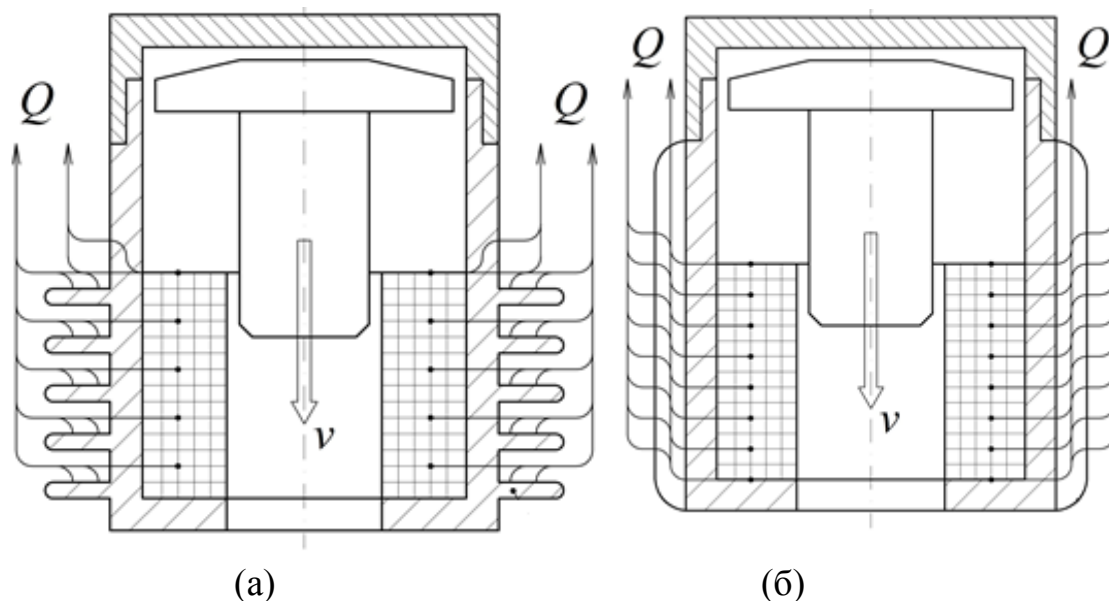


Рисунок 1. Линейные электромагнитные двигатели с оребренной боковой поверхностью корпуса: с радиальным (а) и осевым (б) расположением охлаждающих ребер.

Изготовление ребер на боковой поверхности корпуса линейных электромагнитных двигателей позволяет повысить ее теплопроводность за счет увеличения площади теплоотводящей поверхности [6]. Различают ЛЭМД с радиальным (рисунок 1,а) и осевым (рис.1,б) расположением охлаждающих ребер [3].

С точки зрения теории, максимальный теплоотвод возможен тогда, когда температура всего ребра равна температуре основания. Однако на практике температура ребра уменьшается по высоте; при этом величина снижения теплоотвода характеризуется коэффициентом качества ребра [2]:

$$\eta_p = \frac{P_{\text{осн}}}{P_{\text{max}}} = \frac{\int_c \alpha T dc}{T_{\text{осн}} \int_c \alpha dc}, \quad (1)$$

где $P_{\text{осн}}$ – тепловой поток через основание реального ребра; P_{max} – максимальный тепловой поток; $T_{\text{осн}}$ – температура основания, отсчитанная от температуры окружающей среды; α – коэффициент теплоотдачи; c – расстояние вдоль контура профиля ребра.

В качестве результирующей характеристики можно использовать коэффициент эффективности оребренной поверхности, равный отношению тепловых потоков через оребренную $P_{\text{ор}}$ и гладкую $P_{\text{гл}}$ поверхности (с учетом того, что температура гладкой поверхности равна температуре $T_{\text{осн}}$ основания ребер) [2]:

$$\eta_p = \frac{P_{\text{ор}}}{P_{\text{гл}}} = \frac{\int_c \int_l \alpha T dc dl + b_{\text{осн}} \int_l \alpha T_{\text{осн}} dl}{(b_{\text{осн}} + \delta_{\text{осн}}) \int_l \alpha T_{\text{осн}} dl}, \quad (2)$$

где l – длина ребра; $\delta_{\text{осн}}$ и $b_{\text{осн}}$ – толщина ребер и расстояние между ними по основанию соответственно.

Для работы с формулами (1) и (2) требуется знать распределение температуры в ребре и вдоль боковой поверхности ЛЭМД (рисунок 2) [2] с учетом температуры окружающей среды T_0 .

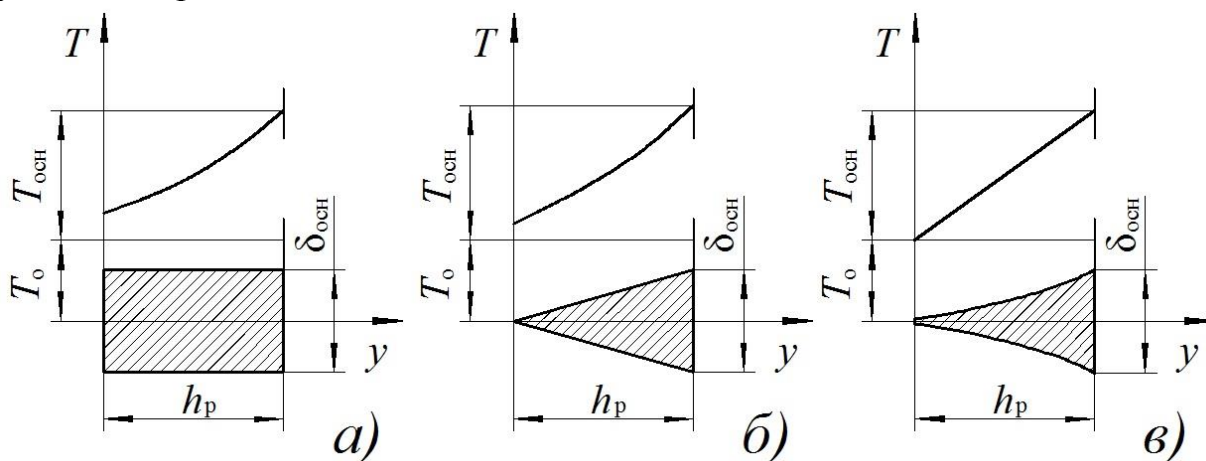


Рисунок 2. Распределение температуры в прямых ребрах:
а – прямоугольного профиля; б – треугольного профиля;
в – вогнутого параболического профиля.

Потери мощности в обмотке двигателя определяются ее сопротивлением и квадратом тока [3]:

$$\Delta P = I^2 R, \quad (3)$$

где I – ток в обмотке рабочего хода якоря; R – сопротивление обмотки.

Согласно И.Ф. Филиппову потери, отводимые охлаждающей средой, могут быть определены по формуле [4]:

$$P_{\text{отв}} = \frac{\theta_{\text{max}}}{\frac{1}{cQ} + \frac{1}{\alpha F}}, \quad (4)$$

где θ_{max} – максимально допустимое превышение температуры активных частей электродвигателя; c – удельная теплоемкость охладителя; Q – расход охлаждающей среды; α – коэффициент теплообмена; F – площадь поверхности охлаждения.

Для случая, когда охлаждение происходит путем контакта поверхности корпуса ЛЭМД с окружающей средой, можно принять, что $Q \rightarrow \infty$, тогда отношение $\frac{1}{cQ} \rightarrow 0$, и формула (4) примет вид:

$$P_{\text{отв}} = \theta_{\text{max}} \alpha F. \quad (5)$$

В случае выполнения поверхности корпуса ЛЭМД ребристой, площадь охлаждаемой поверхности определится по формуле:

$$F = 2\pi R_3(h + R_3)k_F, \quad (6)$$

где R_3 и h – внешний радиус и высота электродвигателя соответственно, м; k_F – коэффициент оребрения, исходя из рекомендаций $k_F = 2,5$ [5].

С учетом формулы (6) преобразуем полученное выражение (5):

$$P_{\text{отв}} = 2\theta_{\text{max}} \alpha \pi R_3(h + R_3)k_F. \quad (7)$$

Таким образом, соотнеся потери в обмотке ΔP (формула 3) и потери мощности, отводимые при помощи оребрения боковой поверхности $P_{\text{отв}}$ (формула 7), можно сделать вывод об эффективности применения данного способа охлаждения на том или ином линейном электромагнитном двигателе.

Список литературы

1. Марадудин, А.М. Оценка эффективности охлаждения линейных электромагнитных двигателей импульсных машин / А.М. Марадудин, В.А. Каргин, Д.П. Щербаков // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VI международной научно-практической конференции – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2015. – С. 157-160.
2. Борисенко, А.И. Охлаждение промышленных электрических машин [Текст] / А.И. Борисенко, О.Н. Костиков, А.И. Яковлев. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 296 с.
3. 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.
4. Филиппов, И.Ф. Теплообмен в электрических машинах [Текст]: Учеб. пособие для вузов / И.Ф. Филиппов. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1986. – 256 с.
5. Усанов, К.М. Интенсификация процесса теплопередачи в импульсных электромагнитных машинах / К.М. Усанов, В.А. Каргин, Т.А. Филимонова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета – 2010. – № 9(71). – С. 75-78.
6. Каргин, В.А. Методы расчета тепловых и гидравлических процессов в ЛЭМД импульсных машин / В.А. Каргин, А.М. Марадудин, Д.П. Щербаков // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VI международной научно-практической конференции – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2015. – С. 75-78.
7. Волгин, А.В. Система управления линейными электромагнитными двигателями / А.В. Волгин, А.А. Леонтьев, А.П. Моисеев // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VI международной научно-практической конференции – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2015. – С. 24-26.

8. Моисеев, А.П. Силовые характеристики линейного электромагнитного двигателя с конденсаторным питанием / А.П. Моисеев, А.В. Волгин, И.Ю. Лошкарев, А.А. Леонтьев // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VI международной научно-практической конференции – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2015. – С. 181-184.

9. Моисеев, А.П. Силовые характеристики электромагнитного двигателя с осевым каналом / А.П. Моисеев, А.В. Волгин, И.Ю. Лошкарев, А.А. Леонтьев // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VI международной научно-практической конференции – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2015. – С. 179-180.

УДК 621.313.3

А.М.Марадудин, В.А.Каргин, А.В. Перетяцько, А.А.Леонтьев

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

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛООТДАЧИ В ОХЛАЖДАЮЩИХ КАНАЛАХ ЛЭМД С ПРИНУДИТЕЛЬНОЙ ВЕНТИЛЯЦИЕЙ

Ключевые слова: линейные электромагнитные двигатели, импульсные машины, принудительное охлаждение, теплопередача, вентиляция.

В статье приведена конструктивная схема охлаждения ЛЭМД при помощи принудительной вентиляции, а также оценка эффективности данной системы за счет варьирования режимных параметров вентиляции.

Установка на линейные электромагнитные двигатели систем принудительного охлаждения неизбежно приводит к усложнению их конструктивной схемы. Однако в ряде случаев, когда работа ЛЭМД сопровождается большими потерями мощности и вышеописанные способы охлаждения не позволяют отвести нужное количество теплоты, обеспечение заданного температурного режима работы электромагнитного двигателя приводит к увеличению временных интервалов между рабочими циклами, что отрицательно сказывается на производительности оборудования с приводом от ЛЭМД [7-9]. Таким образом, для увеличения продолжительности работы частотных машин при форсированном потреблении электроэнергии использование принудительной вентиляции ЛЭМД экономически целесообразно и оправдано [1].

В целом можно выделить две принципиальные схемы принудительного охлаждения линейного электромагнитного двигателя, в зависимости от того, какие части в нем обдуваются воздухом: продуваемые (рисунок 1,а) и обдуваемые (рис.1,б). К первому типу относятся ЛЭМД, в которых воздух попадает извне, омывает поверхность обмотки и затем выводится наружу. В обдуваемых двигателях осуществляется принудительное охлаждение только внешней развитой при помощи выступающих ребер поверхности статора [5].

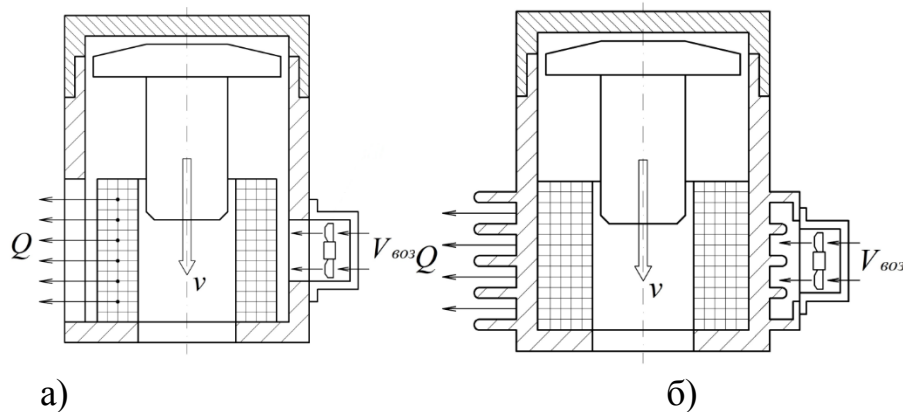


Рисунок 1. Линейные электромагнитные двигатели с принудительной вентиляцией:
а – продуваемые; б – обдуваемые.

На наш взгляд, продуваемая система вентиляции эффективнее обдуваемой, так как в этом случае исключается тепловое сопротивление стенки корпуса R_{λ} и количество отводимого тепла возрастает при неизменных технических характеристиках вентилятора [3].

На основании вышесказанного предлагается следующая конструктивно-технологическая схема принудительной вентиляции ЛЭМД (рисунок 2). Она состоит из следующих основных частей: корпуса 1, крышки корпуса 2, якоря 3, обмотки статора 4, выпускного окна 5 и нагнетательного вентилятора с индивидуальным приводом 6. На внутренней поверхности корпуса 1 выполнены радиальные вентиляционные каналы 7, поднимающиеся от вентилятора 6 до выпускного окна 5.

Рабочий процесс в соответствии с предложенной схемой протекает следующим образом. При подключении обмотки 4 к источнику питания якорь 3 под действием электромагнитной силы совершает рабочий ход, а затем под действием пружины возвращается обратно. Вентилятор 6 создает воздушный поток, который перемещается по радиальным каналам 7, охлаждая обмотку 4, и выходит наружу через выпускное окно 5. Вентилятор имеет отдельный от ЛЭМД привод, поэтому работает как на рабочем, так и на холостом ходу якоря.

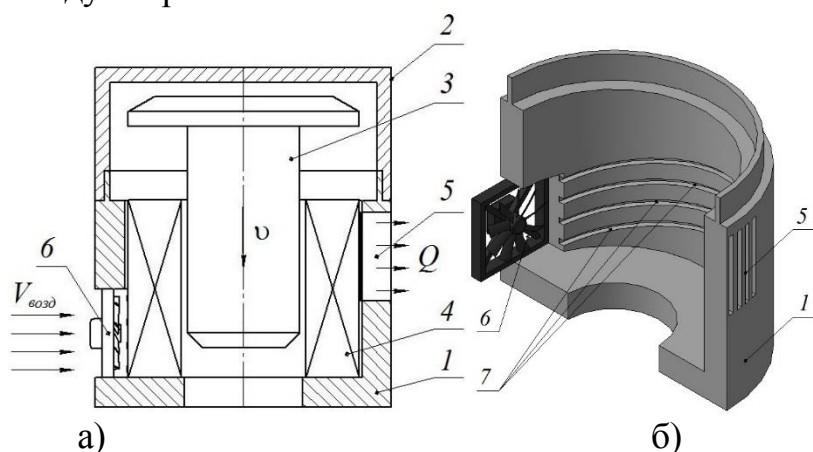


Рисунок 2. ЛЭМД с принудительной вентиляцией: а – конструктивно-технологическая схема;
б – аксонометрическая модель корпуса ЛЭМД

Радиальные каналы предлагается выполнить по спирали с возрастанием относительно горизонтальной плоскости, причем перепад высоты от начальной точки нижнего канала до конечной точки верхнего канала должен равняться высоте обмотки. Это позволит максимально для данной схемы увеличить площадь обдуваемой поверхности

статора. В тоже время эффективность теплоотдачи в каналах будет зависеть от режимных параметров работы системы вентиляции, например скорости движения охладителя в каналах и давления в системе.

Коэффициент теплоотдачи $\alpha_{\text{кан}}$ в радиальных каналах можно рассчитать по формуле [2]:

$$\alpha_{\text{нар}} = Nu \frac{\lambda_{\text{в}}}{d_{\text{экв}}}, \quad (1)$$

где Nu – критерий Нуссельта, характеризующий соотношение между интенсивностью теплообмена за счет конвекции и теплопроводности; $\lambda_{\text{в}}$ – коэффициент теплопроводности воздуха Вт/м·°С; $d_{\text{экв}}$ – эквивалентный диаметр радиального канала, м.

Охлаждающие каналы имеют прямоугольный профиль сечения, поэтому формулу эквивалентный или гидравлический диаметр будет равен [4]:

$$d_{\text{г.к}} = \frac{2a_{\text{к}}b_{\text{к}}}{a_{\text{к}} + b_{\text{к}}}, \quad (2)$$

где $a_{\text{к}}$ – глубина паза, м; $b_{\text{к}}$ – ширина паза по дуге, м.

Критерий Нуссельта при движении газов в каналах можно определить по следующим формулам [2]:

$$\text{– для ламинарного режима: } Nu_m = 0,146 Re^{0,33} Gr^{0,1}; \quad (3)$$

$$\text{– для переходного режима: } Nu_m = 0,86 K_0; \quad (4)$$

$$\text{– для турбулентного режима: } Nu_m = 0,018 Re^{0,8}, \quad (5)$$

где Re – число Рейнольдса; K_0 – комплексный коэффициент, зависящий от числа Рейнольдса, находится из таблицы 2.3 [2].

Число Рейнольдса для перемещаемого в радиальных каналах охладителя рассчитывается как

$$Re = \frac{v_{\text{ср}} d_{\text{экв}}}{\nu}, \quad (6)$$

где $v_{\text{ср}}$ – средняя скорость движения воздуха в охлаждающем канале, м/с; ν – коэффициент кинематической вязкости воздуха, м²/с [2].

Для ламинарного режима перемещения охладителя в каналах $Re \leq 2300$; для переходного – $2300 < Re < 10^4$; для турбулентного – $Re \geq 10^4$ [2].

Среднюю скорость движения охлаждающего воздуха в вентиляционных каналах определим как отношение требуемого расхода газа $Q_{\text{н}}$ к площади поперечного сечения канала $F_{\text{к}}$ [4]:

$$v_{\text{в.ср}} = \frac{Q_{\text{н}}}{F_{\text{к}}}. \quad (7)$$

Таким образом, число Рейнольдса, выраженное через требуемый расход газа

$$Q_{\text{н}} \text{ будет равно: } Re = \frac{2Q_{\text{н}}}{\nu(a_{\text{к}} + b_{\text{к}})}. \quad (8)$$

Для выбора оптимального режима перемещения охладителя в каналах графически отобразим зависимость коэффициента теплоотдачи в радиальных каналах $\alpha_{\text{кан}}$ от значений числа Рейнольдса, подсчитанную с помощью выражений (3)...(5) (рисунок 3).

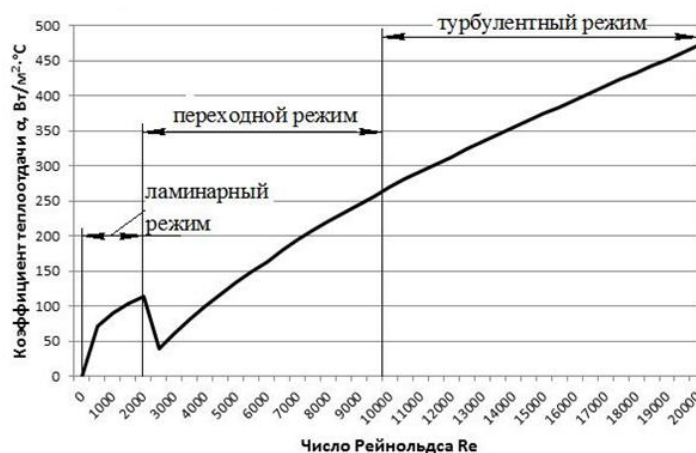


Рисунок 3. График зависимости коэффициента теплоотдачи $\alpha_{\text{кан}}$ от числа Рейнольдса

Анализ полученного графика показывает, что наиболее интенсивно при изменении критерия Re теплоотдача возрастает при ламинарном режиме перемещения охлаждаителя. Начало ламинарного ($0 < Re < 500$) и переходного ($2300 < Re < 4000$) режимов характеризуется сравнительно низким коэффициентом $\alpha_{\text{кан}}$, поэтому при значениях критерия Рейнольдса в данных интервалах процесс теплоотдачи в каналах будет менее интенсивным, что скажется на эффективности системы охлаждения в целом. Таким образом, наиболее благоприятными с точки зрения интенсивности теплоотдачи будут значения критерия Рейнольдса $Re = 500 \dots 2300, 4000 \dots 10^5$. Это необходимо учитывать при подборе вентилятора по требуемому расходу газа Q_n .

Список литературы

1. Марадудин, А.М. Оценка эффективности охлаждения линейных электромагнитных двигателей импульсных машин / А.М. Марадудин, В.А. Каргин, Д.П. Щербаков // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VI международной научно-практической конференции – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2015. – С. 157-160.
2. Бухмиров, В.В. Расчет коэффициента конвективной теплоотдачи (основные критериальные уравнения): методические указания к выполнению практических и лабораторных занятий / В.В. Бухмиров. – Иваново: Изд-во Ивановского гос. энергетич-го ун-та, 2007. – 39 с.
3. Каргин, В.А. Методы расчета тепловых и гидравлических процессов в ЛЭМД импульсных машин / В.А. Каргин, А.М. Марадудин, Д.П. Щербаков // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VI международной научно-практической конференции – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2015. – С. 75-78.
4. Гальперин, Л.Г. Основы гидрогазодинамики [Текст] / Л.Г. Гальперин. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2007. – 238 с.
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. Волгин, А.В. Система управления линейными электромагнитными двигателями / А.В. Волгин, А.А. Леонтьев, А.П. Моисеев // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VI международной научно-практической конференции – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2015. – С. 24-26.
7. Моисеев, А.П. Силовые характеристики линейного электромагнитного двигателя с конденсаторным питанием / А.П. Моисеев, А.В. Волгин, И.Ю. Лошкарев, А.А. Леонтьев // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VI международной научно-практической конференции – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2015. – С. 181-184.
8. Моисеев, А.П. Силовые характеристики электромагнитного двигателя с осевым каналом / А.П. Моисеев, А.В. Волгин, И.Ю. Лошкарев, А.А. Леонтьев // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VI международной научно-практической конференции – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2015. – С. 179-180.

А.М.Марадудин, В.А.Каргин, А.В.Перетяцько, А.А.Леонтьев

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

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ И ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ЛЭМД С САМОВЕНТИЛЯЦИЕЙ

Ключевые слова: линейные электромагнитные двигатели, импульсные машины, самовентиляция, теплопередача, системы охлаждения.

В статье приведены тепловой и гидравлический расчеты линейного электромагнитного двигателя, в результате которых выявлена возможность использования самовентиляции ЛЭМД в качестве системы охлаждения.

Потери мощности в обмотке двигателя определяются ее сопротивлением и квадратом тока [5]:

$$\Delta P = I^2 R, \quad (1)$$

где I – ток в обмотке рабочего хода якоря; R – сопротивление обмотки.

При выполнении гидравлического расчета требуемый расход охлаждающего газа может быть найден по формуле [3]:

$$Q = \frac{P_{\text{отв}}}{c \rho \theta_{\text{max}}}, \quad (2)$$

где $P_{\text{отв}}$ – потери мощности, отводимые охлаждающим потоком; c – удельная теплоемкость охлаждающего газа, Дж/(кг·°С); ρ – плотность газа, кг/м³; θ_{max} – допустимое превышение температуры охлаждающего газа для данного класса нагревостойкости изоляции машины.

Для защищенных машин, у которых охлаждающий газ омывает активные элементы непосредственно, $\theta_{\text{max}} = 15 \dots 30^\circ\text{C}$ [3].

Отсюда потери мощности, отводимые при помощи самовентиляции

$$P_{\text{отв}} = Q \cdot c \cdot \rho \cdot \theta_{\text{max}}. \quad (3)$$

Величина Q может быть найдена из следующей формулы [3]:

$$Q = \sqrt{\frac{\Delta p_{\text{м}}}{z_{\text{м}}}}, \quad (4)$$

где $\Delta p_{\text{м}}$ – потери давления в системы охлаждения электрической машины; $z_{\text{м}}$ – суммарное гидравлическое сопротивление машины.

Необходимое давление $p_{\text{н}}$, создаваемое комбинированным якорем с компрессионным кольцом при рабочем ходе, определим как отношение осевого усилия якоря $F_{\text{я}}$ к площади верхней поверхности обмотки, обдуваемой воздушным потоком:

$$p_{\text{н}} = \frac{4F_{\text{я}}}{\pi(d_1^2 - d_2^2)}, \quad (5)$$

где F_y – продольное усилие, с которым якорь воздействует на рабочий орган во время своего рабочего хода, Н; d_1 – внутренний диаметр статора в надобмоточном пространстве, м; d_2 – диаметр якоря, м.

Приняв, что потери давления Δp_m равны создаваемому давлению p_n , перепишем выражение (3) с учетом формул (4) и (5):

$$P_{отв} = c\rho\theta_{\max} \sqrt{\frac{4F_y}{z_m \pi (d_1^2 - d_2^2)}}. \quad (6)$$

Для нахождения $P_{отв}$ требуется вначале определить суммарное гидравлическое сопротивление вентиляционного тракта z_m , для чего покажем его упрощенное изображение (рисунок 1,а) и составим эквивалентную гидравлическую схему (рис. 1,б).

При движении охладителя внутри n -ного количества аксиальных каналов он преодолевает в каждом из них местное сопротивление z_2 при входе, путевое сопротивление z_3 при движении вдоль канала, местное сопротивление z_4 на выходе из него и местное сопротивление z_5 при перемещении из электродвигателя в окружающую среду. Перемещение охладителя от точки выхода из канала до точки выхода из электродвигателя незначительно, поэтому величиной путевого сопротивления на этом промежутке можем пренебречь.

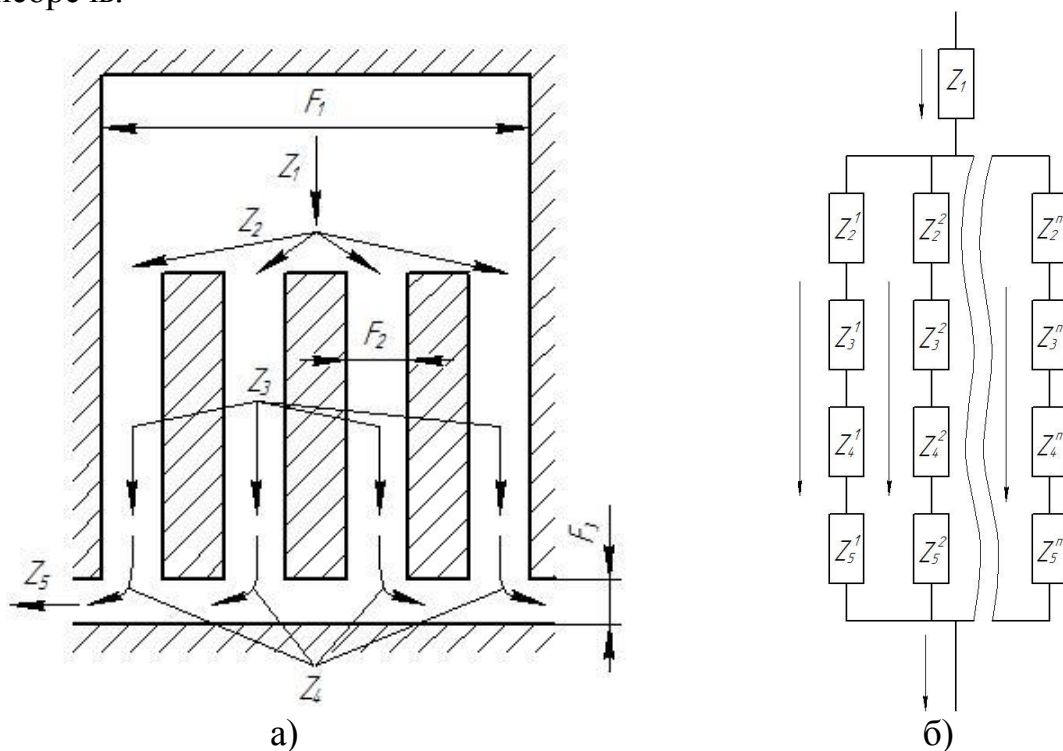


Рисунок 1. Схемы ЛЭМД с самовентиляцией для гидравлического расчета: а – упрощенное изображение вентиляционного тракта; б – эквивалентная гидравлическая схема.

Сопротивления, преодолеваемые охладителем в аксиальном канале, соединяются последовательно, поэтому в соответствии с известными формулами [3] суммарное сопротивление $z_{кан}$ будет равно:

$$z_{кан} = z_2 + z_3 + z_4 + z_5 = \frac{\rho}{4F_2^2} \left(1 - \frac{F_2}{F_1}\right) + \frac{\xi_k \rho l_k}{2F_2^2 d_{г.к}} + \frac{\rho}{2F_2^2} \left(1 - \frac{F_2}{F_3}\right)^2 + \frac{\zeta_{в\rho}}{2F_3^2};$$

$$z_{\text{кан}} = \frac{\rho}{2} \left[\frac{1}{2F_2^2} \left(1 - \frac{F_2}{F_1} \right) + \frac{\xi_{\text{к}} l_{\text{к}}}{F_2^2 d_{\text{г.к}}} + \frac{1}{F_2^2} \left(1 - \frac{F_2}{F_3} \right)^2 + \frac{\zeta_{\text{в}}}{F_3^2} \right], \quad (7)$$

где F_1, F_2, F_3 – площади проходных сечений вентиляционного тракта (см. рис.1,а); $l_{\text{к}}$ и $d_{\text{г.к}}$ – длина и гидравлический диаметр аксиального канала; ρ – плотность охлаждающей среды; $\xi_{\text{к}}$ – коэффициент путевых потерь на трение в канале; $\zeta_{\text{в}}$ – коэффициент местных потерь трения на выходе из машины.

Гидравлический или эквивалентный диаметр аксиального канала $d_{\text{г.к}}$, может быть найден следующим образом [6]:

$$d_{\text{г.к}} = \frac{4F}{\Pi}, \quad (8)$$

где F – площадь поперечного сечения канала, м^2 ; Π – длина периметра поперечного сечения канала, м .

Охлаждающие каналы имеют прямоугольный профиль сечения, поэтому формулу (8) можно преобразовать следующим образом:

$$d_{\text{г.к}} = \frac{2a_{\text{к}}b_{\text{к}}}{a_{\text{к}} + b_{\text{к}}}, \quad (9)$$

где $a_{\text{к}}$ – глубина паза, м ; $b_{\text{к}}$ – ширина паза по дуге, м .

Площади проходных сечений вентиляционного тракта могут быть подсчитаны по следующим формулам:

$$F_1 = \frac{\pi}{4} (d_1^2 - d_2^2), \quad (10)$$

$$F_2 = a_{\text{к}} b_{\text{к}}, \quad (11)$$

$$F_3 = \frac{\pi d_3^2}{4}, \quad (12)$$

где d_1 – внутренний диаметр статора в надобмоточном пространстве, м ; d_2 – диаметр якоря, м ; d_3 – диаметр выпускных отверстий на боковой поверхности корпуса ЛЭМД, м .

Если принять с незначительной долей погрешности, что охладитель преодолевает в каждом из аксиальных каналов одинаковое сопротивление, то общее гидравлическое сопротивление вентиляционного тракта ЛЭМД $z_{\text{м}}$ может быть найдено по формуле:

$$z_{\text{м}} = z_1 + \frac{z_{\text{кан}}}{n^2}, \quad (13)$$

где z_1 – путевое сопротивление при движении охладителя внутри статора в надобмоточном пространстве.

$$z_1 = \frac{\xi_{\text{с}} \rho \delta}{2F_1^2 d_{\text{г.с}}}, \quad (14)$$

где $\xi_{\text{с}}$ – коэффициент путевых потерь на трение внутри статора; δ – величина рабочего хода якоря, м ; $d_{\text{г.с}}$ – гидравлический диаметр внутренней поверхности между якорем и статором в надобмоточном пространстве, м .

Внутренняя надобмоточная поверхность между якорем и статором имеет форму кольца, поэтому в соответствии с формулой (8) гидравлический диаметр $d_{г.с}$ может быть определен следующим образом:

$$d_{г.с} = d_1 - d_2. \quad (15)$$

С учетом всего вышесказанного, общее гидравлическое сопротивление вентиляционного тракта ЛЭМД z_m может быть найдено по формуле:

$$z_m = \frac{\rho}{2} \cdot \left\{ \frac{\xi_c \delta}{F_1^2 d_{г.с}} + \frac{1}{n^2} \left[\frac{1}{2F_2^2} \left(1 - \frac{F_2}{F_1} \right) + \frac{\xi_k l_k}{F_2^2 d_{г.к}} + \frac{1}{F_2^2} \left(1 - \frac{F_2}{F_3} \right)^2 + \frac{\zeta_B}{F_3^2} \right] \right\}. \quad (16)$$

Теперь с помощью гидравлического сопротивления z_m по формуле (16) определим величину потерь мощности $P_{отв}$, которую можно отвести при помощи самовентиляции. Сравнив ее с величиной потерь в обмотке ΔP (формула 1), мы можем сделать вывод об эффективности применения самовентиляции в качестве системы охлаждения на линейном электромагнитном двигателе той или иной мощности.

Список литературы

1. Усанов, К.М. Оценка эффективности охлаждения линейных электромагнитных двигателей с самовентиляцией [Текст] / К.М. Усанов, В.А. Каргин, А.С. Козлов // Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы III международной научно-практической конференции. – Саратов: Изд-во «КУБиК», 2012. – С.268-272.
2. Марадудин, А.М. Оценка эффективности охлаждения линейных электромагнитных двигателей импульсных машин / А.М. Марадудин, В.А. Каргин, Д.П. Щербаков // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VI международной научно-практической конференции – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2015. – С. 157-160.
3. Сипайлов, Г.А. Тепловые, гидравлические и аэродинамические расчеты в электрических машинах: Учебник для ВУЗов по спец. «Электромеханика» / Г.А. Сипайлов, Д.И. Санников, В.А. Жадан. – М.: Высш. шк., 1989. – 239 с.
4. Каргин, В.А. Методы расчета тепловых и гидравлических процессов в ЛЭМД импульсных машин / В.А. Каргин, А.М. Марадудин, Д.П. Щербаков // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VI международной научно-практической конференции – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2015. – С. 75-78.
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. Гальперин, Л.Г. Основы гидрогазодинамики [Текст] / Л.Г. Гальперин. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2007. – 238 с.
7. Волгин, А.В. Система управления линейными электромагнитными двигателями / А.В. Волгин, А.А. Леонтьев, А.П. Моисеев // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VI международной научно-практической конференции – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2015. – С. 24-26.
8. Моисеев, А.П. Силовые характеристики линейного электромагнитного двигателя с конденсаторным питанием / А.П. Моисеев, А.В. Волгин, И.Ю. Лошкарев, А.А. Леонтьев // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VI международной научно-практической конференции – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2015. – С. 181-184.
9. Моисеев, А.П. Силовые характеристики электромагнитного двигателя с осевым каналом / А.П. Моисеев, А.В. Волгин, И.Ю. Лошкарев, А.А. Леонтьев // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VI международной научно-практической конференции – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2015. – С. 179-180.

СХЕМЫ ПОДКЛЮЧЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ЕМКОСТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

В настоящее время для обогащения кормовых смесей широко применяются богатые питательными веществами добавки – премиксы, процесс дозирования таких мелкодисперсных сыпучих веществ требует высокой точности, поскольку нарушение их соотношения приводит к снижению питательных свойств. Для микродозирования компонентов премикса в непрерывном технологическом потоке возможно применение емкостных преобразователей [1,2], обладающих целым рядом преимуществ по сравнению с датчиками других типов: простота изготовления; использование недорогих материалов; малые габариты и вес; низкое потребление энергии; высокая чувствительность; долгий срок эксплуатации; потребность весьма малых усилий для перемещения подвижной части емкостного датчика; простота приспособления формы датчика к различным конструкциям.

В настоящей статье рассматриваются электрические схемы подключения измерительного емкостного преобразователя для измерения выходного сигнала.

Для повышения точности и чувствительности емкостный датчик должен быть дифференциальным, так как такие преобразователи защищены от влияния внешних симметрических помех и обладают большей чувствительностью, чем одинарные.

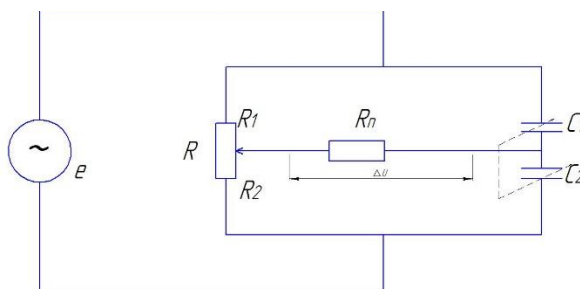


Рисунок 1. – Мостовая схема включения емкостного преобразователя

Рассмотрим последовательную мостовую схему (Рис.1) для экспериментального определения электрической емкости, когда дифференциальный емкостный датчик представляет собой две последовательно включенные емкости C_1 и C_2 , при этом, увеличение емкости C_1 на ΔC вызывает уменьшение емкости C_2 на эту величину.

Напряжение, снимаемое с диагонали моста, можно использовать в качестве сигнала для следящей системы, перемещающей потенциометр R в сторону уменьшения рассогласования, то всегда в установившемся состоянии напряжение $\Delta U = 0$ и справедливо соотношение:

$$\frac{U_{R1}}{U_{R2}} = \frac{U_{C1}}{U_{C2}} = \frac{I x_{C1}}{I x_{C2}} = \frac{1/\omega C_1}{1/\omega C_2} = \frac{C_2}{C_1}, \quad (1)$$

Известно, что емкость преобразователя определяется по формуле [4]:

$$C_2 = C_0 + \frac{\varepsilon_0 M}{2\pi R^3 \rho} (\varepsilon - 1), \quad (2)$$

где R – радиус, м; h – высота преобразователя, м; $\varepsilon_{вещ}$ – относительная диэлектрическая проницаемость вещества; ε_0 – диэлектрическая проницаемость вакуума $8,85 \cdot 10^{-12}$, Ф/м.

Включение емкостного датчика в мостовую схему, питаемую от источника повышенной частоты, позволяет зафиксировать изменения емкости на 0,1%. С использованием резонансной схемы емкостный датчик включается в колебательный контур совместно с индуктивным сопротивлением (Рис.2а). Высокочастотный генератор 1 с частотой напряжения f_r питает индуктивно связанный с ним контур, состоящий из индуктивности L_n , подстроечного конденсатора C_0 и емкостного датчика C_d . Напряжение U_k , снимаемое с контура, повышается усилителем 2 и измеряется прибором 3, шкала которого проградуирована в единицах измеряемой величины. При помощи подстроечного конденсатора C_0 контур настраивается на частоту f_0 , близкую (но не равную) к частоте генератора [2].

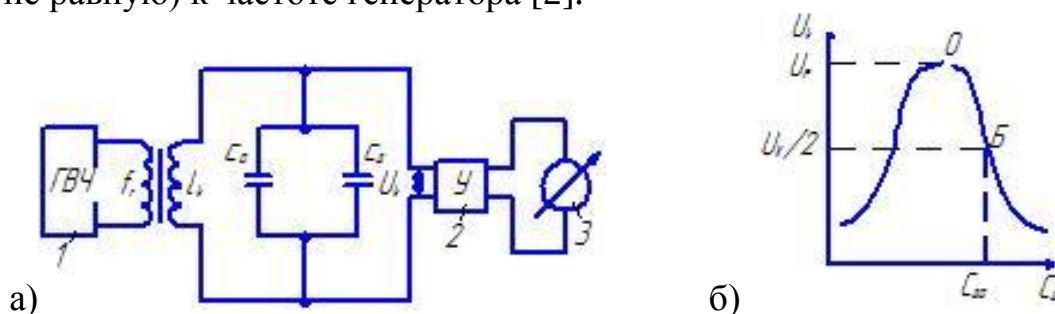


Рисунок 2. – Резонансная схема включения емкостного преобразователя

Настройка производится при среднем значении емкости C_d в диапазоне возможных изменений измеряемой величины:

$$C_{cp} = 0,5(C_{max} + C_{min}), \quad (3)$$

В результате настройки напряжение U_p снимаемое с контура, должно быть примерно вдвое меньше (точка B на рис. 2б), чем напряжение при резонансе U_p (точка O на рис.2 б). Таким образом, рабочая точка B будет находиться примерно посередине одного из склонов резонансной характеристики. Этим обеспечиваются высокая чувствительность измерения (до 0,001%) и примерно линейная шкала измерительного прибора 3. Малейшее изменение емкости датчика C_d приводит к резкому изменению напряжения контура. Уменьшение емкости ($C_{d0} - \Delta C$) приводит к резкому увеличению напряжения, увеличение емкости ($C_{d0} + \Delta C$) – к резкому уменьшению напряжения. При выборе рабочей точки на левом склоне резонансной характеристики (с помощью подстроенного конденсатора) уменьшение емкости приводит к уменьшению напряжения, и наоборот.

Таким образом, применение резонансной схемы включения емкостного преобразователя позволит получить более высокую чувствительность измерительного контура.

Список литературы:

1. **Усанов, К.М.** Импульсная система с линейным электромагнитным двигателем для интенсификации загрузки бункеров/К.М. Усанов, В.А. Каргин, А.В. Волгин// Научное обозрение, №6, 2012. – С.255-258.
2. **Аж, Ж.** Датчики измерительных систем: в 2-х кн. / Пер. с франц. М.: Мир, 2002. 480 с., ил.
3. **Улыбина, Т.В.** Обоснование применения резонансной схемы для измерения емкости коаксиального преобразователя / «Актуальные проблемы энергетики АПК». Саратов: Буква, 2014.- С327-329
4. **Улыбина, Т.В.** Определение расхода сыпучего вещества в непрерывном потоке диэлектрическим методом / «Актуальные проблемы энергетики АПК». Саратов: Буква, 2014.-С316-319

Н.Н.Морозова, А.А. Кантаржи

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

ПУНКТЫ РЕДУЦИРОВАНИЯ ГАЗА ПОДЗЕМНЫЕ

Применение пунктов редуцирования газа в подземном исполнении периодически обсуждается специалистами, однако их использование до сих пор сдерживалось отсутствием нормативной базы и результатов апробации этой технологии в российских условиях. Уже сегодня ситуация кардинально меняется.

СП 62.13330.2011 «Газораспределительные системы» допускает размещать пункты редуцирования газа шкафные (ПРГШ) ниже уровня поверхности земли, при этом такой ПРГШ следует считать отдельно стоящим. ГОСТ Р 56019-2014 «Системы газораспределительные. Пункты редуцирования газа. Функциональные требования» предусматривает обязательные условия размещения пунктов редуцирования газа. Их установка ниже уровня земли допускается при соблюдении, в частности, следующих требований:

полное заводское изготовление, расположение в контейнере объемом не более 5 м³; нахождение на безопасном расстоянии от зданий, сооружений и проезжей части улиц; запрещение проезда транспорта или обеспечение соответствующей прочности крышки контейнера; размещение продувочных и импульсных газопроводов в отдельно стоящей контрольно-сбросной мачте [1].

Подземное размещение ПРГ позволяет исключить затраты на строительство и отопление ГРП; уменьшить охранную зону газопровода, так как ограничения накладываются на земельный участок меньшей площади, а также обеспечить минимальный, значительно ниже допустимого, уровень шума, создаваемый линиями редуцирования при работе; уменьшить затраты на обвязку оборудования за счет модульной конструкции; свести до минимума вероятность отказов в работе из-за резких перепадов температур в зимнее время; улучшить ландшафтный дизайн застройки; повысить уровень защищенности объекта от аварий природного и техногенного характера, повысить энергоэффективность газораспределительной системы за счет повышения герметичности системы газоснабжения и уменьшения вследствие этого эксплуатационных утечек из газопроводов вследствие применения новых видов оборудования и уплотнительных материалов, а также за счет повышения качества профилактического обслуживания [2].

В настоящее время подземное размещение пунктов редуцирования газа распространено в Германии, Великобритании, Ирландии, Гонконге, Тайване, Чехии, Польше, Венгрии и других странах. Растет и число компаний-производителей пунктов редуцирования газа в подземном исполнении. Среди известных европейских производителей следует отметить итальянские O.M.T.N Tartarini S.R.L. и Pietro

Fiorentini, немецкую RMG Regel+Messtechnik GmbH, британскую RMG Bryan Donkin RMG Gas.

Например, компактные подземные установки регулирования давления газа (КПУ) типа Krysalis являются высокотехнологичными устройствами, нашедшими широкое применение в системах газораспределения за рубежом. Установки Krysalis удобны в обслуживании, их ремонт состоит в замене картриджей, что не требует много времени и специального оборудования. КПУ Krysalis содержит все стандартные элементы пункта редуцирования газа. Конструктивно установка смонтирована в одном цельнометаллическом корпусе, образуя четыре функциональных блока. На входе в отдельной камере расположен блок фильтра. Фильтр изготовлен из нержавеющей стали и в случае загрязнения может быть промыт и использован многократно. Обслуживание фильтра проводят независимо от других функциональных блоков. Второй блок - это блок редуцирования, он состоит из двух регуляторов: основного и контрольного (осуществляющего функцию мониторинга). Третьим блоком установки является предохранительный запорный клапан, смонтированный внутри фильтра. Предохранительный клапан закрывается при выходе давления за верхний или нижний предел. Повторное открытие предохранительного запорного клапана возможно только вручную. Предохранительный запорный клапан и фильтр могут обслуживаться независимо друг от друга. Четвертым и последним блоком установки является предохранительный сбросной клапан, который предназначен для стравливания давления утечки газа через закрытые регуляторы.

Подземные установки оборудуются контрольно-сбросной мачтой, которая может располагаться рядом с установкой или на некотором расстоянии от нее. В мачте находятся сбросные трубы и дыхательные трубы отсека контрольных приборов, могут размещаться и сами приборы, если необходимо считывать их показания, не снимая крышку установки.

В настоящее время в России установки такого типа не применяются, так как пока отсутствуют сами установки отечественного производства, и в ряде случаев требуется повышение уровня организации и качества профилактического обслуживания систем газораспределения [3], однако экспериментальное использование зарубежных ПРГП имеет место, например, в Калининградской области.

Список литературы

1. ГОСТ Р 56019-2014 «Системы газораспределительные. Пункты редуцирования газа. Функциональные требования».
2. Морозова Н.Н. Оценка эффективности внедрения энергосберегающих мероприятий в газораспределении. / Н.Н.Морозова // Организация и управление производством: сб. науч. работ / ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ» им. Н.И. Вавилова. – Саратов: ООО Издательский Центр «Наука», 2008. - с.123-126.
3. Реудин А.В. Совершенствование управления деятельностью газораспределительных организаций / А.В. Реудин, Н.Н. Морозова // Вавиловские чтения – 2009: Материалы Межд. науч.-практ. конф. 25-26 ноября 2009г. Часть 2 / ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ» им. Н.И. Вавилова.- Саратов: Изд-во «КУБиК», 2009.- с.335-336.

Д.А. Негметова, С.Ф. Степанов

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., г. Саратов

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ПРОПИТКА ОБМОТОК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Аннотация: Рассмотрено применение ультразвука для пропитки обмоток электрических машин. Ультразвуковая пропитка позволяет: сократить время пропитки с 2,5 ч до 2 мин., заменить двухразовый цикл пропитки на одноразовый, глубоко и быстро проникнуть пропитывающим веществам.

Ключевые слова: электрические машины, надежность, пропитка, обмотка, изоляция, ультразвук.

В настоящее время надежность электрических машин во многом зависит от состояния их изоляции. Увеличение срока службы изоляции электрического оборудования – сложная комплексная задача. В технологических процессах пропитки изоляции обмоток электрических машин перспективным является применение ультразвука.

Ультразвук — звуковые волны, имеющие частоту выше 20 000 Гц.

Высокая эффективность ультразвуковой пропитки обусловлена глубоким и относительно быстрым проникновением пропитывающих веществ в полости. Применение ультразвука позволяет заменить двухразовый цикл пропитки на одноразовый, с исключением процесса промежуточной сушки.

Устройство ультразвукового погружного преобразователя схематично показано на рисунке 1.

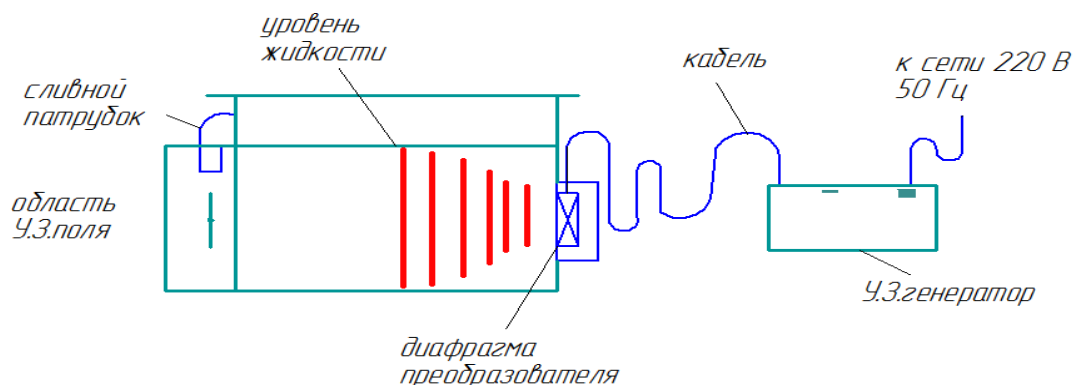


Рисунок 1 – Устройство преобразователя

Ультразвуковой излучатель помещается в ванну, где на него подается переменное напряжение сети 220 вольт стандартной частоты 50 Гц. Ультразвуковой генератор преобразует частоту 25 кГц или 35 кГц. Высокочастотное напряжение подается по кабелю в герметичный корпус преобразователя, изготовленный из нержавеющей стали внутри которого смонтированы пьезоэлектрические излучатели, преобразующие электрическую энергию в высокочастотные механические колебания.

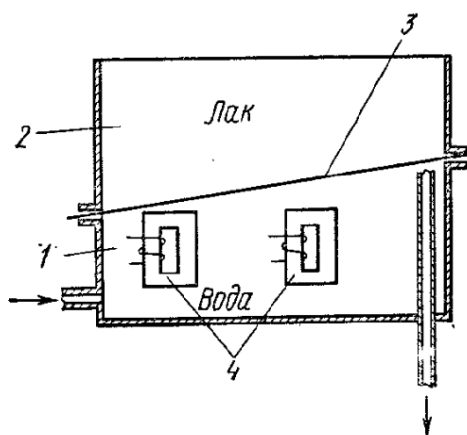


Рисунок 2 – Ванна для ультразвуковой пропитки обмоток:
1-Нижнее отделение; 2-Верхнее отделение; 3-Перегорodka; 4-Излучатель

На рисунке 2 представлена двухкорпусная пропиточная ванна, разделенная перегородкой из фосфористой бронзы, играющей роль мембраны, нижнее отделение заполняют циркулирующей водой и помещают в нем излучатели, питаемые током высокой частоты, а в верхнем, наполненном пропиточным лаком, подвешивают пропитываемые детали. Затем в жидкости возбуждают ультразвуковые колебания частотой 20...50 кГц. Изделие выдерживают в пропитывающей жидкости под действием ультразвука в течение заданного промежутка времени. Время обработки выбирается экспериментальным путем.

Ультразвуковые волны большой частоты воздействуют на пропиточный лак и способствуют его проникновению в узкие каналы, многократно усиливая капиллярный эффект, тем самым лак равномерно покрывает катушки в лобовых частях и пазах якоря.

Применение ультразвуковой пропитки позволяет:

1. Сократить время пропитки с **2,5 ч до 2 мин.**
2. Заменить двухразовый цикл пропитки на одnorазовый.
3. Глубоко и быстро проникнуть пропитывающим веществам.
4. Улучшить свойства готовых изделий.

Список литературы

1. Голямина И.П. Ультразвук. М: Советская Энциклопедия, 1979. 400с.
2. Казанцев В.Ф. Расчет ультразвуковых преобразователей для технологических установок. М.: Машиностроение, 1980.
3. Влияние коэффициента нагрузки на надежность электродвигателей насосных станций / М.А. Левин, Ю.В. Иванкина, О.Н. Чурляева / Научный журнал «Научное обозрение» - Москва - №8 2015г. с. 111-113.

Л.А. Нейман, Н.И. Щуров, К.А. Обухов

Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск, Россия

ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВУХМАССОВОЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ

Актуальность проводимых исследований обусловлена необходимостью совершенствования и возможностей динамического расчета при решении комплексной задачи всестороннего анализа и синтеза электромеханической системы колебательного движения, учитывающей степень подвижности инерционных масс, демпфирующих сил упругих связей и сил трения скольжения. В качестве объекта исследований рассматривается двухмассовая электромеханическая система с возвратно-поступательным движением взаимодействующих между собой инерционных масс, связанных упругими связями и возбуждаемых переменным электромагнитным полем катушки.

Ключевые слова: электромеханическая система, электромагнитный привод, динамическая модель, потери энергии в упругих связях, силы трения скольжения, методы структурного моделирования.

Линейные электромеханические системы с электромагнитным возбуждением (электромагнитным приводом), широко применяются в промышленности для обеспечения многих технологических процессов и производств [1–5].

Результаты теоретических и экспериментальных исследований показывают, что применение подобных систем обеспечивает некоторые экономические выгоды: они просты в устройстве, обладают высокой надежностью и большим рабочим ресурсом, имеют малые габариты и массу, а в отдельных случаях обладают возможностью снижения энергопотребления при работе в резонансных и околорезонансных режимах [6–9].

Методы расчета систем с электромагнитным приводом широко известны и, несмотря на это, продолжают совершенствоваться [10–12].

В особенности возникают сложности при расчете нестационарных режимов, зависящих от скорости и частоты инерционных масс, нагрева, свойств упругих связей, сил трения скольжения и т.д. [13–19].

Перспективным направлением исследований в данной области является создание и совершенствование машин и механизмов на базе линейного электромагнитного привода колебательного движения. Частота механических колебаний инерционных масс такого электропривода равна или кратна частоте питающей сети 50 Гц.

Целью исследований является разработка динамической модели электромагнитного привода колебательного движения с двумя степенями подвижности инерционных масс, обеспечивающей возможности для всестороннего анализа при расчетах переходных и установившихся режимов модели с учетом демпфирующих свойств упругих связей и сил сухого трения.

В качестве примера, на рис. 1 рассмотрен один из наиболее распространенных способов построения электромеханической системы с электромагнитным возбуждением обобществленного линейного электромагнитного привода колебательного движения с двумя синхронно взаимодействующими инерционными массами.

Линейный электропривод, в самом простейшем варианте, содержит (рис. 1) катушку 1, сердечник 2 и якорь 3, образующие магнитную систему. В целях упрощения электропривод представлен условно на функциональном уровне.

При протекании периодического тока по обмотке катушки якорь под действием электромагнитных сил и сил упругих связей механической системы совершает колебательные движения. Механическая колебательная система имеет в своем составе традиционные массоинерционные, упругие и диссипативные звенья.

На рис. 1 обозначено: $f_{\text{эм}}$ - вынуждающая электромагнитная сила; x_1, x_3 - обобщенные координаты линейного перемещения центра масс; m_1 - масса якоря; m_2 - присоединенная масса; M - масса электропривода; k_1, k_3 - коэффициенты жесткости упругих связей (пружин); b_1 и b_3 - коэффициенты вязкого трения упругих связей; $f_{\text{тр}}$ - сила сухого трения скольжения.

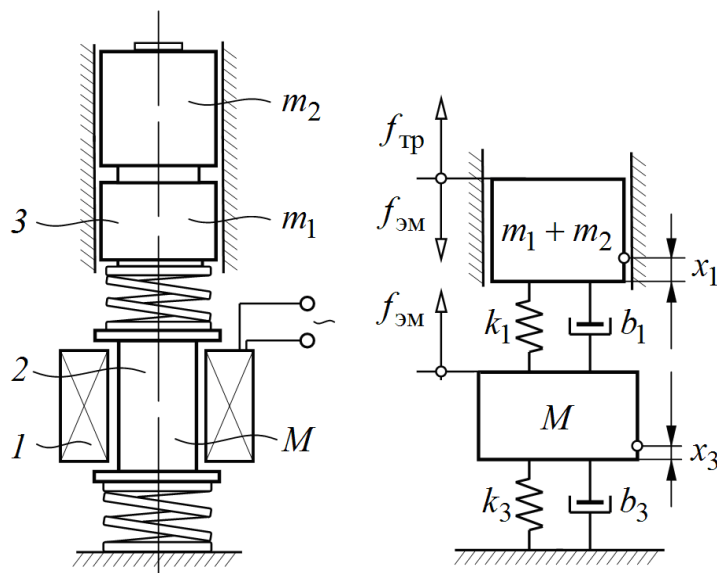


Рисунок 1. Динамическая схема двухмассовой электромеханической системы с электромагнитным возбуждением

Механическая и магнитная системы электропривода связаны функциональной зависимостью электромагнитного усилия $f_{\text{эм}} = f(i, x)$, зависящего от величины протекающего тока i в катушке и координаты положения якоря x_1 .

Магнитная и электрическая подсистемы связаны зависимостью величины потокосцепления $\psi = f(i, x)$ и в общем случае описываются дифференциальным уравнением электрического равновесия нелинейной цепи

$$u(t) = ir + \frac{d\psi(i, x)}{dt},$$

где $u(t)$ - напряжение на обмотке катушки, формируемое схемой управления; r - активное сопротивление катушки.

Значения потокосцепления $\psi = f(i, x)$ и электромагнитного усилия $f_{\text{эм}} = f(i, x)$ здесь определяются в зависимости от величины тока и воздушного рабочего зазора (координата x_1) путем численного расчета магнитного поля в статических режимах [20, 21].

Математическое описание динамического состояния электромеханической системы рис. 1, возбуждаемой изменяющимся во времени периодическим током, подробно изложено в [22] и в самом общем случае описывается следующей системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} u(t) = i r + \frac{d\psi(i, x)}{dt}; \\ (m_1 + m_2) \frac{dx_1^2}{dt^2} + b_1 \left(\frac{dx_1}{dt} - \frac{dx_3}{dt} \right) + k_1 (x_1 - x_3) = -f_{\text{до}} \text{sign} \frac{dx_1}{dt} + f_{\text{yi}}(i, x); \\ M \frac{dx_3^2}{dt^2} - b_1 \left(\frac{dx_1}{dt} - \frac{dx_3}{dt} \right) + b_3 \frac{dx_3}{dt} - k_1 (x_1 - x_3) + k_3 x_3 = -f_{\text{yi}}(i, x). \end{cases}$$

Для реализации уравнений можно воспользоваться известным подходом, состоящим в том, что на первом этапе с помощью решения полевой задачи определяются значения электромагнитного усилия $f_{\text{эм}}(i, x)$ и потокосцепления $\psi(i, x)$ в зависимости от тока и положения якоря, которые затем представляются в виде массива опорных точек статических параметров [23].

На втором этапе полученные массивы значений статических параметров $f_{\text{эм}}(i, x)$ и $\psi(i, x)$ используются при расчете динамики.

Решение динамической части задачи связано с разработкой алгоритмов расчета системы дифференциальных уравнений, что наиболее просто можно реализовать с помощью аппарата структурного моделирования в среде *Matlab Simulink*. Динамическая структурная схема модели в среде *Matlab Simulink* приведена на рис. 2.

Задание функции двух аргументов и интерполяция статических параметров модели $\psi(i, x)$ и $f_{\text{эм}}(i, x)$ в процессе счета осуществляется с помощью кубических сплайнов двумерных таблиц «*Linkage*» и «*Electromagnetic force*».

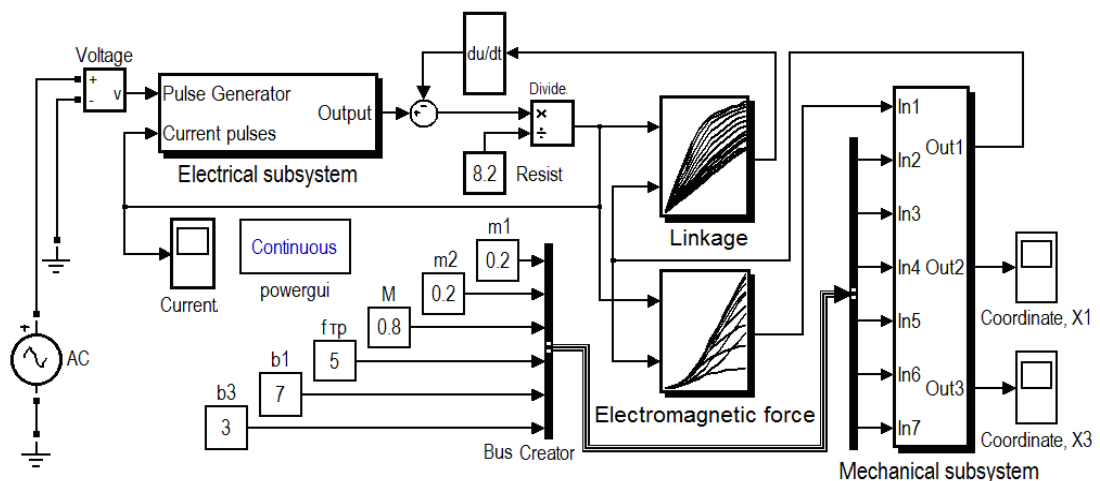


Рисунок 2. Динамическая структурная схема электромеханической системы с электромагнитным возбуждением

В качестве входного сигнала используется однофазный источник напряжения промышленной частоты 50 Гц по однополупериодной схеме выпрямления, реализованной с помощью блока «*Electrical subsystem*». Учет механических свойств модели реализован с помощью блока «*Mechanical subsystem*», входной величиной которого является электромагнитное усилие.

Таким образом, созданная модель динамического состояния электромеханической системы позволяет наблюдать изменение во времени исследуемых величин $u(t)$, $i(t)$, $\psi(t)$, $f_{\text{эм}}(t)$, $x_1(t)$, $x_3(t)$, обусловленных существенной нелинейностью магнитной системы, демпфирующими свойствами упругих связей и сил сухого трения механической системы.

Особенностью модели является возможность учета совокупности взаимосвязанных электромеханических процессов в переходных и установившихся режимах, учитывающих степень подвижности инерционных масс, а также процессов рассеяния энергии за счет собственных демпфирующих свойств упругих связей и сил сухого трения.

Список литературы

1. Усанов К.М., Угаров Г.Г., Мошкин В.И. Линейный импульсный электромагнитный привод машин с автономным питанием. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2006. – 284с.
2. Мошкин В.И., Нейман В.Ю., Угаров Г.Г. Импульсные линейные электромагнитные двигатели. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2010. – 220 с.
3. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Низкочастотные ударные электромагнитные машины и технологии // Актуальные проблемы в машиностроении. – 2014. – №1. – С. 256–259.
4. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Линейные синхронные электромагнитные машины для низкочастотных ударных технологий // Электротехника. – 2014. – № 12. – С. 45–49.
5. Аксютин В.А. Прессовое оборудование с линейным электромагнитным приводом для механизации технологических процессов ударной сборки и штамповки мелких изделий / В.А. Аксютин, Л.А. Нейман, В.Ю. Нейман, А.А. Скотников // Актуальные проблемы в машиностроении. – 2015. – №2. – С. 220–224.
6. Нейман В.Ю. К вопросу о рационализации рабочих процессов и выбора конструктивных схем электромагнитных ударных машин // Автоматизированные электромеханические системы: Коллективная монография / Новосиб. гос. техн. ун-т; Под ред. В.Н. Аносова. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2004. – С. 155–169.
7. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Новые конструктивные решения проблемы точной синхронизации возвратно-поступательного движения бойка неуправляемой электромагнитной машины ударного действия // Актуальные проблемы в машиностроении. – 2015. – №2. – С. 280–285.
8. Способы повышения энергетических показателей однообмоточных импульсных устройств с электромагнитным возбуждением / В.Ю. Нейман, Д.М. Евреинов, Л.А. Нейман, А.А. Скотников, Ю.Б. Смирнова // Транспорт: наука, техника, управление. – 2010. – № 8. – С. 29–31.
9. Малинин Л.И., Нейман В.Ю. Определение напряжения преобразования энергии и электромагнитных сил в электромеханических системах // Электричество. – 2008. – № 6. – С. 57–62.
10. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Повышение точности аналитического расчета радиальных сил одностороннего магнитного притяжения некоаксиальных элементов магнитопровода // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. – 2015. – № 1 (58). – С. 246–256.
11. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Применение метода проводимостей для учета силы одностороннего магнитного притяжения асимметричного электромагнита // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2015. – № 2 (97). – С. 214–218.

12. Нейман В.Ю., Нейман Л.А., Петрова А.А. Влияние соотношений главных размеров электромагнитов на значения конструктивного фактора и показателя экономичности // Автоматизированные электромеханические системы: [сб. науч. тр.]. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011. – С. 177–187.
13. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Исследование двухкатушечной синхронной электромагнитной машины с инерционным реверсом бойка // Современные проблемы теории машин. – 2014. – № 2. – С. 109–110.
14. Нейман В.Ю. Режимы форсированного аккумулирования магнитной энергии в импульсных линейных электромагнитных двигателях // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. – 2003. – № 1. – С. 105–112.
15. Нейман В.Ю., Петрова А.А. Сравнение способов форсировки импульсных линейных электромагнитных двигателей // Электротехника. – 2007. – № 9. – С. 47а–50.
16. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Моделирование динамических процессов в электромагнитных преобразователях энергии для систем генерирования силовых воздействий и низкочастотных вибраций // Известия Томского политехнического университета. – 2015. – Т. 326. – № 4. – С. 154–162.
17. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Динамическая модель электромагнитного привода колебательного движения для систем генерирования низкочастотных вибраций // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. – 2015. – № 3(28). – С. 75–87.
18. Нейман В.Ю., Нейман Л.А. Оценка конструктивного совершенства систем принудительного охлаждения синхронных электромагнитных машин ударного действия // Журнал Сибирского Федерального университета. Серия: Техника и технологии. – 2015. – Т. 8. – № 2. – С. 166–175.
19. Нейман Л.А., Нейман В.Ю., Шабанов А.С. Упрощенный расчет электромагнитного ударного привода в повторно-кратковременном режиме работы // Электротехника. – 2014. – № 12. – С. 50–53.
20. Нейман В.Ю., Нейман Л.А., Петрова А.А. Расчет показателя экономичности силового электромагнита постоянного тока с помощью моделирования магнитного поля // Транспорт: наука, техника, управление. – 2008. – № 6. – С. 21–24.
21. Петрова А.А., Нейман В.Ю. Моделирование в FEMM магнитного поля для расчета тяговых характеристик электромагнитных двигателей постоянного тока // Сборник научных трудов Новосибирского государственного технического университета. – 2008. – № 2. – С. 101–108.
22. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Математическая модель электромеханической системы колебательного движения с упругими связями // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2015. – № 6. – С. 35–40.
23. Нейман Л.А., Шабанов А.С., Нейман В.Ю. Решение задачи учета нелинейных свойств динамической модели электромагнитного привода // В сборнике: Теория и практика современной науки: материалы XIX Международной научно-практической конференции. Научно-информационный издательский центр «Институт стратегических исследований». – Москва, 2015. – С. 58–63.

М.В.Новикова ¹, В.А Хрусталёв.²

¹.Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И Вавилова

²Саратовский государственный технический университет имени Ю.А Гагарина, ведущий научный сотрудник СНЦ РАН

СИСТЕМНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО ТИПА ПРИВОДА ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ С УЧЕТОМ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ПРИЛЕЖАЩЕЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ.

Ряд серьезных причин заставляют смотреть на энергетику сегодня по новому, а именно более системно, то есть с учетом факторов экономики, надежности, безопасности, экологии, режимных и климатических условий.

В себестоимости природного газа транспортная составляющая в границах России достигает порой 50 % и более, поэтому необходима ее минимизация за счет инновационных технологий [1]. Это позитивно скажется не только на эффективности внутреннего потребления, но и на прибыли от продажи газа как ценного экспортного ресурса. Определенно, реинвестиции от такого экспорта могут быть использованы на развитие не только газовой промышленности, но и традиционной, а также атомной энергетики, плотность и равномерность графиков нагрузки которой оказывают сильное влияние на экономические показатели энергосистемы.

Регулирование режимов потребителей электрической энергии требует определенных затрат. Стимулом для его осуществления служит снижение платы за электроэнергию, которое обеспечивается, в частности, с помощью дифференцированных тарифов. Следует подчеркнуть, что подобная дифференциация отражает объективные различия в затратах на производство энергии в разные периоды времени. Так, в часы ночного спада нагрузки практически вся электроэнергия вырабатывается на наиболее экономичных базовых электростанциях с низкими издержками, и напротив, в часы максимума стоимость энергии резко возрастает.

Анализируя карту газотранспортной системы России, можно сделать вывод, что территориально крупнейшие газопроводы, а следовательно, и компрессорные станции пролегают рядом с АЭС (рисунок 1).

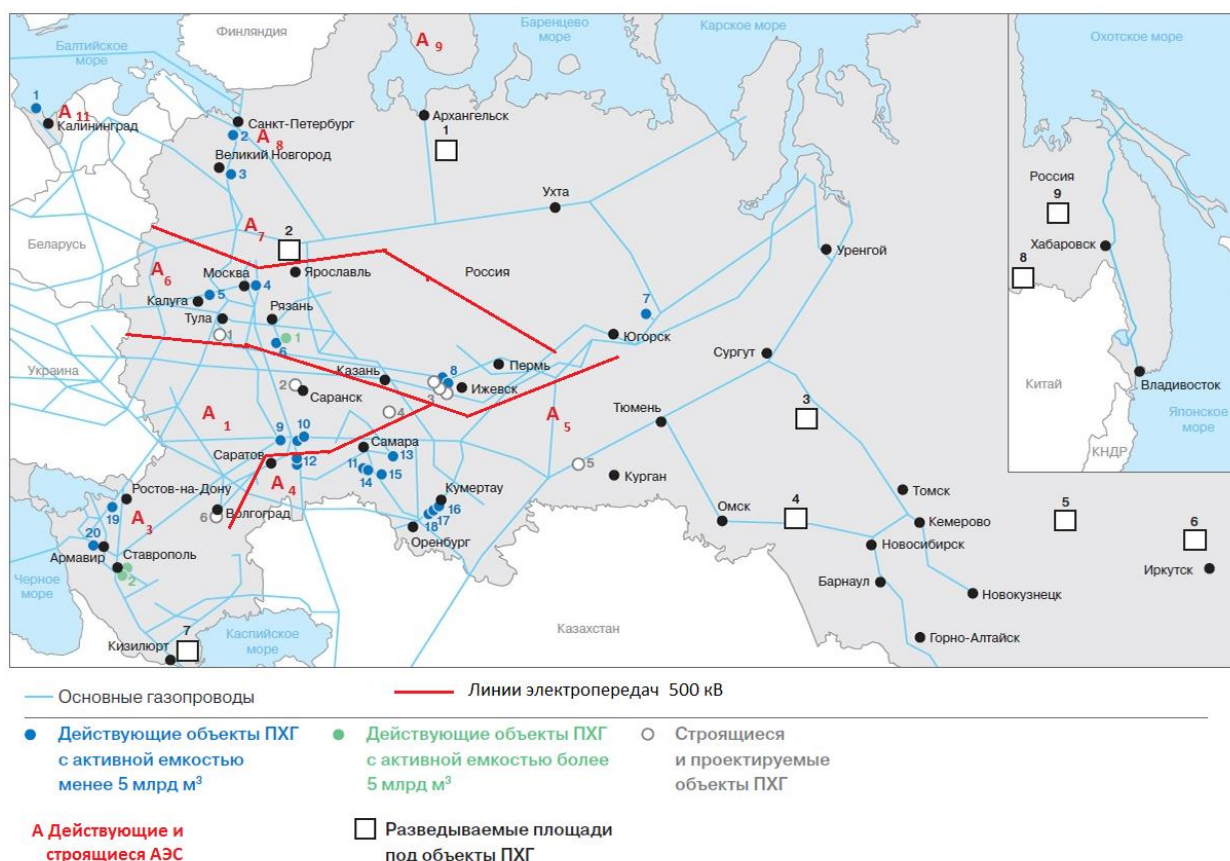


Рисунок 1 Географическое расположение ПХГ, магистральных газопроводов и АЭС на карте Российской Федерации

В данной статье рассматривается возможность комбинирования схем работы компрессорных станций и АЭС для повышения КПД энергокомплексов на базе газоперекачивающих агрегатов, оснащенных комбинированным типом привода (газотурбинным и электрическим) и неделимого ядерного энергоблока с реакторами ВВЭР с целью получения дополнительной энергии в часы пик, экономии топливного газа, повышения экологичности компрессорных станций а так же энергообеспечения прилегающей инфраструктуры за счет утилизации вторичных энергоресурсов.

Предлагается технологическая схема работы компрессорной станции, газоперекачивающие агрегаты (далее ГПА) которой оснащены комбинированным приводом (газотурбинным и обратимым электрическим двигателем)[2]. Технический результат состоит в разработке способа транспорта и компримирования природного газа с целью высвобождения топливного газа, затрачиваемого на собственные нужды компрессорной станции как ценного экспортного ресурса; экономии энергоресурсов прилегающей энергосистемы, в том числе и АЭС.

В период провала суточного графика нагрузки атомной электрической станции, при уменьшении потребления электроэнергии, с целью выравнивания суточного графика и экономии газа как ценного экспортного ресурса, работа газоперекачивающего агрегата осуществляется за счет работы обратимого электрического двигателя. В период суток, когда использование обратимого электрического двигателя

в качестве привода ГПА экономически нецелесообразно, работа газоперекачивающего агрегата осуществляется за счет газотурбинного привода.

Применение утилизационного теплообменника позволит снизить температуру и шум выхлопных газов, значительно повысить КПД использования топлива газотурбинной установки, а так же несколько снизить выброс вредных веществ в атмосферу. Тепло, полученное в результате утилизации уходящих газов может быть использовано для нужд компрессорной станции, а так же сельскохозяйственного производства прилежащего поселка. На примере компрессорной станции, оснащенной компрессорным цехом установленной мощностью 70 МВт при глубокой утилизации теплоты уходящих газов можно обеспечить энергобиологический комплекс (ЭБК) с выработкой продукции объемом, представленном на в таблице 1 [3].

Таблица 1. Перечень продукции, производимой на счет утилизации уходящих газов ГТУ компрессорной станции магистральных газопроводов мощностью 70 МВт.

Продукция	Площадь, га	Выход продукции	
		На 1 ед. площади	Всего , тыс. т
Тепличная	0,8-14	30 кг/м ²	2-4
Шампиньоны	0,06	80 кг/м ²	0,05
Живая рыба	0,6	70 кг/м ²	1,7
Продукты биосинтеза	-	-	0,1-0,11
Биогаз	-	-	0,05 млн. м ³

Учитывая режим работы компрессорной станции, оснащенной комбинированным приводом, при котором газотурбинная установка находится в работе не полные сутки, для поддержания стабильного горячего водоснабжения в течении суток, предусматриваются баки- аккумуляторы горячей воды. При останове компрессорного цеха или группы ГПА, газотурбинная установка может быть соединена через разрезной вал с обратимым электрическим двигателем. В этом случае, обратимый электрический двигатель, работая в режиме генератора, преобразует механическую энергию вращения вала в электрическую [4], с последующей передачей ее во внешнюю сеть, на нужды инфраструктуры и на собственные нужды компрессорной станции.

Список литературы

1. Крылов Д.А. Проблемы и перспективы использования электроэнергии в газотранспортной системе ОАО «Газпром»//Энергонадзор и энергобезопасность.-№5-2012
2. Приоритетная заявка №2015157208 от 29.12.15 «Способ работы компрессорных станций магистральных газопроводов» Ларин Е.А., Хрусталёв В.А., Новикова М.В.
3. Хрусталев В.А., Ипатов П.А., Ларин Е.А., Чеботаревский Ю.В. Региональная эффективность проектов АЭС. , Саратов,2010
4. С.Ю. Рыхлов, А.А. Верзилин. Граничные условия использования автономного источника электроснабжения сельскохозяйственных потребителей [Текст] //Специалисты АПК нового поколения: материалы Всерос. научн. практ. конф. Саратов: «Буква» 2014 С.91-94

О.В. Новокрещенов

Кубанский государственный аграрный университет, г. Краснодар

МАЛАЯ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ

Аннотация. Раскрыты основные конструктивные особенности малых гидроэлектростанций и направления улучшения их характеристик.

Ключевые слова: малые гидроэлектростанции, гидроэлектростанции рукавного типа, автономная система электроснабжения

В настоящее время интерес к малым гидроэлектростанциям (МГЭС) (мощность до 100 кВт) обусловлен следующими их преимуществами: МГЭС по сравнению с другими видами энергетики является наиболее экономичным; работа МГЭС практически не зависит от погодных условий (способны обеспечить устойчивую подачу электроэнергии потребителям); значительно улучшились технические характеристики основных функциональных узлов (гидротурбин, генераторов, стабилизаторов и т. п.) [1, с.105].

Перспективным направлением является применение МГЭС на реках в предгорных и горных районах, где сам ландшафт создает необходимый напор воды, а это позволяет значительно уменьшить капиталовложения и стоимость сооружения таких электростанций. Расчёты показали, что затраты на строительство МГЭС в предгорных и горных районах окупятся в 2 – 3 раза быстрее чем средства, вложенные в ветровую энергетику и 4 – 5 раз – в солнечную энергетику.

Основная проблема при проектировании МГЭС заключается в оптимизации её структуры с целью получения наилучших значений эксплуатационно-технических характеристик. Важно то, что усложнение электрической части МГЭС приводит к упрощению гидротехнического оборудования [2, с.119].

Для улучшения технических характеристик МГЭС, необходимо их проектировать с использованием нерегулируемых гидротурбин, бесконтактных генераторов электроэнергии, а в качестве стабилизатора напряжения и частоты тока применять непосредственные преобразователи частоты. Применение непосредственных преобразователей частоты позволит также упростить конструкцию системы защиты [3, с.227, 4, с. 60].

С технической точки зрения МГЭС рукавного типа, имеют наибольший интерес. Рукавные МГЭС просты в установке и не требуют сооружения плотины и здания ГЭС. Их можно перемещать с одного места на другое, монтировать за несколько часов и с малыми трудозатратами.

Значительное влияние на характеристики МГЭС оказывают коммутационные устройства и системы защиты с их применением. Здесь широкие перспективы раскрываются перед бесконтактными электрическими аппаратами [5, с.267].

Для повышения эффективности МГЭС необходимо их объединение в автономную систему электроснабжения, включающую несколько станций, работающих

параллельно, что позволяет повторно использовать энергию водяного потока, а увеличение числа потребителей выравнивает график нагрузки электрической системы [6, с.188].

Разработка универсальной конструкции МГЭС, способной работать как в автономном режиме, так и в составе автономных систем, где используются другие типы источников, в том числе возобновляемые, даёт несомненные преимущества для более гибкого выбора возможного варианта системы электроснабжения с учётом рельефа местности, типа и характера нагрузок, требований к качеству электроэнергии и т. п. [7, с.4 – 5, 8, с.57].

Основными направлениями использования МГЭС является обеспечение электроэнергией потребители, удалённые от энергосистем (кемпинги, коттеджи, фермерские хозяйства и т. п.).

Список литературы

1. Новокрещенов О.В., Попучиева М.А. Генераторы для возобновляемой энергетики // Новая наука: От идеи к результату. – 2015. – № 6–3. – С.105 – 107.
2. Новокрещенов О.В., Марченко К.К. Особенности проектирования автономных систем электроснабжения // Инновационная наука. – 2016. – № 2– 3 (14). – С. 119 – 121.
3. Григораш О.В., Новокрещенов О.В., Хамула А.А. и др. К вопросу стабилизации напряжения и частоты бесконтактных автономных генераторов // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2008. – № 11. – С.227–232.
4. Новокрещенов О.В., Голубцов О.О., Золотарь В.А. Перспективы преобразователей частоты в автономной энергетике / В сборнике: Инструменты современной научной деятельности. Межд. НПК. – 2016. – С.60–62.
5. Григораш О.В., Богатырев Н.И., Курзин Н.Н., Тельнов Г.В. Электрические аппараты низкого напряжения. – Краснодар. – 2000. – С.313.
6. Григораш О.В., Новокрещенов О.В., Столбчатый Д.А. и др. К вопросу улучшения технических характеристик преобразователей частоты автономных систем электроснабжения // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2009. – № 21. – С.185–189.
7. Григораш О.В., Степура Ю.П., Усков А.Е. Статические преобразователи и стабилизаторы автономных систем электроснабжения – Краснодар. – 2011. – С.188.
8. Атрощенко В.А., Григораш О.В. Непосредственные преобразователи частоты с улучшенными техническими характеристиками для систем автономного электроснабжения // Электротехника – 1997. – № 11. – с.56 –60.

УДК 621.314

А.В.Обухова, Н.Н.Клочкова, Ю.В.Обухова

Самарский государственный технический университет, г.Самара

ЭКОНОМИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ЗА СЧЕТ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНЫХ НАГРУЗОК

Приемники и преобразователи электроэнергии, имеющие в конструкции обмотки (электродвигатели, трансформаторы и др.), потребляют не только активную мощность, но и реактивную[1]. При передаче по элементам системы электроснабже-

ния реактивной мощности (РМ), объективно необходимой для преобразования электроэнергии, в них возникают потери активной мощности, за которые расплачивается предприятие-потребитель. Альтернативой дополнительной плате за электроэнергию является установка в сети предприятия источников реактивной мощности (ИРМ). Компенсация реактивных нагрузок в сети потребителя позволяет: снизить плату поставщику за потребленную электроэнергию; уменьшить токовые нагрузки элементов системы электроснабжения (кабельных и воздушных линий, трансформаторов), обеспечив возможность расширения производства; улучшить качество электроэнергии за счет уменьшения отклонений напряжения от номинального значения.

На большинстве промышленных предприятий компенсация реактивных нагрузок может осуществляться за счет перевозбуждения имеющихся синхронных электродвигателей (СД) напряжением 6-10 кВ или путем размещения в сети конденсаторных установок высокого (ВКБ) и низкого (НКБ) напряжения[1].

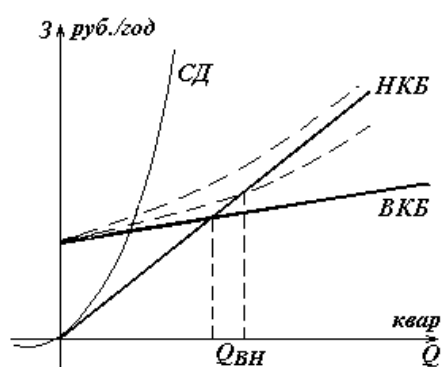


Рис. 1

Рост выработки РМ сопровождается резким ростом потерь электроэнергии, греющих, прежде всего ротор СД.

Следует заметить, что даже при избыточной РМ мощных высоковольтных СД и генераторов собственных станций, позволяющей соблюсти договорные параметры с поставщиком электроэнергии, предприятие не застраховано от неоправданных потерь последней. Замечание характерно для нефтехимических предприятий, обладающих протяженными сетями напряжением 6 кВ и большим числом маломощных понижающих трансформаторов 6/0,4 кВ.

Более распространены в качестве ИРМ конденсаторные установки. Мощность конденсатора пропорциональна его емкости и квадрату напряжения, поэтому удельная стоимость ВКБ оказывается примерно вдвое меньшей, чем у НКБ. Однако, постоянная составляющая затрат для ВКБ оказывается выше за счет большей стоимости подключения к сети. Это обуславливает наличие экономических интервалов применения ВКБ и НКБ (рис.1). Из рис.1 следует, что при необходимости компенсации РМ величиной до $Q_{вн}$ следует отдавать предпочтение НКБ при больших значениях – ВКБ.

Следует отметить, что значение $Q_{вн}$ (левая точка), получено без учета размещения ВКБ и НКБ в сети предприятия. Между точками их подключения, как правило, находятся понижающий трансформатор и питающая его линия. В варианте с ВКБ необходимо учитывать затраты, обусловленные дополнительными потерями электроэнергии, вызванными передачей РМ через трансформатор и линию. Функция данных затрат имеет квадратичный характер и зависит от активных сопротивлений трансформатора и линии. Дополнительные затраты увеличивают стоимость варианта с ВКБ (пунктир на рис. 1) и соответственно значение $Q_{вн}$.

Литература

1. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий: Учебник для студентов высших учебных заведений / Б.И. Кудрин. – М.: Интермет Инжиниринг, 2005. – 672 с.

В.Н. Овсянников¹, Г.Ж. Левина², А.В. Переверзев¹

¹.Самарский государственный технический университет, г. Самара

².Поволжский государственный колледж, г. Самара

СТРУКТУРА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МОМЕНТНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Основные задачи при создании электроприводов и, в частности их электромеханической части – моментных двигателей, для авиационного электрооборудования сформулированы в [1] следующей последовательности: - повышение надежности (вероятности безотказной работы в заданное время) системы; - снижение относительной массы, уменьшение габаритов и повышение энергетических показателей электрических машин; - повышение конкурентоспособности изделий, в том числе за счет снижения их себестоимости.

Эти задачи могут быть решены при применении системного подхода к процессу автоматизированного проектирования [2], заключающегося в создании адекватной математической модели машины, учитывающей массогабаритные, энергетические, стоимостные показатели, характеристики ее надежности. Математическая модель моментного двигателя с ограниченным углом поворота ротора для систем электропривода, ориентированная на расчет основных параметров, должна удовлетворять специфическим требованиям автоматизированного проектирования. В предложенной модели формализованы все логические операции, которые в «ручных» методиках выполняет расчетчик. Кроме этого, весь расчет строится таким образом, что на основании ограниченного числа независимых переменных, последовательно получены все геометрические и электромагнитные соотношения с минимальным количеством уточняющих итераций. Табличные и списочные массивы организованы в виде файлов данных, которые при необходимости могут быть изменены или дополнены. Гибкость математической модели обеспечивает возможность подключения уточняющих подпрограмм, в частности блоков расчета магнитных полей двигателя [3].

Если задача проектирования состоит в создании МД с минимальной массой, и при этом потребляемая мощность ограничивается только тепловым фактором, то структура программы построена следующим образом:

В качестве независимых варьируемых факторов были выбраны: индукция в воздушном зазоре B_δ , Тл; число пар полюсов p ; длина и ширина магнитов l_m и b_m , м; число слоев обмотки якоря $n_{сл}$; потребляемая мощность P_1 , Вт.

Последний фактор (P_1) достаточно сложно исключить из числа варьируемых параметров. Хотя, на первый взгляд, логичнее в этом варианте рассчитывать потребляемую мощность как функцию допустимого перегрева машины. Но это не удастся сделать без существенных допущений в тепловом расчете, которые могут привести к значительным погрешностям вычислений. Поэтому предлагается следующая последовательность расчета.

1. Предварительный расчет длины витка обмотки якоря и определение числа витков на один полюс. Из-за того, что в беспазовых машинах существует детерминированная связь диаметра проводника и магнитных характеристик двигателя уже на этом этапе удастся определить расчетный диаметр машины.
2. Предварительный расчет диаметра индуктора и проверка предварительно принятого значения длины витка и дуги обмотки.
3. Расчет требуемого диаметра провода и уточнение активного и индуктивного сопротивления обмоток. Расчет геометрии статора.
4. Определение высоты магнита по упрощенной методике (Без численных расчетов магнитного поля). Здесь потребуются файлы данных с набором кривых размагничивания для различных марок магнита. В дальнейшем, когда выбран окончательный вариант, проводится детальный уточненный расчет магнитного поля двигателя аналитическими или численными методами.
5. Расчет магнитной цепи и геометрии активной части двигателя.
6. Проверочный тепловой расчет. На этом этапе отбрасываются все варианты в которых перегрев обмотки превышает допустимый.
7. Расчет массы элементов и суммарной массы машины. Здесь же возможно включение расчета обобщенного параметра качества, который может использоваться при оптимизации.

Если потребляемая двигателем мощность ограничивается техническим заданием, то это упрощает задачу, так как исключается один из варьируемых факторов, что существенно сокращает количество вариантов расчета.

В случае, если в задании на проектирование требуется, кроме минимизации массы, ещё и минимизация потребляемой мощности, задача строго не разрешима. Это типичная задача многокритериальной оптимизации и решаться она должна методом компромиссов. Например, методом построения обобщенного параметра оптимизации.

Если рассматривать третий вариант постановки задачи: минимизация массы магнитов, требуется в постановке задачи наложить ограничения на габариты двигателя.

На основании проведенных расчетов предложены рекомендации по выбору геометрических размеров МД, размеров магнита, при его проектировании.

Список литературы

1. *Солов.Л.И., Зыков Б.Н.* Моментные двигатели с постоянными магнитами. М: Энергия, 1977. 112 с.
2. *Овсянников В.Н.* Оптимизация моментного электродвигателя для систем стабилизации подвижных транспортных объектов. Вестник транспорта Поволжья. №6 (42), 2013, с.20-25
3. *Овсянников В.Н., Макаричев Ю.А.* Метод расчета коэффициента рассеяния моментного двигателя с постоянными магнитами. Изв. Вузов Электромеханика, № 6, 2007, с. 38-41.

А.П. Остащенко

Поволжский государственный технологический университет, г. Йошкар-Ола

КОМПЛЕКС ДЛЯ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ПАСЕК НА БАЗЕ ГИБРИДНОЙ ГЕЛИОУСТАНОВКИ

В настоящее время в отрасли пчеловодства преобладает частное мелкотоварное производство по основному продукту отрасли. В связи с увеличением количества фермерских хозяйств, потребность в применении автономных энергогенерирующих установок многократно возросла. В основном это обусловлено значительным износом сетей централизованного энергоснабжения, а также удаленностью пасечных хозяйств от энергетических сетей [1]. При выборе подхода к энергоснабжению должна учитываться специфика потребления. Так, для пасечных хозяйств в зимний период необходимо непрерывное функционирование оборудования, предназначенного для обеспечения оптимального микроклимата внутри зимовников для успешной зимовки пчелиных семей [2]. В этой связи создаются предпосылки для применения автономного энергогенерирующего оборудования на основе возобновляемых источников энергии.

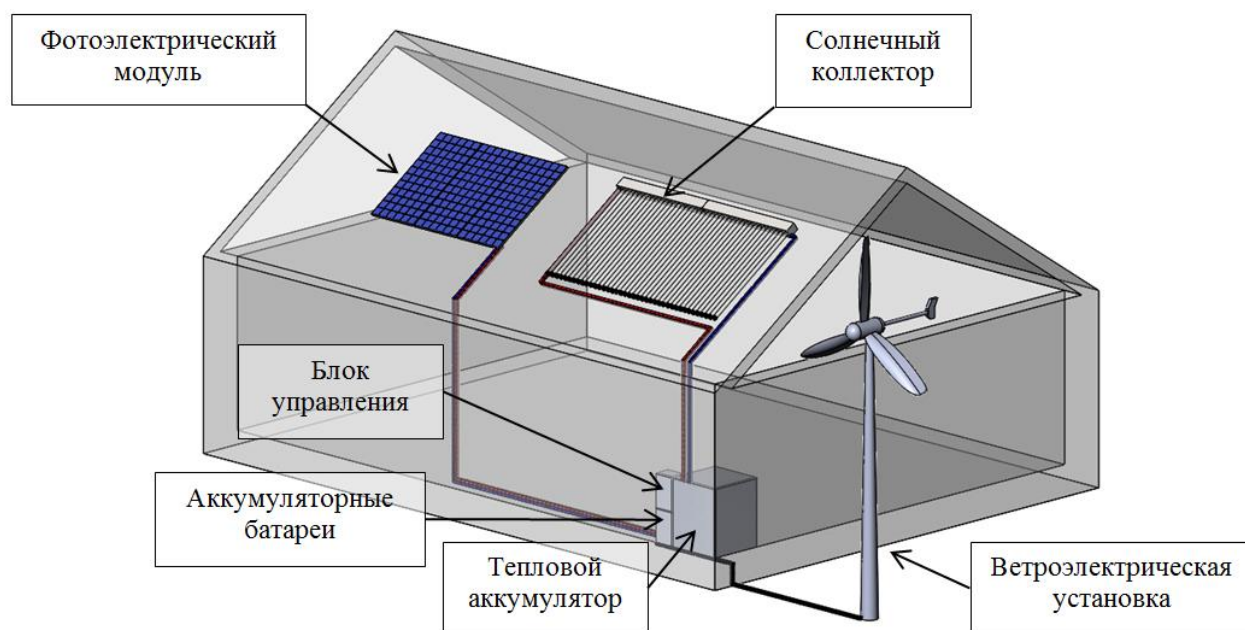


Рисунок 1 – Внешний вид комплекса на базе гибридной гелиоустановки

Для энергоснабжения пасечных хозяйств предлагается использование автономного комплекса, в состав которого входят несколько типов преобразователей возобновляемой энергии, а также аккумуляторы тепловой и электрической энергии. Комбинирование преобразователей возобновляемой энергии обусловлено необходимостью компенсирования переменного характера изменения мощности потоков

возобновляемой энергии, а также обеспечения надежного энергоснабжения потребителей. В качестве первичных источников энергии предлагается использовать энергию солнца и ветра, что обусловлено как требованиями к размещению пасечных хозяйств, так и традиционным местоположением пасек в Российской Федерации в областях с относительно высокой инсоляцией и умеренными скоростями ветра. Внешний вид комплекса представлен на рисунке 1.

Ветроэлектрическая установка и фотоэлектрический модуль генерируют электрическую энергию путем преобразования соответствующих видов возобновляемой энергии, и передают ее посредством проводов через систему управления аккумуляторным батареям. Солнечный коллектор собирает тепловую энергию Солнца и передает ее посредством трубопроводов через теплообменник тепловому аккумулятору. Далее тепловая энергия передается потребителю. Контролируется данный процесс с помощью автоматической системы управления подачей теплоносителя в зимовник, функционирование которой обеспечивается за счет энергии, накопленной в аккумуляторных батареях.

Список литературы

1. Воронин С.М. Формирование автономных систем электроснабжения сельскохозяйственных объектов на основе возобновляемых источников энергии: дис. доктора техн. наук: 05.20.02. Зеленоград, 2009. С. 175.
2. Харченко Н.А., Рындин В.Е. Пчеловодство: Учеб. для студ. вузов. М.: Издательский центр «Академия», 2003. С. 79.

УДК 621.365.46

В.Д. Очиров, И.В. Алтухов, В.А. Федотов, О.Н. Цыдыпова

Иркутский государственный аграрный университет
имени А.А. Ежевского, г. Иркутск

ОБРАБОТКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ ИНФРАКРАСНЫМ НАГРЕВОМ

Существует большое разнообразие способов, методов и средств сушки сельскохозяйственного сырья, что обусловлено особенностями материалов, подвергаемых сушке, видами связи влаги с материалом и экономическими соображениями.

Метод термообработки сырья должен отвечать следующим требованиям: снижение потерь активно действующих веществ до минимума, получение конечного продукта, который обладает высокими пищевыми и вкусовыми свойствами, повышение усвояемости наиболее ценных питательных веществ. Однако реализовать эти требования на основе традиционных методов обработки чрезвычайно трудно. Дело в том, что эти методы в своем развитии приблизились к пределу совершенства.

Одним из наиболее эффективных и возможных выходов из сложившегося положения является применение электротехнологии [6]. Основоположителем исследований в области технологии обработки сельскохозяйственного сырья с применением электрической энергии, заложенных в первой половине XX века, является акад.

ВАСХНИЛ М.Г. Евреинов. Им лично, под его руководством, многочисленными его учениками было разработано большинство решений специальных видов применения электроэнергии в сельском хозяйстве [7].

В настоящее время в мировой практике и в Российской Федерации используются различные методы обработки сырья: естественный, кондуктивный, конвективный, СВЧ-сушка, инфракрасный (ИК), сублимационный и др., каждый из них имеет свои достоинства и недостатки [1-12].

Перспективы развития электротермической техники для сельскохозяйственного производства показывают, что для обработки сельскохозяйственного сырья широкое применение получили установки, работающие на принципе использования электрической энергии, превращенной в энергию ИК-излучения. Идея использования ИК-нагрева с целью обработки сырья в условиях АПК не нова. И в довоенный и в послевоенный период в нашей стране проводились исследования по использованию ИК-нагрева для сушки и дезинсекции зерна.

Для технических целей верхний предел используемых длин волн можно ограничить 15 мкм, так как образующийся водяной пар имеет максимум поглощения ИК-лучей с длиной волны более 15 мкм [5]. Применение ИК-нагрева в сельском хозяйстве представлено на рисунке 1.



Рисунок 1 – Применение ИК-нагрева в сельском хозяйстве

Применение ИК-сушки целесообразно для следующих овощей и фруктов: морковь, репа, сельдерей, капуста, шпинат, томаты, петрушка, перец, яблоки, груши, сливы, персики, абрикосы, виноград, бананы и картофель [5]. К этому необходимо добавить также такие продукты, как свекла, топинамбур, кедровый орех и различные лекарственные и чайные растения.

В Иркутском ГАУ (ИСХИ) практическое применение ИК-излучения для сушки растительного сырья было заложено в 60-70-х годах прошлого столетия проф. Назимовым В.В. и Худоноговым А.М. В этих работах рассматривалась возможность

использования ИК-излучения для сушки зеленых растений на витаминный корм. Авторами теоретически и экспериментально было установлено, что витаминный корм, полученный из зеленых растений с использованием электрической энергии по своим качественным показателям значительно выше по сравнению с образцами, полученными с использованием пламенных агрегатов. Исследования указали на возможность значительной интенсификации процесса сушки зеленых растений путем комбинации инфракрасно-конвективно-вакуумного метода [10, 11]

С тех пор и до настоящего времени в Иркутском ГАУ продолжают исследования по решению проблем применения ИК-излучения в термических процессах обработки и переработки дикорастущих и культивируемых растений Иркутской области.

Список литературы

1. Алтухов И.В. Снижение энергозатрат в процессах сушки плодов лекарственных растений путем управления прерывным ИК облучением: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.02 / Алтухов И.В. – Иркутск, 2000. – 230 с.
2. Бастрон А.В. Исследование температурных полей при предпосевной обработке семян масленичных культур ЭМПСВЧ / А.В. Бастрон, А.В. Исаев, А.В. Мещеряков, Н.В. Цугленок // Ползуновский вестник. – 2011. – №2-1. – С. 4-8.
3. Кригер О.В. Особенности сублимационной сушки гидролизатов отходов птицеперерабатывающей промышленности / О.В. Кригер, А.В. Изгарышев, И.С. Миленьева, П.В. Митрохин // Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке: мат. VII международ. научн.-практ. конф., Санкт-Петербург, 17-20 ноября 2015 г. – СПб., 2015. – С. 119-121.
4. Рахмет Х. Энергосбережение при производстве и переработке сельскохозяйственной продукции / Х. Рахмет, Г.С. Кудряшев, В.В. Федчишин, А.Н. Третьяков // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2013. – №5 (76). – С. 147-150.
5. Рогов И.А. Физические методы обработки пищевых продуктов / И.А. Рогов, А.В. Горбатов. – М.: Пищ. промышленность, 1974. – 582 с.
6. Рогов И.А. Электрофизические методы обработки пищевых продуктов / И.А. Рогов – М.: Агропромиздат, 1988. – 272 с.
7. Рубцов П.А. Применение электрической энергии в сельском хозяйстве / П.А. Рубцов, П.А. Осетров, С.П. Бондаренко, К.П. Савинов. – М.: Колос, 1964. – 502 с.
8. Федотов В.А. Технология предпосевной обработки семян пшеницы электротепловым излучением / В.А. Федотов, И.В. Алтухов, О.Н. Цыдыпова, В.Д. Очиров // Вестник АПК Ставрополя. – 2014. – №3 (15). – С. 52-56.
9. Федотов В.А. Установка для предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур / В.А. Федотов, В.Д. Очиров // Инновации в сельском хозяйстве. – 2015. – №5 (15). – С. 70-73.
10. Худоногов А.М. Исследование процесса сушки зеленых растений инфракрасными лучами: дис. ... канд. с.-х. наук: 05.20.02 / Худоногов А.М. – Иркутск, 1974. – 153 с.
11. Худоногов А.М. Технология обработки дикорастущего и сельскохозяйственного сырья высоконцентрированным инфракрасным нагревом: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01, 05.20.02 / Худоногов А.М. – Новосибирск, 1989. – 428 с.
12. Худоногов И.А. Влияние режимов ИК-энергоподвода на качественные и количественные показатели сушеных корнеплодов моркови / И.А. Худоногов, В.Д. Очиров // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2010. – №8 (70). – С. 73-77.

К.М.Петров, Ю.Л.Александров, В.С.Артемьев

Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, г.Чебоксары, Чувашская Республика, Россия

СОВРЕМЕННЫЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ - РЕЗЕРВ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЕМКОСТИ В АПК

С 2009 года в России идет резкое повышение цен на энергоносители. Регулируемые цены на газ сохраняются только для бюджетных потребителей, однако и они будут высокими.

Выход из данной ситуации есть: грядущий рост цен может быть нивелирован повышением экономии топлива и переходом на энергосберегающие технологии. Не секрет, что российская экономика является одной из самых энергоемких в мире. Потери энергии в наших сетях составляют до 40% от транспортируемого количества.

В 2009 году Президент РФ подписал Указ «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики». Цель – снизить к 2020 году энергоемкость ВВП не менее чем на 40% по сравнению с 2007 г., обеспечить рациональное использование энергии. Указ Президента затрагивает строительство и ЖКХ. На обогрев одного квадратного метра в нашей стране тратится в пять раз больше топлива, чем в Швеции.

Поэтому использование энергосберегающих технологий стало одной из государственных стратегических задач. Многие страны уже давно и эффективно используют возобновляемые источники энергии. В Америке действует правительственная программа «Миллион солнечных крыш», направленная на широкомасштабное использование солнечного тепла. В Японии все большее распространение получает использование энергоресурсов биомассы.

Уверенно лидирует в области энергосберегающих технологий Германия. Она располагает самыми передовыми разработками по использованию альтернативных источников энергии и внедрению современных строительных систем.

Новые строительные решения, активно внедряемые за рубежом, позволяют избежать значительной части теплопотерь.

Проведенные Западом мероприятия по энергосбережению позволили снизить годовые затраты энергии на 46%. Таких же результатов можно добиться и в условиях России. В регионах, отмеченных высокой интенсивностью солнечной радиации при большом количестве солнечных дней (Краснодарский край, Крым, Хабаровск, Владивосток), актуально использование солнечной энергии. Здесь полностью укомплектованные системы солнечного горячего водоснабжения на основе солнечных коллекторов позволят экономить энергию, более чем на треть.

Здесь можно рассмотреть активно применяемую в Европе систему панельно-лучистого отопления. Она состоит из гибких полимерных трубопроводов, которые закладываются в бетонную стяжку, под штукатурку, и может размещаться в полу, стенах и даже на потолке. Такая система эффективно распределяет тепло по всему объему помещения и создает наиболее комфортный микроклимат. По сравнению с радиаторными системами это позволяет сократить расход энергии минимум до 30%. Результат – снижение установочной тепловой мощности на 50%. И по эксплуатационным затратам можно получить экономию в 2 раза.

Еще один важный фактор в деле энергосбережения – это снижение бесполезных потерь тепла в окружающую среду. Окна, стены, пол и крыша во многих российских домах не способны удерживать тепло достаточно эффективно. Только через окна уходит до 70% тепла. При российских климатических условиях отличных от европейских, требуются особые решения.

Не меньший результат получали мы при покраске деревянных дверей и окон полимерными порошками вместо традиционных жидких красок, вначале покрывая алюминиевой пудрой, а поверх нее – полимерным порошком.

Использовали для покраски деревянных изделий стандартную линию и оборудование, используемую для покрытия изделий из металлов, снижали температуры в термоконвекционной печи и время выдержки изделий в печи.

Такие деревянные изделия для жилья и строительства не впитывают влагу, не пропускают тепло, служат до 18-20 лет. Но самое главное, изделия пожаробезопасны, не возгорают до 680 °С, что немаловажно для строений в сельской местности, с запущенной в последние годы пожарной охраной.

Предлагается передвижная линия ПППк (все оборудование размещено на грузовой машине). Линию можно вывозить в любой населенный пункт, в течение считанных часов установить, подключить к системе электроснабжения и в течение суток – двух покрасить деревянные изделия ближайших улиц и т.д.

Необходимы определенные организационно-технические мероприятия: с некоторыми заказчиками уточнить через местные советы самоуправления и ЖКХ и АПК место и время установки линии, договориться с энергетиками о временном подключении линии к системе электроснабжения...

Для вновь организованной электролаборатории в ООО «Коопторгсервис» и оказания технической помощи во внедрении современных ЭСТ для сельских организаций Чувашпотребсоюза – изготовлены 20 альбомов слайдов по конкретным направлениям энергосбережений, типовые расчеты экономического эффекта по энергосбережению воды, тепла, электроэнергии...

Выводы. Впервые предложена технология покраски полимерными порошками с термоконвекционной печью с регулируемым объемом, зависящим от габаритов окрашиваемых изделий.. Покраска полимерными порошками значительно снизит расходы электроэнергии, повысит пожарную безопасность зданий. Впервые предложена передвижная линия покраски полимерными порошками.

Список литературы

1. Алексеев, В.А. Модернизация энергохозяйства предприятий малых городов ЧР/ Материалы заседания УМО федерального агентства образования и науки.- Рязань, 2010.-С.117-122.

А.Ю. Прудников, М.Н. Герасимова, В.В. Боннет, А.Ю.Логинов, В.В. Потапов
Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, г. Иркутск

ОЦЕНКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПО КОМПЛЕКСНЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

В настоящее время на предприятиях АПК функционирование технологических процессов осуществляется посредством различных технических систем. Эффективность использования и функционирования технических систем определяется показателями их работоспособности и надежности. Общая продолжительность простоев машин и оборудования вследствие технического обслуживания и ремонта составляет значительную долю годового фонда рабочего времени. В связи с этим возникает необходимость комплексной оценки работоспособности технических систем. Существует множество подходов для решения этой задачи, нами были рассмотрены некоторые из них.

Для оценки работоспособности элементов технических систем в предстоящий период работы разработан ряд вероятностных показателей работы. Важнейшим технико-экономическим показателем качества любого технического устройства, определяющим ее способность безотказно работать с неизменными техническими характеристиками в течение заданного промежутка времени при определенных условиях эксплуатации является надежность. К числу широко применяемых количественных характеристик надежности относятся: вероятности безотказной работы и отказа, частота отказов, коэффициент готовности, параметр потока отказов и др. [1].

На основе теории надежности разработан системный подход, который подразумевает определение вероятности безотказной работы каждого из элементов системы. Надежность всей системы определяется как произведение надежностей ее элементов. В его основу данного метода положены следующие допущения: каждый элемент системы может находиться в двух состояниях – выполнения функции или отказа; рассматриваются отказы связанные только с функционированием элементов, простои, вызванные другими причинами, не являются его отказами [2, 3].

Выделяется несколько состояний технической системы (рис. 1), одно из которых работоспособно (1), а остальные неработоспособны (2 - 4). Отказы и их устранение происходят с интенсивностями соответственно $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ и μ_1, μ_2, μ_3 .

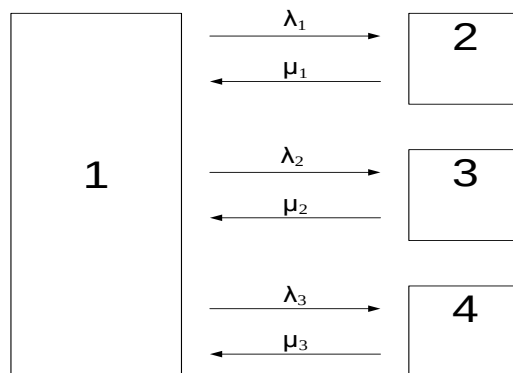


Рисунок 1 – Граф состояний технической системы.

Вероятность нормальной работы технической системы (P_0) определяется формулой:

$$P_0 = \frac{1}{1 + \frac{\lambda_1}{\mu_1} + \frac{\lambda_2}{\mu_2} + \frac{\lambda_3}{\mu_3}}. \quad (1)$$

Формула (1) позволяет оценить влияние отдельного элемента на надежность технической системы, а так же сравнить состояние отдельных систем [2, 3].

Широкое распространение получили методы экспертных оценок работоспособности технических систем. Под экспертными методиками понимают комплекс логических и математико-статистических процедур, направленных на получение от специалистов информации, ее анализ и обобщение с целью подготовки и выбора рациональных решений [4, 5]. На основании этого разрабатывается комплексный показатель, позволяющий количественно оценить техническое состояние системы с учетом качественных показателей. Способ позволяет оценивать техническое состояние, как в период эксплуатации, так и после ремонта на основании комплексного диагностирования [6,7,8].

В практике эксплуатации так же используется функционально-параметрический подход, основанный на взаимосвязи показателей надежности с выполняемыми объектом функциями, условиями эксплуатации и временем.

В основу ФП - подхода положены следующие принципы: процесс функционирования объекта и его техническое состояние в любой момент времени определяются конечным набором параметров объекта; любая техническая система, выполняя определенные функции, находится во взаимодействии с человеком, окружающей средой, компонентами технологического процесса; накопление различных воздействий на систему приводит к изменению ее параметров; технический объект невозможно изолировать от воздействия внешней среды; все виды энергии воздействуют на объект и вызывают в нем обратимые и необратимые процессы, изменяющие его начальные характеристики; отказы являются следствием отклонений параметров от исходных значений, формой проявления отказа является выход параметров за пределы области допустимых значений; если процессы изменения параметров наблюдаемы, то существует возможность предотвращения отказов [9].

Любой технический объект можно представить в виде «двойки»:

$$W = \langle X, S \rangle, \quad (2)$$

Критерий качества функционирования объекта задается в виде функционала:

$$\Phi = \Phi(W, Q), \quad (3)$$

где Q – условия эксплуатации объекта.

Таким образом, синтез технических объектов заключается в формировании структуры объекта и выборе значений внутренних параметров [9].

Одним из современных методов комплексной оценки состояния технических систем является метод, основанный на определении коэффициента сохранения эффективности (КСЭ). Рассматривается техническая система, которая при отказах некоторых своих элементов продолжает функционировать, но с пониженной эффективностью. В зависимости от способности функционировать с одним или несколькими уровнями эффективности, системы принято подразделяются на простые и сложные. При этом простые системы рассматриваются как частный случай сложных. Составная часть системы (элемент) способна находиться только в двух состояниях: работоспособности и отказа [10].

Сложные системы, как и простые, могут находиться в состоянии отказа, но в отличие от простых они могут находиться не в одном, а в нескольких состояниях работоспособности с разными уровнями эффективности.

Для оценки надежности сложных систем используется коэффициент сохранения эффективности (КСЭ), показывающий, какая часть эффективности полностью исправной системы сохранится, если учесть возможные отказы ее элементов. КСЭ – комплексный показатель и в случаях простых систем, необходимым условием эффективности которых является их безотказная работа на всем заданном интервале времени, он переходит в коэффициент оперативной готовности, который, в свою очередь, в зависимости от особенностей технического обслуживания и работы системы может перейти в коэффициент готовности или вероятность безотказной работы.

Одним из методов расчета КСЭ является метод усреднения по состояниям, в котором КСЭ ($K_{эф}$) определяется формулой:

$$K_{эф} = \sum_n P_n \bar{W}_n, \quad (4)$$

где P_n – вероятность n -го состояния системы;

$\bar{W}_n = W_n / W_0$ – коэффициент относительной эффективности системы в n -м состоянии, W_n , W_0 , – показатели эффективности системы соответственно в ее n -ом состоянии и в состоянии полной исправности.

Расчетную формулу КСЭ на основе выражения (4) можно вывести прямым перебором всех состояний системы, отличающихся состояниями ее элементов [10].

Рассмотренные нами методы комплексной оценки работоспособности технических систем имеют следующие недостатки: большинство из них можно рассчитать только после определенной наработки системы; экспертные оценки основаны на интуиции и, вследствие этого, не всегда объективны; функционально-параметрический подход носит скорее методологический, чем практический характер; определение коэффициента сохранения эффективности с возрастанием числа элементов и усложнением структуры системы становится крайне сложным.

В связи с этим возникает необходимость разработки нового показателя, позволяющего оценить работоспособность технических систем, как в начале периода эксплуатации, так и в процессе их работы с учетом их технического состояния, надежности показателей работы и условий эксплуатации.

Список литературы

1. Котеленец Н.Ф. Испытания и надежность электрических машин / Н. Ф. Котеленец, Н.Л.Кузнецов – М. : Высш. шк., 1988 - 232 с.
2. Пискарев А. В. Оценка надежности функционирования сельскохозяйственных агрегатов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2011. - № 11. – С. 8-9.
3. Анализ методов диагностики неисправностей электрических машин СинельниковА.М., БоннетВ.В. Вестник ИрГСХА. 2008. № 30. с. 111-114.
4. Клятис Л. М. Надежность сельскохозяйственной техники: весомости и уровни факторов производства и эксплуатации / Л. М. Клятис, Р. Х. Нахатакян// Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1991. - № 7. – С. 38-40.
5. Пастухов А. Г. Экспертная оценка работоспособности сельскохозяйственной техники / А. Г. Пастухов, Е. П. Тимашев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2011. - № 4. – С. 25-27.
6. Боннет В. В. Уровень технического состояния асинхронного двигателя и его влияние на надежность функционирования производственного процесса / В. В. Боннет, А. Ю. Логинов, В. В. Потапов // Вестник КрасГАУ. – 2012. – С. 200-203.
7. Алгоритм синтеза расчетной модели при эксцентриситете асинхронного двигателя Черных А.Г., Боннет В.В., Прудников А.Ю., Потапов В.В. В книге: Materials of the XI International scientific and practical conference «Areas of scientific thought» - 2015/2016 2015. С. 102-111.
8. Определение магнитодвижущей силы и магнитной проницаемости воздушного зазора при эксцентриситете асинхронного двигателя Черных А.Г., Боннет В.В., Прудников А.Ю., Потапов В.В. В книге: Vědecký průmysl evropského kontinentu - 2015 Materiály XI mezinárodní vědecko - praktická konference. 2015. С. 54-63.
9. Абрамов О.В. Функционально-параметрический подход к задачам обеспечения надежности технических систем // Надежность и контроль качества. – 1999. - № 5. – С. 34-45.
10. Чекалин В. В. Алгоритм расчета надежности сложных технических систем // Надежность и контроль качества. – 1997. - № 2. – С. 15-26.

УДК 621.313.333-251-26

А.Ю. Прудников, В.В. Боннет , Герасимова М.Н. А.Ю.Логинов, В.В. Потапов
Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, г. Иркутск

ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКСЦЕНТРИСИТЕТА РОТОРА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Важной проблемой электроэнергетики является повышение надежности эксплуатации электрооборудования. В настоящее время стало уделяться большое внимание контролю оборудования по состоянию, а не по системе планово-предупредительного ремонта, так как в этом случае производится ремонт только того оборудования, которому он нужен, что позволяет предупредить внезапные отказы, а так же повышает технико-экономические показатели использования.

Согласно статистике повреждения асинхронных двигателей распределяются следующим образом:

- повреждение элементов статора – 38%
- повреждение элементов ротора – 10%
- повреждение элементов подшипников – 40%
- другие повреждения – 12% [2].

Поскольку воздушный зазор в асинхронных двигателях весьма мал, в ряде случаев различные повреждения могут вызвать эксцентриситет ротора. Различают два вида эксцентриситета: статический (неподвижный) эксцентриситет – эксцентрическое положение ротора в расточке статора и динамический эксцентриситет – несоосность поверхности ротора относительно оси его вращения. Нами рассматривается динамический эксцентриситет.

Возникновение неравномерности воздушного зазора может быть обусловлено абразивным износом подшипников, деформацией торцевых щитов машины, сдвигом фундаментов и т.д.

При возникновении эксцентриситета ротора воздушный зазор становится неравномерным, что приводит к возникновению дополнительных гармоник магнитного поля, ухудшающих эксплуатационные характеристики двигателя. Наличие эксцентриситета приводит к появлению силы одностороннего магнитного притяжения, которая в свою очередь приводит к прогибу вала и повышенному износу подшипников. При максимальном эксцентриситете ротор начинает задевать статор, что может привести к заклиниванию ротора. Кроме того при этом в точках касания происходит сильный местный нагрев, что приводит к выходу из строя изоляции. Возникающие при этом повреждения требуют проведения продолжительного восстановительного ремонта машины.

Известны различные методы диагностики эксцентриситета ротора: измерение ЭДС, наводимой магнитным полем рассеяния в датчике, размещенном на внешней поверхности электрической машины; измерение емкости между ротором и измерительным зондом; измерение амплитуды вибрации деталей двигателя; измерение снижения скорости вращения ротора при однофазном питании и др.

Анализируя эти методы определения эксцентриситета можно выделить три различных подхода:

- механическая диагностика (непосредственное измерение величины воздушного зазора в разных точках);
- вибрационная диагностика;
- электромагнитная диагностика [1].

Непосредственное измерение воздушного зазора возможно осуществлять на крупных двигателях при условии доступа к торцевой зоне магнитопровода. При этом для проведения измерений необходима остановка электродвигателя на длительное время. Непосредственное измерение воздушного зазора в двигателях малой и средней мощности затрудняется малыми величинами воздушного зазора.

При наличии эксцентриситета ротора возникают дополнительные вибрации корпуса, вызванные дополнительными гармониками магнитного поля. Анализируя спектр, амплитуду и места проявления этих вибраций можно определить величину эксцентриситета. Однако вибрация зависит от эксцентриситета косвенно, а так же существует большое количество неопределенных факторов, влияющих на спектр вибрации: жесткость станины, масса, конструкция, вибрации сопряженного с двигателем механизма и др.

Электромагнитные методы диагностики эксцентриситета основаны на измерении электрических и магнитных величин. Эти методы позволяют обеспечить более точную диагностику, так как измеряемые величины непосредственно зависят от эксцентриситета. К недостаткам этих методов можно отнести то, что они требуют разборки электродвигателя и установки внутри электродвигателя специальных датчиков, [1].

На нашей кафедре в настоящее время ведется работа над разработкой нового метода диагностики эксцентриситета асинхронного электродвигателя [6,7]. Сущность метода заключается в следующем. При запуске электродвигателя получают сигнал, преобразуют его и подают на компьютер, с помощью которого получают график частоты вращения ротора в функции времени, [3]. В качестве диагностического параметра используется амплитуда колебаний частоты вращения ротора на участке между временем пуска и установившимся режимом. При этом в зависимости от величины эксцентриситета амплитуда колебаний частоты вращения на этом участке будет изменяться, а так же изменяется и время их затухания.

На рисунке 1 изображены графики для определения величины эксцентриситета асинхронного электродвигателя, где: 1 – эталонная кривая; 2 – фактическая кривая; А – амплитуда изменения частоты вращения ротора технически исправного двигателя; В – амплитуда изменения частоты вращения ротора с эксцентриситетом.

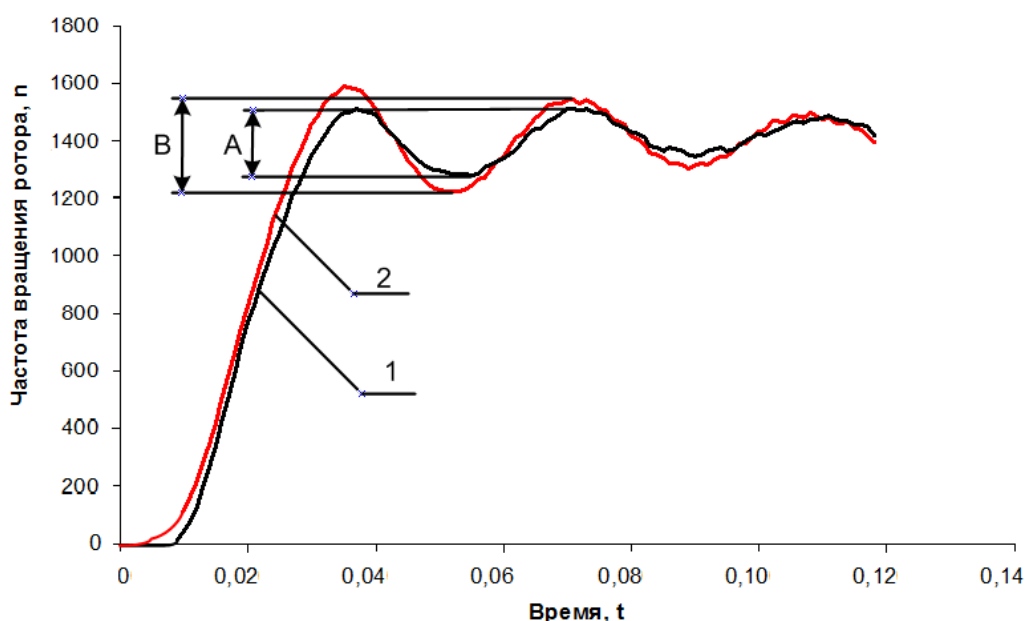


Рисунок 1 – Способ определения эксцентриситета асинхронного двигателя.

Определение величины эксцентриситета осуществляется путем сравнения полученной величины амплитуды изменения частоты вращения ротора контролируемого двигателя с заданным эталонным значением [4].

Эталонную кривую получают, испытывая новый электродвигатель. Фактическая кривая снимается с вала электродвигателя [5]. С помощью датчика оборотов получают сигнал с двигателя, полученный сигнал преобразуют и подают на компьютер с помощью которого проводят анализ графика частоты вращения ротора в функции времени для установления диагноза.

В зависимости от величины разности амплитуд изменения частоты вращения ротора технически исправного и испытываемого электродвигателей можно определить величину эксцентриситета асинхронного электродвигателя.

Таким образом, предложенный способ определения эксцентриситета асинхронного двигателя позволяет определить наличие и величину эксцентриситета асинхронного двигателя в режиме холостого хода.

Список литературы

1. Никиян Н.Г. Освоение и оценка методов электромагнитной диагностики эксцентриситета ротора асинхронных двигателей / Н.Г. Никиян, Д.В. Сурков // Вестник ОГУ. – 2005. - № 2. – С. 163-166.
2. Петухов В.С. Диагностика состояния электродвигателей на основе спектрального анализа потребляемого тока / В.С. Петухов // Новости электротехники. – 2005. - № 1(31). – С. 23-26.
3. Прудников А.Ю. Аппаратно-программный комплекс для исследования работы асинхронного двигателя / А.Ю. Прудников, А.Ю. Логинов, В.В. Боннет // Экологическая безопасность и перспективы развития аграрного производства Евразии: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 60-летию аспирантуры ИрГСХА. Часть II – Иркутск: Издательство ИрГСХА, 2013. – С. 144-147.
4. Метод определения эксцентриситета ротора асинхронного двигателя Прудников А.Ю., Боннет В.В., Логинов А.Ю. Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2015. № 5. С. 68-72
5. Экспериментальная проверка способа диагностирования эксцентриситета ротора асинхронного двигателя Прудников А.Ю., Боннет В.В., Логинов А.Ю., Потапов В.В. Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2015. № 11. С. 73-77.
6. Математическая модель асинхронного двигателя с эксцентриситетом ротора. Прудников А.Ю., Боннет В.В., Логинов А.Ю. Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2015. № 6. С. 94-97.
7. Алгоритм синтеза расчетной модели при эксцентриситете асинхронного двигателя Черных А.Г., Боннет В.В., Прудников А.Ю., Потапов В.В. Современный научный вестник. 2015. Т. 9. № -1. С. 16-25.

УДК 621.313.333.004.5

А.Ю. Прудников, В.В. Боннет, Герасимова М.Н. А.Ю.Логинов, В.В. Потапов
Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, г. Иркутск

ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ В ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМАХ

В настоящее время асинхронные двигатели (АД) являются наиболее распространенными электрическими машинами. Парк электродвигателей потребляет более 50% вырабатываемой электроэнергии. Широкое применение АД получили благодаря простоте устройства, удовлетворительным рабочим характеристикам и сравнительно не высокой стоимости [1].

Эксплуатационная надежность асинхронных двигателей определяет эффективность всего технологического процесса и влияет на важнейшие экономические показатели производства. Недостаточная надежность асинхронных электродвигателей, приводит к большим сверхнормативным расходам на преждевременные ремонты и внеплановые простои оборудования.

Асинхронные двигатели в условиях сельскохозяйственного производства испытывают эксплуатационные воздействия: температуры окружающей среды; пере-

грузок, вызванных особенностями рабочей машины; пусковых режимов (длительность, частота); отклонения напряжения; изменения условий охлаждения (засорение поверхности корпусов, работа без вентилятора); коммутационных перенапряжений в питающей сети; толчков, вибраций, ударов со стороны рабочих машин; влажности окружающей среды и агрессивных сред [2].

Поэтому возникает необходимость создания диагностического комплекса для исследования технологических процессов с использованием АД с целью изучения воздействия эксплуатационных факторов.

Для этих целей нами разработан аппаратно-программный комплекс для непрерывного исследования состояния асинхронного электродвигателя на основе теоретических предпосылок изложенных в работах [3,4,5,6,7,8]. В состав комплекса входят датчик, аналого-цифровой преобразователь (АЦП), персональный компьютер (ПК) с необходимым программным обеспечением для сбора и обработки информации. Структурная схема комплекса представлена на рисунке 1.

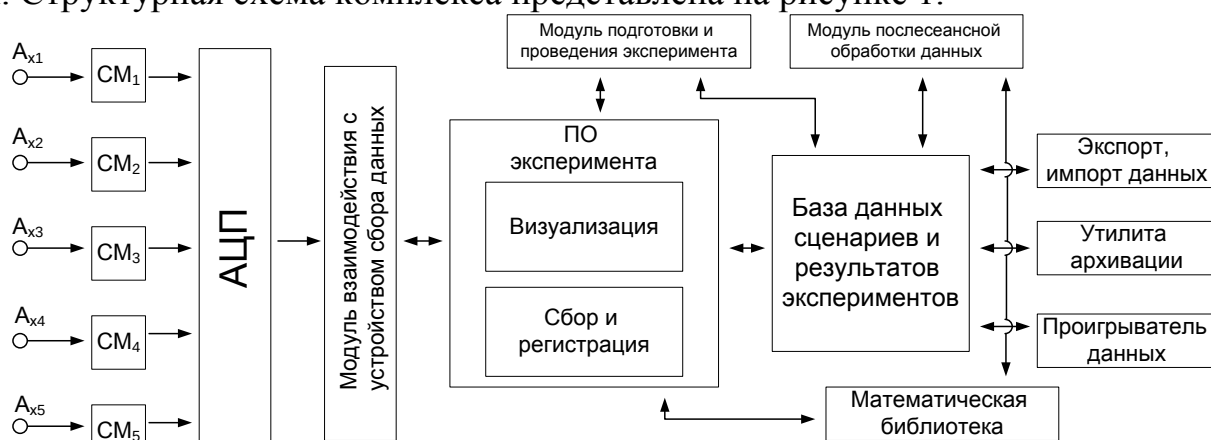


Рисунок 1 – Структурная схема диагностического комплекса.

Диагностический комплекс позволяет измерять сигналы термопар, термодатчиков, работы с токовыми датчиками, терморезисторами, датчиками оборотов и прочими видами датчиков (A_{x1} - A_{x5}), которые предназначены для исследования физических процессов, протекающих в электродвигателе. Он позволяет снимать показания на частоте 100 Гц с погрешностью не более 0,05 %. Комплекс создан на базе универсального модуля преобразователей E-270 фирмы L-Card (рисунок 2) и укомплектован субмодулями (CM_1 - CM_5), которые предоставляют возможность проводить измерения токов от единиц мкА до десятков мА (Н-27Iх), измерять напряжение от десятка мкВ до десятков В (Н-27T/Uх), измерять сопротивление от сотых долей Ом до сотен Ом (Н-27Rx). Гальваноразвязка каналов обеспечивает независимость сигнальных цепей, обеспечивая при этом стабильные метрологические характеристики.

Программное обеспечение комплекса позволяет осуществлять настройку сценариев эксперимента, хранение и поиск сценариев в базе данных, производить сквозную калибровку измерительных каналов, проводить измерения в реальном масштабе времени с одновременной архивацией и визуализацией экспериментальных данных, просматривать и анализировать результаты эксперимента. В реальном масштабе времени производится первичная математическая обработка и допуско-

вый контроль значений измеряемых параметров. Программное обеспечение позволяет проводить экспорт данных в текстовые файлы и обратное преобразование (импорт) для хранения и визуализации.

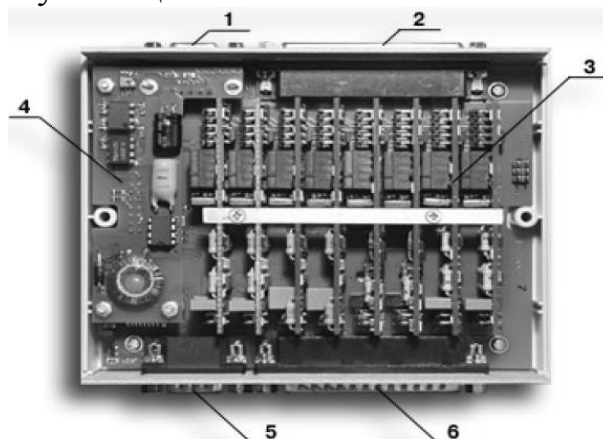


Рисунок – 2 Внешний вид модуля Е-270 со снятой верхней крышкой

1, 2, 5, 6 – разъемы и слоты модуля; 3 – платы субмодулей Н-27х;
4 – интерфейсная плата RS-485.

Разработанный диагностический комплекс позволяет исследовать технологический процесс, в котором используется электродвигатель, на основе непрерывного измерения токов, напряжений, температуры двигателя, крутящего момента, параметров окружающей среды. На основе этих показателей можно составить энергетическую, механическую и нагрузочную характеристики технологического процесса, а так же получить данные о стадии развития таких дефектов, как вибрация обмотки, перегрузка по току, тепловой износ изоляции, снижение сопротивления витковой изоляции, ухудшение охлаждения, исследовать процесс пуска электродвигателя, изменения воздействия факторов окружающей среды. Все это позволит сделать вывод о эффективности использования данного электродвигателя в данном технологическом процессе на основе анализа эксплуатационных режимов работы.

Список литературы

1. Никитин А. Е. Диагностика состояния асинхронных электродвигателей на основе анализа спектра потребляемого тока /А. Е. Смирнов, А. Ю. Ишаев, А.А. Грибанов/[Электронный ресурс].– режимдоступа: [http://edu.secna.ru/media/f/epp .pdf](http://edu.secna.ru/media/f/epp.pdf) – 1.01.2013
2. Овчаров В. В. Эксплуатационные режимы работы и непрерывная диагностика электрических машин в сельскохозяйственном производстве /В. В. Овчаров. – Киев: Изд-во УСХА. 1990. – 168 с.
3. Определение магнитной индукции в воздушном зазоре при эксцентриситете асинхронного двигателя Черных А.Г., Боннет В.В., Прудников А.Ю., Потапов В.В. В книге: Wykształcenie i nauka bez granic - 2015 Materiały XI Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji. 2015. С. 58-67
4. Метод определения эксцентриситета ротора асинхронного двигателя Прудников А.Ю., Боннет В.В., Логинов А.Ю. Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2015. № 5. С. 68-72
5. Экспериментальная проверка способа диагностирования эксцентриситета ротора асинхронного двигателя Прудников А.Ю., Боннет В.В., Логинов А.Ю., Потапов В.В. Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2015. № 11. С. 73-77.

6. Математическая модель асинхронного двигателя с эксцентриситетом ротора. Прудников А.Ю., Боннет В.В., Логинов А.Ю. Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2015. № 6. С. 94-97.

7. Алгоритм синтеза расчетной модели при эксцентриситете асинхронного двигателя Черных А.Г., Боннет В.В., Прудников А.Ю., Потапов В.В. Современный научный вестник. 2015. Т. 9. № -1. С. 16-25.

8. Определение магнитодвижущей силы и магнитной проницаемости воздушного зазора при эксцентриситете асинхронного двигателя Черных А.Г., Боннет В.В., Прудников А.Ю., Потапов В.В. Современный научный вестник. 2014. Т. 5. № -2. С. 23-32.

УДК 628.979:581.035

С.А. Ракутько, Е.Н. Ракутько, А.Н. Васькин

Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП), г. Санкт-Петербург

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ ОБЛУЧАТЕЛЬ ДЛЯ ЦЕНОЗА

Свет играет важную роль в продукционном процессе растений. В реальных ценозах при одинаковых мощностях лучистых потоков боковое освещение более эффективно, чем освещение сверху, поскольку оно более объемно и лучше распределяется по ассимилирующей поверхности ценоза. Для достижения этого эффекта наряду с облучателями, расположенными над ценозом, применяют т.н. интерлайтинг (interlighting) – систему дополнительного междурядного досвечивания растений излучателями, расположенными непосредственно в ценозе. Применение такого приема на огурцах задерживает старение листьев, способствует улучшению качества продукции, уменьшению доли нестандартных плодов в урожае, повышает урожайность огурца.

Для светокультуры характерны существенные энергетические затраты, поэтому вопросы экологичности и энергоэффективности приобретают особую актуальность [1]. Традиционными источниками излучения для применения в светокультуре являются натриевые лампы, однако эти источники имеют недостатки – малый срок службы, высокую энергоемкость, недостаточную оптимальность спектра. Для экономически обоснованного применения источников излучения в светокультуре важной является и оценка их энергетической эффективности [2, 3].

Настоящая работа является продолжением экспериментов по продвижению индукционной лампы в светокультуру, проводимых в научно - исследовательской лаборатории «Энергоэффективные электротехнологии в АПК» ИАЭП (г. Санкт-Петербург) совместно с НПО «Псковагроинновации» (г. Псков).

Разработанный облучатель включает источник света, в качестве которого используется индукционная лампа 400 Вт, прикрепленный держателем к нижней части опорного каркаса, на нижней плоскости которого размещен неподвижный отража-

тель. К боковым ребрам каркаса с помощью шарниров прикреплены подвижные отражатели, которые с помощью крепления поворотного троса через ролики соединены с натяжным блоком. К этому же блоку с помощью крепления подъемного троса подвешен опорный каркас.

Натяжной блок крепится к несущей конструкции с помощью подвесного троса. К верхней плоскости опорного каркаса прикреплен блок питания, а внутри его размещены питающие кабели. Электрическое питание подают от щита управления. При этом продольный размер конструкции облучательной установки выбирается равным длине ряда облучаемых растений.

Экономический расчет показал эффективность замены натриевых ламп нижнего яруса (базовый вариант) на предлагаемый облучатель с индукционными лампами. Источниками эффективности применения облучателя с индукционными лампами являются экономия на лампах за счет их повышенного срока службы и повышение урожайности облучаемой культуры за счет оптимизации спектрального состава потока излучения.

Список литературы

1. Ракутько С.А. Спектральные отклонения и энергоемкость процесса облучения растений // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. -2008. -№ 10. -С. 156-160.

2. Ракутько Е.Н., Ракутько С.А. Сравнительная оценка эффективности источников излучения по энергоемкости фотосинтеза // Инновации в сельском хозяйстве.- 2015.- №2(12).- С. 50-54.

3. Ракутько С.А. Оценка эффективности энергосберегающих мероприятий в электротехнологиях оптического облучения // Механизация и электрификация сельского хозяйства. -2008. -№ 11. -С. 31-33.

УДК 621.314.5

А.В. Рудых, С.В. Сукьясов

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, г. Иркутск

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ С АКТИВНОЙ НАГРУЗКОЙ

Министерством топлива и энергетики России разработана Федеральная целевая программа «Энергосбережение России», утвержденная Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.01.98г. №80. Целью программы является обеспечение перехода отечественной экономики на энергосберегающий путь развития, повышение конкурентоспособности отечественной продукции.

Широкое внедрение электроэнергии в сельскохозяйственное производство способствует рациональному размещению сельскохозяйственных предприятий, позволяет наиболее полно привлекать естественные природные ресурсы страны, обеспечивать высокие темпы расширенного производства.

Задачи по управлению электронагревательными установками стали решаться с началом их изготовления. Задачи управления в основном решались с помощью электромагнитных аппаратов: магнитных пускателей, реле, контакторов, трансформаторов. Степень надежности обычной, широко применяемой релейно-контактной аппаратуры управления в нынешних условиях явно недостаточна. В связи с этим очевидна необходимость перевода устройств управления (прежде всего там, где требуется повышенная точность и надежность) на бесконтактные элементы.

Отечественный и зарубежный опыт применения бесконтактных средств управления электротехнологическими установками свидетельствует о достаточно полном выполнении требований к управлению технологическими процессами [1,2]. Однако серийно изготавливаемые полупроводниковые преобразователи имеют низкий коэффициент мощности. Использование полупроводниковых приборов отрицательно влияет на качество электроэнергии в электрических сетях, так как они являются основными источниками высших гармоник тока [3]. Вследствие чего ухудшается работа других электропотребителей, средств теле-радиоаппаратуры, систем телеуправления, защиты и контроля.

Для управления электрифицированными технологическими процессами наибольшее применение получили методы, позволяющие с помощью полупроводниковых преобразователей изменять поток вектора Пойнтинга поступающий на технологическую установку. Данное направление разработок позволило реализовать плавное изменение технологических параметров с помощью сравнительно простых технических решений и малых потерь энергии в преобразователях.

Для электронагревательных установок с активным сопротивлением закон сохранения энергии в электромагнитном поле можно записать:

$$-\left[\oint_S (\vec{E}_{\text{вх}} \cdot \vec{H}_{\text{вх}}) \cdot dS - \oint_S (\vec{E}_{\text{п}} - \vec{H}_{\text{п}}) \cdot dS \right] = \int_V \vec{\delta} \cdot \vec{E} \cdot dV, \quad (1)$$

где $\vec{E}_{\text{вх}}$ - вектор напряженности электрического поля на входе электроустановки; $\vec{H}_{\text{вх}}$ - вектор напряженности магнитного поля на входе электроустановки; $\vec{E}_{\text{п}}$ - вектор напряженности электрического преобразователя; $\vec{H}_{\text{п}}$ - вектор напряженности магнитного поля преобразователя; S - площадь поверхности, ограждающая объем V ; $\vec{\delta}$ - вектор плотности тока проводимости.

Из выражения (1) следует, что во сколько раз вектор $\vec{E}$ снижается преобразователем по сравнению с $\vec{E}_{\text{вх}}$, во столько же раз вектор тока проводимости $\vec{\delta}$ превышает минимальную величину, необходимую для получения тепловой энергии в технологическом процессе, то есть устройствами управления может снижаться эффективность преобразования электромагнитной энергии в тепловую энергию.

Из-за снижения вектора напряженности электрического поля $\vec{E}$ искажается форма кривой мгновенных значений тока в цепи, возникает проблема электромагнитной совместимости полупроводниковых преобразователей с электрическими сетями и с другими потребителями электрической энергии.

В режимах управления электротехнологическими установками полупроводниковыми преобразователями возникает составляющая полной мощности ΔS (пассивная мощность), которая к нагрузке преобразователем не пропускается. Пассивная мощность обусловлена неполным использованием напряжения источника энергии и электрических сетей на выполнение работы, что ведет к уменьшению коэффициента мощности электроустановки. Скаляры векторных величин выражения (1) для электронагревательных установок, оснащенных полупроводниковыми преобразователями можно записать:

$$\sqrt{S_{\text{вх}}^2 - \Delta S^2} = P, \quad (2)$$

где $S_{\text{вх}}$ – полная мощность на входе электроустановки; P – активная мощность электроустановки.

Пассивная мощность ΔS характеризует ту часть электроэнергии, с помощью которой можно было бы получить дополнительную тепловую энергию.

Баланс мощности в электрических цепях постоянного и переменного тока электронагревателей с полупроводниковыми преобразователями, с любой формой мгновенных значений напряжения и тока:

$$\sqrt{I^2 \cdot U^2 - I^2 \cdot \sum_{v=0}^{\infty} U_{2v}^2} = \frac{P}{\eta}, \quad (3)$$

где U , U_{2v} – действующее значение напряжения сети и действующее значение напряжения сети v -ой гармоники во время непроводящего состояния СПП преобразователя за период повторения $T_{\text{п}}$ соответственно; I – действующий ток на входе преобразователя; η – коэффициент полезного действия преобразователя.

Действующий ток на входе преобразователя:

$$I = \frac{P}{\eta \sqrt{U^2 - \sum_{v=0}^{\infty} U_{2v}^2}}, \quad (4)$$

Для уменьшения действующего тока на входе электроустановок применяют технические решения, направленные на компенсацию реактивной мощности Q и на снижение нелинейных искажений напряжения и тока.

В ряде случаев коэффициент мощности электроустановок с преобразователями напряжения в большей мере снижается в режиме управления из-за пассивной мощности, нежели из-за реактивной мощности нагрузки. Традиционными техническими решениями, применяемыми для компенсации реактивной мощности, не удастся уменьшить пассивную мощность. Так как пассивная мощность характеризует ту часть электрической энергии в системе электроснабжения, которая не использована на выполнение работы в нагрузке, то методы для её снижения (вплоть до нуля) должны быть направлены на устранение причин её возникновения. За критерий оценки степени уменьшения пассивной мощности можно принять величину действующего значения тока на входе электроустановки. При

устранении пассивной мощности пассивной мощности, так же как и при компенсации реактивной мощности, и при одном и том же значении активной мощности, достигается минимальное значение действующего тока на входе электроустановки. Косвенно можно считать, что пассивная мощность снижена, если напряжение на входе электроустановки наиболее полно использовано на выполнение работы, на циркуляцию реактивной энергии в электрической цепи. Исследованиями установлено, что напряжение на входе электроустановок эффективнее используется в электрифицированных технологических процессах, управляемых преобразователями сопротивления.

Результатами исследований доказано [4], что потребляемый ток из сети в значительной мере зависит от $\sqrt{\sum_{v=0}^{\infty} U_{2v}^2}$ при одинаковом объеме выполняемой работы с помощью электрической энергии и данная составляющая выражения (4) в основном определяет отличие потребляемого тока от минимально уровня. При уменьшении данной величины с увеличением глубины регулирования потребляемый из сети ток можно многократно снижать. Одновременно решается проблема нелинейных искажений тока и напряжения в питающей сети без применения, каких либо фазосдвигающих устройств, фильтров и компенсаторов. Исследования свидетельствуют о том, что $\sqrt{\sum_{v=0}^{\infty} U_{2v}^2}$ можно уменьшить с помощью преобразователей входного электрического сопротивления технологических установок.

При оценке энергетической эффективности электроустановок, управляемых полупроводниковыми преобразователями целесообразно ориентироваться на величину действующего тока на входе электроустановки, так как коэффициент мощности в режиме управления в значительной мере зависит от величины пассивной мощности, нежели от величины реактивной мощности.

Применение преобразователей, изготавливаемых серийно, в условиях сельскохозяйственного производства сдерживается из-за ухудшения энергетических показателей электронагревательных установок и из-за электромагнитных помех. Коэффициент мощности в режимах управления снижается до нуля, а коэффициент несинусоидальности напряжения в электрических сетях превышает, установленный ГОСТом на качество электрической энергии 5% предел.

Управление электронагревательными установками за счет изменения их входного электрического сопротивления с помощью полупроводникового преобразователя позволило получить экономию электрической энергии до 20 – 40% от общего электропотребления нагревательных установок, коэффициент несинусоидальности тока не превышает 1,5%, а коэффициент несинусоидальности напряжения в сети 0,38 кВ не превышает 0,2%. Изменение входного электрического сопротивления электронагревательных установок целесообразно выполнять полупроводниковыми приборами преобразователя путем изменения способа соединения нагревательных элементов во времени в моменты, когда мгновенное значение переменного напряжения в сети равно нулю.

Список литературы

1. Астраханцев, Л.А. Расчет энергетических характеристик электроустановок с преобразователями / Л.А. Астраханцев, Н.М. Астраханцева. – Иркутск: Изд-во Иркутского института инженеров железнодорожного транспорта, 1999. – 94 с.
2. Астраханцев, Л.А. Проектирование системы управления тиристорным преобразователем / А.Л. Астраханцев, В.В. Макаров. – Иркутск: Изд-во ИрИИТ, 1997. – 99 с.
3. Рябченко, Н.Л. Электронная техника и преобразователи / Н.Л. Рябченко, Л.А. Астраханцев, В.В. Макаров. – Иркутск: Изд. ИрГУПС, 2005. – 97 с.
4. Рудых, А.В. Энергосберегающее управление электрообогревом животноводческих помещений в условиях ограниченного электропотребления: дис. ... канд. техн. Наук: 05.20.02 / А.В. Рудых. – Красноярск, 2009. – 172 с.

УДК 542.61

Саидов Д.М., Сафронов М.С., Райгородский В.М.

Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И Вавилова

ВОССТАНОВЛЕНИЕ МАРКИРОВОЧНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ЛАЗЕРНЫМ ГРАВИРОВАНИЕМ

Необходимость в восстановлении маркировочных обозначений возникает при подозрении на ее уничтожение или изменение. Восстановление маркировочных обозначений может быть произведено в тех случаях, когда в нижележащих слоях присутствует изменение физико-механических, структурных или иных свойств материала.

В настоящее время одним из наиболее распространенных способов нанесения знаков является лазерное гравирование. В этом случае нанесение обозначений происходит посредством интенсивного теплового воздействия на материал. Это же воздействие возможно и на нижележащие слои материала. Однако, информация о возможности восстановления таких обозначений на сегодняшний день отсутствует.

Данная работа посвящена возможности восстановления маркировочных обозначений полученных лазерным гравированием.

Для исследований были отобраны образцы в виде дисков диаметром 50 мм, толщиной 5 мм, изготовленные из меди катодной и алюминиевого сплава Д1. Данные материалы были выбраны, исходя из их высокой теплопроводности. Как следствие, можно ожидать значительного теплового воздействия на значительную глубину материала, в т.ч. в нижележащих слоях маркировочных обозначений.

Нанесение маркировочных обозначений проводили на лазерной установке «Мини Маркер 2 – М10» в импульсном режиме при средней выходной мощности лазера 10 Вт. Нанесенные обозначения имели высоту около 7мм, глубина обозначений на меди составляла 0,3-0,4 мм, для алюминиевого сплава - 1,0-1,2 мм.

Полученные обозначения были полностью удалены с помощью наждачного круга. После этого площадка была зачищена шлифовальной бумагой средней зернистости.

Восстановление обозначений проводили электрохимическим методом. Источником напряжения служил источник питания "Instek GPS-303000", позволяющий проводить стабилизацию по напряжению и току до 30 В и 3 А, соответственно. Исследуемый образец был подключен к положительному электроду (аноду), пинцет выступал в качестве катода. Процесс проводили при напряжениях 5 - 10 В. Напряжение варьировалось в зависимости от скорости процесса. При этом токи составляли 0,3 - 1,5 А.

В качестве электролита для меди был выбран 20 % раствор азотной кислоты, для алюминия – 30 % раствор соляной кислоты.

Для обоих материалов процесс восстановления начинался с появления незначительных по высоте маркировочных обозначений, в дальнейшем высота выявленных маркировочных обозначений увеличивалась, достигала максимума и затем уменьшалась до полного исчезновения.

При этом обозначения были выпуклыми, что особенно хорошо было видно при съемке в косопадающих лучах. Выпуклость обозначений может быть объяснена меньшей скоростью травления в местах нанесения штрихов обозначения. что может быть связано с упрочнением структуры материала под действием теплового излучения лазера.



а)



б)

Рис. 1. Восстановленные маркировочные обозначения:

а) на меди катодной;

б) на алюминиевом сплаве Д1.

С.В. Светличный

Дальневосточный государственный аграрный университет, г. Благовещенск

КОНТРОЛЬ СИММЕТРИЧНОСТИ ВРАЩАЮЩЕГОСЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЯХ

Наиболее важным практическим свойством трехфазного переменного тока является его способность создавать круговое вращающееся в пространстве магнитное поле, которое лежит в основе работы трехфазных электрических машин (двигателей и генераторов).

В трехфазных асинхронных двигателях вращающееся магнитное поле создается тремя катушками, пространственно смещенными одна относительно другой на 120° эл и питаемых трехфазным током. В трехфазных электрических машинах эти катушки размещаются в стальном сердечнике, образуя трехфазную обмотку машины. Если система проводников симметрична, а угол сдвига фаз между токами соседних проводников одинаков, то амплитуда индукции вращающегося магнитного поля и скорость постоянны, т.е. получается круговое вращающееся магнитное поле.

При нарушении симметрии, подводимой к двигателю трехфазной системы напряжения, вращающееся магнитное поле приобретает обратную составляющую (встречное поле), которая создает момент $M_{обр}$, направленный встречно прямому вращающемуся $M_{пр}$. В итоге результирующий электромагнитный момент двигателя уменьшается ($M = M_{пр} - M_{обр}$). Если нарушена геометрическая или электромагнитная симметрия в трехфазной электрической машине (амплитуды токов отдельных фаз неодинаковы, отсутствует ток в одной из фаз, в обмотке одной из фаз будут перепутаны начало и конец и т. п.), то вращающееся магнитное поле становится эллиптическим, т. е. вектор результирующей магнитной индукции изменяется по величине и вращается с переменной угловой скоростью ω .

В производстве и эксплуатации асинхронных машин возникает множество факторов, приводящих к отклонениям электромеханических характеристик от нормированных. На отклонение электромеханических характеристик значительное влияние оказывает нарушение магнитной и электрической симметрии асинхронных машин. Магнитная и электрическая несимметрия могут быть вызваны широким комплексом факторов, обусловленных технологическими и эксплуатационными причинами. Одной из причин, вызывающих магнитную несимметрию является неравномерность воздушного зазора, а электрическую несимметрию – неодинаковое число витков в фазах обмотки статора.

Оценка технического состояния электрических машин представляет собой важную задачу, решение которой позволяет обнаружить на ранней стадии зарождающиеся дефекты, предотвратить аварийные ситуации, способные привести к серьезным негативным последствиям. Поэтому разработка недорогих, простых в эксплуатации и точных методов контроля и диагностики состояния асинхронных двигателей является актуальной. Вибродиагностика наиболее эффективна при обнаружении

большинства механических и части электрических дефектов, тепловой контроль выявляет дефекты, связанные с перегревом, а контроль параметров магнитного поля в перспективе позволит выявлять электрические дефекты асинхронного двигателя. Развитие этих методов позволит комплексно оценивать техническое состояние асинхронных двигателей и повысит достоверность диагностирования дефектов. Таким образом, наличие дефектов статора, а также дефектов подшипникового узла приводит к появлению во внешнем магнитном поле электрических машин пространственных гармоник, порядок которых ниже порядка основной пространственной гармоники и которые в значительной мере определяют характер изменения индукции внешнего магнитного поля электрической машины во времени. При возникновении этих неисправностей нарушаются электрическая и магнитная симметрии обмоток статора и, как следствие этого - нарушается симметрия индукции третьей гармоники в фазных обмотках. В этих случаях индукции третьих гармоник в трех фазах статора представляют уже несимметричную систему и их сумма не равняется нулю. В результате этого в пространстве воздушного зазора машины появляется результирующая индукция частоты $3f_1$, (f_1 – частота сети). При возникновении межвитковых и межфазных замыканий в обмотке статора в повреждённых фазных обмотках для токов третьей гармоники образуется отдельный самостоятельный замкнутый контур, где они будут циркулировать. Благодаря этому в фазных величинах поврежденных фаз значение данных гармоник должно уменьшаться по мере увеличения тока в короткозамкнутом контуре, т. е. по мере усиления степени тяжести этих повреждений.

В сельском хозяйстве электродвигатели находятся в сложных эксплуатационных условиях: тяжелые режимы работы, низкое качество электроэнергии, пыль, влажность, агрессивные среды, колебания температуры и низкий квалификационный уровень обслуживающего персонала отрицательно сказываются на их работоспособности. Одним из путей повышения надежности является внедрение в производство современных средств диагностики. Разработка недорогих, простых в эксплуатации и точных методов диагностики электродвигателей является весьма важной задачей. [2]

Для исследования выбран асинхронный двигатель типа АИР100S4У3, Δ/Y 220/380, 3 кВт, 11,4/6,6 А, 1430 мин⁻¹, $\eta = 83\%$ $\cos\varphi = 0,8$. Запуск двигателя производится переключением обмотки статора со звезды на треугольник. В асинхронном двигателе на холостом ходу измеряют ток холостого хода, мощность и напряжения по трем фазам и контролируют его симметрию и оценивают визуально или с помощью инструментов все параметры, подлежащие контролю при эксплуатации.

Для проверки несимметрии проводим испытания асинхронного двигателя под нагрузкой. В качестве нагрузки используем генератор постоянного тока, приводимый во вращение асинхронным двигателем, а сам генератор нагружаем ламповым реостатом.

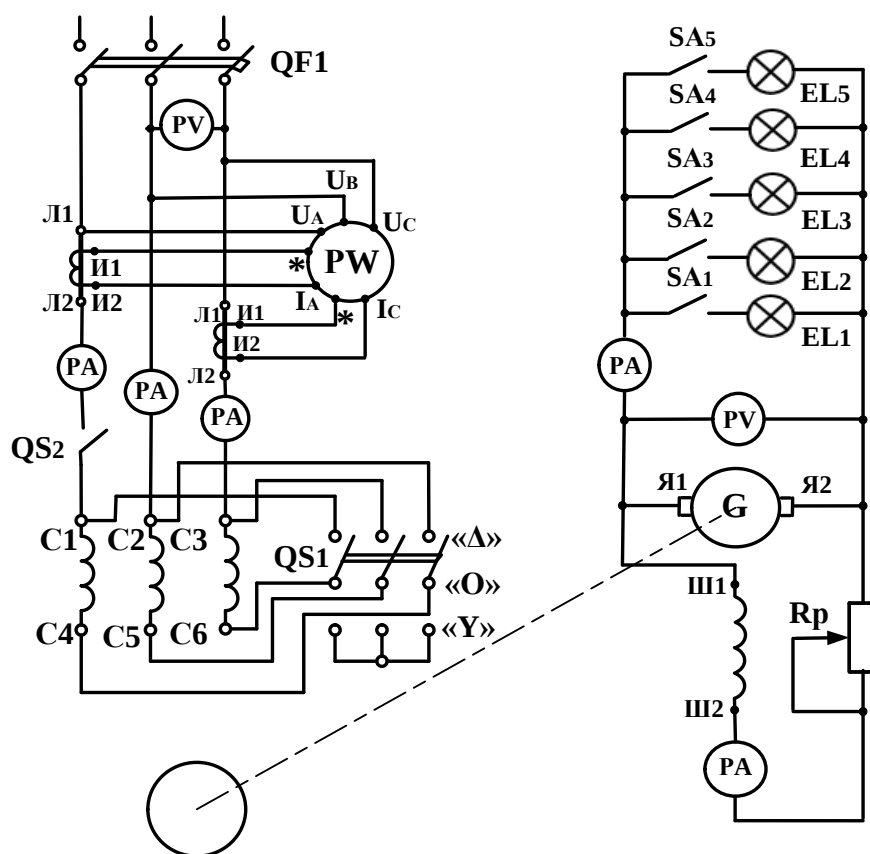


Рисунок 1. Принципиальная схема исследования асинхронного двигателя

Подключаем линейный провод фазы А к статорной обмотке двигателя через тумблер S2. Отключив тумблер S2 и убедитесь, что пуск двигателя при оборванной фазе из неподвижного состояния невозможен. Обратите внимания на возросший ток статорной обмотки. (Во избежание повреждения двигателя продолжительность опыта не должна превышать нескольких секунд).

Включите тумблер S2 и после разгона двигателя запишите частоту вращения и величину тока статора. Затем отключите фазу А тумблером S2 и сравните результаты измерений. Убедитесь, что двигатель продолжает вращаться почти с прежней скоростью. Однако, ток в оставшихся фазах возрастает.

Сравнив данные приборов при измерении токов в фазах обмотки статора и токов в фазах питающей сети можно сделать вывод: при равенстве этих значений токов мы имеем симметричное магнитное поле, не имеющее обратной составляющей, а значит наилучшие энергетические показатели (момент, коэффициент полезного действия); при неравенстве этих значений мы получим электрическую и магнитную несимметрию магнитного поля, которая вызовет появление обратной составляющей, тормозящей основное магнитное поле (эллиптическое магнитное поле), ухудшающее энергетические показатели асинхронного двигателя. Изменяя напряжение любой фазы (то есть, вводя несимметрию) можем построить график зависимости отклонения тока от появления магнитной несимметрии.

На смену классической конструкции асинхронного двигателя приходят энергоэффективные конструкции асинхронных двигателей обладающие более высоким

КПД и технико-экономическими показателями. Применение частотно-регулируемого привода в тандеме с энергоэффективными двигателями, позволит существенно улучшить энергетические показатели и снизить затраты на электроэнергию.

Исследования несимметричных режимов асинхронного двигателя стимулированы необходимостью диагностики и выявления дефекта с целью предотвращения перегрева и пожара двигателя. Режимы асинхронных двигателей при несимметрии сопротивлений ротора в публикациях отечественных и зарубежных авторов на текущий момент рассмотрены недостаточно, что позволяет считать данное направление исследования актуальным. Для исследования несимметричных режимов можно использовать математическую модель работы асинхронного двигателя. [1].

При несимметрии напряжений в электрических машинах переменного тока возникают магнитные поля, вращающиеся не только с синхронной скоростью в направлении вращения ротора, но и с двойной синхронной скоростью в противоположном направлении. В результате возникает тормозной электромагнитный момент, а также дополнительный нагрев активных частей машины, главным образом ротора, за счет токов двойной частоты.

ГОСТ 13109-97 устанавливает значения коэффициентов несимметрии напряжения по обратной (K2U) и нулевой (K0U) последовательностям, — нормально допустимое 2 % и предельно допустимое 4 %. [2]

Мероприятия по снижению несимметрии напряжений:

- 1) равномерное распределение нагрузки по фазам.
- 2) применение симметрирующих устройств.

Сопротивления в фазах симметрирующего устройства (СУ) подбираются таким образом, чтобы компенсировать ток обратной последовательности, генерируемый нагрузкой как источником искажения. Применение симметрирующих устройств сопровождается дополнительными капитальными затратами на их приобретение и монтаж, затратами на обслуживание и эксплуатацию.

Список литературы

1. Лавренов Е.О. К численному моделированию несимметричных режимов работы асинхронных двигателей / Е.О.Лавренов // Высокие технологии в современной науке и технике: сборник научных трудов III Международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Высокие технологии в современной науке и технике» под редакцией В.В. Лопатина, А.Н. Яковлева; / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. С. 355-357.
2. Лещинская Т.Б. Электроснабжение сельского хозяйства/ Т.Б. Лещинская, И.В. Наумов. – М.: Колос, 2008. – 655с.

**ИССЛЕДОВАНИЕ СВЕТОДИОДНЫХ ЛАМП
В УСЛОВИЯХ ТЕПЛИЦ**

Круглогодичное обеспечение населения овощной продукцией возможно при выращивании в теплицах. Современные теплицы в основном имеют морально устаревший вариант освещения и системы автоматического управления оборудованием.

В России на текущее время встречаются единичные теплицы, которые полностью автоматизированы. Известно, что самые экономные по энергосбережению в мире сегодня светодиодные лампы. К сожалению, автоматизированные теплицы не всегда снабжены светодиодными лампами. В то же время, отметим, что полной достоверной информации о применении светодиодных светильников (ламп) недостаточно. Также мало информации по параметрам самих ламп, называемых фитолампами, а именно в плане спектра излучаемого света для разных видов растений, так как создание самых благоприятных условий прорастания растений [1], это создание условий исторической родины самого растения.

Создание условий аналогичных исторической родины произрастания многих овощных культур требует дополнительных исследований.

В то же время нельзя забывать, что в настоящее время малоизученным остался вопрос влияния светового воздействия на растения светодиодными светильниками временными отрезками освещения. Это связано с тем, что лампы люминесцентные, накаливания, и другие лампы (ДРЛФ, МГЛ, ДНаТ) для растений, плохо переносят частое включения-выключения. Светодиодные светильники более устойчивы к этому недостатку.

Проведенный краткий обзор состояние вопроса показывает необходимость проведения исследования воздействия на растения светодиодных светильников временными отрезками освещения.

Следует отметить основное преимущество светодиодных светильников – экологическая безопасность и значительно длительный срок службы в сравнении с остальными светильниками. Отсутствие ртути в светодиодах является одним из преимуществ использования их в теплицах.

Для исследований использовали светильник для растения FLIGHT-18W(18×1Вт). Он выбирался из множества светильников по различным критериям. Это недорогой светильник, освещающий небольшую площадь до 1 кв. м. [2].

Вид растения для исследования нами выбирался исходя из минимума затрат на исследование и короткого периода вегетации. Выбор растения для этого эксперимента пал на редис. Ранние сорта редиса имеют короткий вегетативный период (20-25 дней), к тому же есть возможность выращивания его круглый год. Кроме того, проще осуществлять проведение замеров (вес корнеплода, объем корнеплода, вес листьев, площадь листьев).

Таблица 1. -Характеристики светодиодного светильника для растений FLIGHT-18W 18×1Вт [2] (12 красных — 650–660 нм, 2 красных — 620–630 нм, 4 синих — 440–450 нм)

Угол рассеивания	5–120 градусов на выбор
Входное напряжение	100–240В
Рабочая температура	30~40°C
Габариты	173×153×150мм
Количество светодиодов	18×1Вт
Эффективная площадь освещения (не более)	0,6–0,9кв.м
Стоимость светильника	3050 рублей

В субстрате для выращивания редиса использовалась смесь торфа (80%), перлита и вермикулита (20%). Этот состав должен быть рыхлым, легким, хорошо дренируемым, влагоемким и однородным, с нейтральной или слабокислой реакцией (рН=6-7). Содержание N — 180, Р — 40, К — 360 (мг/л). [3]

Полив осуществлялся в соответствии рекомендациям.

Таблица 2.-Рекомендованное количество поливов в зависимости от фазы развития редиса. [3]

Фаза развития растений	Количество		Относительная влажность воздуха %		Примечание
	дней	поливов	почва	воздух	
Посев-всходы	3	1	70-75	70-75	
Появление всходов	3-4	—	60-65	65-75	к концу 7 дня
Формирование 1 листа	3	2	60-65	65-75	по 5 мин.
Формирование корнеплодов	6	3	60-65	65-75	10-15 мин.
Налив корнеплодов	10	5	60-65	65-75	15-20 мин.

В защищенном грунте при освещенности 9-14 тысяч люкс резко сокращается период выращивания. Но следует учитывать, что если световой день длиннее 14 часов, да еще на фоне высоких температур, то редис будет стрелковаться и зацветет, результатом чего станет ухудшение формирования корнеплода, поэтому ростки редиса освещались не более 12 часов.

Относительная влажность воздуха (ОВВ) 70-75%, относительная влажность почвы (ОВП) 70%.

Важный фактор для развития растений и получения хорошего урожая – питание. В начале формирования корнеплодов в питательном растворе повышали содержание азота и калия (N:K=1:1). В период формирования корнеплода увеличивали долю потребления фосфора над азотом и калием. Если вырастает длинная листва вместо корнеплодов, то это сигнализирует о неправильном питании. Подтопление кассет с редисом производится всегда стандартным раствором (N — 140 мг/л, Р — 40 мг/л, К — 280 мг/л, Са — 80 мг/л, Mg — 45мг/л), меняется только концентрация в зависимости от периода выращивания.

Согласно матрице планирования эксперимента всходы освещают с шагом от 1 ч. до 8 ч. При этом освещают растения также и в ночное время.

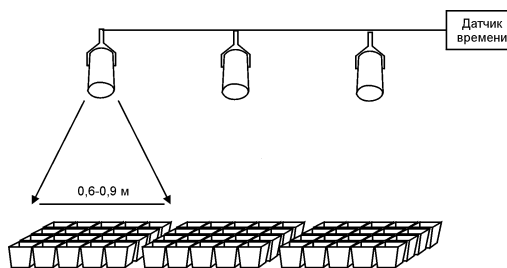


Рисунок 1. Схема опыта воздействия на растения временными отрезками освещения

Затем планируется освещать всходы короткими промежутками времени с 1 мин. до 1 часа.

Считается, что при облачной погоде растения быстрее растут, поэтому создадим имитацию облачной погоды в виде бегущей световой дорожки из светильников (как на елочной гирлянде).

Размещение светильников при освещении растений также важный вопрос, ведь нужно обеспечить до 14 тыс. люкс при освещении редиса. Понятно, что в центре площади освещения освещенность (E) максимальная, а с краев она ниже. (рис. 3а). Поэтому, разместить светильники нужно так, чтобы менее освещенные участки перекрывались (P) соседними светильниками (рис. 3б).

Схема расположения светильников может быть прямоугольная или шахматная, во всех случаях достигается достаточно равномерное распределение освещенности. Расстояние между светильниками (оно будет находится опытным путем) можно считать оптимальным, если достигается наиболее равномерное освещение при их минимальном количестве.

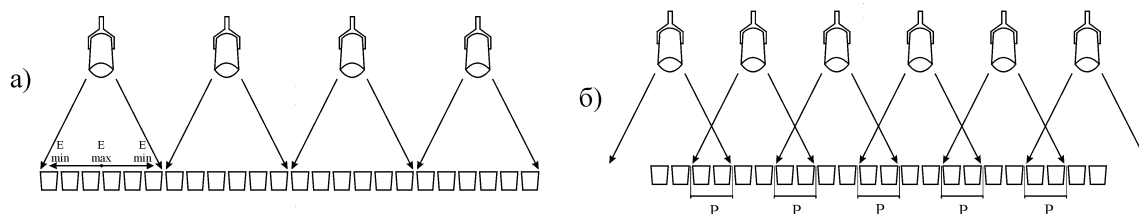


Рисунок 2. - Схема расположения светильников

Заключение. Основной показатель эффективности фитосветильников – это воздействие на растения. В виду отсутствия достоверных данных эффективности воздействия фитосветильников на растения, необходимо проведение исследований степени их воздействия на биообъекты. Проведенный анализ конструкции и особенностей светильников позволяет рекомендовать светодиодные светильники как наиболее экологически безопасные для применения в теплицах.

Список литературы

1. Кондратьева Н.П., Белов В.В., Большин Р.Г., Краснолуцкая М.Г. Электротехнологии и электрооборудование, обеспечивающие оптимальный состав фотосинтетически активной радиации для растений защищенного грунта Известия Международной академии аграрного образования. 2015. Т. 1. № 25. С. 111-114.
2. Каталог продукции. Освещение растений / Светильники для растений [Электрон.ресурс]. Режим доступа: http://artleds.ru/shop/UID_458.html.
3. Выращивание редиса на гидропонике кассетным способом [Электрон.ресурс]. Режим доступа: <http://growhobby.ru/vyraschivanie-redisa-na-gidroponike-kassetnym-sposobom.html>.

С.С. Скворцов, А.Г. Николаев, А.М. Жунин

ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет» г. Йошкар-Ола

ЗАЩИТА ПРИСОЕДИНЕНИЯ: КАБЕЛЬНАЯ ЛИНИЯ - ДВИГАТЕЛЬ

Аннотация. Статья посвящена защитам от коммутационных перенапряжений вакуумных выключателей и кабелей. Рассмотрены причины возникновения перенапряжений, способы защиты от перенапряжений.

Ключевые слова: перенапряжение, срез тока, вакуумный выключатель, повторное зажигание.

ВВЕДЕНИЕ

Известно что, коммутации связанные с элементами сети электроснабжения (воздушные и кабельные линии, конденсаторные батареи, трансформаторы, электродвигатели) вызывают переходные процессы связанные совокупностью емкостей и индуктивности электротехнического оборудования. Отключение или включение выполняемые в системе электроснабжения, приводят к переходным процессам. Процесс перехода с одного установившегося режима на другой, сопровождается колебательными изменениями напряжения, которые превышают номинальные значения.

Внутренние перенапряжения в сетях 6-35 кВ подразделяются на два вида:

- квазистационарные перенапряжения, которые возникают при неблагоприятных сочетаниях реактивных элементов сети и ЭДС источников питания. Эти перенапряжения имеют длительный характер и существуют до тех пор, пока не исчезнет причина их возникновения.

- коммутационные перенапряжения, которые возникают при различных коммутациях электрической цепи. В реальных условиях под ними понимают все плановые и аварийные коммутации.

Включение электродвигателя через питающий кабель. При включении высоковольтных двигателей значения величины перенапряжения снижается. Существенное влияние на величину перенапряжения оказывает длина кабеля и емкость фазы двигателя. С ростом длины кабеля возрастает активное сопротивление и, как следствие увеличивается, демпфирование свободной составляющей переходного процесса, что приводит к снижению перенапряжений. Максимальные перенапряжения имеют малую вероятность, поскольку требуют совпадения большого числа факторов. Реальный разброс во времени включения фаз приводит к малой вероятности максимальных перенапряжений.

Отключение двигателей вакуумными выключателями. При коммутациях выключателей любого типа (маломасляных, вакуумных, элегазовых и электромагнитных) при каждом плановом либо аварийном отключении. Независимо с изолированной или заземленной нейтралью через дугогасящий реактор, на все секции присоединения воздействует перенапряжение. Причинами возникновения являются срез тока и повторные перенапряжения в межконтактном промежутке. При отключении работающих двигателей, на зажимах остается нормальное синусоидальное напряжение, эта энергия высвобождается на контакты выключателя, что приводит к

повторным зажиганием, которые могут повредить изоляцию кабеля и кабельную линию.

Основными причинами перенапряжений, зависящих от характеристик вакуумного выключателя при отключении нагрузок, являются срез тока и эскалация напряжения.

Срез тока – это быстрый распад канала дуги и принудительный спад тока (единицы и десятки ампер) до нуля за очень короткое время (раньше естественного значения) около нулевой области тока, когда подвод энергии со стороны сети уменьшается. При малых токах степень ионизации дуги оказывается незначительной и происходит очень быстрый распад дугового столба еще до того, как ток проходит через свое нулевое значение. При этом сопротивление дуги скачком, а ток в дуге резко снижается до нуля. Происходит так называемый «срез» тока. Мгновенное значение тока, которое может быть «срезано», зависит от степени ионизации. В вакуумных выключателях причиной среза тока является неустойчивость дуги, так как она горит в парах металла контакта.

При срезе тока энергия остается в индуктивности нагрузки, которая, после освобождения на емкость присоединения аппарата. Перенапряжения в данном случае определяется длиной кабельной или воздушной линии (их емкостью и активным сопротивлением) и величиной тока среза.

Эскалация напряжения характерно только для вакуумных выключателей. Возникает крайне редко, обычно при отключении пускового тока не успевшего развернуться или заторможенного двигателя.

При сравнении элегазовых с вакуумными выключателями, предпочтение отдается вакуумным. В связи с тем, что конструкция вакуумных выключателей имеет меньшее количество составных частей, большой интервал технического обслуживания и большое число коммутационных циклов.

Выбор защитных устройств для присоединений: кабель-двигатель. Принудительное ограничение перенапряжений, воздействующих на изоляцию высоковольтных электродвигателей необходимо при использовании выключателей любого типа: элегазовых, вакуумных и даже маломасляных. Наиболее распространёнными аппаратами, применяемые в данное время, являются ограничители напряжений нелинейные (ОПН). Выбор защитного устройства должен проводиться исходя из ограничения воздействий, как на главную, так и на продольную изоляцию двигателя с использованием ОПН. ОПН представляет собой активное сопротивление, вольт-амперная характеристика которого имеет ярко выраженный нелинейный характер. Рассмотрим вариант установки ОПН на выключателе со стороны присоединения. Возникшие повторные зажигания развиваются до тех пор, пока электрическая прочность промежутка между расходящимися контактами выключателя не достигнет разности между остающимся напряжением ОПН и потенциалом сети, после чего повторные зажигания прекращаются. При этом напряжение на двигателе, отделенном от ОПН кабелем, не может существенно превысить остающееся на ОПН напряжение, чем обеспечивается защита главной изоляции. Однако продольная изоляция двигателя остается при этом незащищенной.

При установке ОПН на зажимах двигателя продольная изоляция оказывается в более легких условиях, но все же уровень воздействий напряженности остается опасным.

Для вывода в работу двигателя и кабеля от перенапряжений связанных с коммутациями используют выкатные элементы ВЭ/TEL, в составе которых установлены вакуумные выключатели серии ВВ/TEL-10 совместно с нелинейными ограничителями от перенапряжений серии ОПН-КР/TEL фирмы «Таврида Электрик». ОПН-КР/TEL установлены параллельно контактам выключателя, что приводит к более эффективному ограничению от перенапряжений. Это обусловлено тем, что при повторном зажигании дуги в вакуумном выключателе ОПН ограничивает разность потенциалов между источником и присоединением. При этом значительно снижается свободная составляющая переходного процесса и уровень перенапряжений в целом.

Таким образом из трех рассмотренных способов подключения ОПН, приоритетным является - подключение параллельно к контактам.

При длине кабельной линии до 50 м и свыше 50 м рядом с двигателем или в линейных отсеках КРУ за трансформаторами тока фирмой «Таврида Электрик» рекомендуется установка ОПН по типу фаза-земля.

При длине кабельной линии свыше 50 м в ячейке рекомендуется

Управление моментом включения выключателя. Значение перенапряжений, возникающих при включении линии, зависит от фазы ЭДС φ в момент включения. Для каждой частоты свободных колебаний электропередачи можно указать такой угол включения, когда возникающее перенапряжение будет минимально. Исключение представляет только случай резонанса ($\omega = \omega_1$), когда при любой фазе включения коэффициент $k_{y0} = 1$.

Возможность управления моментом включения выключателей высокого напряжения в значительной мере определяется конструкцией выключателя и его системы управления.

Разброс во времени при управляемом включении не должен превышать 1 мс. Такие требования могут быть выполнены, например, в воздушных выключателях со светооптической и механической системами управления.

Применение шунтирующих сопротивлений в выключателях. Эффективным средством для ограничения возникающих перенапряжений, служит сопротивление, встраиваемое в выключатели. Принципиальная схема выключателя с шунтирующим сопротивлением показана на рисунке 1.

Такой выключатель имеет две системы контактов: **ГК** – **главные контакты** и **БК** – **вспомогательные**. При включении линии первыми замыкаются контакты БК, тем самым вводя последовательно с линией сопротивление $R_{ш}$.

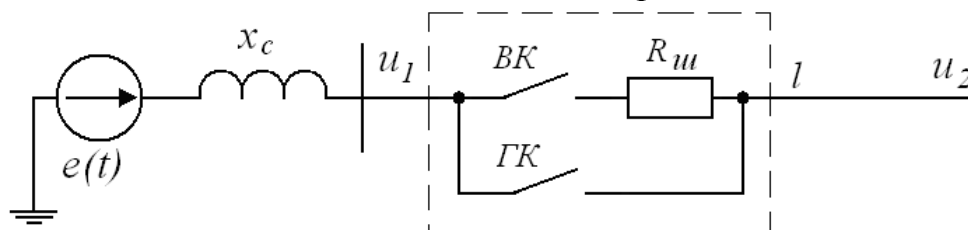


Рисунок 1. Применение выключателя с шунтирующим резистором:

$ГК$ – главные контакты; $ВК$ – вспомогательные контакты

Соответствующим подбором значения $R_{ш}$ можно существенно демпфировать колебания напряжения в переходном процессе. Спустя некоторое время, обычно через $1,5 \dots 2$ периода промышленной частоты, замыкаются контакты $ГК$, заканчивая операцию включения линии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В предприятиях, приемно-сортировочных и механизированных пунктах задействовано большое количество двигателей. Для обеспечения стабильной работы и предотвращения аварий применяются различные виды без искровых защит от перенапряжений, возникающих при коммутациях в выключателях. Величина перенапряжения зависит от технических параметров кабельной линии и емкости двигателя, с которым будет использоваться выключатель. Возможность управления моментом включения и применение выключателей с предвключаемыми резисторами могут существенно снизить колебания напряжения. Индивидуальный подход и расчет параметров каждого присоединения позволит эффективно бороться с возникающими перенапряжениями.

Список литературы

1. Евдокунин Г.А., Тиглер Г. Современная вакуумная коммутационная техника для сетей среднего напряжения (технические преимущества и эксплуатационные характеристики).-СПб; Издательство Сизова М.П., 2000.-114с., илл.
2. Рыбаков Л.М. Изоляция и перенапряжения: учебное пособие/ Мар.гос. ун-т; Л.М. Рыбаков, Н.Л. Макарова.-Йошкар-Ола,2013.-320 с.
3. Применение ОПН в сетях 6-35 кВ, ТАВРИДА ЭЛЕКТРИК, Техническая информация. 2003.
4. Кадомская К.П., Лавров Ю.А., Рейхердт А. Перенапряжения в электрических сетях различного назначения и защита от них: Учебник. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2004. - с.

УДК 621.313 1:621.3.045.532

А.Н. Соболев

Кубанский государственный аграрный университет, г. Краснодар

О НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ ЗАЩИТЫ АСИНХРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ

Аннотация. Показывается необходимость разработки защиты асинхронного генератора.

Ключевые слова: асинхронный, генератор, повреждения, защита.

Специфические условия эксплуатации электрических сетей вызывают большое число отказов их элементов. Отказы электрооборудования и перерывы в электроснабжении предприятий АПК влекут за собой как прямой экономический ущерб, связанный с его восстановлением, так и технологический, обусловленный порчей сельхозпродукции (например, массовой гибелью птицы). При этом аварии могут

происходить как в линиях 6...10 кВ и 0,4 кВ, так и в резервном источнике электропитания, в качестве которого может использоваться автономный асинхронный генератор [1, 2, с.37].

В подавляющем большинстве случаев отказы асинхронных машин происходят из-за повреждения обмоток, при этом большинство повреждений приходится на замыкания между витками. Если генератор не потеряет возбуждение при замыкании между витками и сохранит временную работоспособность, то надо считать, что он находится в состоянии скрытого отказа, выявление которого необходимо для обеспечения надежности резервного источника питания [3, с.37].

Защиты при таких повреждениях, в основном, строятся на изменениях: величин и фаз токов и их симметричных составляющих, гармонических составляющих токов и магнитных потоков рассеивания, вибрации. Применение односистемной схемы поперечной дифференциальной защиты требует наличия параллельных ветвей. Такие защиты применяются в основном для синхронных генераторов большой и средней мощности. Для асинхронных электродвигателей защиты часто выполняют на измерении несимметрии токов фаз. Если для асинхронного генератора небольшой мощности потребуется построение собственной защиты, то необходимо знать специфику процессов в нем в случае витковых и межфазных КЗ в обмотке статора. [4, 5, с.37].

Список литературы

1. Bogdan A.V., Sobol A.N. Mathematical model of induction generator self-excitation // Kybernetika. – 2013. - № 10. – С .54.
2. Богдан А.В., Соболев А.Н. Математическая модель самовозбуждения автономного асинхронного генератора // Труды кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 36. – С.322 – 324.
3. Богдан А.В., Соболев А.Н. Диагностика повреждений обмотки статора автономного асинхронного генератора // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2013. – № 1. – С.70 – 71.
4. Богдан А.В., Ильченко Я.А., Ерохов М.В. Применение асинхронного генератора для питания асинхронных двигателей // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 97. – С. 616 – 625.
5. Богдан А.В., Соболев А.Н. Математическая модель самовозбуждения автономного асинхронного генератора // Труды кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 36. – С.322 – 324.

УДК:621 315

В.А.Солдатов, Д.А.Киселев

ФГБОУ ВО «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», г. Кострома

АВАРИЙНЫЕ РЕЖИМЫ ФИДЕРА 35 КВ С ОДНОБАКОВЫМ ТРАНСФОРМАТОРОМ

Расчет аварийных режимов в электрических сетях является актуальной задачей [1]. При этом необходимо иметь модели элементов электрической сети. Например, если расчет ведется в фазных координатах, то необходимо иметь матрицы передачи всех элементов [2]. Наиболее распространенными моделями являются линии электропередачи и трансформаторы. Модель трансформатора более сложная. В

электрических сетях применяют однобаковые или трехбаковые трансформаторы. Однобаковые применяются в распределительных сетях 0,38- 6-10-35 кВ, а трехбаковые в сетях 220 кВ и выше. Модель трехбакового трансформатора проще, так как электромагнитную связь имеют только обмотки одной фазы. В однобаковом трансформаторе все обмотки взаимосвязаны. Ранее были проведены исследования аварийных режимов сетей 35 кВ при использовании модели трехбакового трансформатора [3-7].

Представляет интерес провести сравнения напряжений и токов в аварийных режимах фидера 35 кВ при трехбаковом и однобаковом исполнении трансформатора. Для расчетов приняты модели трансформаторов, в фазных координатах. Были рассчитаны и проанализированы все аварийные режимы для всех фаз А, В, С. Для примера, приведем лишь результаты расчетов только для двух режимов фазы А: однофазное замыкание на землю А-земля (наименьшие отклонения, рисунки 1-2) и двухфазное короткое замыкание АВ (наибольшие отклонения, рисунки 3-4). Для других фаз В и С полученные результаты аналогичны фазе А.

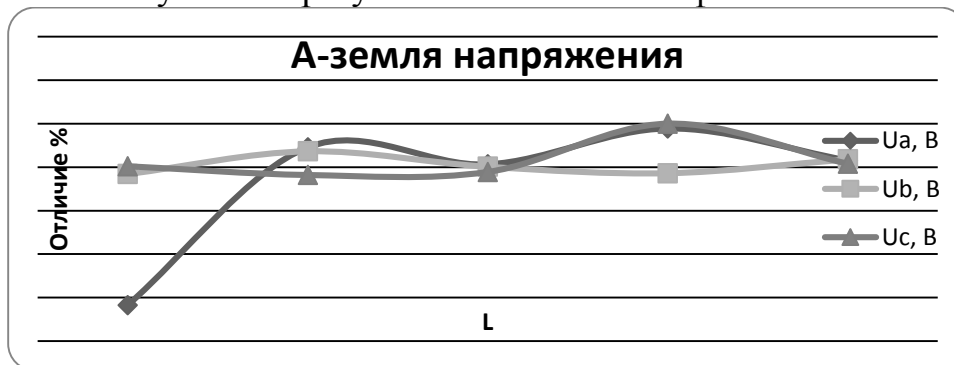


Рисунок 1. Фазные напряжения при однофазном замыкании на землю А-земля.

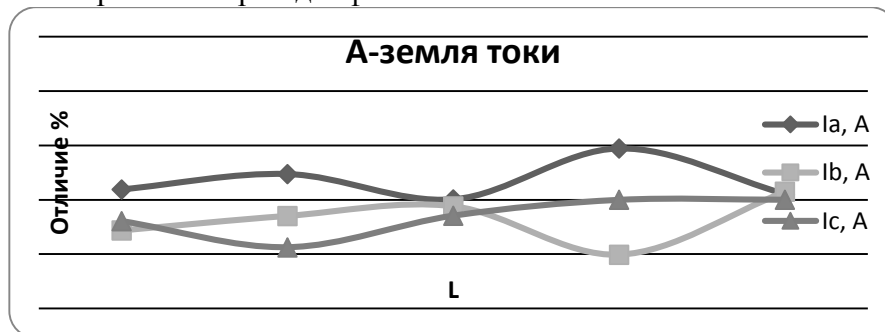


Рисунок 2. Фазные токи при однофазном замыкании на землю А-земля.

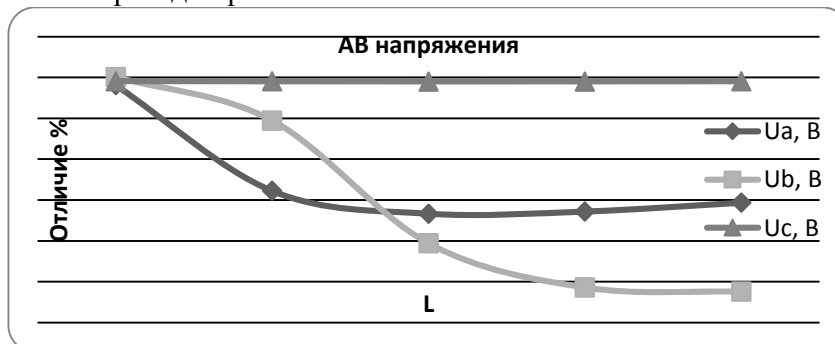


Рисунок 3. Фазные напряжения при двухфазном коротком замыкании АВ.

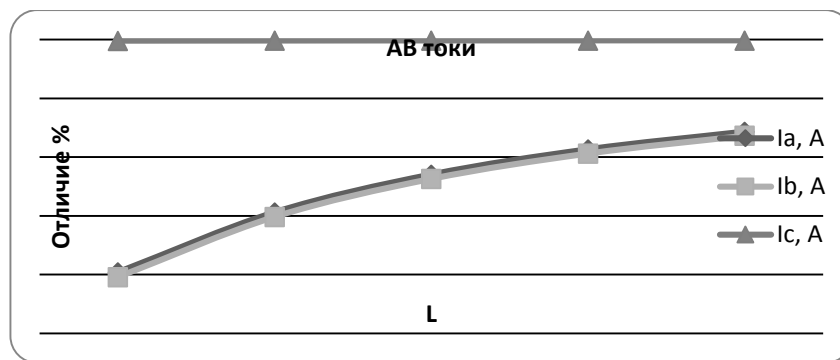


Рисунок 4. Фазные токи при двухфазном коротком замыкании АВ.

Анализ результатов расчета показал:

1. При замыкании фазы А-земля разница в величинах напряжений составляет 0.1-0.31%, а разница в величинах токов составляет 0,1-0,2%.
2. При замыкании фаз АВ разница в величинах напряжений составляет 0.1-10%, а разница в величинах токов составляет 0,1- 40%.
3. При замыкании фаз ABC разница в величинах напряжений составляет 16-40%, а разница в величинах токов составляет 15-40%.
4. При обрыве фазы А разница в величинах напряжений составляет 0.1-0.35%, а разница в величинах токов составляет 0,04-0,19%.
5. При одновременном обрыве фазы А и замыкании фазы А-земля разница в величинах напряжений составляет 0.02-1.37%, а разница в величинах токов составляет 0,03-1,41%.
6. При одновременном замыкании фазы А-земля и обрыве фазы А разница в величинах напряжений составляет 0.03-0.76%, а разница в величинах токов составляет 0,01-0,87%.

Таким образом, наибольшее отличие наблюдается для режима двухфазного короткого замыкания фаз АВ и режима трехфазного короткого замыкания фаз ABC. Это говорит о том, что в сетях 35 кВ необходимо использовать не упрощенную модель трехбакового трансформатора, а более точную для этих сетей модель однобакового трансформатора.

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. Лосев, С. Б. Вычисление электрических величин в несимметричных режимах электрических систем: научное издание [Текст] / С. Б. Лосев, А. Б. Чернин. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 528 с.
3. Солдатов, В.А. Влияние параметров фидеров класса 35 кВ на аварийные несимметричные режимы [Текст] / В.А. Солдатов, Н.А. Климов // Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы III Международной научно-практической конференции./ Под ред. А.В. Павлова. – Саратов: Издательство «Кубик», 2012. - С.232-238.
4. Солдатов, В.А. Критерии определения вида аварийного несимметричного режима в фидере 35 кВ по интервалам [Текст] / В.А. Солдатов, Н.А. Климов // Научное обозрение. – 2012. - № 6. – С. 247–251.
5. Солдатов, В.А. Определение вида и места аварийного несимметричного режима фидера 35 кВ [Текст] / В.А. Солдатов, Н.А. Климов // Научное обозрение. – 2013. - № 3. – С. 158–160.
6. Климов, Н.А. Влияние нагрузки на определение вида режима в сети 35 кВ с трехобмоточным трансформатором [Текст] /Н.А. Климов, В.А. Солдатов, Н.Н. Рысина // Научное обозрение. – 2015. – №10. – С. 97 – 100.
7. Солдатов, В.А. Определение видов аварийных режимов фидеров 35 кВ [Текст] / В.А. Солдатов, В.М. Комаров // Научное обозрение. – 2015. – №7. – С. 184 – 187.

В.А. Солдатов, Н.А. Климов

ФГБОУ ВО «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», г. Кострома

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДА ПОВРЕЖДЕНИЯ В СЕТЯХ 35 кВ С ТРЕХОБМОТОЧНЫМ ПИТАЮЩИМ ТРАНСФОРМАТОРОМ

Задача определения вида и места аварийного режима актуальна [1]. Особенно это относится к распределительным сетям 0,38 – 6 – 10 – 35 кВ, так как, в отличие от сетей класса 110 кВ и выше, для этих сетей недостаточно разработаны методики и приборы обнаружения вида и места повреждения.

В работах [2-6] показано, что вид аварийного несимметричного режима (АНР) в сети 35 кВ можно определить с помощью интервалов, построенных по отношениям напряжений поврежденных фаз к напряжениям неповрежденных фаз. Это же показано в работе [7] для сетей 0,38 кВ. Однако в некоторых режимах происходит пересечение указанных интервалов, то есть вид режима для всех вариантов повреждений однозначно определить нельзя.

Представляет интерес исследовать другие критерии, которые позволят определить вид повреждения однозначно. Проведем исследования для сети 35 кВ с трехобмоточным питающим трансформатором.

Исследования проводились согласно модели, содержащей два фидера класса 35 кВ и 10 кВ, питающихся от трехобмоточного трансформатора.

Данная модель включает в себя: питающий трехобмоточный трансформатор в начале фидера; первый участок линии 35 кВ; блок несимметрии в линии 35 кВ; второй участок линии 35 кВ; потребительский трансформатор в конце линии 35 кВ; нагрузку в линии 35 кВ; первый участок линии 10 кВ; блок несимметрии в линии 10 кВ; второй участок линии 10 кВ; потребительский трансформатор в конце линии 10 кВ; нагрузку в линии 10 кВ.

Расчеты были проведены для следующих видов аварийных режимов: замыкания фаз на землю, двухфазные короткие замыкания, трехфазное короткое замыкание, обрыв фаз, замыкания и последующие обрывы фаз, обрывы фаз и последующие замыкания, двойные замыкания на землю.

Были рассчитаны токи и напряжения в начале линии 35 кВ при изменении места повреждения (начало, середина, конец линии). Длина линии 35 кВ принималась равной 40 км.

Для исследований были выбраны следующие критерии:

1. Отношения напряжений поврежденных фаз к напряжениям неповрежденных фаз;
2. Отношения токов поврежденных фаз к токам неповрежденных фаз;
3. Сумма отношений напряжений поврежденных фаз к напряжениям неповрежденных фаз и отношений токов поврежденных фаз к токам неповрежденных фаз.

Интервалы изменения этих критериев представлены на рисунках 1-3.

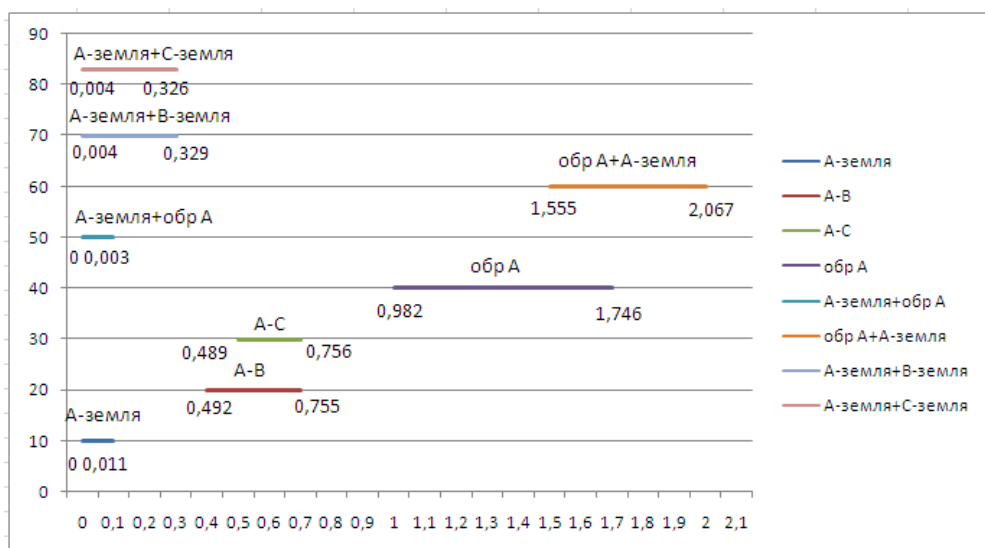


Рисунок 1 – Интервалы изменения отношений напряжений (критерий 1)

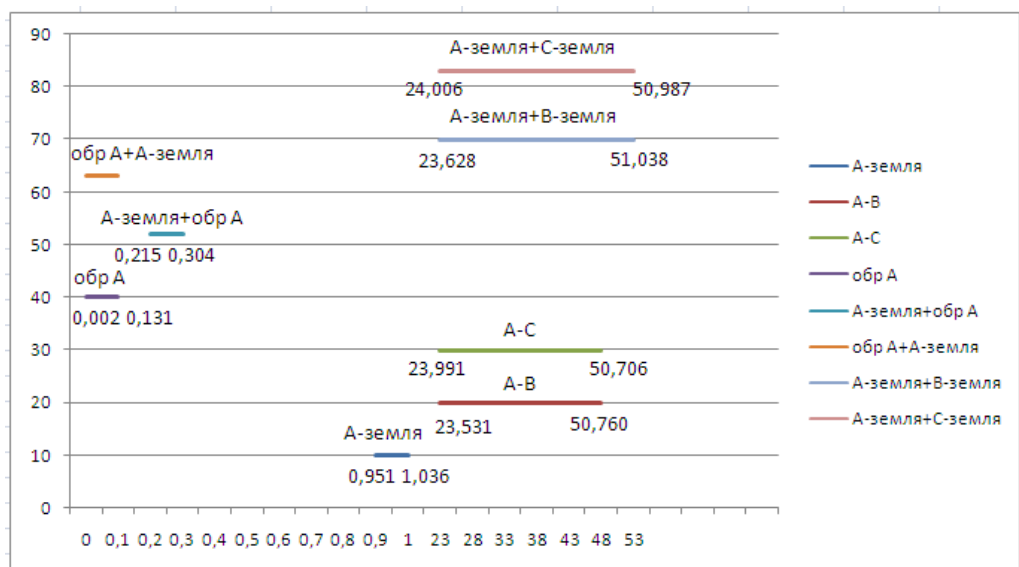


Рисунок 2 – Интервалы изменения отношений токов (критерий 2)

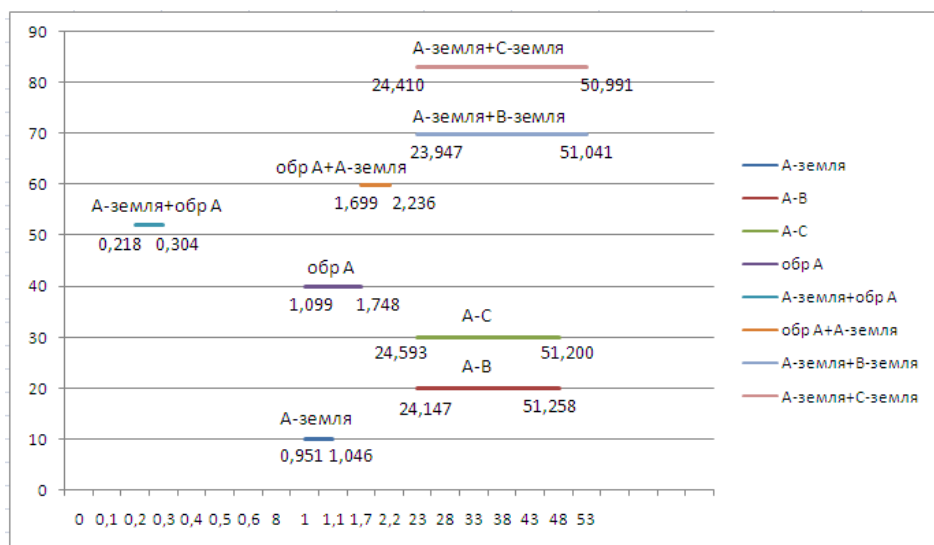


Рисунок 3 – Интервалы изменения суммы отношений напряжений и токов (критерий 3)

Рассмотренные критерии были проанализированы для всех видов АНР. Для примера, покажем алгоритм определения видов АНР только для двух режимов: однофазное замыкание на землю фазы А и двухфазное короткое замыкание фаз А-В.

1. Режим однофазного замыкания на землю А-земля.

По критерию 1 этот режим пересекается с тремя режимами: с двумя двойными замыканиями на землю, а также с одновременным замыканием на землю и обрывом.

По критерию 2 этот режим - не пересекается ни с какими другими режимами.

По критерию 3 этот режим имеет пересечение с обрывом фазы.

Таким образом, режим А-земля можно определить однозначно исходя из следующих соотношений, которые должны выполняться одновременно: критерий 1 находится в диапазоне 0 - 0,011; критерий 2 в диапазоне 0,951 - 1,036; критерий 3 в диапазоне 0,951 - 1,046.

2. Режим двухфазного короткого замыкания фаз А-В.

По критерию 1 этот режим пересекается только с двухфазным коротким замыканием А-С.

По критерию 2 этот режим пересекается с двойными замыканиями на землю и с коротким замыканием фаз А-С.

По критерию 3 этот режим имеет такие же пересечения, как и по критерию 2.

Отличить короткое замыкание А-В от А-С позволяет дополнительное условие для токов: $\frac{I_a}{I_c} \geq 1$ и $\frac{I_b}{I_c} \geq 1$.

Таким образом, режим короткого замыкания А-В можно определить однозначно исходя из следующих соотношений, которые должны выполняться одновременно: критерий 1 находится в диапазоне 0,492 - 0,755; критерий 2 в диапазоне 23,531 - 50,760; критерий 3 в диапазоне 24,147 - 51,258.

Исследования показали, что аналогичным образом можно определить все виды рассмотренных АНР фидера 35 кВ с трехобмоточным питающим трансформатором.

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. Солдатов, В.А. Критерии определения вида аварийного несимметричного режима в фидере 35 кВ по интервалам [Текст] / В.А. Солдатов, Н.А. Климов // Научное обозрение. – 2012. - № 6. – С. 247–251.
3. Солдатов, В.А. Определение вида и места аварийного несимметричного режима фидера 35 кВ [Текст] / В.А. Солдатов, Н.А. Климов // Научное обозрение. – 2013. - № 3. – С. 158–160.
4. Климов, Н.А. Влияние нагрузки на определение вида режима в сети 35 кВ с трехобмоточным трансформатором [Текст] / Н.А. Климов, В.А. Солдатов, Н.Н. Рысина // Научное обозрение. – 2015. – №10. – С. 97 – 100.
5. Климов, Н.А. Влияние параметров трансформаторов на аварийные режимы фидера 35 кВ с трехобмоточным питающим трансформатором [Текст] / Н.А. Климов, В.А. Солдатов, Е.Л. Постнов // Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы VI международной научно-практической конференции./ Под общ. ред. Трушкина В.А. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2015. – 327 с. - С. 91-94.
6. Солдатов, В.А. Определение видов аварийных режимов фидеров 35 кВ [Текст] / В.А. Солдатов, В.М. Комаров // Научное обозрение. – 2015. – №7. – С. 184 – 187.
7. Солдатов, В.А. Обобщенные интервалы для определения видов аварийных режимов фидеров 0,38 кВ при различных параметрах сети [Текст] / В.А. Солдатов, Е.А. Чебесов // Научное обозрение. – 2015. – №1. – С. 82 – 85.

С. В. Сукьясов, А. В. Рудых

Иркутский государственный аграрный университет имени А. А. Ежевского, г. Иркутск

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Выход России на стандарты благосостояния развитых стран на фоне усиления глобальной конкуренции и истощения источников экспортно-сырьевого типа развития требует кардинального повышения эффективности использования всех видов энергетических ресурсов.

Величина отчетных потерь электроэнергии в процентном отношении к отпуску в сети энергосистем за последние годы существенно выросла. Как известно, отчетные потери электроэнергии в электрических сетях энергосистем состоят из суммы технических потерь (возникающих при протекании тока и потерь холостого хода) и коммерческих потерь, характеризующих погрешности измерительной системы и объем хищений электроэнергии. При снижении энергопотребления возрастание потерь электроэнергии в электрических сетях связано в основном с увеличением их коммерческой составляющей [1].

Вполне естественно, что при существенном увеличении стоимости электроэнергии и общей крайне неблагоприятной экономической ситуации в стране многие потребители стремятся занижить показатели определяющие размер оплаты, что приводит к ее хищению. Хищениям так же способствует несовершенство существующей системы учета. В некоторых случаях кража электроэнергии составляет 5-10 % от суммарного потребления [2].

Сложившееся ранее отношение к учету электроэнергии, как к второстепенному и малозначащему фактору в работе энергообъектов привело к тому, что в настоящее время в кризисном состоянии оказалось не только организационное состояние системы сбыта электроэнергии, но и техническое состояние систем учета, не отвечающее современным требованиям. Следует подчеркнуть, что промышленные потребители, хотя и могут задерживать оплату за потребленную энергию, но счета им выставляются согласно показаниям счетчиков, на основании которых и составляются месячные балансы. Кроме того, случаи хищения электроэнергии промышленными потребителями встречаются значительно реже, чем потребителями бытовой нагрузки.

Хищения приносят электроэнергетической отрасли весьма ощутимые убытки. Невнимание к проблемам эффективной борьбы с кражами и несовершенства существующих систем учета ведет к дальнейшему нарастанию существенных экономических потерь. Становиться понятным, что вкладывание финансовых средств в учет электроэнергии и повышение эффективности борьбы с хищениями способно окупить себя в достаточно короткие сроки.

Анализ потребления энергетических ресурсов в России показывает, что за последние пять лет произошло существенное изменение структуры тепловых и электрических нагрузок. Наиболее значительный прирост потребления электроэнергии произошел в бытовом секторе и промышленности [2].

В Иркутской области реализована система коммерческого учета электроэнергии, которая объединила в себе лучшие разработки крупнейших производителей автоматизированных систем в России, но внедрение в бытовой сектор начинает только развиваться.

Постоянное удорожание энергоресурсов, а также значительное увеличение их потребления в последние годы заставляет всерьез задуматься о более жестком контроле использования, а также требует внедрения эффективных средств учета, способствующих снижению затрат на электроэнергию, а также разработки энергосберегающей политики и мероприятий по энергосбережению. Использование автоматизированных систем управления в любых областях жизни и деятельности позволяет осуществлять точный и быстрый контроль за потреблением энергоресурсов, повышая достоверность учета, оптимизируя затраты на энергоресурсы и делая жизнь более комфортной и удобной.

Автоматизированная система коммерческого учета электроэнергии (АС КУЭ) служит для точного учета и оперативного контроля за потребляемой и переданной электроэнергией с учетом существующих тарифов, а также для обеспечения доступа к полученным данным с целью произведения расчетов, анализа и выработки эффективной энергосберегающей политики. Основной целью внедрения таких систем является снижение издержек и затрат на потребление энергоресурсов, минимизация потерь за счет повышения точности полученных данных и сокращения времени сбора обработки. Автоматизация учета электроэнергии на всех этапах, от производства до потребления, становится неременным условием эффективного функционирования современных энергосистем [2].

Внедрение автоматизированных систем учета и контроля потребления энергоресурсов позволяет получать оперативные данные, контролировать параметры всех энергоносителей, выявлять возможные пути экономии. Что, соответственно, ведет к снижению участия энергоресурсов в себестоимости продукции, повышению оперативности обнаружения и устранения отклонений от установленных режимов потребления, получению стабильной прибыли. Результатом внедрения систем по учету электроэнергии в быту является оптимизация затрат на энергоресурсы, снижение объема потребления, а также обеспечение защиты от хищений.

Функции автоматизированных систем учета энергоресурсов:

1. Автоматизированный контроль и измерение параметров;
2. Сбор и учет данных по каждому счетчику индивидуально;
3. Хранение параметров учета в базе данных устройства;
4. Обеспечение контроля за соблюдением установленных режимов энергопотребления;
5. Формирование отчетов для расчетов и анализа;
6. Вывод расчетных параметров на устройство печати.

Современные системы коммерческого учета позволяют контролировать все возможные виды энергоресурсов, имеют возможность использования различных каналов связи для передачи данных, возможно удалённое подключение к системе АС КУЭ для просмотра данных и контроля состояния и работы оборудования через Интернет; простота расширения системы с минимальными затратами.

Преимущества внедрения АС КУЭ:

1. Рациональное энергопотребление и повышение эффективности использования энергоресурсов;
2. Возможность использования различных тарифов за пользование электроэнергией;

3. Автоматизированная обработка информации, хранение и представление данных в удобном для пользователя виде;

4. Построение многоуровневых систем и возможность передачи данных на другие уровни системы;

5. Возможность получения оперативных данных в удобном виде для анализа;

6. Возможность получения информации удаленно, через Интернет.

7. Контроль и защита от хищения.

Важнейшим преимуществом системы АС КУЭ является возможность анализа потребления, что позволяет выявить допущенные просчеты в организации энергопотребления и разработать мероприятия по снижению расходов.

Современная система автоматизированного учета строится в виде ступеней и состоит из трех уровней:

1. Первый уровень – измерительный. Включает в себя средства измерения и выполняет функцию проведения измерений. Элементами этого уровня являются приборы, измеряющие различные параметры системы. В качестве таких устройств могут применяться различные датчики;

2. Второй уровень – связующий. Включает в себя шкафы устройств сбора и передачи данных и выполняет функцию передачи информации по данному объекту, либо группе объектов;

3. Третий уровень – сбора и хранения данных. Включает в себя оборудование центра сбора данных или информационно-вычислительный комплекс (компьютер, контролер или сервер).

Для передачи информационных потоков используются различные каналы: выделенные проводные линии, беспроводные радиочастотные, инфракрасные и радиорелейные линии, спутниковые каналы и т.д. В последние годы активно осваивается новая среда для передачи информации и построения на ее основе специализированных автоматизированных систем сбора и обработки информации. При этом любой из вариантов имеет как достоинства, так и недостатки.

Ключевыми моментами выбора элементов системы коммерческого учета электроэнергии, независимо от объекта, для которого она создается, является качество и безопасность связи между уровнями, а также экономический аспект. Создание надежной, эффективной и недорогой доставки информации, которая обеспечит надежную и безопасную передачу и обмен данными, в том числе и между потребителями и продавцами энергии, является определяющим для системы в целом.

Список литературы

1. Салов, В. З. Особенности состояния современной энергетики и оценка энергоэффективности энергетического комплекса России / В. З. Салов // Электротехнический рынок. – 2012. – № 3 (45). – С. 24-27.

2. Хуснудинова, Е. А. Применение АИИС КУЭ для различных видов сельскохозяйственных потребителей: дис. магистра / Е. А. Хуснудинова; Иркутский ГАУ. – Иркутск, 2015 – 87 с.

С. В. Сукьясов, Е.А. Хуснудинова, А. Г. Седова, К. А. Корнаков

Иркутский государственный аграрный университет имени А. А. Ежевского, г. Иркутск

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Широкое внедрение автоматизированных систем учета электрической энергии (АСУЭ) в жилом секторе наиболее целесообразно при строительстве новых жилых домов. Рынок насыщен разнообразной продукцией. Более десятка Российских заводов-изготовителей выпускают электронные счетчики электрической энергии и другое оборудование, необходимое для построения АСУЭ [1]. Диапазон выпускаемой продукции этими заводами настолько велик, что в настоящее время потребителю трудно определиться не только с заводом-изготовителем АСУЭ, но с вариантом построения структуры сбора и передачи информации. Только качественное технико-экономическое сравнение нескольких вариантов может помочь найти оптимальное соотношение между ценой и качеством.

При внедрении одной из разновидностей автоматизированной системы учета электроэнергии в коммунально-бытовом секторе (многоквартирных жилых домах, сельских жилых домах, коттеджах и т.п.) значительно сокращаются потери электроэнергии за счет точного учета и контроля, резко сокращаются издержки, связанные с хищениями электроэнергии, а также снижаются трудозатраты на контролирующие функции организаций, осуществляющих отпуск электроэнергии.

Методика расчета экономической эффективности внедрения автоматизированных систем для учета электрической энергии в коммунально-бытовом секторе заключается в следующем:

1) Определяются капиталовложения в систему учета электроэнергии, руб.:

$$K_{АСУЭ} = K_{ОБ} + K_{М} + K_{ПР}, \quad (1)$$

где $K_{ОБ}$ – затраты на оборудование, руб.; $K_{М}$ – затраты на монтаж, руб.; $K_{ПР}$ – прочие затраты, руб.

Стоимость комплекта оборудования определяется в зависимости от фирмы-производителя. Проведем расчеты экономической эффективности трех вариантов АСУЭ: «Энергомера»; «Белтелекарт-М» (Беларусь); Smart IMS Матрица (ООО «Интеллект», г. Королев Московской области). Исходная информация по стоимости оборудования представлена в таблицах 1-3.

Таблица 1 – Стоимость АСУЭ «Энергомера»

Наименование оборудования	Кол.	Стоимость за единицу, руб.	Общая стоимость, руб.
CE-101, 230В 5-60А	120	1400	168000
CE-303-S7, 380В 5-60А	3	5000	15000
Разветвитель RS-485	60	612	36720
УСПД 164-01М	8	2340	18720
GSM-модем Siemens MC35i	1	4990	4990
Кабель RS485	432	25	10800

Таблица 2 – Стоимость оборудования АСУЭ «Белтелекарт-М»

Наименование оборудования	Кол.	Стоимость за единицу, руб.	Общая стоимость, руб.
Счетчик СТК1-10.BU1t	120	1800	216000
Счетчик СТС-565/5-400	3	3850	11550
Разветвитель интерфейсов РИ-485П	80	380	30400
Адаптер-мультиплексор УСПД 32.485	1	1676	1676
GSM-модем Siemens MC35i	2	5160	10320
Кабель НВПЭ 4х2х0,52 5е	4320	11,5	49680

Таблица 3 – Стоимости оборудования АСУЭ Smart IMS (Матрица)

Наименование оборудования	Кол.	Стоимость за единицу, руб.	Общая стоимость, руб.
Счетчик-NP523.20D 220V,5-60 А	80	3700	296000
Счетчик-NP 545	3	6000	18000
Маршрутизатор RTR-512	1	620	620

Затраты на монтаж определяются по локальной смете. Для упрощения расчетов K_M принимаются равным 10 % от стоимости оборудования, а прочие затраты принимаются равным 5 % от стоимости оборудования.

2) Годовые затраты на эксплуатацию АСУЭ определяют по формуле, руб./год.:

$$И = И_{AM} + И_{ТР} + И_{ОТ} + И_{ПР}, \quad (2)$$

где $И_{AM}$ – амортизационные отчисления, руб./год; $И_{ТР}$ – отчисления на текущий ремонт, руб./год; $И_{ОТ}$ – издержки на оплату труда, руб./год; $И_{ПР}$ – прочие отчисления (принимают 5 % от суммы $И_A$, $И_{ТР}$ и $И_{ОТ}$), руб./год.

Амортизационные отчисления учитывают возмещение основных производственных фондов в процессе износа оборудования и определяют по формуле:

$$И_{AM} = K_{АСУЭ} \cdot \alpha, \text{ руб./год}, \quad (3)$$

где α – норма амортизационных отчислений, $\alpha = 5 \%$.

Отчисления на текущий ремонт и обслуживание определяют по формуле:

$$И_{ТР} = K_{АСУЭ} \cdot \alpha_{ТР}, \text{ руб./год}, \quad (4)$$

где $\alpha_{ТР}$ – норма отчислений на текущий ремонт, $\alpha_{ТР} = 10 \%$.

Издержки на оплату труда, определяются по формуле:

$$И_{ОТ} = TC \cdot t \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3, \text{ руб./год} \quad (5)$$

где TC – тарифная ставка электромонтера, обслуживающего АСУЭ, руб./час; t – фонд рабочего времени, необходимый для обслуживания АСУЭ, ч/год; k_1 – северный коэффициент, $k_1 = 1,3$; k_2 –

районный коэффициент; $k_3 = 1,3$; k_3 – коэффициент, учитывающий отчисления на социальные нужды, $k_2 = 1,3$.

Прочие отчисления, определяются выражением:

$$И_{ПР} = (И_{АМ} + И_{ТР} + И_{ОТ}) \cdot 0,05, \text{ руб./год.} \quad (6)$$

Годовое потребление энергии абонентами жилых домов составит:

$$Э_{ГОД} = W_{КВ} \cdot n, \text{ кВт}\cdot\text{ч}, \quad (7)$$

где $W_{КВ}$ – среднегодовое потребление электроэнергии одной квартирой, кВт·ч; n – количество квартир, шт.

Возможное снижение потерь энергии в электрической сети 0,38 кВ составит:

$$Э_{СЕТИ} = k_{ПОТ} \cdot Э_{ГОД}, \text{ кВт}\cdot\text{ч}, \quad (8)$$

где $k_{ПОТ}$ – коэффициент возможного снижения потерь электрической энергии в сети 0,38 кВ.

Затраты на покрытие расходов за потребленную электроэнергию за год составят:

$$И_{ГОД} = Э_{ГОД} \cdot T, \text{ руб./год}, \quad (9)$$

где T – тариф на электроэнергию, руб./кВт·ч;

Ожидаемый дополнительный доход за счет совершенствования учета и контроля за расходом электроэнергии, составит:

$$И_{ЭК} = Э_{СЕТИ} \cdot T, \text{ руб./год.} \quad (10)$$

Экономическая эффективность АСКУ определится:

$$Э = И_{ЗП} + И_{ЭК}, \text{ руб/год}, \quad (11)$$

где $И_{ЗП}$ – заработная плата контролера сбытовой организации, руб./год.

Срок окупаемости АСУЭ определится выражением:

$$T_{ОК} = K_{АСУЭ} / (Э - И) \leq T_{ИНВ}, \text{ год}, \quad (12)$$

где $T_{ИНВ}$ – срок окупаемости, с учетом нормативного коэффициента $E_n = 0,2$, составляет 5 лет.

Основные параметры для расчета экономической эффективности внедрения систем учета трех типов приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Исходные данные для расчета экономической эффективности АСУЭ

Норма амортизационных отчислений, α , %	5
Норма отчислений на текущий ремонт, $\alpha_{ТР}$, %	10
Тарифная ставка электромонтера, ТС, руб./час	66
Фонд рабочего времени, необходимого для обслуживания АСУЭ, t , ч/год	10
Среднегодовое потребление электроэнергии одной квартирой, $W_{КВ}$, кВт·ч/год	3000
Количество квартир, n , шт.	150
Годовое потребление энергии абонентами коммунально-бытового сектора, $W_{КВ}$, кВт·ч/год	450000
Тариф на электроэнергию, T , руб./кВт·ч	0,92
Коэффициент снижения потерь электроэнергии, $k_{ПОТ}$	0,1

На основе приведенной методики были получены результаты, приведенные в таблице 5.

Таблица 5 – Техничко-экономическое сравнение внедрения АСУЭ

Показатели	«Энергомера»	«Белтелекарт-М»	Smart IMS (Матрица)
Стоимость АСУЭ, К _{Об} , руб.	254230,0	319626,0	314620,0
Стоимость монтажа, К _М , руб.	25423,0	31962,6	31462,0
Прочие затраты, К _{Пр} , руб.	12711,5	15981,3	15731,0
Капиталовложения, К _{АСУЭ} , руб.	292364,5	367569,9	361813,0
Амортизационные отчисления, И _{АМ} , руб./год	14618,2	18378,5	18090,7
Отчисления на текущий ремонт, И _{ТР} , руб./год	29236,5	36757,0	36181,3
Издержки на оплату труда, И _{ОТ} , руб./год	2175,0	2175,0	2175,0
Прочие отчисления, И _{Пр} , руб./год	2301,5	2865,5	2822,3
Годовые затраты на эксплуатацию, И, руб./год	48331,2	60176,0	59269,3
Экономия по оплате за электроэнергию И _{ЭК} , руб./год	62100,0	62100,0	62100,0
Заработная плата контролера сбытовой организации, приходящаяся на дома, обслуживаемые АСУЭ, И _{ЗП} , руб/год	85000,0	85000,0	85000,0
Экономический эффект, Э, руб./год	147100,0	147100,0	147100,0
Срок окупаемости, Т _{ОК} , год	3,0	4,2	4,1

Таким образом, при сравнении трех автоматизированных систем учета электрической энергии от разных производителей наиболее эффективно внедрение системы Концерна «Энергомера», срок окупаемости составит 3 года.

Список литературы

Хуснудинова, Е. А. Применение АИИС КУЭ для различных видов сельскохозяйственных потребителей: дис. магистра / Е. А. Хуснудинова; Иркутский ГАУ. – Иркутск, 2015 – 87 с.

УДК.621.313.333

А.А. Спиридонов, О.В. Логачёва

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

СТОИМОСТНЫЙ ПОДХОД К КАПИТАЛЬНОМУ РЕМОНТУ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

На предприятиях сельскохозяйственного производства эксплуатируются достаточное количество электрооборудования. Сроки «жизни» электрооборудования достаточно длительны. Так, долговечность электродвигателей, определяемая предельным их состоянием, наступает примерно через 15 лет, а у потребительских трансформаторов 1-2 габаритов этот срок составляет в пределах 30 - 35 лет. Поэтому для наработки до предельного состояния электрооборудование должен пройти несколько капитальных ремонтов. Время исправной работы электрооборудования в течение наработки до предельного состояния без учета продолжительности ремонта приведена на рис.1.

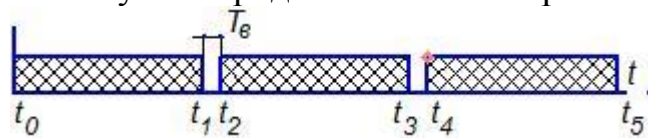


Рисунок 1 Нарботка электрооборудования до предельного состояния

$$T = t_1 + (t_3 - t_2) + (t_5 - t_4),$$

где T – наработка до отказа; t_1, t_3, t_5 – моменты отказы электрооборудования; t_2, t_4 – моменты включения электрооборудования после капитального ремонта; T_v – время восстановления электрооборудования в процессе ремонта.

Момент времени t_5 характеризует предельное состояние электрооборудования. После t_5 дальнейшая эксплуатация электрооборудования по назначению недопустимо по условиям безопасности или нецелесообразна по экономическим критериям.

Капитальный ремонт электрооборудования, установленные на предприятиях сельского хозяйства, выполняют специализированные ремонтные предприятия, а также небольшие ремонтные цеха Агропромэнерго или частные фирмы, а ремонт потребителей трансформаторов – предприятия Энергоремонта /1/. Считается /2/, что оборудование отработавший 50...60% своего срока службы (время, когда требуется капитальный ремонт), характеризуется износом 25...30%. Приведенные цифры имеют среднестатистические данные и не относятся к конкретному виду оборудования. Они также не учитывают остаточную стоимость оборудования перед началом капитального ремонта. Экономический результат ремонта заключается в повышении его остаточной стоимости, которая также одновременно является рыночной стоимостью. Динамика изменения остаточной стоимости электрооборудования после капитального ремонта приведено на рис.2

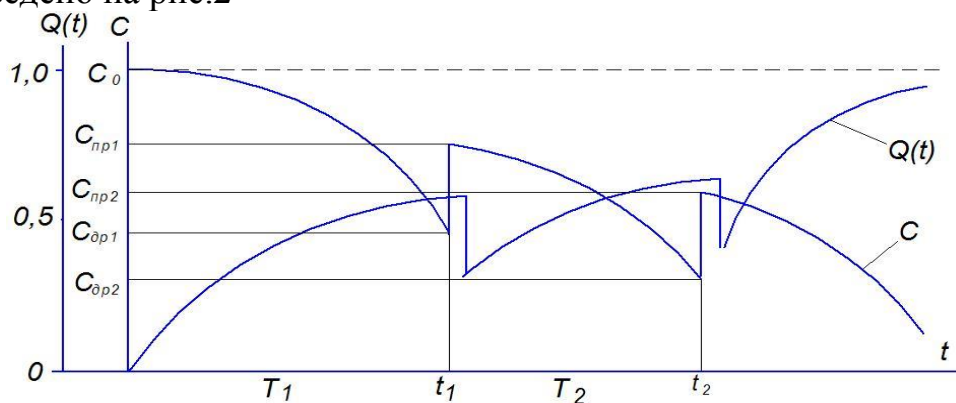


Рисунок 2 Изменение остаточной стоимости C и вероятности отказа $Q(t)$ электрооборудования после капитального ремонта

Где t_1, t_2 – моменты времени включения в работу электрооборудования после капитального ремонта; $C_{др1}, C_{др2}$ – стоимость электрооборудования до ремонта; $C_{пр1}, C_{пр2}$ – стоимость после капитального ремонта; T_1, T_2 – наработка электрооборудования между капитальными ремонтами; $Q(t)$ – изменение вероятности отказа электрооборудования между капитальными ремонтами.

Как видно из рис.2, в результате капитального ремонта остаточная стоимость электрооборудования увеличивается, но не достигает первоначальной его стоимости C_0 , т.к. имеет место неустранимый износ в процессе ремонта. С увеличением числа ремонтов разница между первоначальной (C_0) и остаточной стоимостью после ремонта увеличивается $(C_0 - C_{пр1}) > (C_0 - C_{пр2})$, т.е. проведение капитального ремонта электрооборудования снижает его рыночную стоимость и причем, чем больше число ремонтов, тем ниже его рыночная остаточная стоимость.

Вероятность отказа между ремонтами также остается не постоянной. Каждый последующий ремонт увеличивает отказы в условиях эксплуатации. Ниже приведено изменение вероятности отказа в период наработки T_1 и T_2 между капитальными ремонтами:

$$Q(t_0.t_1) = (1 - e^{-t_1/T_1}), Q(t_1.t_2) = (1 - e^{-t_2/T_2}) \quad (1.1)$$

где T_1, T_2 – наработка электрооборудования в промежутках времени между отказами (t_0-t_1, t_1-t_2) .

Стоимость оборудования до капитального ремонта можно оценить эмпирической формулой, приведенной в [2]. Для этого предварительно определяем коэффициент физического износа электрооборудования в период наработки его до капитального ремонта

$$K_{из} = (0,208 - 0,0034B) \cdot T^{0,7} \quad (1.2)$$

где B – оценка технического состояния электрооборудования (для электрооборудования, подлежащего капитальному ремонту принимается в баллах $B = 25 \dots 30$); T – возраст оборудования в годах.

Тогда остаточная стоимость электрооборудования до капитального ремонта определяется по выражению

$$C_{др} = C_0 \cdot (1 - K_{из}), \quad (1.3)$$

где C_0 – первоначальная стоимость электрооборудования.

Остаточную стоимость электрооборудования после капитального ремонта определяется также по выражениям (1.2) и (1.3) при высокой оценке технического состояния после ремонта ($B = 45 \dots 50$).

Альтернативой капитальному ремонту является покупка нового электрооборудования. Сравнение остаточной рыночной стоимости электрооборудования после капитального ремонта со стоимостью нового оборудования дает возможным принять правильное решение в отношении к каждой конкретной единицы электрооборудования.

Остаточная стоимость электрооборудования после капитального ремонта включает его стоимость до ремонта и затраты Z_p , связанные проведением ремонта на ремонтном предприятии. Капитальный ремонт экономически выгоден, если его стоимость до ремонта и затраты, связанные с ремонтом, минимальные. Снижение остаточной стоимости электрооборудования до ремонта достигается организационно – техническими мероприятиями, проводимыми энергетической службой сельхозпредприятия. Затраты на проведение капитального ремонта включает: затраты на материалы и запасные части, накладные расходы, заработная плата и др. Эти затраты можно снизить за счет эффективной организации производственного процесса ремонта на ремонтном предприятии.

Выгодность капитального ремонта в сравнении со стоимостью нового электрооборудования заключается при условии, если $C_n - (C_{др} + Z_p) \rightarrow \max$, где C_n – стоимость нового электрооборудования, $C_{др}$ – остаточная его стоимость до ремонта. Таким образом, экономический результат капитального ремонта тем выше, тем лучше техническое состояние электрооборудования, поступающего в ремонт на ремонтное предприятие и достигнуты снижение затрат за счет совершенствования технологии в процессе ремонта.

Список литературы

1. Ерошенко Г.П., Кондратьева Н.П. Эксплуатация электрооборудования. – ИНФРА-М, 2014
2. Журнал «Оборудование: рынок, предложение, цены», №3, 2000 г.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Прогнозирование технического состояния электрооборудования в условиях эксплуатации является достаточно сложной задачей. Это связано с тем, что на состояние электрооборудования влияет сочетание большого числа факторов. Некоторые из них являются детерминированными, а некоторые из них имеют случайную составляющую. Влияние любой из этих составляющих в каждом конкретном случае может быть преобладающим, что создает определенные трудности в прогнозировании технического состояния электрооборудования.

Основной задачей прогнозирования является определение остаточного ресурса электрооборудования. Своевременное прогнозирование остаточного ресурса в условиях эксплуатации позволяет сократить трудозатраты ремонтных работ, определить сроки текущих ремонтов или сроки замены электрооборудования, а также установить сроки периодичности проведения технического обслуживания и ремонтов.

Прогнозирование остаточного ресурса дает возможность в определенной степени предсказать возможные повреждения и отказы электрооборудования. По данным прогноза эксплуатационная служба сельхозпредприятия может принять организационно-технические меры, исключающие простоя технологического оборудования или определить сроки проведения капитального ремонта электрооборудования.

Существует несколько методов прогнозирования: метод одноступенчатого и многоступенчатого линейного прогнозирования, экстраполяционный, интерполяционный и др. /1/. Каждый из этих способов имеет свои преимущества и недостатки. Одним из недостатков этих методов является сложность практической реализации прогноза о состоянии электрооборудования на конкретных сельскохозяйственных объектах, которые характеризуются многообразными условиями эксплуатации. Для электротехнической службы сельхозпредприятий необходим достаточно простой метод, позволяющий без сложных математических расчетов получить приемлемые результаты для практической реализации.

Достаточно простым методом прогнозирования является расчет вероятностных характеристик надежности, которые могут быть получены по статистическим данным. Для этого собирается данные о числе отказов электрооборудования, находящиеся на объектах сельскохозяйственного производства за какой-то календарный промежуток времени (квартал, год и т.д.). Далее по статистическим данным определяются вероятностные характеристики надежности: вероятность безотказной работы $P(t)$, интенсивность отказов $\lambda(t)$ для выбранного интервала времени. Результат прогнозирования получают в виде вероятности того, что указанные характеристики надежности будут находиться в заданном диапазоне, т.е. в виде вероятности

$$P(y_{нач} \leq y \leq y_{пр})$$

где y - выбранный параметр надежности; $y_{нач}$, $y_{пр}$ — граница изменения параметра надежности по нормативным данным. Вероятные характеристики надежности определяются по выражениям:

$$P(t) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0} \quad (1)$$

$$\lambda(t) = \frac{n(t)}{N(t) \times \Delta t} \quad (2)$$

$$P(t) = e^{-\lambda t} \quad (3)$$

$$\Lambda(t) = \frac{\sum_{i=1}^n n(t)}{N_0 \times \Delta t} \quad (4)$$

где $n(t)$ - число отказов за промежуток времени $\Delta(t)$, полученные по статистическим данным; N_0 —общее количество установленного электрооборудования на объекте; $N(t)$ – количество исправно работающего электрооборудования на момент выбранного интервала времени Δt .

Выражение (1), (2) используются для определения характеристик надежности для невосстанавливаемого электрооборудования, а выражение (3), (4) – для ремонтируемого электрооборудования.

По полученным данным строится изменения приведенных характеристик от длительности эксплуатации. На рис.1 приведен график изменения интенсивности отказов $\lambda(t)$.

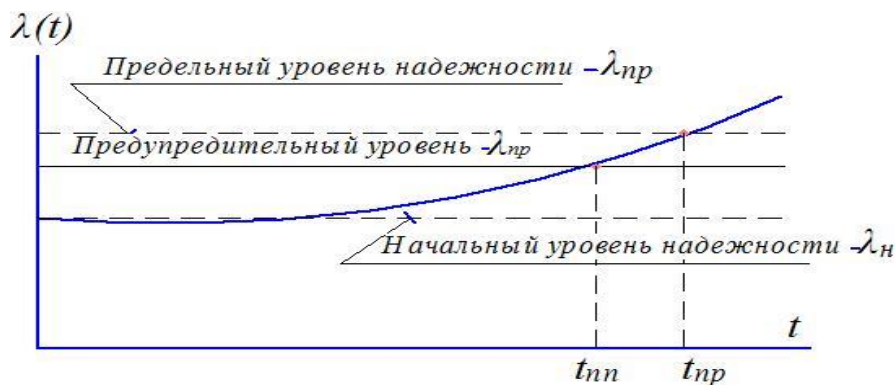


Рисунок 1 -График изменения интенсивности отказов от времени

На рис.1 отмечены: $t_{пп}$ – наработка, характеризующая увеличение интенсивности отказов $\lambda(t)$ до предупредительного уровня надежности, при ее достижении которой электрооборудование начинает интенсивно стареть; $t_{пр}$ – предельная наработка, после которой электрооборудование необходимо выводить из эксплуатации. Так, например, начальный уровень надежности по интенсивности отказов для электродвигателей в зависимости от серий составляет $\lambda_n = (200 \dots 600) 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$, а предельный ее уровень – $\lambda_{пр} = (320 \dots 960) 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$.

Таким образом, задача эксплуатационной службы состоит в том, что на основе обработки эксплуатационной информации по интенсивности отказов, полученной по статистическим данным, прогнозировать наступление момента предельного состояния электрооборудования и принять меры для исключения возможности появления неисправностей и с последующим снятием его с эксплуатации для проведения ремонта.

Список литературы

Калявин, В.П. Основы теории надежности и диагностики. Учебник / В.П. Калявин. СПб. Элмор, 2003

В.А. Трушкин, А.С. Гузачёв

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

АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СТРАТЕГИЙ ТО И Р ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

В соответствии с ГОСТ 18322-78 система технического обслуживания и ремонта (ТО и Р) – это совокупность взаимосвязанных средств, документации технического обслуживания и ремонта и исполнителей, необходимых для поддержания и восстановления качества изделий, входящих в эту систему. Ключевым вопросом эффективной организации таких систем является выбор стратегии ТО и Р. Термин стратегия ТО и Р рассматривается в нескольких ГОСТах и стандартах (ГОСТ 24212 – 80; ГОСТ 15.601-98; МЭК 60050 (191):1990-12; ОСТ 54–003–025–089), но наиболее полное его определение дается в ГОСТ Р 27601. Согласно данному нормативному документу, стратегия ТО и Р определяет общий подход к обеспечению ТО и Р, и его поддержке, исходя из целей и задач владельцев, пользователей и заказчиков.

Рассмотрим сертифицированные на данный момент в Российской Федерации стратегии ТО и Р, а также стратегии, которые в перспективе могут быть адаптированы к условиям сельскохозяйственного производства [1] для управления ТО и Р электрооборудования (Табл. 1).

Таблица 1 - Стратегии ТО и Р, применяемые в сельскохозяйственном производстве и других отраслях

№	Русскоязычная версия стратегии ТО и Р	Стратегии ТО и Р применяемые в сельскохозяйственном производстве	Стратегии ТО и Р применяемые в др. отраслях
1.	Послеотказовая стратегия ТО и Р	Применяется	Применяется
2.	Планово-предупредительная стратегия ТО и Р: по календарным периодам; по наработке; с контролем технического состояния	Применяется	Применяется
4.	Надежностно ориентированная стратегия ТО и Р	Не применяется	Применяется
5.	Стратегия ТО и Р на основе оценки риска	Не применяется	Применяется

Послеотказовая стратегия ТО и Р - стратегия при которой ремонт или замена оборудования происходит после его отказа или выработки ресурса. В одних случаях применение послеотказовой стратегии преднамеренно, особенно к технически несложному или недорогому оборудованию и оправдывает себя. В других использование послеотказовой стратегии является вынужденной мерой, вследствие финансовой нестабильности предприятия и слабости электротехнической службы.

Планово-предупредительная стратегия ТО и Р - предусматривает техническое обслуживание с установленной периодичностью и объемом работ по календарному расписанию (не зависимо от технического состояния оборудования), по наработке оборудования (прогнозированию надёжности) и с непосредственным контролем технического состояния (с использованием методов и средств диагностики).

Вышеуказанные стратегии ТО и Р, активно применяются в сельскохозяйственном производстве и имеют свою отраслевую направленность. Анализ использования данных стратегий посвящены следующие исследования [2;3;4]. Стратегии ТО и Р указанные далее не имеют отраслевой принадлежности и на данный момент нет практики их использования в сельскохозяйственном производстве, однако, они с успехом применяются в других отраслях. Определим варианты их адаптации к условиям сельскохозяйственного производства.

Надежностно ориентированная стратегия ТО и Р – (или техническое обслуживание, ориентированное на безотказность) – стратегия, позволяющая выявить и определить политику предупреждения отказов, нацеленную на эффективное обеспечение требований безопасности, готовности и экономичной эксплуатации оборудования. Политика управления отказами включает в себя действия по ТО и Р, изменение правил применения, конструктивной доработки и других действий, нацеленных на ослабление воздействия отказов. Проще говоря надежностно ориентированная стратегия позволяет определить характер и рациональную периодичность компенсирующих воздействий индивидуально для каждого оборудования (группы оборудования) с поддержанием функциональности с требуемыми показателями надежности в заданных условиях эксплуатации. Главным отличием надежностно ориентированной стратегии является направленность на обеспечения максимальной надежности ответственных технологических процессов предприятия, а не на поддержании «идеального» технического состояния конкретного оборудования (согласно предписаниям производителя). Это является главным отличием от традиционных стратегий ТО и Р. Определим этапы реализации надёжностно ориентированной стратегии ТО и Р.

1 этап – оценка критичности оборудования. Для выделения критичного оборудования в структуре предприятия определяем метод оценки его критичности. Проведённый анализ 34-х методов, представленных в ГОСТ Р 31010 – 2011 показал, что для оценки критичности электрооборудования, используемого в сельскохозяйственном производстве наиболее актуальным, является применения анализа видов, последствий и критичности отказов (АВПКО). Использование АВПКО метода позволяет: выделить технологические процессы производства, определить отказы и проследить причинно-следственные связи, обуславливающие их возникновение, опре-

делить степень критичность электрооборудования посредством оценки влияния (качественно или количественно) его возможного отказа на технологический процесс, ранжировать электрооборудование по степени критичности. Количественную оценку критичности можно произвести посредством оценки ущерба, полученного от отказа электрооборудования.

$$Y=Y_p+Y_t, (1)$$

где Y - ущерб;

Y_p – ущерб, обусловленный ремонтом отказавшего электрооборудования;

Y_t – технологический ущерб, полученный вследствие отказа электрооборудования

Качественную оценку можно произвести, используя таблицу «Тяжести последствий отказа».

Таблица 2 - Качественная оценка тяжести последствий отказов

Класс тяжести	Наименование класса тяжести отказа	Описание последствия отказа для людей или окружающей среды
IV	Катастрофический	Отказ может привести к прекращению выполнения первичных функций оборудования и ведет к прекращению технологического процесса. Отказ может привести к загрязнению окружающей среды и/или гибель и тяжелые травмы людей.
III	Критический	Отказ может привести к прекращению выполнения первичных функций оборудования и вызывает значительные нарушения в технологическом процессе. Отказ может привести к загрязнению окружающей среды, но не представляет собой серьезной угрозы жизни или здоровью людей.
II	Минимальный	Отказ может ухудшить выполнение функций оборудования без заметного нарушения технологического процесса или угрозы жизни или здоровью людей.
I	Ничтожный	Отказ может ухудшить выполнение функций оборудования, но не вызывает нарушений в технологическом процессе и не создает угрозы жизни, здоровью людей, а также загрязнения окружающей среды.

На основании уровня критичности отказов аналогично ранжируем оборудования по критичности для технологического процесса. Ранжирование электрооборудования по критичности является типовым примером построения эффективного производства, так как с экономических позиций нельзя обеспечить равные условия для всех объектов. Аналогичный способ используется в ранжирование сельских потребителей на категории надежности электроснабжения. Это позволило разработать четкую систему проектирования и эксплуатации электрических сетей.

2 этап – определение стратегий ТО и Р электрооборудования. На данном этапе определяют эффективные и применимые методы предупреждения отказа. Для каждой группы электрооборудования определяется индивидуальная стратегия и периодичность ТО и Р. Надежностно ориентированное ТО и Р предполагает комплексное, согласованное и оптимальное применение нескольких стратегий обслуживания оборудования. Так для оборудования тяжесть отказа которого минимальна применяется послеотказовая стратегия ТО и Р. Для электрооборудования с катастрофическим уровнем критичности – планово-предупредительное обслуживание с непрерывным контролем диагностических параметров. Для оборудования с критическим и минимальным классом тяжести – планово-предупредительная стратегия по расписанию или с учетом наработки (если интенсивность отказов подчиняется модели износа).

Использование надежностно ориентированной стратегии актуально для сельскохозяйственного производства вследствие высокой значимости размеров технологического ущерба при анализе технологического процесса. Проведённые исследования [5] по определению стратегий ТО и Р посредством анализа зависимостей между интенсивностью аварийных ситуаций (λ_0), относительным технологическим ущербом (u), и относительным размером затрат на профилактики ($З^*$) во многом подтверждают положения надежностно ориентированной стратегии. Логичным развитием надежностно ориентированной стратегии является стратегия ТО и Р на основе оценки риска. Анализ критичности в рамках надёжностно ориентированной стратегии охватывает лишь величину последствий (размер ущерба), однако вероятность возникновения отказа, ведущего к большому технологическому ущербу может быть и крайне мала.

Стратегия ТО и Р на основе оценки риска – определяет соответствующий характер и частоту операций технического обслуживания и ремонта, на основе оценки вероятности и последствия отказов. Для анализа критичности в данном случае используется показатель риска. Риск – это сочетание вероятности события и его последствия.

Для анализа последствий отказа электрооборудования используем количественную оценку ущерба. Тогда получим следующее выражение.

$$R(t) = Q(t) * Y, (2)$$

где $R(t)$ – риск;

$Q(t)$ – вероятность или частота появления отказа, последствий отказа;

Y – ущерб, полученный от отказа электрооборудования.

Для поддержания работоспособности электрических систем в условиях эксплуатации проводят техническое обслуживание и ремонт с определенной периодичностью. Сроки проведения этих мероприятий нормированы [6]. Учет вероятности отказа позволит наиболее точно подобрать стратегию и периодичность ТО и Р, а также снизить количество балластных процессов по сравнению с надежностно ориентированной стратегией ТО и Р.

Для оценки вероятности отказа обычно применяют следующие четыре общих подхода, которые могут быть использованы как самостоятельно, так и совместно:

- 1) использование ретроспективных данных об отказах,
- 2) использование информации, предоставленной в паспортной документации,
- 3)

использование для оценки вероятности методов прогнозирования отказов, 4) использование экспертной оценки. Для уточнения значений вероятности отказа необходима их корректировка посредством введения коэффициентов отражающих воздействия условий эксплуатации электрооборудования ($K_{у.э.}$) в сельскохозяйственном производстве.

В результате оперируя вероятностью отказа и размером ущерба, определяется уровень риска и строится матрица риска (рис.1). В отношении оборудования ранжированного по степени риска определяются мероприятия по его снижению. Под данными мероприятиями подразумеваются: определение стратегии ТО и Р и периодичности работ по ТО и Р; рассмотрение вопросов о: обновление/модификация оборудования, улучшения условий эксплуатации, резервировании оборудования и т.д.

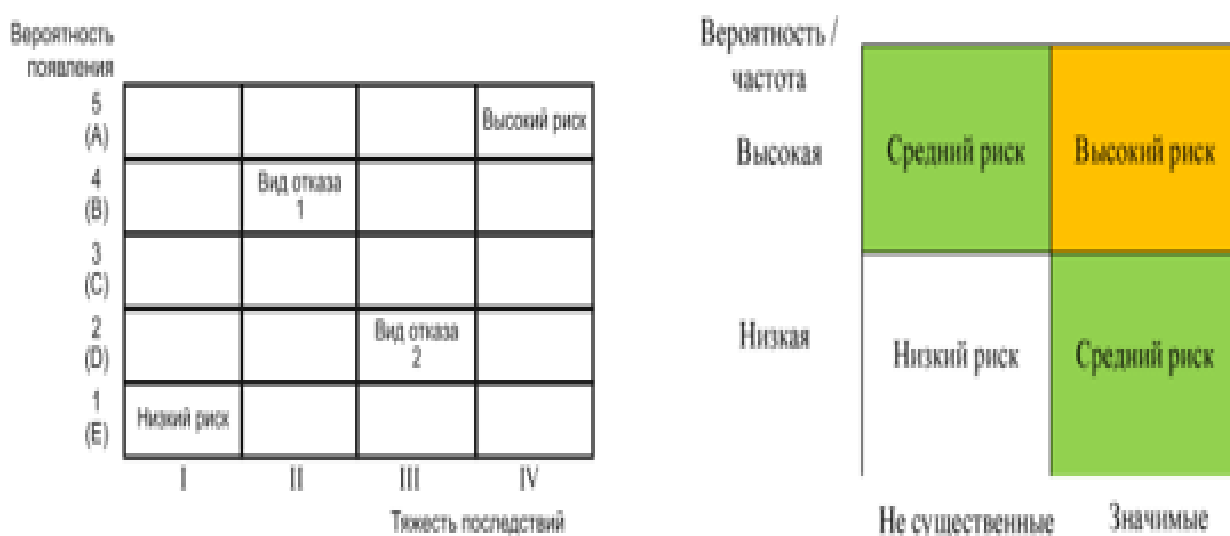


Рисунок 1. Матрицы риска

Определим критерии принятия решений по снижению риска по отношению к электрооборудованию, используемому в сельскохозяйственном производстве.

Таблица 3 - Критерии принятия решения по воздействию на риск

Уровень риска	Критерии принятия решений / действий
Высокий	Определение эффективной стратегии ТО и Р для данного типа оборудования. Наиболее предпочтительна стратегия ППР с контролем технического состояния. Рассмотреть возможности обновление/модификация оборудования, улучшения условий эксплуатации, резервирования данного оборудования.
Средний	Анализ возможности снижения риска по более низкой цене. Определения стратегии ТО и Р по оптимуму затрат. Если интенсивность отказов подчиняется модели износа – ППР по наработке с регламентом.
Низкий	Использование послеотказовой стратегии ТО и Р. Удержание риска на данном уровне.

Таким образом на основе проведенного анализа, получена классификация стратегий ТО и Р и определены механизмы их реализации. Рассмотрены варианты адаптации стратегий (надежностно ориентированная и на основе оценки рисков) к условиям сельскохозяйственного производства на основе их реализации в рамках технологических процессов. Полученные результаты исследования могут быть использованы при решении комплекса научно-практических задач по совершенствованию системы ТО и Р в сельскохозяйственном производстве.

Список литературы

1. Трушкин В.А. Особенности эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве [Текст] / В.А. Трушкин, С.В. Шлюпиков // Материалы Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы энергетики АПК». – Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2010. – С. 383-385
2. Ерошенко Г.П. Анализ послеосмотрового способа технической эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве [Текст] / Г.П. Ерошенко, В.А. Трушкин, С.М. Бакиров // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – Саратов: ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2013, №8. – С. 54-56.
3. Сырых Н.Н., Разработка ресурсосберегающих стратегий технического обслуживания электрооборудования в сельском хозяйстве [Текст] / Н.Н. Сырых, А.А. Некрасов // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. Труды 5-й Международной научно-технической конференции. 16-17 мая 2006, Москва, ГНУ ВИЭСХ. Часть 3. с. 342-350.
4. Антоненко И.Н., Информационные системы и практики ТО и Р: этапы развития [Текст] / И.Н. Антоненко, И.Э. Крюков // Главный энергетик, издательский дом «Панорама» – Москва, 2011, №4. – С. 37-44.
5. Бакиров С.М., Выбор стратегии технической эксплуатации электрооборудования сельского хозяйства в рыночных условиях [Текст] / С.М. Бакиров // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – Саратов: ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2011, №8. – С. 29-31.
6. Трушкин В.А. Оценка надежности электрических систем в условиях эксплуатации [Текст] / В.А. Трушкин, А.А. Спиридонов, Ю.В. Иванкина // Аграрный научный журнал – Саратов: ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ», 2015, №5. – С. 55-58.

В.А. Трушкин¹, С.В. Шлюников¹, 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 приведены причины отказов трансформаторов напряжением 10/0,4 кВ эксплуатируемых в сельских электрических сетях. Показана блок-схема развития процессов повреждения изоляции трансформаторов. Отмечено, что трансформаторное масло – ведущий диэлектрик, так как несет большую диагностическую информацию в результате контакта с внешней средой и взаимодействия с твердой изоляцией.

Ключевые слова: Причины отказов трансформаторов напряжением 10/0,4 кВ, трансформаторное масло, изоляция трансформатора, схема повреждений изоляции трансформаторов.

ПРИЧИНЫ ОТКАЗОВ ТРАНСФОРМАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЕМ 10/0,4 кВ В СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

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 и нарушением таких технологических процессов в сельскохозяйственном производстве, как доение, кормление, поение, приготовление кормов, перерыв в работе вентиляции и отопления, нарушение режима инкубации яиц и т.п.

Анализ документации распределительных сетей показал, что ежегодный отказ трансформаторов напряжением 10/0,4 кВ, эксплуатируемых в сельских электрических сетях, составляет в среднем 10 % от числа установленных.

Работоспособность силовых трансформаторов определяется состоянием обмоток, которые, в свою очередь, зависят от бумажно-масляной изоляции. Под влиянием термических, окислительных, гидролитических, электрических и механических воздействий уровень изоляции снижается.

Трансформатор в процессе эксплуатации постоянно находится во включенном состоянии, в результате чего на его изоляцию длительное время воздействует электрическое поле, соответствующее номинальному напряжению, которое она должна выдерживать продолжительное время. Кроме того, в электрической сети возможны кратковременные перенапряжения, возникающие вследствие коммутационных процессов (например, включение и выключение больших мощностей) или процессов аварийного характера (короткие замыкания), а также импульсные перенапряжения из-за атмосферных разрядов. Изоляционная система должна выдерживать эти перенапряжения.

Повышение температуры изоляции ускоряет процессы окисления масла. Кроме того, оно приводит к снижению удельного сопротивления материала изоляции и его электрической прочности и может вызвать тепловой пробой, который для твердой изоляции является необратимым.

При протекании тока по обмоткам и другим токоведущим частям между ними возникают механические силы. При нормальных токах они не оказывают существенного воздействия на обмотки и изоляцию. Однако в аварийных случаях (короткое замыкание) токи достигают больших значений, способных вызвать деформацию и разрушение изоляции.

Эксплуатация трансформаторов напряжением 10/0,4 кВ в сельских электрических сетях имеет свои особенности, связанные с воздействием грозовых, внутренних перенапряжений и токов короткого замыкания, перегрузок, коммутационных перенапряжений в питающих сетях, влажности окружающей среды, температуры воздуха и солнечной радиации. В связи с этим, по статистическим данным, грозовые перенапряжения приводят к отказу 14,7 % трансформаторов, внутренние перенапряжения и короткие замыкания в сетях – 17,2 %, перегрузки – 6,4 %, снижение уровня изоляции в процессе эксплуатации – 49,7 %, влажность масла (по результатам лабораторного анализа) – 12,0 %.

Следует отметить, что основными причинами снижения уровня изоляции в процессе эксплуатации трансформатора являются старение и влажность масла. Поэтому можно утверждать, что из-за влажности масла отказывает более чем 12,0 % трансформаторов.

Изучение эксплуатационной документации поврежденных трансформаторов показывает, что в большинстве случаев они эксплуатировались с характеристиками масла и твердой изоляции, имеющими недопустимые отклонения от нормативных значений. Причинами отказов трансформаторов явились – несвоевременное обнаружение развивающихся дефектов.

Нормативный срок службы трансформатора (25 лет) установлен с расчетом того, что за этот период может произойти тепловой износ витковой и бумажной изоляции обмоток. Основное влияние на нее оказывают величина нагрузки трансформатора, несимметричность нагрузок, температурные режимы, качество масла, тип защиты масла от окисления, качество самой изоляции, климатические условия. В нормальном режиме работы процессы старения изоляции обмоток протекают достаточно медленно, при появлении дефектов в трансформаторе – ускоряются.

Современное состояние парка трансформаторов напряжением 10/0,4 кВ, эксплуатируемых в сельских электрических сетях, показывает, что более 60 % из них отработали нормативный срок службы, следовательно, возникшие дефекты будут сокращать этот срок еще быстрее.

Механизм развития процессов повреждения изоляции трансформаторов можно представить в виде структурной схемы (рисунок).

Трансформаторы при изготовлении имеют определенные дефекты. Под влиянием эксплуатационных воздействий происходит их дальнейшее развитие. Однако такие дефекты не являются определяющими при повреждении изоляции. Главную

роль играют естественные процессы ее старения под воздействием эксплуатационных факторов.

Перегрузки трансформаторов, повышение температуры окружающей среды, пусковые режимы мощных потребителей, короткие замыкания в сетях, питаемых трансформаторами, приводят к перегреву изоляции, в результате чего ускоряется ее тепловой износ.

Тепловое старение изоляции – определяющее в общем износе, на который также влияет влажность масла, окисление и другие причины, снижающие механическую прочность изоляции.



Рисунок 1.1 – Схема развития повреждений изоляции трансформаторов:

1 – начальные дефекты технологического происхождения;

2 – эксплуатационные воздействия, приводящие к развитию начальных дефектов;

3–7 – последующие стадии развития дефектов изоляции

Появление влаги в изоляции резко уменьшает сопротивление тока утечки, вызванное свободными ионами, что приводит к росту диэлектрических потерь. Вследствие этого снижается напряжение теплового пробоя и происходит дополнительный нагрев изоляции, что влечет за собой ускорение темпов теплового старения.

Состарившаяся изоляция легко разрушается под действием вибрации и электродинамических усилий, возникающих при протекании больших токов нагрузки, особенно при коротких замыканиях в питаемых сетях, которые приводят к витковым замыканиям в обмотках, межфазным замыканиям и пожарам в ярме трансформатора и как следствие – отказу трансформатора.

Так как основная часть трансформаторов размещена на открытом воздухе, то на изоляцию существенно влияют климатические условия, в частности, перепады температуры окружающей среды (в течение суток могут составлять 10...15 °С) и влага. Поскольку изоляционная система – композиционная, то климатические факторы сначала воздействуют на жидкую, а затем на твердую изоляцию обмоток.

Трансформаторное масло принято считать ведущим диэлектриком в системе трансформатора, так как оно контактирует с внешней средой, взаимодействует с твердой изоляцией и несет большой объем диагностической информации.

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. Шлюпиков С. В. Особенности эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве / С. В. Шлюпиков, В. А. Трушкин // Актуальные проблемы энергетики АПК : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Саратов, 2010. – С. 383–385.
3. Шлюпиков С. В. 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. Идрис, И. Дефекты силовых трансформаторов / И. Идрис, Н. С. Жексембиева // Актуальные проблемы энергетики АПК : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Саратов, 2010. – С. 158–165.

УДК 004.4

В.А. Трушкин, О.Н. Чурляева

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

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММЫ МАТЛАБ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Аннотация: Проведение научных исследований и экспериментов в технических науках, а в частности в электроэнергетических системах, связано с созданием порой громоздких и сложных физических экспериментальных установок. Кроме этого, описание многих электротехнических законов связано со сложными математическими расчетами. В статье рассмотрены возможности и особенности компьютерной системы математических расчетов – MatLAB, позволяющей проводить сложные инженерные расчеты и эксперименты, минуя создание физических моделей. Это дает возможность не только моделировать процессы электроэнергетических систем, но и упрощает проведение данных исследований.

Ключевые слова: MatLAB, моделирование, электротехнические комплексы и системы, исследование режимов работы

Электротехнические комплексы и системы – сложные для моделирования объекты. Они отличаются разнообразностью конструкций и происходящих в них физических процессов. Подробная математическая модель устройств имеет большое число неизвестных параметров и требует больших вычислительных ресурсов при анализе. Стремление получить более простую формализованную модель ограничивается тремя основными требованиями: достаточностью по объему получаемой информации, доступностью для понимания физических процессов и достоверностью результатов моделирования.

Доступность понимания физических процессов, иначе «прозрачность» модели, позволяет применять ее на практике и трактовать результаты непосредственно инженерами различных специальностей, а не только разработчиками моделей [2].

В последние годы в университетских и инженерно-технических кругах мира наблюдается интенсивное распространение новой компьютерной системы математических расчетов – MatLAB. Главные преимущества «языка технических вычислений» MatLAB, которые выгодно отличают его среди других существующих ныне математических систем и пакетов, состоят в следующем:

- система MatLAB специально создана для проведения именно инженерных расчетов;

- язык программирования системы MatLAB весьма прост, близок к языку BASIC, он содержит всего несколько десятков операторов; незначительное количество операторов здесь компенсируется большим числом процедур и функций, содержание которых не сложно понять пользователю с соответствующей математической и инженерной подготовкой;

- в отличие от большинства математических систем, MatLAB является открытой системой; это означает, что практически все процедуры и функции MatLAB доступны не только для использования, но и для корректировки и модифицирования; MatLAB – система, которая может расширяться пользователем по его желанию созданными им программами и процедурами (подпрограммами); ее легко приспособить к решению нужных классов задач;

- удобной является возможность использовать практически все вычислительные возможности системы в режиме мощного научного калькулятора; в то же время можно составлять собственные программы для моделирования практически любых электроэнергетических систем, это делает MatLAB незаменимым средством проведения расчетов и научных исследований и экспериментов;

- последние версии MatLAB позволяют легко интегрировать ее с текстовым редактором Word, что делает возможным использование при создании текстовых документов вычислительных и графических возможностей MatLAB, например, оформлять инженерные и научные отчеты и статьи с включением в них сложных расчетов и выводом графиков в текст.

Для удобства пользования вся система MatLAB поделена на разделы, оформленные в виде пакетов программ, общие из которых образовали ядро. Другие пакеты существуют индивидуально в виде так называемых Toolboxes [1].

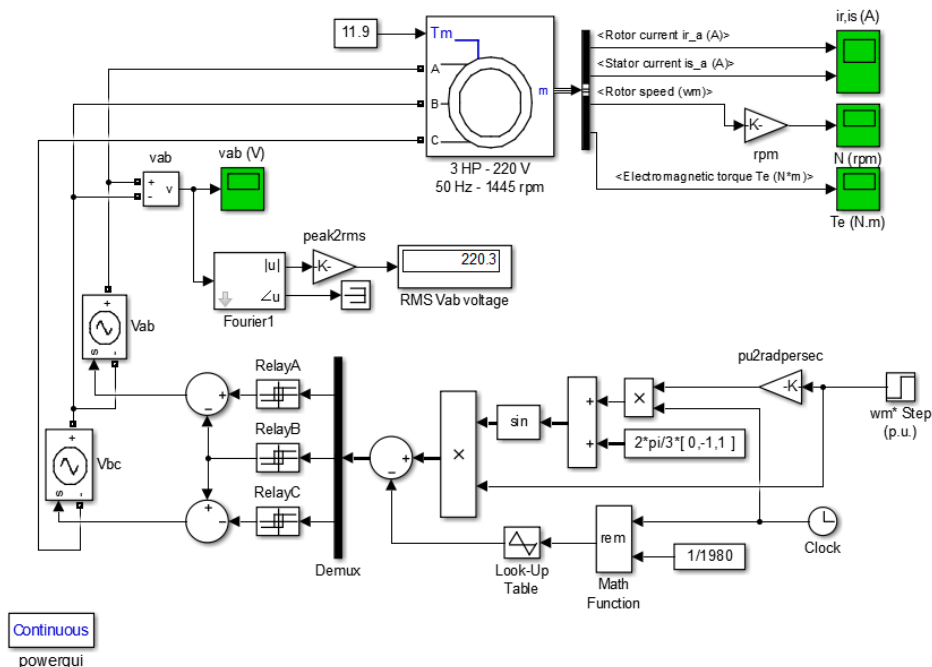
Особо следует выделить пакет Simulink, предназначенный для моделирования линейных и нелинейных динамических систем. Он базируется на принципах визуально-ориентированного программирования с использованием моделей в виде комбинаций компонентов-блоков, путем соединения которых между собой составляются функциональные модели устройств и систем. При этом математическая модель, описывающая поведение такой системы, формируется и решается автоматически.

Пакет Simulink вместе с пакетом расширения SimPowerSystems является основой для изучения и исследования устройств силовой электроники и электромеханических и электротехнических устройств.

С помощью библиотеки SimPowerSystems можно моделировать поведение электрических силовых систем, представляющих собой комбинации электрических цепей и электромеханических устройств, в том числе электрических двигателей и

генераторов. Эта библиотека содержит модели типовых устройств силовой электро-энергетики, таких как трансформаторы, преобразователи, линии электропередач, электромашин и элементы силовой электроники.

Рассмотрим моделирование с применением библиотеки SimPowerSystems на примере работы асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором с питанием от инвертора с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ). Блок-схема модели приведена на рисунке 1 [6].



Величина момента нагрузки на валу двигателя устанавливается с помощью блока Constant, и равна номинальному значению (11,9 Н·м). Двигатель запускается и достигает заданной скорости при $t = 0,9$ секунды.

К m-выходу блока AsynchronousMachineSIUnits подсоединен вход блока BusSelector. В списке параметров его окна настройки (рисунок 3) отмечены величины – Rotorcurrentir_a (ток фазы ротора), Statorcurrentis_a (ток фазы статора), Rotor speed (угловая скорость вращения ротора) и Electromagnetictorque (электромагнитный момент, развиваемый двигателем).

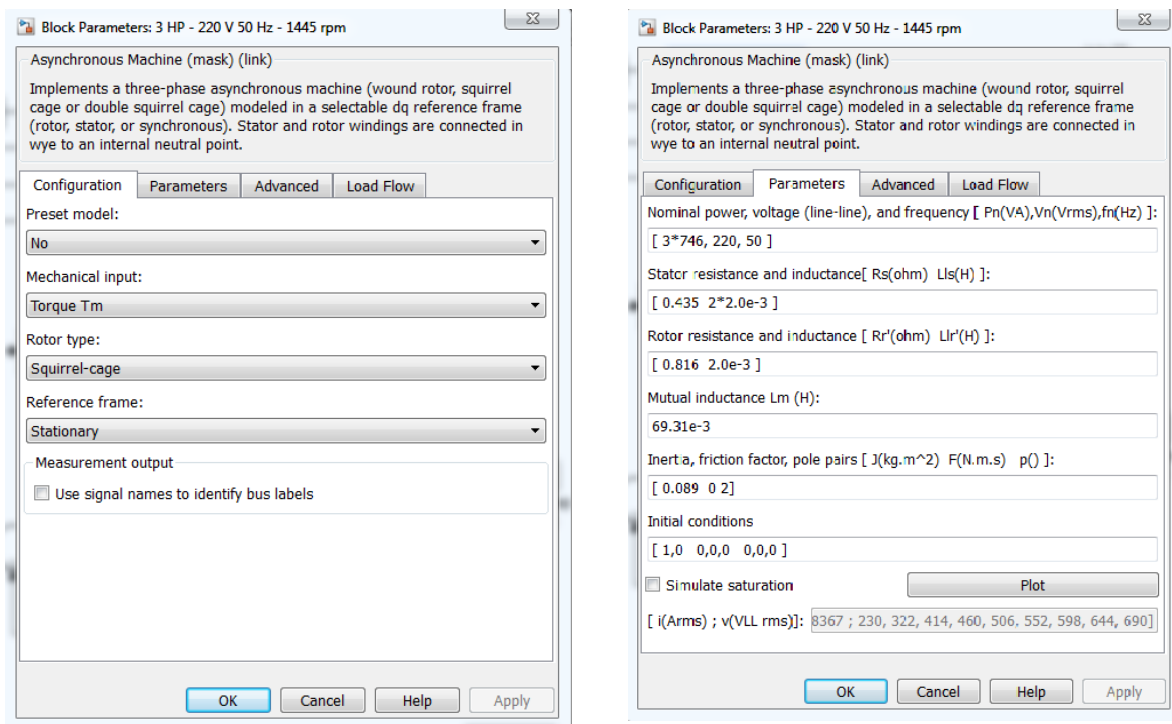


Рисунок 2 – Окно настройки блока AsynchronousMachineSIUnits

Эти параметры являются выходами блока BusSelector. Сигналы скорости и момента затем направляются в блок Scope, позволяющему регистрировать графики зависимостей этих величин от времени.

Для измерения и регистрации межфазного напряжения в блок-схеме предусмотрены блоки VoltageMeasurement и Scope (vab).

Параметры метода численного интегрирования описанной модели показаны на рисунке 4.

Двойным щелчком на изображении блоков Scope:ir, is(A), N (rpm), Te (N.m), на экране открываются окна, содержащие графики зависимости от времени токов ротора и статора, скорости вращения ротора и электромагнитного момента, действующего на ротор (рисунок 5, 6).

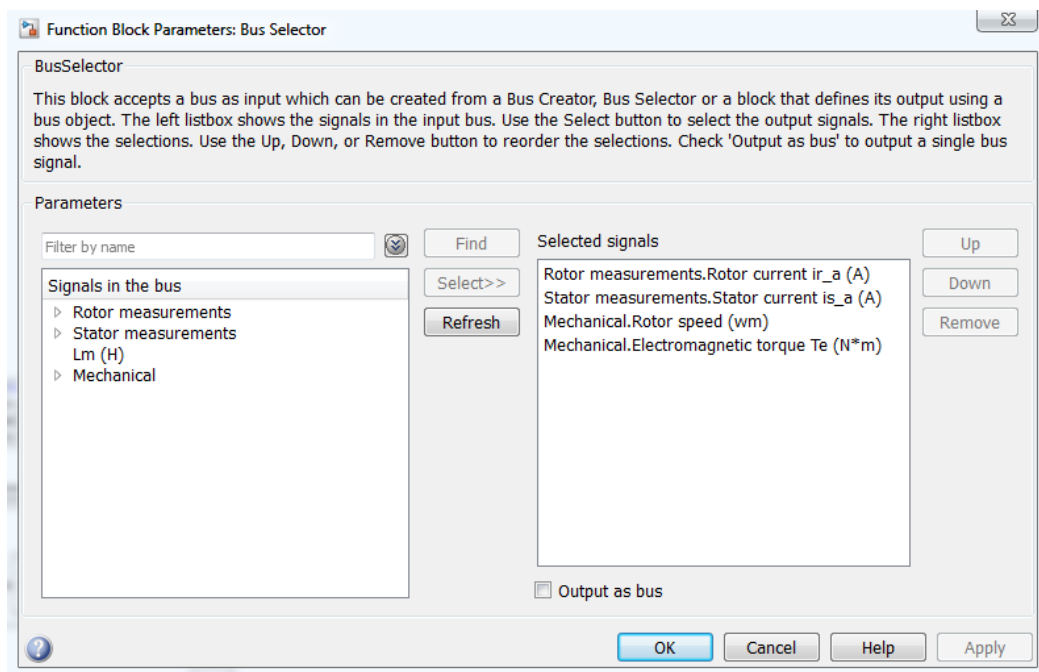


Рисунок 3 – Окно настройки блока BusSelector

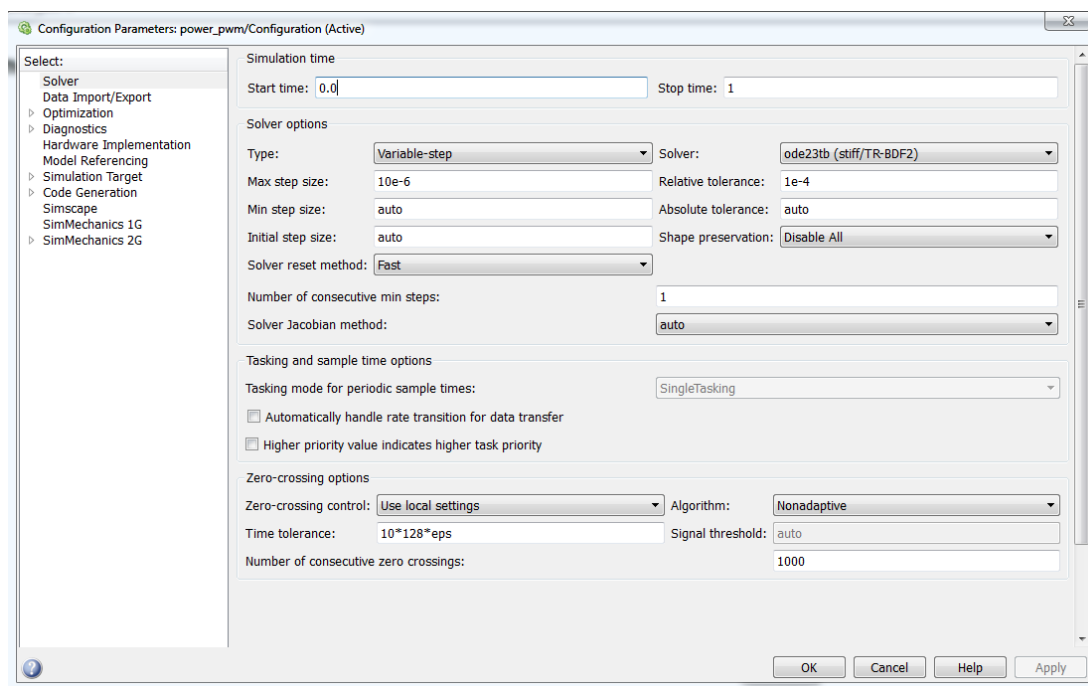


Рисунок 4 – Окно установки параметров процесса моделирования

Первый график на рисунке 6 показывает изменение скорости машины от 0 до 1445 оборотов в минуту. Второй график показывает, электромагнитный момент, развиваемый машиной. Так как статор питается от инвертора с ШИМ, наблюдаются помехи крутящего момента.

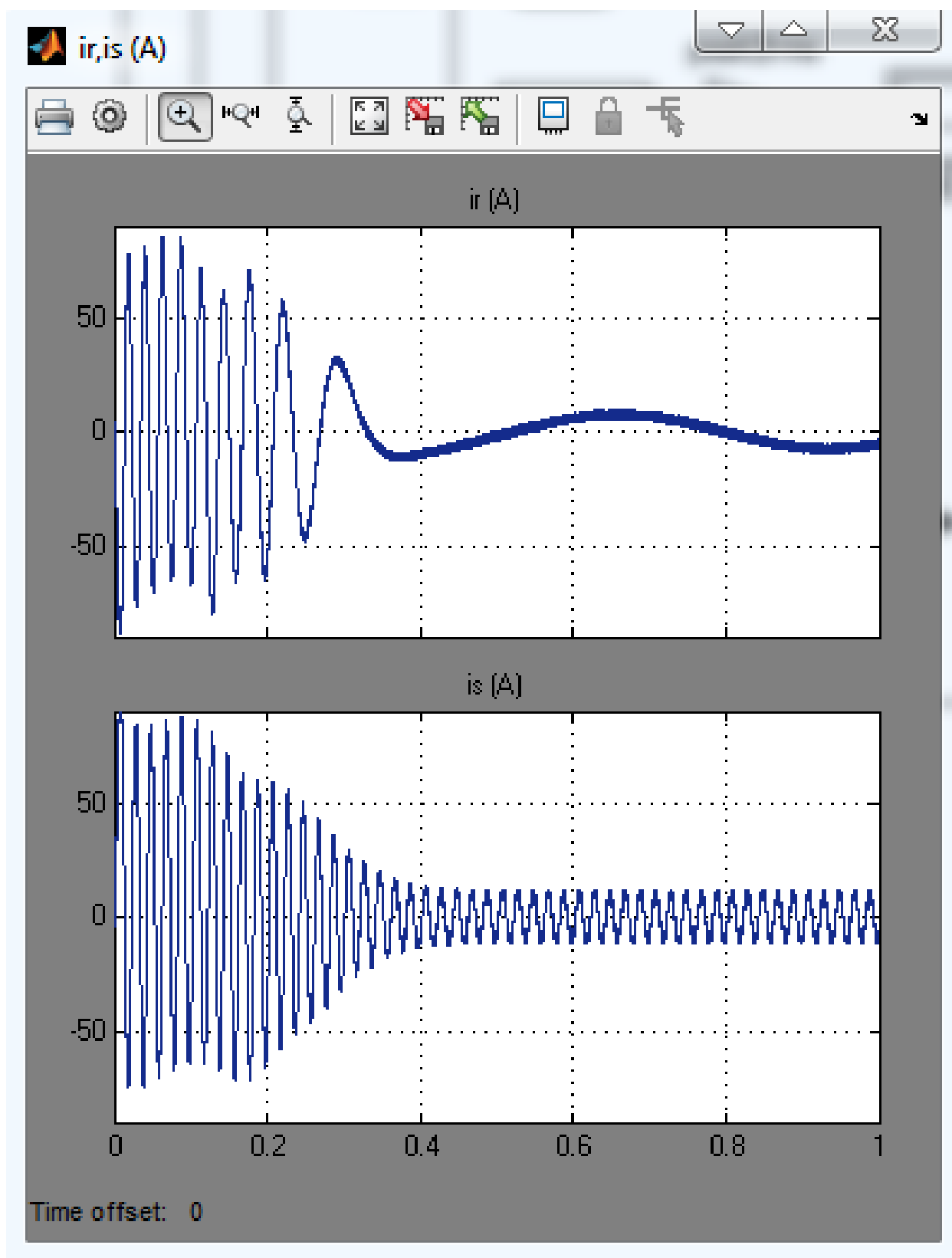


Рисунок 5 – Результаты моделирования, выведенные блоком Scope –ir, is (A)

Эти помехи отсутствуют в кривой скорости (рисунок 6), потому что они отфильтровываются инерцией машины, однако их можно увидеть на графиках токов статора и ротора (рисунок 5).

Кроме этого возможности программы позволяют моделировать процессы, протекающие в электродвигателе, снимать характеристики различных режимов работы, подбирать их оптимальные параметры.

Таким образом, при помощи SimPowerSystems можно выполнять построение модели системы способами напоминающими сборку физической системы, а комбинируя возможности Simulink и SimPowerSystems, можно не только имитировать работу электротехнических устройств во временной области, но и выполнять различные виды анализа таких устройств.

Такое имитационное моделирование энергосистем с SimPowerSystems позволяет разработчикам и исследователям отказаться от дорогостоящего и длительного промежуточного физического макетирования, а также более глубоко, чем в эксперименте, анализировать процессы.

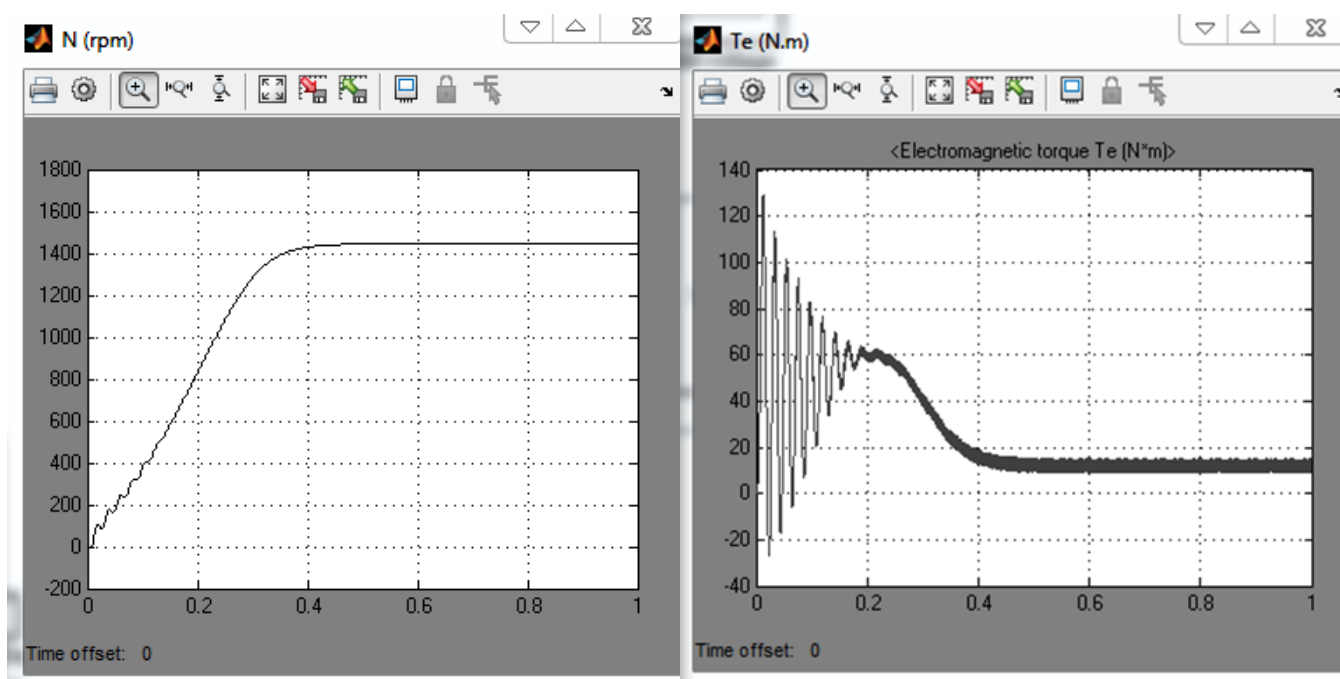


Рисунок 6 – Результаты моделирования в окне блоковScope:N (rpm), Te (N.m)

Список литературы

1. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystem и Simulink. – М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2008. – 288 с.
2. Лазарев Ю. Моделирование процессов и систем в MATLAB. Учебный курс. – СПб.: Питер; Киев: Издательская группа BHV, 2005. – 512 с.: ил.
3. В. Худяков Моделирование устройств силовой электроники. Урок 1. Основные инструменты Simulink / Силовая электроника, №1 2005г., с. 108 – 115.
4. В. Худяков Моделирование устройств силовой электроники. Урок 2. Библиотека SimPowerSystems / Силовая электроника, №2 2005г., с. 80 – 88.
5. Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0: Учебное пособие. – СПб.: Корона-принт, 2001., с. 241 – 243.
6. <http://matlab.ru/>

К.М. Усанов, А.П. Моисеев, А.В. Волгин, А.А. Леонтьев

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

ЛИНЕЙНЫЙ ШАГОВЫЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ В ПРИВОДЕ КОРМОРАЗДАТОЧНОГО ТРАНСПОРТЕРА

Предложен линейный шаговый электромагнитный двигатель с шариковым зажимом для привода кормораздаточного транспортера с рабочим органом, выполненным в виде гладкого цилиндрического штока.

Ключевые слова: электромагнитный двигатель, кормораздаточный транспортер

В настоящее время применение силовых импульсных шаговых линейных электромагнитных двигателей (ЛЭМД) с осевым каналом для привода кормораздаточных транспортеров признано вполне эффективным [1,2,3,4].

Известен линейный шаговый электромагнитный двигатель, содержащий направляющий корпус, в котором размещены статор, обмотка и комбинированный якорь, рабочий орган, расположенный в осевом канале якоря и снабженный стопорными элементами с механизмом размыкания и возвратной пружиной [2,4].

Недостатком решения является сложное конструктивное исполнение [2,5,6,7], невозможность перемещения рабочего органа, выполненного в виде гладкого цилиндрического, твердого штока и отрицательное силовое воздействие стопорных конусных элементов на рабочий орган.

В работе предложен линейный шаговый электромагнитный двигатель с рабочим органом в виде гладкого, твердого цилиндрического штока, перемещаемого стопорными элементами в виде трех металлических шаров, помещенных в конусные проточки якоря и смещенные друг относительно друга на угол 120^0 (рис. 1).

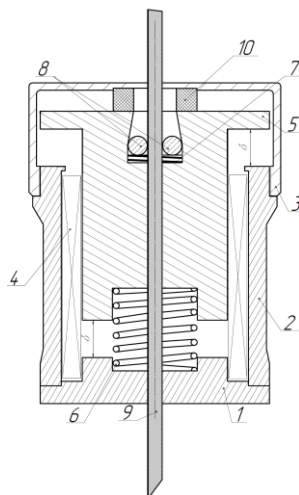


Рисунок 1 - Линейный шаговый электромагнитный двигатель

Устройство содержит статор, состоящий из боковой части 2 и нижней части 1. В расточке статора размещена обмотка 4. Якорь 5 выполнен комбинированным из цилиндрической и дисковой частей, подпружинен возвратной пружиной 6, размещенной между нижней частью статора 1 и цилиндрической частью якоря 5, и пружиной 7, расположенной между направляющим корпусом 3 и дисковой частью якоря 5. Рабочий орган 9 выполнен в виде гладкого цилиндрического, твердого штока, пропущенного в осевой канал якоря через отверстия в направляющем корпусе 3 и нижней части статора 1. Силовое сочленение рабочего органа с якорем на рабочем ходе обеспечивается подпружиненными с помощью пружины 7 стопорными элементами 8 в виде трех металлических шаров, которые помещены в конусные проточки якоря 5 со стороны дисковой части и смещенные друг относительно друга на угол 120° . Немагнитная упругая прокладка 10 служит для смягчения удара при возвращении якоря.

В исходном состоянии комбинированный якорь 5 поджат возвратной пружиной 6 к направляющему корпусу 3, а подпружиненные в осевом направлении заклинивающие шариковые зажимы 8 полностью входят в конусную проточку якоря и плотно прижаты к рабочему органу 9 по боковой поверхности.

При подаче в обмотку 4 питающего электрического импульса от источника комбинированный якорь 5 под действием электромагнитной силы втягивается в обмотку 4, сжимая возвратную пружину 6. Незначительные взаимные осевые перемещения шариковых зажимов 8, контактирующих по конусной поверхности проточек в якоре, создают значительные радиальные усилия, надежно зажимающие рабочий орган 9, который перемещается на величину δ хода комбинированного якоря 5. По окончании питающего импульса комбинированный якорь 5 возвращается возвратной пружиной 6 в исходное положение. При возвращении подпружиненные пружины 7 шариковые зажимы 8 отпускают рабочий орган. Далее цикл повторяется.

Список литературы

1. Усанов, К.М. Некоторые перспективы применения электромагнитных машин с осевым каналом в процессах и технологиях АПК [Текст] / К.М. Усанов, А.П. Моисеев. – Ж. «Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова», №7, 2008. – С. 64–67
2. Патент на изобретение № 2366065 С1 RU, МПК Н02К 41/03. Линейный шаговый электромагнитный двигатель / Усанов К.М., Моисеев А.П., Волгин А.В., Каргин В.А. (RU) – Оpubл. 27.08.2009. Бюл № 24.
3. Патент на изобретение № 2440661 RU, МПК Н02К 41/03. Реверсивный линейный электромагнитный двигатель с осевым каналом / Усанов К.М., Моисеев А.П., Волгин А.В., Каргин В.А. (RU) – Оpubл. 20.01.2012. Бюл № 2.
4. Моисеев, А.П. Применение линейных электромагнитных приводов в шайбовых мороздаточных транспортерах: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – Саратов, ФГБОУ ВПО СГАУ им. Вавилова Н.И., 2011. – 26 с.
5. Усанов, К.М. Динамическая эффективность однообмоточных электромагнитных ударных машин с различными рабочими циклами [Текст] / К.М. Усанов, В.А. Каргин, И.В. Трубенкова. – Вестник Алтайского государственного аграрного университета, № 12, 2010. – С.67–70.
6. Усанов, К.М. Оценка тепловых процессов в линейных электромагнитных двигателях с искусственным охлаждением [Текст] / К.М. Усанов, В.А. Каргин, А.П. Моисеев. – Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова, № 6, 2014. – С. 60-63.
7. Каргин, В.А. Система управления электромагнитной ударной машиной [Текст] / В.А. Каргин. – Образовательная среда сегодня и завтра: Материалы X Международной научно - практической конференции, 2015. – С. 303-306.

А.Е. Усков

Кубанский государственный аграрный университет, г. Краснодар

ПЕРСПЕКТИВЫ ФОТОЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ

Аннотация. Раскрыты основные тенденции возрастающего интереса и направления улучшения характеристик солнечных электростанций.

Ключевые слова: солнечные фотоэлектрические станции, инвертор, модульное агрегатирование.

Уровень солнечной радиации на территории России изменяется в широких пределах от 810 кВт·ч/м² в год в отдаленных северных районах до 1400 кВт·ч/м² в год в южных районах [1, с.189].

По данным Института Энергетической стратегии, теоретический потенциал солнечной энергетики в РФ составляет более 2,3 млрд тонн условного топлива, а экономический потенциал 12,5 млн т.у.т. Потенциал солнечной энергии, поступающей на территорию РФ в течение 3-х дней, превосходит энергию годового производства электроэнергии в нашей стране [2, с.139, 3, с.264].

Сегодня Россия отстаёт от уровня генерации энергии возобновляемыми источниками от европейских стран. Доля солнечной генерации составляет менее 0,001 % в общем энергобалансе [4, с.217].

Анализ научно-технической литературы показал, перспективным направлением в вопросах повышения эффективности электроснабжения потребителей отдалённых от внешних сетей в России является применение солнечных фотоэлектрических станций (СФЭС) [5, с.177]. Основными достоинствами которых являются: неограниченность ресурсов; большой ресурс работы (сегодня более 30 лет, а в ближайшем будущем с учётом характеристик основного компонента – кремния может быть увеличен до 100 лет); экологическая чистота.

Однако СФЭС имеют следующие недостатки: низкий КПД, в основном определяющий параметрами фотоэлементов; относительно высокие капиталовложения.

Поскольку удельная стоимость солнечной электростанции не зависит от её размеров и мощности, в ряде случаев целесообразно размещение фотоэлементов СФЭС на крыше домов, коттеджей, ферм и т. п. В этом случае собственнику СФЭС необходимо продавать электроэнергию энергосистеме в дневное время, и покупать её у энергетической компании в ночные часы. Преимущества такого подхода использования связаны с экономией на опорных конструкциях и площади земли, а также совмещение функции крыши и источника энергии [6, с.40].

Учитывая, что 1 кг кремния в солнечном элементе вырабатывает за 30 лет 300 МВт ч электроэнергии, легко подсчитать нефтяной эквивалент кремния. Прямой пересчет электроэнергии 300 МВт ч с учетом теплоты сгорания нефти 43,7 МДж/кг даёт 25 т нефти на 1 кг кремния. Если принять КПД тепловых электростанций, работающей на мазуте, 33%, то 1 кг кремния по вырабатываемой электроэнергии эквивалентен примерно 75 тоннам нефти.

Для повышения надёжности работы СФЭС необходимо конструировать основные функциональные узлы (солнечные батареи, инверторы, аккумуляторные батареи, коммутационная аппаратура) по модульному принципу. Практически солнечные батареи – это отдельные функциональные модули. Целесообразно также модульное агрегатирование применить для инверторов, поскольку от них зависят показатели надёжности и в целом ресурс работы СФЭС. В качестве модульных элементов в инверторах необходимо применять входные и выходные фильтры, силовую схему полупроводниковых элементов и системы стабилизации напряжения и защиты [6, с.210].

Значительно повысить показатели надёжности автономных инверторов можно счёт применения в их конструкции однофазно-трёхфазных трансформаторов с вращающимся магнитным полем [7, с.22].

Список литературы

1. Григораш О.В., Степура Ю.П., Усков А.Е., Квитко А.В. Возобновляемые источники электроэнергии: термины, определения, достоинства и недостатки // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2011. – № 32. – С. 189-192.
2. Григораш О.В., Усков А.Е., Власов А.Г. Ресурсы солнечной энергии, особенности конструкции и работы солнечных фотоэлектрических установок // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – № 43. – С. 263 – 266.
3. Григораш О.В., Богатырев Н.И., Военцов Д.В. и др Автономная электроэнергетика сельского хозяйства: состояние и перспектива // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2008. – № 12. – С. 216 – 220.
4. Григораш О.В., Степура Ю.П., Усков А.Е. Статические преобразователи и стабилизаторы автономных систем электроснабжения. – Краснодар. – 2011. – С.188.
5. Григораш О.В., Степура Ю.П., Усков А.Е., Власенко Е.А. Автономные инверторы в устройствах бесперебойного электроснабжения //Электротехника. – 2012. – № 6. – С.40 – 44.
6. Григораш О.В., Степура Ю.П., Сулейманов Р.А. и др. Возобновляемые источники электроэнергии. – Краснодар. – 2012. – С.272.
7. Григораш О.В., Кабанков Ю.А. К вопросу применения трансформаторов с вращающимся магнитным полем в составе преобразователей электроэнергии // Электротехника. – 2002. – № 3. – С.22–26.

В.И. Чарыков, В.А. Новикова, Ф.Р. Фахргалеев

Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т. С. Мальцева

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТРАНСПОРТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ (НА ПРИМЕРЕ РАЙОНА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ)

Транспорт электроэнергии – это комплекс оперативных и технических средств, которые позволяют реализовать передачу электрической энергии на расстояние. Эффективность транспорта электроэнергии является одним из важнейших факторов в энергетике.

При транспорте электроэнергии осуществляется ее учет. Основной целью учета электроэнергии является получение достоверной информации о производстве, передаче, распределении и потреблении электрической энергии. Это необходимо для решения основных технико-экономических задач: финансовых расчетов за электроэнергию, определения и прогнозирования технико-экономических показателей потребления электроэнергии на предприятиях промышленности, транспорта, сельского хозяйства, коммунально-бытовым сектором, а также обеспечения энергосбережения и управления электропотреблением. Учет активной электроэнергии должен обеспечивать определение количества электроэнергии, выработанной генераторами электростанций и потребленной на их собственные и хозяйственные нужды, а также на производственные нужды энергосистемы. Учет – это количество электроэнергии, отпущенной потребителям по линиям, отходящим от шин электростанций непосредственно к потребителям.

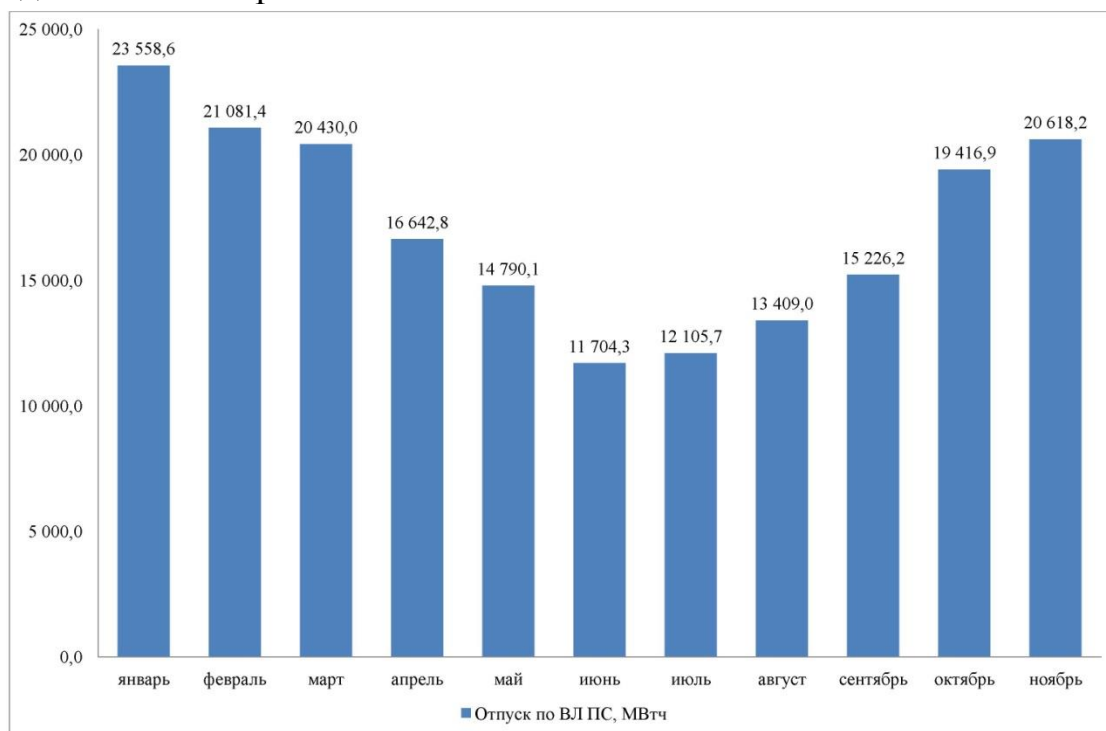


Рисунок 1- Отпуск электроэнергии в сеть

Анализ транспорта электроэнергии рассмотрим на примере Кетовского района электрических сетей Курганской области. Анализ количества отпущенной электроэнергии (рис.1) и потребленной электроэнергии (рис.2) выявляет некоторый небаланс. Если учесть технические потери, которые составляют 8,47%, то на коммерческие потери приходится 24,12%. В идеальном случае коммерческие потери электроэнергии в электрической сети, определяемые расчетным путем, должны быть равны нулю. В реальных условиях отпуск в сеть, полезный отпуск и технические потери определяются с погрешностями. Их разности фактически и являются структурными составляющими коммерческих потерь. Они должны быть по возможности сведены к минимуму за счет выполнения соответствующих мероприятий по их снижению.

Более глубокий анализ полезного отпуска электроэнергии и потерь (рис. 2,3) показывает, что при относительно небольшом снижении потребления электроэнергии в июне-месяце, коммерческие потери имеют тенденцию к резкому снижению. Следовательно, высокие коммерческие потери в осенние и зимние месяцы обусловлены занижением полезного отпуска из-за недостатков энергосбытовой деятельности.

Эти потери включают две составляющие.

1. Наличие в системе абонентов, рассчитывающихся по нормативу.
2. Потери от хищения электроэнергии.

В первом случае присутствует неполная информация о потребителях электроэнергии и отсутствует постоянный контроль над актуализацией этой информации.

Вторая составляющая – потери от хищения электроэнергии. Это одна из наиболее существенных составляющих коммерческих потерь, которая является предметом заботы энергетиков по всей стране.

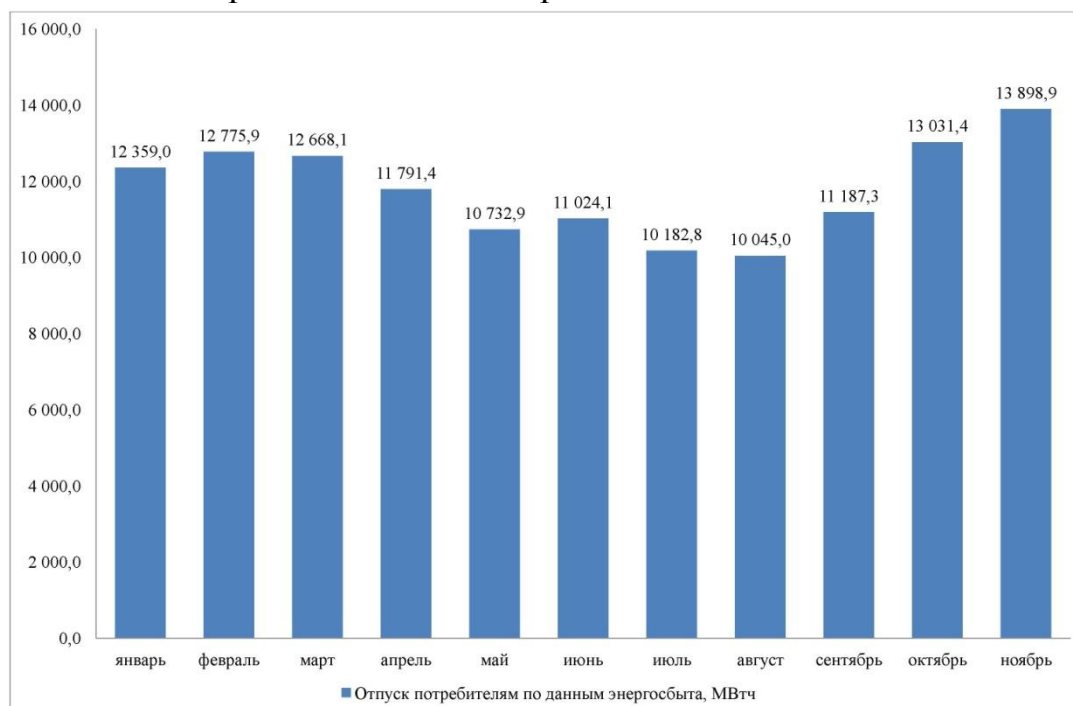


Рисунок 2 - Полезный отпуск электроэнергии потребителям

Обобщение существующего опыта по борьбе с хищениями электроэнергии показало, что в основном этими хищениями занимаются бытовые потребители. Имеют место кражи электроэнергии, осуществляемые промышленными и торговыми предприятиями, но объем этих краж нельзя считать определяющим. Анализ потерь косвенно подтверждает версию о том, что основную составляющую коммерческих потерь составляют хищения электрической энергии в данном районе электрических сетей, так как в июне технические потери (расчетные) оказались выше общих потерь и для баланса пришлось вводить «отрицательные» коммерческие потери.

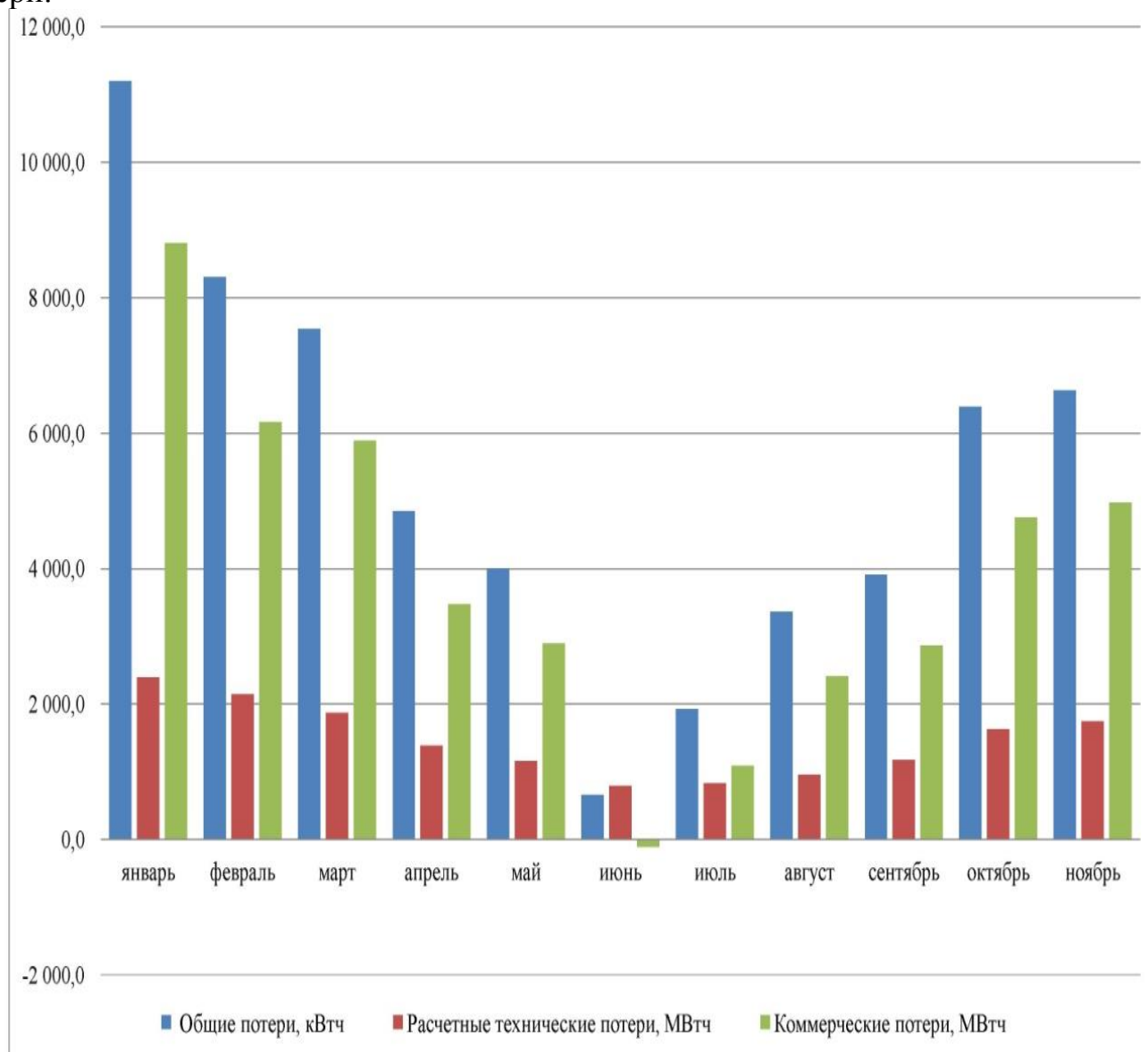


Рисунок 3 - Потери электроэнергии

Потери от хищений электроэнергии имеют три основные составляющие: механическое вмешательство в работу счетчика (механическое вскрытие), электрические способы хищений электроэнергии (изменение схемы подключения электросчетчика), магнитные способы хищений электроэнергии (использование высококоэрцитивных магнитов).

К основным составляющим технических потерь относятся: погрешности измерений отпущенной в сеть электроэнергии, которые зависят от класса точности измерительных приборов, несимметрия подведенного к измерительному комплексу напряжения, погрешности измерений, связанные с неправильными схемами подключения электросчетчиков, трансформаторов тока и трансформаторов напряжения[1].

Для определения приоритетных направлений и очередности внедрения мероприятий по снижению потерь необходимо достаточно детальное энергетическое обследование электрических сетей.

Необходимость энергетических обследований для энергосбережения закреплена важнейшими государственными документами, а также рядом государственных стандартов. Энергетические обследования должны проводиться в соответствии с Федеральным законом «Об энергосбережении», Постановлением Правительства РФ от 2.11.1995 года № 1087 «О неотложных мерах по энергосбережению», а также в соответствии с утвержденными Минтопэнерго России 25.03.1998 года Правилами проведения энергетических обследований организаций[2].

Основным и перспективным решением проблемы снижения коммерческих потерь электроэнергии является широкое применение АСКУЭ – автоматизированных систем контроля и учета электроэнергии[3].

Выводы. Потери электроэнергии в электрических сетях – важнейший показатель эффективности и рентабельности их работы. Снижение потерь электроэнергии в кризисных условиях - один из путей поступления денежных средств на их развитие, на повышение надежности и качества электроснабжения потребителей.

Основной путь выявления коммерческих потерь – расчет и анализ допустимых и фактических небалансов электроэнергии в электрических сетях энергосистемы с учетом технических потерь в сетях, определение и локализация этих небалансов в районах электрических сетей.

Список литературы

1. Бохмат И.С, Воротницкий В.Э., Татаринов Е.П. Снижение коммерческих потерь в электроэнергетических системах. - Электрические станции, 1998, №9.
2. Сборник нормативных и методических документов по измерениям, коммерческому и техническому учету электрической энергии и мощности. - М.: Издательство «НЦ ЭНАС», 1998.
3. Ю. С. Железко, А. В. Артемьев, О. В. Савченко. Расчет, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях: Руководство для практических расчетов. — М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2005.- 280 с.: ил.

Е.А. Четвериков, К.В. Асеев

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

ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОВЫЕ СВОЙСТВА СВЧ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК СТАЦИОНАРНОГО ТИПА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ВОЗБУЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В РАБОЧЕЙ КАМЕРЕ

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 $P_{ног}$ определяется следующим соотношением:

$$P_{ног} = (\vec{r}, \tau) = 0.5 \times \omega \times \varepsilon \times tg\delta \times |\vec{E}(\vec{r}, \tau)|^2, \quad (1)$$

где ω – круговая частота; ε – диэлектрическая проницаемость; $tg\delta$ – 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 $P_{ног}$. 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.

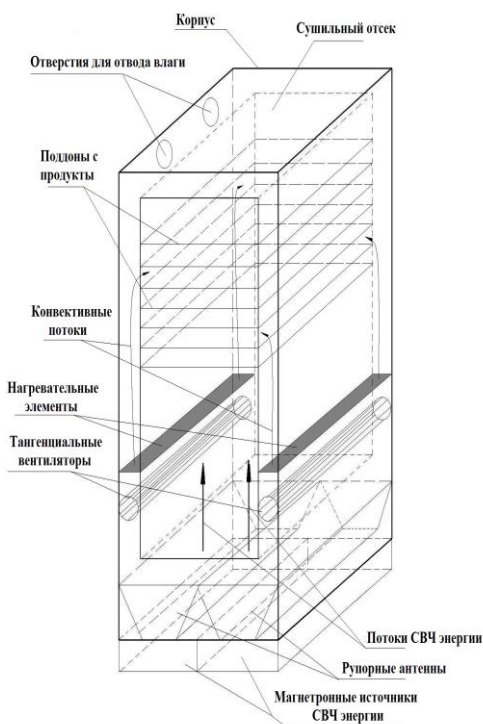
Недостатком обоих рассмотренных способов возбуждения электромагнитного поля является то обстоятельство, что обрабатываемый материал располагается на нижней металлической стенке резонатора, что приводит к превосходству нормаль-

ной 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.

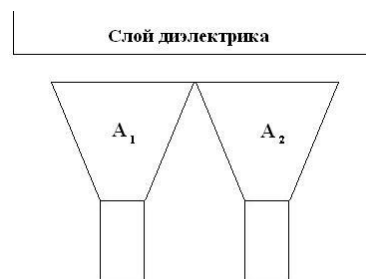
Значительно уменьшить указанный недостаток позволяет предлагаемый в настоящей работе нижний способ возбуждения микроволновой энергии в рабочую камеру, который осуществляется с помощью прямоугольного рупора в нижней части которого расположены магнетронные источники. Известно, что на выходе рупора вектор поля имеет в основном тангенциальную составляющую, что значительно повышает универсальность микроволновой сушильной установки с нижним способом подвода.

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.

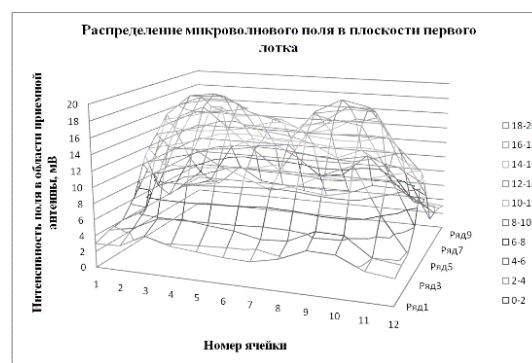
Рисунок 1 а) технологическая схема сушильного шкафа комбинированной сушки с рупорной си-



а)



б)



в)

стемой возбуждения микроволнового поля; б) рупорная система; в) распределение микроволнового поля в области первого поддона.

Таблица 1-Распределение температур по 16 зонам

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}

$T_{cp}=$	23,3
$T_0=$	9
$\Delta T=$	14,3
$\eta=$	0,6
$T_{max}=$	28,0
$T_{min}=$	20,0
$P=$	638

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 расторопши): 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 расторопши./ 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 расторопши 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

К.Д. Чурляева¹, О.Н. Чурляева², С.Ф. Степанов¹

¹Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., г. Саратов

²Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, г. Саратов

МОНИТОРИНГ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ С ПОМОЩЬЮ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ. РАЗРАБОТКА АВТОНОМНОЙ НАЗЕМНОЙ СТАНЦИИ ДЛЯ ПОДЗАРЯДКИ КВАДРОКОПТЕРОВ

Аннотация: Рассмотрено применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для мониторинга технического состояния воздушных ЛЭП, а также предлагается вариант автономной наземной станции для подзарядки аккумуляторных батарей БПЛА на основе возобновляемых источников энергии.

Ключевые слова: мониторинг воздушных линий, беспилотный летательный аппарат, квадрокоптер, зарядная станция, аккумуляторная батарея

В современной науке актуальным является нахождение новых путей получения данных об объектах, которые достаточно удалены от цивилизации.

Одним из развивающихся способов мониторинга является метод применения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), и зачастую используются именно квадрокоптеры [1].

Квадрокоптер – это многороторный летательный аппарат, в котором управление моторами осуществляется специальной платой электроники на основе сигналов с датчиков. Эта плата автоматически контролирует скорость вращения каждого мотора в зависимости от положения аппарата в воздухе, внешних воздействий и сигналов управления.

Квадрокоптеры имеют ряд преимуществ:

1. обладают широким спектром возможностей (начиная от фото, заканчивая тепловизионной съемкой);
2. не требуют специально подготовленных площадок и стартовых комплексов;
3. сравнительно недороги, в отличие от больших авиакомплексов;
4. позволяют сократить время осмотра объектов.

Сферы применения беспилотников различны, например: мониторинг открытых горных работ, лесных и сельскохозяйственных угодий, гидротехнических сооружений, нефтегазовых месторождений, а также сооружений энергетической промышленности.

Заостряя внимание на энергетической промышленности, наибольший интерес представляет мониторинг технического состояния воздушных линий электропередач (ВЛЭП). Для получения информации об объекте применяется комбинированный метод съемки: данные с беспилотного самолета формируют общую картину, а детальное рассмотрение проблемных участков выполняется с помощью квадрокоптера [2].

Конструкция квадрокоптера (Рисунок 1) включает в себя: центральную часть - «фюзеляж» (1), который служит для размещения оборудования, нагрузки и аккумулятора. Радиально от центра на балках (3) устанавливаются микроэлектродвигатели с несущими винтами (2).

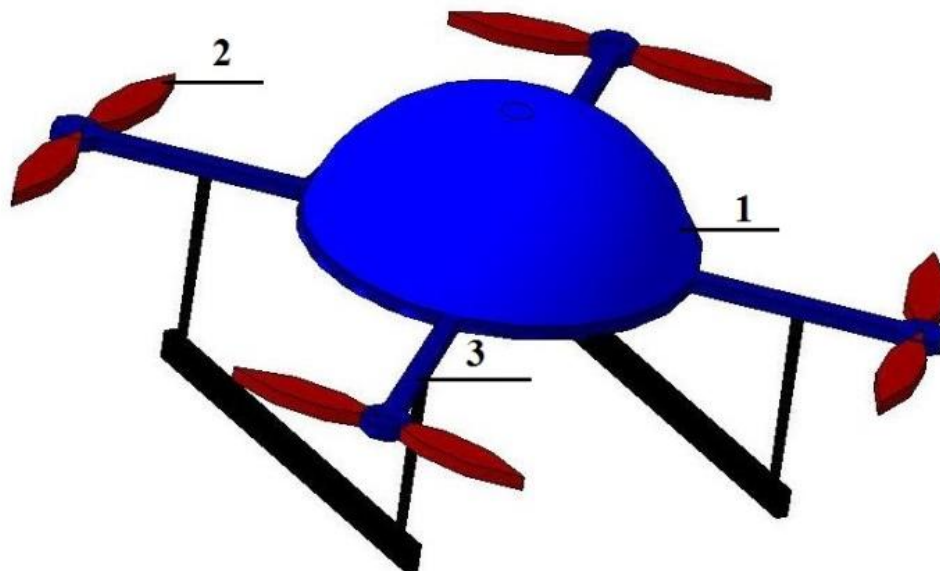


Рисунок 1 – Конструкция квадрокоптера

Беспилотная аэрофотосъемка ЛЭП при облете линий позволяет существенно сократить время на поиск повреждений линий при их аварийном отключении. Мониторинг ЛЭП при помощи беспилотника позволяет осуществить измерение провиса проводов; оценку состояния ЛЭП; контроль силовых элементов высоковольтных линий; контроль допустимой высоты деревьев в зоне прохождения высоковольтных линий с помощью лазерного сканирования; съемку новых маршрутов линий электропередач; проектирование маршрутов прокладки ЛЭП с использованием имеющихся опор ЛЭП и новых моделей проводов; анализ повреждений, аварий [1].

Труднодоступные для осмотра ВЛЭП нуждаются в автономных источниках электроэнергии для подзарядки квадрокоптеров [3]. Предлагается реализовать такой вариант зарядной станции (Рисунок 2) на основе возобновляемых источников энергии (ветер, солнце) [4], согласно которому после посадки квадрокоптера на первую площадку зарядной станции (1) производится автоматическое извлечение разряженной аккумуляторной батареи из батарейного отсека и помещение ее в контейнер, в котором осуществляется подзарядка аккумулятора. Одновременно с этим освободившийся бортовой отсек квадрокоптера перемещается заряженная батарея. Возможна подзарядка от второй платформы (2) зарядного комплекса. На площадке расположена матрица плоских дежурных электродов (3), на борту БПЛА находятся аккумулятор, положительный и отрицательный выводы которого электрически соединены с бортовыми электродами и соответственно подзарядка обеспечивается за счет использования избыточного количества дежурных электродов и подключенных к

ним анализаторов-коммутаторов, позволяющих после посадки БПЛА автоматически подключать к дежурным электродам напряжение зарядного наземного источника с соблюдением правильной полярности. После смены аккумулятора или его подзарядки квадрокоптер производит взлет и покидает зарядную станцию.

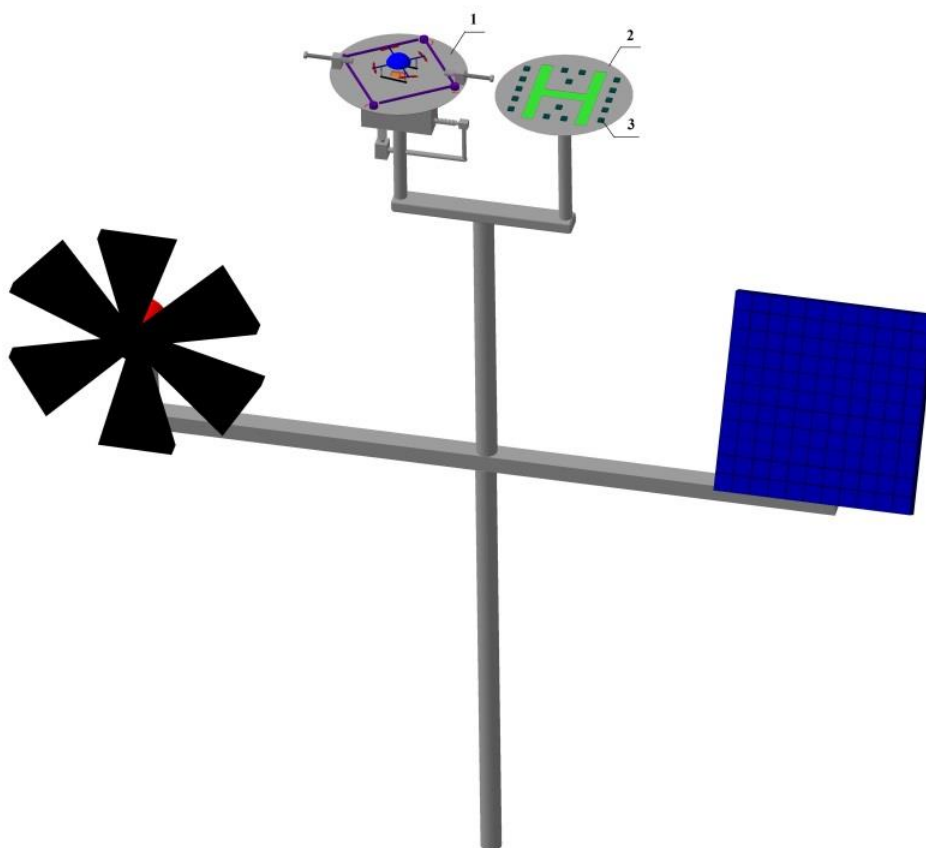


Рисунок 2 – 3D модель автономной зарядной станции

Список литературы

1. Грузков Д.Н., Сидоров А.Е. Диагностирование линий электропередач беспилотным летательным аппаратом/ Технические науки/5. Энергетика 2013. URL: http://www.rusnauka.com/19_TSN_2014/Tecnic/9.
2. Попов Н.И., Емельянова О.В. Динамические особенности мониторинга воздушных линий электропередачи с помощью квадрокоптера / Материалы докладов VIII Международной молодежной научной конференции «Тинчуринские чтения» 2013, том3.
3. Система подзарядки аккумулятора электрического беспилотного летательного аппарата / патент РФ № 2523420 // <http://www.freepatent.ru/patents/>
4. Комбинированные наземные автономные зарядные станции общего пользования с ветро-солнечными источниками энергии для мультикоптеров / С.Ф. Степанов, И.И. Артюхов, Д.И. Артюхов, И.Н. Яценко, О.Н. Чурляева – Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VI международной научно-практической конференции / Под общ.ред. Трушкина В.А. - Саратов : ООО «ЦеСАин», 2015. – с.269-274.

О.Н. Чурляева, Д.А. Немова

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

КЛАССИФИКАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ ТОКА ДЛЯ ПИТАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Аннотация: Рассмотрены классификация источников тока для БПЛА, различные перспективные разработки источников питания и других систем, позволяющие увеличить длительность непрерывного функционирования электрических БПЛА.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат (БПЛА), источник питания, аккумуляторная батарея, двигатели и т.д.

Беспилотный летательный аппарат (сокращённо БПЛА или БЛА) – летательный аппарат, пилотируемый дистанционно или автономно, без помощи пилота. Беспилотные летательные аппараты находят применение во многих сферах. Их широко используют для целей экологического мониторинга, оценки динамики экзогенных геологических процессов, инвентаризации объектов недвижимости и лесного хозяйства, создания планов застройки территорий, оценки объемов вырубki леса, мониторинга состояния сельскохозяйственных угодий, решения задач землеустройства, съёмки промышленных объектов, карьеров и разрезов горнодобывающих предприятий.

В зависимости от типа и назначения БПЛА в них применяются различные типы двигателей – это тепловые двигатели (внутреннего сгорания или реактивные) или электрические. Электрические становятся все более используемыми ввиду таких их преимуществ, как относительная простота обслуживания, бесшумность, экологичность. Еще несколько лет назад, большинство разработок БПЛА имело военное назначение, и в них предусматривалось использование тепловых двигателей, так как только они могли обеспечить необходимые дальность и длительность полета. Сегодня же с расширением областей применений БПЛА в гражданских целях, большая часть новых разработок – это полностью электрические аппараты. С одной стороны – это обусловлено, тем, что во многих новых областях применения БПЛА просто не требуются большие дальности и длительности полетов, а с другой, – технологии новых источников питания постоянно развиваются, и уже сегодня существующие типы аккумуляторов, которые вполне приемлемы для выполнения многих задач [1].

В некоторых случаях (для построения мини- и микро-БПЛА) электрические двигатели просто незаменимы, однако для электродвигателей, так же как и для других бортовых потребителей электроэнергии (электро-сервоприводов, бортовых компьютеров, радиопередатчиков и т.д.), требуются эффективные источники питания. На сегодняшний день такими источниками в подавляющем большинстве случаев являются литий-ионные аккумуляторы.

Существует два основных направления решения проблемы обеспечения длительного (непрерывного) функционирования электрических БПЛА при выполнении ими своих полетных задач [2]:

- за счет повышения удельной энергоемкости источников БПЛА и повышения энергоэффективности самого БПЛА (без подзарядки источника питания);
- с использованием подзарядки (замены) источника питания.

Рассмотрим различные перспективы источников тока для БПЛА:

1. Для бортового питания применяются различные химические источники тока (ХИТ). Они подразделяются на первичные источники тока (гальванические элементы однократного применения) и вторичные (аккумуляторы – многократно перезаряжаемые ХИТ).

2. В бортовом питании используются кислотно-свинцовые, никель-кадмиевые, серебряно-цинковые и другие аккумуляторы. На сегодняшний день в электрических БПЛА во всем мире наиболее используемыми являются литий-ионные аккумуляторные батареи [3]. Также литий-ионные аккумуляторы, которые называют литий-полимерными. Такие батареи наиболее неприхотливы в эксплуатации, чем батареи других типов.

3. На стадии разработок литий-серные аккумуляторы и литий-воздушные элементы.

4. Весьма перспективны для построения энергетических силовых установок БПЛА топливные элементы. Есть примеры использования в БПЛА водородных и метанольных топливных элементов.

5. Группа супер-конденсаторов (ионисторы) – это электрохимические конденсаторы, функцию обкладок в которых выполняется двойной электрический слой на границе раздела электрода и электролита. Это гибрид конденсатора и химического источника тока.

Рассмотренная классификация источников тока для БПЛА, а также подходы, технические разработки и усовершенствования не исчерпывают всего многообразия возможностей увеличения длительности непрерывного функционирования электрических БПЛА. Обычно аккумуляторная батарея обеспечивает типичное время полета 30-40 минут, но этого времени может быть недостаточно для достоверного исследования объектов. Зачастую требуется длительный полет БПЛА. Организация длительного режима наблюдения была бы возможна при наличии наземных зарядных станций, обеспечивающих точную посадку БПЛА и восстановление их энергетических возможностей [4].

Список литературы

1. Современные химические источники тока. Гальванические элементы, аккумуляторы, конденсаторы: Учебно-справочное пособие / Сост.: Ю.Б. Каменев, И.Г. Чезлов. СПб.: СПбГУКиТ, 2009. 90 с.
2. Общие виды и характеристики беспилотных летательных аппаратов: справ, пособие /А.Г. Гребеников, А.К. Мялица, В.В. Парфенюк и др. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2008. 377 с.
3. Соболев В., Соколов М., Родин М. Литий-тионилхлоридные источники питания // Компоненты и технологии. 2010. № 7. С. 124...126.
4. Комбинированные наземные автономные зарядные станции общего пользования с ветро-солнечными источниками энергии для мультикоптеров / С.Ф. Степанов, И.И.Артюхов, Д.И. Артюхов, И.Н. Ященко, О.Н. Чурляева – Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VI международной научно-практической конференции / Под общ.ред. Трушкина В.А. - Саратов : ООО «ЦеСАин», 2015. – с.269-274.

И.С. Шаркова, М.А. Левин

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

ПРИНЦИПЫ КОМПОНОВКИ УЧЕБНЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ СТЕНДОВ ПО ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ДИСЦИПЛИНАМ

Главной задачей любого высшего учебного заведения является полноценное предоставление всей доступной информации, создание возможности ее качественно и структурировано отображать. Для этих целей всегда будет уместным и практичным применение различного учебного оборудования, такое как учебные плакаты, стенды, учебные пособия, различное вспомогательное оборудование, контрольно-измерительные приборы, компьютерные макеты и действующие модели. Но для повышения качества профессионального образования одно из главных мест занимает использование в процессе организации учебного процесса учебной техники- лабораторных стендов и комплексов. Учебное лабораторное оборудование даёт возможность студентам не только закрепить, но и практически проверить те теоретические знания, которые они получили.

Учебные лабораторные стенды – это принципиально иная форма реализации учебного лабораторного оборудования, предназначенная для экспериментального исследования физических процессов и технических показателей изучаемых объектов [1].

В зависимости от способов реализации различают следующие типы лабораторных стендов:

специализированные лабораторные стенды -представляют собой совокупность приборов, источников питания, исполнительных механизмов, технологических приспособлений для крепления, нагрузки и пр., отобранных специально для исследования конкретного и единственного объекта изучения.

На стендах первого поколения использовались аналоговые приборы и простейшие ручные средства управления объектом. Такой комплект не позволял ставить серьезных исследовательских задач. Обучение сводилось к снятию статических характеристик.

Достоинством такого подхода считается целевой отбор всего лабораторного оборудования для решения узкого перечня задач объекта изучения, обеспечивает минимальную стоимость лабораторного оборудования в пересчете на один стенд.

Недостатков у такого лабораторного оборудования значительно больше:

- 1.Очень трудно реализовать фронтальное проведение работ, так как требуется большое количество стендов;
- 2.По этой же причине ограничивается перечень объектов экспериментального исследования;

3. Практически невозможно изучать переходные процессы и режимы многоканального управления из-за ограниченности возможностей средств измерения и управления;

4. Значительно увеличиваются требуемые площади лабораторных помещений.

универсальные лабораторные стенды, в отличие от специализированных стендов, предназначены для исследования группы сменных объектов изучения.

Лабораторный стенд второго поколения содержит инвариантную часть (измерительные приборы, источники сигналов, блоки питания и т.д.) и специальное оборудование, предназначаемое для каждого сменного объекта.

На лабораторных стендах второго поколения, используются универсальные цифровые измерительные приборы, осциллографы, а также средства управления в виде полупроводниковых регуляторов, полуавтоматических исполнительных механизмов и т.д.

Достоинство такого подхода – значительное сокращение количества требуемых стендов и стендового оборудования (а, следовательно, и занимаемых площадей), упрощение его обслуживания, упрощение реализации фронтального метода выполнения лабораторных работ (на все имеющиеся стенды можно одновременно поставить один и тот же объект изучения) [2].

Недостаток в том, что любое универсальное оборудование, как правило, более сложное, дорогое и избыточное, а при частой его смене уменьшаются сроки безаварийной работы, т.е. увеличиваются эксплуатационные расходы.

автоматизированные лабораторные стенды. Учебный лабораторный стенд третьего поколения превратился в автоматизированное рабочее место (АРМ), содержащее управляющую вычислительную машину (УВМ) и устройства ее сопряжения с объектом (УСО). В большинстве случаев измерительные приборы, как таковые, отсутствуют. Их функции выполняют датчики соответствующего типа, подключенные к входным каналам УСО, выполненным в виде набора стандартных модулей сопряжения (коммутаторы входных каналов, счетчики импульсов, входные регистры, АЦП и т.д.). Управление объектом передается УВМ и реализуется исполнительными механизмами через выходные модули УСО (ЦАП, программируемые таймеры, выходные регистры и т.д.) [3]. Значительно изменились функции экспериментатора. Он удаляется из контура непосредственного управления объектом и превращается в оператора УВМ. Его задача сводится к формированию программы проведения эксперимента и оценке результатов.

Достоинством лабораторного оборудования является, появление возможности предварительного моделирования исследуемых физических процессов, что делает процедуру экспериментального поиска более осмысленной и продуктивной. Можно исследовать как статические, так и динамические показатели объектов в режимах многоканального управления по весьма сложным алгоритмам.

Главный недостаток состоит в неэффективном использовании средств вычислительной техники. Подключение к каждому лабораторному стенду персонального компьютера со средствами сопряжения (УСО) слишком дорого, если учесть, что коэффициент загрузки такого оборудования в течение учебного года чрезвычайно низок.

лабораторные стенды удаленного коллективного доступа. Технически суть сводится к возложению на УВМ автоматизированного лабораторного стенда третьего поколения дополнительных функций сервера удаленного доступа. В этом случае открывается возможность коллективного доступа к одному лабораторному стенду многих пользователей по компьютерным сетям практически без ограничения расстояний [4].

Достоинства такого подхода очевидны:

- 1.значительно сокращается количество требуемого лабораторного оборудования, лабораторных площадей, обслуживающего персонала;
- 2.полностью исключаются рутинные операции и открываются возможности для творческого индивидуального подхода;
- 3.практически снимаются временные ограничения проведения лабораторных исследований.

Особенности эксплуатации такого лабораторного оборудования связаны с разработкой, созданием и поддержанием всей инфраструктуры сетевого обмена информационными и техническими ресурсами[4].

Таким образом можно сделать вывод, что работа с лабораторными стендами –это наглядная демонстрация теоретического материала с личным участием студентов, которая помогает сформировать понимание предмета в целом, позволяет углубить знания в исследуемой области. В целом работа с учебно-лабораторным оборудованием позволяет оптимизировать образовательную среду и достичь освоение компетенций, заложенных в новых Образовательных Стандартах.

Список литературы

1. Ерошенко Г.Н., Кондратьева Н.П. Эксплуатация электрооборудования: учебник.- Изд.: "Инфра-М", 2014.-336с.
1. Левин М.А. К диагностированию электрооборудования.Материалы международной научно-практической конференции Вавиловские чтения: - Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2009.-286-288с.
3. [Электронный ресурс].URL: <http://www.edu.kspu.ru/file.php/1/hrestomatia/part12.html> (дата обращения:26.03.2016).
4. Левин М.А., Иванкина Ю.В., Чурляева О.Н. Влияние коэффициента нагрузки на надежность электродвигателей насосных станций// Научное обозрение -2015. -№ 8.- С. 111-113

В.Г. Щетинин

Самарский государственный технический университет, г. Самара

СТАТИЧЕСКИЕ КОМПЕНСАТОРЫ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ КАК ИНСТРУМЕНТ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ АПК

Одна из основных тенденций в исполнении современных электроэнергетических объектов — это необходимость компактизации систем, а также повышения плотности передаваемой потребителям энергии. Наиболее эффективное и современное направление в оптимизации работы электроэнергетических систем — использование систем электропередачи с использованием устройств Flexible Alternative Current Transmission или FACTS (система статической компенсации реактивной мощности).

Статические синхронные компенсаторы (static synchronous compensator) STATCOM — одно из самых современных и совершенных устройств категории FACTS. STATCOM представляет собой управляемое статическое устройство, выполненное по схеме преобразователя напряжения и подключенное в электрическую сеть параллельно нагрузке.

Благодаря применению STATCOM появляется возможность увеличивать пропускную мощность имеющихся сетей за счёт оптимизация потока мощности, а также улучшить ряд других показателей. Дополнительное улучшение кривой напряжения и другие положительные факторы после внедрения STATCOM позволяют быстро окупить это достаточно сложное оборудование. Применение современных достижений в разработке алгоритмов векторного управления ШИМ преобразователей обеспечивает высокое быстродействие и качество регулирования системы.

В настоящее время такие устройства выпускаются в широком диапазоне токов и напряжений: от 50...150 А для сети 0,4 кВ, до установок для компенсации реактивной мощности крупных потребителей, таких как плавильные и электролизные установки, тяговые подстанции. При этом целесообразно устанавливать STATCOM параллельно группе потребителей (один или группа жилых домов, подкачивающая станция водоснабжения или узел теплоснабжения с несколькими насосами и т.п.). Ниже приводятся результаты применения компенсаторов STATCOM на рабочие токи 50...150 А в системах электроснабжения 0,4 кВ.

Для анализа возможностей компенсаторы подключались параллельно потребителям различного характера:

- грузоподъемные установки (лифты) с мощностью асинхронных двигателей лебедок 3,0...8,0 кВт, работающие 8 часов в сутки без выходных – группа 1;
- насосные станции с 2...4 насосами, асинхронные двигатели которых имели мощность 4,0...12,0 кВт, работающие круглосуточно – группа 2;

- офисные и бытовые помещения с установленной мощностью потребителей бытового характера 15,0...20,0 кВт – группа 3.

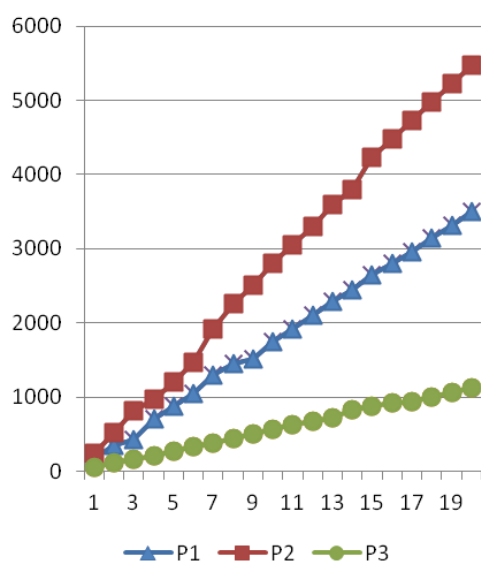


Рисунок 1

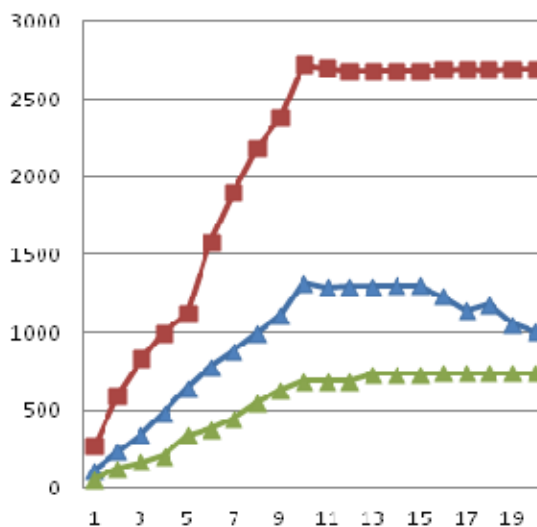


Рисунок 2

В ходе эксперимента записывались показания счетчиков активной и реактивной энергии вначале при отключенном компенсаторе в течении 10 суток – рис.1, а затем аналогичные с включенным компенсатором рис.2. При этом условия функционирования потребителей не менялись. Для группы 2 в последние 5 дней компенсатор был отрегулирован на режим перекомпенсации.

Полученные результаты подтверждают заявленные характеристики компенсаторов. Достаточно четко наблюдается эффект повышения коэффициента мощности для всех потребителей, а так же возможность работы в режиме перекомпенсации – для потребителя 1 за последние 5 дней наблюдалось снижение показаний счетчика реактивной энергии на 296 кВАр.

Анализ результатов позволяет сделать следующие выводы:

1. Применение компенсаторов реактивной энергии эффективно для всех групп потребителей, включая маломощные (5...7 кВт).
2. Наблюдается снижение потребляемой полной мощности на 25...40% для потребителей с коэффициентом мощности 0,6...0,8.
3. Возможно получение экономического эффекта при включении соответствующих условий в договор с энергоснабжающей организацией и за счет повышения эффективности использования ЛЭП. Так же предоставляется возможность дальнейшего повышения эффективности за счет настройки компенсатора на максимально отдаваемую реактивную мощность.

М.В. Яшин, С.Ф. Степанов

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., г. Саратов

ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВЕТРОЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Аннотация: В статье рассмотрены вопросы экологической безопасности городских ветроэлектростанций (ВЭУ). Способы снижения их негативного влияния (вибрация, шум, инфразвук, световое восприятие) на человека и птиц. Также описывается рациональное использования площади для установки МВЭУ, влияние на архитектуру и дизайн зданий.

Ключевые слова: ветрогенератор; мультимодульная ветроэлектростанция, экологическая безопасность.

Первоначально экология рассматривалась, как чисто биологическая наука. Современная экология — сложная, разветвлённая наука тесно связанная с такими науками, как биология, химия, математика, география, физика, эпидемиология, биогеохимия, социология. Также сегодня отдельно выделяют: геоэкологию, биоэкологию, гидроэкологию, ландшафтную экологию, этноэкологию, социальную экологию, химическую экологию, радиоэкологию, экологию человека. Поэтому вполне возможно выделить понятие технической экологии. Под которым будем понимать влияние создаваемых технических аппаратов, машин, приборов на животный мир и человека.

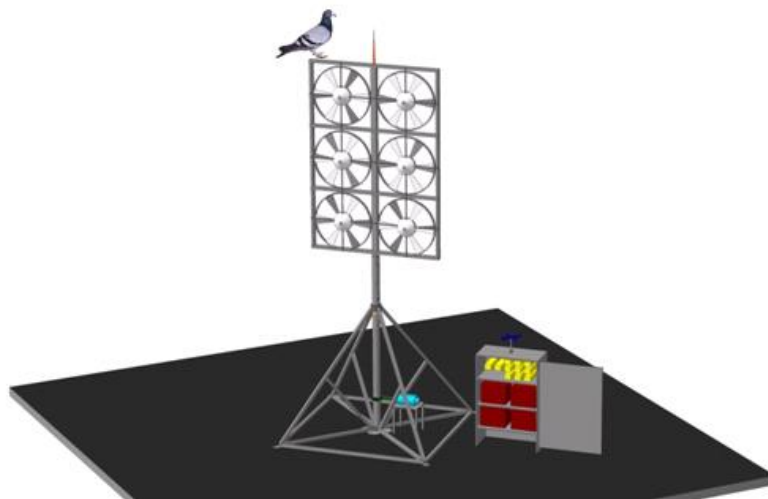


Рисунок 1 – Внешний вид МВЭУ

В настоящее время современное общество все чаще проявляет интерес к тому, чтобы вырабатывание электроэнергии происходило с как можно меньшим влиянием на окружающую среду. Современные традиционные электростанции оказывают пагубное влияние на окружающую среду (загрязнение атмосферы, отходы и т.д.). В

этом плане ветроэнергетика имеет большие преимущества, поскольку является одним из источников наиболее экологически чистой электроэнергии. Однако и ей присущи определенные негативные влияния на окружающую среду.

В СГТУ имени Гагарина Ю.А. ведутся работы по разработке, исследованию и созданию ветроэлектростанций на основе мультимодульной компоновки (МВЭУ). При разработке МВЭУ были учтены основные недостатки современных ветроэлектростанций и приняты меры по их устранению.

При вращении лопастей ВЭУ, возникает шум и вибрация, которые негативно сказываются на населении, а также на птицах и животных. Вибрации конструкции ВЭУ увеличивают износ ее агрегатов и оборудования. Поэтому минимизация шумов и вибрации является залогом рентабельного использования ВЭУ и комфортной жизни населения. В создаваемых МВЭУ, было применено конструктивное решение, позволяющее уменьшить шум и вибрацию посредством замены одного большого ветроколеса несколькими меньшего размера.

Для снижения вибрации несущей конструкции был выбран бесконсольный вариант с установкой всех модулей в единый каркас, соединенный с несущей вращающейся опорой.

Из-за небольшого размера лопастей, МВЭУ не является источником инфразвукового излучения, которое негативно сказывается на жизнедеятельности животных, птиц и, по некоторым данным, даже человека.

ВЭУ большой мощности представляет опасность для птиц и летучих мышей, так как они часто врезаются во вращающиеся лопасти. МВЭУ же имеет хорошо заметную для птиц малоподвижную конструкцию, которая закрывает опасные участки ветроколеса, уменьшая вероятность попадания в них птиц.

Использование ВЭУ в городской среде требует максимального снижения их шума и вибрации. Практически единственными местами размещения ВЭУ в городской среде являются крыши домов. Это позволяет максимально использовать энергию ветра (на крыше ветер дует с гораздо большей скоростью и не имеет помех в виде других зданий). Получаемая электроэнергия может использоваться для освещения рекламных щитов, мест общего пользования домов, территорий вокруг дома и в ряде других случаях, когда не целесообразно сооружение линий электропередач.

Поскольку эстетический вид и архитектурный стиль городских зданий очень важны, данная МВЭУ может быть исполнена в дизайн - проектах многих зданий или же использоваться для освещения фасадов зданий. Все эти предпринятые меры позволяют применять МВЭУ в городских условиях, что раньше было невозможно по ряду приведенных выше причин.

Список литературы

1. ГОСТ Р 51990-2002 Нетрадиционная энергетика. Ветроэнергетика. Установки ветроэнергетические. Классификация. Введ. 01.07.2003. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 12 с.
2. Ветроэлектрические станции: учеб. Пособие / В. Н. Адрианов [и др.]. – М.: ГЭИ, 1960, – 324с.
3. Автономные ветроэлектрические установки: учеб. / В.П. Харитонов - М.: Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства, 2006. – 280 с.

Содержание

<i>А.М.Абитов, А.Г.Фиатишев</i> <u>ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ</u>	3
<i>Р.А. Амерханов, Куличкина А.А., Нехай Р.Д.</i> <u>ВОЗМОЖНОСТЬ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА В ГЕЛИОУСТАНОВКАХ ЮЖНОГО РЕГИОНА РОССИИ В КАЧЕСТВЕ АЛЬТЕРНАТИВЫ ИСКОПАЕМОМУ ТОПЛИВУ</u>	7
<i>Р.А. Амерханов, Р.С.Касьянов, Костенко Р.С.</i> <u>АККУМУЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ВЕТРОТУРБИН ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОРОДНОГО ТОПЛИВА</u>	8
<i>Р.А. Амерханов, В.В. Дворный</i> <u>ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ СОЛНЕЧНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В ЮЖНОМ РЕГИОНЕ РОССИИ</u>	9
<i>С. М. Бакиров, С. С. Елисеев</i> <u>ЗНАЧЕНИЕ РАЗРАБОТКИ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОГО ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННОГО АГРЕГАТА ДЛЯ ТЕПЛИЦ ЗАКРЫТОГО ГРУНТА</u>	10
<i>С. М. Бакиров, А. П. Ищенко</i> <u>АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ САМОХОДНОЙ ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННОЙ РЕЛЬСОВОЙ ТЕЛЕЖКИ</u>	12
<i>А.И.Билалова</i> <u>ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ</u>	14
<i>Г. С. Бозин</i> <u>ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ВЫБОР ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ КОНТРОЛЛЕРОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ЛОКАЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ СЕЛЬХОЗ ПРОИЗВОДСТВА</u>	17
<i>А.В. Богдан, Д.С.Нетребко, А.А. Гучемуков</i> <u>АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ГОРОДОВ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО СОКРАЩЕНИЮ ТЕХНИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ</u>	20
<i>О.Г.Брюнина</i> <u>ВЫБОР ТОЧКИ БИВАЛЕНТНОСТИ И МОЩНОСТИ ТЕПЛООВОГО НАСОСА ДЛЯ Г.САРАТОВА</u>	22
<i>А.А. Верзилин, М.В. Зайцева</i> <u>АВТОНОМНОЕ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ</u>	24
<i>Н. К.Гераскин, А.Н.Тимофеев</i> <u>НЕКОТОРЫЕ МЕТОДЫ КРИПТОГРАФИИ</u>	27
<i>А.Л.Головачев, А.В.Зуев, Ю.В.Обухова</i> <u>СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ</u>	31
<i>А.А. Гончаров, А.В.Жученко</i> <u>МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОДУЛЯ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ ПРИ ОБРАБОТКЕ СЕМЯН НА ДВИЖУЩЕЙСЯ ЛЕНТЕ ТРАНСПОРТЕРА</u>	32
<i>С.А.Гусева, Т.Н. Мармус</i> <u>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ЛЕСОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КАК ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ</u>	36

<i>В.А. Данилушкин, И.В. Васильев</i> ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ ИНДУКЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ НАГРЕВА И ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ЖИДКОСТИ.....	40
<i>О.И. Евликова, М.А. Левин</i> ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЧАСТОТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ПРИВОДА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ В КАЧЕСТВЕ УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ.....	42
<i>А. С. Егиазарян, А.Л. Головачев</i> ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ТЕХНОЛОГИЯХ «ИНДУКЦИОННЫЙ НАГРЕВ - ДЕФОРМАЦИЯ»	45
<i>А.В. Емелин, А.В. Савенко</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА НЕСИММЕТРИИ НАПРЯЖЕНИЙ ПО НУЛЕВОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ.....	46
<i>А.А. Еопаров, Т.В. Улыбина</i> ВИБРАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ УСТАНОВКИ.....	49
<i>Н.Б.Ербаева, Р.Р.Файзуллин, А.В. Садырин, Е.Т.Ербаев, И.Ю.Лошкарев, В.И.Лошкарев</i> УПРАВЛЕНИЕ ПОТОКАМИ ЭНЕРГИИ РАЗНОЙ МОЩНОСТИ В АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ВЕТРО-ДИЗЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ.....	52
<i>Н.Б.Ербаева, Р.Р.Файзуллин, А.В.Садырин, Е.Т.Ербаев, И.Ю.Лошкарев, В.И.Лошкарев</i> АВТОНОМНАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ УНИВЕРСИТЕТА	57
<i>Г.П.Ерошенко, М.М.Королев</i> СОСТАВ И КЛАССИФИКАЦИЯ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЕЛЬКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ 10-0,4 кВ	63
<i>Г.П.Ерошенко, А.Д. Овчаров, М.М. Королев</i> ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ.....	67
<i>А.Ю.Захаров, В.В. Иванов, Е.Л.Белов</i> ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ ПАРКОВ.....	71
<i>Ю.В.Зубков, Ю.Н.Иванников, Д.О.Буйлова</i> ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СТАРТЕРА ПРИ ПУСКЕ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ...	74
<i>А. Е. Игнатъев, А. П. Моисеев</i> .СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ БРИКЕТИРОВАНИЯ КОРМОВ ПРИМЕНЕНИЕМ ЛИНЕЙНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ДВИГАТЕЛЯ.....	76
<i>О.В.Кабанов, С.А.Панфилов, О.А.Андропова, А.А.Оксин</i> К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ.....	78
<i>Н.К. Катаева</i> ПРОГНОЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРИМЕНЕНИЯ УЗО В СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ 0,38кВ ПРИ НЕСИММЕТРИЧНОМ РЕЖИМЕ РАБОТЫ.....	84
<i>А.В. Квитко</i> О НЕОБХОДИМОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ	88
<i>А.С. Кириченко, А.А. Скороход, Н.С. Авджян</i> СОЗДАНИЕ НЕОБХОДИМОГО МИКРОКЛИМАТА В ТЕПЛИЦАХ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ	90

<i>А.С. Кириченко, Э.Г. Армагян, М.И. Милованов</i> ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ	91
<i>А.С. Кириченко, Ю.Л. Пыжикова, В.А. Квартников</i> ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНЦЕНТРАТОРОВ ИЗЛУЧЕНИЯ	92
<i>Н.П. Кондратьева, Р.Г. Большин, М.Г. Краснолуцкая</i> РАЗРАБОТКА УФ СВЕТОДИОДНОЙ (LED) ОБЛУЧАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН	93
<i>М.Ю. Кононова</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЮЩИХСЯ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ПРИ РАЗВИТИИ ТРЗ АПК.....	97
<i>М.Г. Корныльев</i> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОГО СОСТОЯНИЯ КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТОГО ТЕЛА В ПРОЦЕССЕ КОНВЕКТИВНОЙ СУШКИ В АКУСТИЧЕСКИХ ПОЛЯХ ВЫСОКОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ..	101
<i>Д.С. Коробовцев, Ю.И. Рахимова</i> ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОТЫ ГОТОВОЙ СТАЛИ В СТАЛЕПЛАВИЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ	103
<i>В.И. Котенев, В.В. Кочетков, Д.А. Елькин</i> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ С НЕСТАБИЛЬНЫМ НАПРЯЖЕНИЕМ.....	105
<i>В.А. Кожухов, Р.А. Зубова</i> РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КОМПЛЕКСНОЙ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН С ТВЕРДОЙ ОБОЛОЧКОЙ	106
<i>Г.С. Кудряшев, А.Н. Третьяков, Х. Рахмет, С.В. Батищев</i> ВЛИЯНИЯ НЕСИНУСОИДАЛЬНОСТИ НА РАБОТУ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА.....	108
<i>В.А. Кузнецов</i> ТЕРМОДИНАМИКА УПРУГОЙ ДЕФОРМАЦИИ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ	112
<i>Н.Н. Курзин</i> СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ В СИСТЕМЕ ВОДОПОДГОТОВКИ ДЛЯ ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ АПК.....	114
<i>Ю.И. Кушнерёва, Д.А. Вырыханов</i> АВТОЗАПРАВОЧНЫЕ СТАНЦИИ И ВОДОРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА.....	117
<i>Л.А. Лягина</i> ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ВОЗДУХА ПРИ ОБДУВЕ НА ПРОЦЕСС СУШКИ... ..	121
<i>Л.А. Лягина, Д.А. Мухамбетов</i> КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ УМЯГЧЕНИЯ ВОДЫ	122
<i>Н.И. Малин, Ю.А. Канатников</i> ЭНЕРГО-И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ СУШКЕ ЗЕРНА.....	124
<i>Н.И. Малин</i> ШАХТНАЯ ЗЕРНОСУШИЛКА С ОДНИМ И ДВУМЯ КОНТУРАМИ РЕЦИРКУЛЯЦИИ, КАК ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СУШКИ	131
<i>А. Kh. Massad, С.Н. Хитров</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА ДЛЯ АВТОНОМНОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ УДАРНЫХ МАШИН С ЛЭМД	139

А.М.Марадудин, В.А. Каргин, А.В.Перетяцько, А.А.Леонтьев <u>ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СПОЛЬЗОВАНИЯ ОРЕБРЕНИЯ БОКОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ КОРПУСА В КАЧЕСТВЕ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ЛЭМД</u>	144
А.М.Марадудин, В.А.Каргин, А.В. Перетяцько, А.А.Леонтьев <u>ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛООТДАЧИ В ОХЛАЖДАЮЩИХ КАНАЛАХ ЛЭМД С ПРИНУДИТЕЛЬНОЙ ВЕНТИЛЯЦИЕЙ</u>	147
А.М.Марадудин, В.А.Каргин, А.В.Перетяцько, А.А.Леонтьев <u>ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ И ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ЛЭМД С САМОВЕНТИЛЯЦИЕЙ</u>	151
О.С.Морозова, Т.В.Улыбина <u>СХЕМЫ ПОДКЛЮЧЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ЕМКОСТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ</u>	155
Н.Н.Морозова, А.А. Кантаржи <u>ПУНКТЫ РЕДУЦИРОВАНИЯ ГАЗА ПОДЗЕМНЫЕ</u>	157
Д.А. Негметова, С.Ф.Степанов <u>УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ПРОПИТКА ОБМОТОК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН</u>	159
Л.А. Нейман, Н.И. Щуров, К.А. Обухов <u>ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВУХМАССОВОЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ</u>	161
М.В.Новикова, В.А Хрусталёв. <u>СИСТЕМНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО ТИПА ПРИВОДА ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ С УЧЕТОМ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ПРИЛЕЖАЩЕЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ.</u>	166
О.В. Новокрещенов <u>МАЛАЯ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ</u>	169
А.В.Обухова, Н.Н.Клочкова, Ю.В.Обухова <u>ЭКОНОМИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ЗА СЧЕТ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНЫХ НАГРУЗОК</u>	170
В.Н. Овсянников, Г.Ж. Левина, А.В. Переверзев <u>СТРУКТУРА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МОМЕНТНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ</u>	172
А.П. Остащенко <u>КОМПЛЕКС ДЛЯ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ПАСЕК НА БАЗЕ ГИБРИДНОЙ ГЕЛИОУСТАНОВКИ</u>	174
В.Д. Очиров, И.В. Алтухов, В.А. Федотов, О.Н. Цыдыпова <u>ОБРАБОТКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ ИНФРАКРАСНЫМ НАГРЕВОМ</u>	175
К.М.Петров, Ю.Л.Александров, В.С.Артемов <u>СОВРЕМЕННЫЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ - РЕЗЕРВ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЕМКОСТИ В АПК</u>	178
А.Ю. Прудников, М.Н. Герасимова, В.В. Боннет, А.Ю.Логинов, В.В. Потапов <u>ОЦЕНКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПО КОМПЛЕКСНЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ</u>	180
А.Ю. Прудников, В.В. Боннет , Герасимова М.Н. А.Ю.Логинов, В.В. Потапов <u>ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКСЦЕНТРИСИТЕТА РОТОРА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ</u>	183

А.Ю. Прудников, В.В. Боннет, Герасимова М.Н. А.Ю.Логинов, В.В. Потапов ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ В ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМАХ.....	186
С.А. Ракутько, Е.Н. Ракутько, А.Н. Васькин ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ ОБЛУЧАТЕЛЬ ДЛЯ ЦЕНОЗА.....	189
А.В. Рудых, С.В. Сукьясов ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ С АКТИВНОЙ НАГРУЗКОЙ	190
Д.М.Саидов, М.С. Сафронов, В.М.Райгородский ВОССТАНОВЛЕНИЕ МАРКИРОВОЧНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ЛАЗЕРНЫМ ГРАВИРОВАНИЕМ	194
С.В. Светличный КОНТРОЛЬ СИММЕТРИЧНОСТИ ВРАЩАЮЩЕГОСЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЯХ.....	196
А.Г.Свешников, А.В.Степанова, В.В.Белов, Ю.Н.Семенов ИССЛЕДОВАНИЕ СВЕТОДИОДНЫХ ЛАМП В УСЛОВИЯХ ТЕПЛИЦ	200
С.С. Скворцов, А.Г. Николаев, А.М. Жунин ЗАЩИТА ПРИСОЕДИНЕНИЯ: КАБЕЛЬНАЯ ЛИНИЯ - ДВИГАТЕЛЬ	203
А.Н. Соболев О НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ ЗАЩИТЫ АСИНХРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ.....	206
В.А.Солдатов, Д.А.Киселев АВАРИЙНЫЕ РЕЖИМЫ ФИДЕРА 35 КВ С ОДНОБАКОВЫМ ТРАНСФОРМАТОРОМ.....	207
В.А. Солдатов, Н.А. Климов ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДА ПОВРЕЖДЕНИЯ В СЕТЯХ 35 КВ С ТРЕХОБМОТОЧНЫМ ПИТАЮЩИМ ТРАНСФОРМАТОРОМ	210
С. В. Сукьясов, А. В. Рудых ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ.....	213
С. В. Сукьясов, Е.А. Хуснудинова, А. Г. Седова, К. А. Корнаков ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ.....	216
А.А. Спиридонов, О.В. Логачёва СТОИМОСТНЫЙ ПОДХОД К КАПИТАЛЬНОМУ РЕМОНТУ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ.....	219
А.А. Спиридонов, О.В. Логачёва ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ.....	222
В.А. Трушкин, А.С. Гузачёв АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СТРАТЕГИЙ ТО И Р ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА	224
В.А. Трушкин, С.В. Шлюпиков, С.А. Кифарак ПРИЧИНЫ ОТКАЗОВ ТРАНСФОРМАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЕМ 10/0,4 кВ В СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ	230

<i>В.А. Трушкин, О.Н. Чурляева ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММЫ МАТЛАВ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ</i>	<i>233</i>
<i>К.М. Усанов, А.П. Моисеев, А.В. Волгин, А.А. Леонтьев ЛИНЕЙНЫЙ ШАГОВЫЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ В ПРИВОДЕ КОРМОРАЗДАТОЧНОГО ТРАНСПОРТЕРА</i>	<i>240</i>
<i>А.Е. Усков ПЕРСПЕКТИВЫ ФОТОЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ</i>	<i>242</i>
<i>В.И. Чарыков, В.А. Новикова, Ф.Р. Фахргалеев ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТРАНСПОРТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ (НА ПРИМЕРЕ РАЙОНА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ)</i>	<i>244</i>
<i>Е.А. Четвериков, К.В. Асеев ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОВЫЕ СВОЙСТВА СВЧ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК СТАЦИОНАРНОГО ТИПА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ВОЗБУЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В РАБОЧЕЙ КАМЕРЕ</i>	<i>248</i>
<i>К.Д. Чурляева, О.Н. Чурляева, С.Ф. Степанов МОНИТОРИНГ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ С ПОМОЩЬЮ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ. РАЗРАБОТКА АВТОНОМНОЙ НАЗЕМНОЙ СТАНЦИИ ДЛЯ ПОДЗАРЯДКИ КВАДРОКОПТЕРОВ</i>	<i>251</i>
<i>О.Н. Чурляева, Д.А. Немова КЛАССИФИКАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ ТОКА ДЛЯ ПИТАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ</i>	<i>254</i>
<i>И.С. Шаркова, М.А. Левин ПРИНЦИПЫ КОМПОНОВКИ УЧЕБНЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ СТЕНДОВ ПО ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ДИСЦИПЛИНАМ</i>	<i>256</i>
<i>В.Г. Щетинин СТАТИЧЕСКИЕ КОМПЕНСАТОРЫ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ КАК ИНСТРУМЕНТ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ АПК</i>	<i>259</i>
<i>М.В. Яшин, С.Ф. Степанов ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВЕТРОЭЛЕКТРОУСТАНОВОК</i>	<i>261</i>

Научное издание

**Актуальные проблемы энергетики АПК:
материалы VII международной научно-практической
конференции**

Компьютерная верстка М.В. Муравьевой

Сдано в набор 27.04.16. Подписано в печать 30.04.16.
Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman.
Печ. л. 15,65 Уч.-изд. л. 15,06. Тираж 300.

ООО «ЦЕНТР СОЦИАЛЬНЫХ АГРОИННОВАЦИЙ СГАУ»
Отпечатано с электронных носителей издательства