

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 XI национальной
научно-практической
конференции с международным участием

Саратов 2020 г

УДК 338.436.33:620.9

ББК 31:65.32

A42

A42 **Актуальные проблемы энергетики АПК:** Материалы XI национальной научно-практической конференции с международным участием/Под общ. ред. *Трушкина В.А.* – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2020. –149 с.

ISBN 978-5-6044617-8-5

УДК 338.436.33:620.9

ББК 31:65.32

Редакционная коллегия:

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

ISBN 978-5-6044617-8-5

© ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ», 2020

Авинов В.В.

Самарский государственный технический университет, г. Самара

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РЕКОНСТРУКЦИИ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ ТОЛЬЯТТИНСКОЙ ТЭЦ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЕЁ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

Многие трубопроводные системы тепловых электрических станций (в том числе и система трубопроводов теплосети Тольяттинской ТЭЦ) относятся к категории сложных гидравлических сетей (чаще всего многомерных), расчет которых представляет собой достаточно сложную и специфическую инженерную задачу.

Расчет таких сетей с целью определения расходов сетевой воды и давлений в различных точках системы не может быть выполнен с помощью известных графических или аналитических методов, применяемых при параллельном и последовательном соединении элементов сети. Расчет многомерных сетей невозможно выполнить для отдельных участков сети. В данном случае задача распределения расходов и давлений может быть решена лишь для всей гидравлической системы в целом.

Математическая постановка такой задачи приводит к решению системы нелинейных алгебраических уравнений, число которых зависит от количества узловых точек гидравлической сети. Например, схема теплосети Тольяттинской ТЭЦ включает более 100 узлов. Решение подобной задачи представляет серьезные математические и технические трудности. Поэтому для составления программы расчета и для последующего итеративного решения системы алгебраических нелинейных уравнений используется теория графов. Использование этой теории обусловлено тем, что она позволяет решать задачу практически любой мерности.

На основе этой теории разработаны компьютерные модели внутростанционной магистральной тепловой сети и теплосети собственных нужд Тольяттинской ТЭЦ, имитирующие протекающие в них гидравлические процессы. Компьютерная модель включает графическую схему соединения элементов сети и базу данных, позволяет воспроизводить различные варианты работы теплосети, как по составу задействованного оборудования, так и при различных исходных данных режимного характера. На основе экспериментальных данных по ряду режимов работы произведена идентификация компьютерных моделей тепловых сетей Тольяттинской ТЭЦ и уточнены гидравлические характеристики ее основного оборудования.

Для повышения энергетической эффективности магистральной (внутростанционной) теплосети [1, 2] и сети собственных нужд Тольяттинской ТЭЦ [2] были произведены работы по их оптимизации с помощью компьютерных моделей. На основе этих результатов разработаны пути реконструкции существующей теплосети Тольяттинской ТЭЦ. При этом реконструкция заключается в оптимальной загрузке существующего оборудования при минимальных изменениях ее схемы.

Так, на компьютерной модели выполнены исследования режимов работы магистральной (внутростанционной) тепловой сети Тольяттинской ТЭЦ при увеличении ее тепловой мощности на 120 и 320 Гкал/ч. Выполнен анализ результатов численных расчетов

режимов работы тепловой сети на ПЭВМ и разработаны варианты реконструкции существующей схемы теплосети. Предложено несколько режимов работы тепловой сети с увеличенными тепловыми нагрузками различных по составу работающего оборудования (насосов и сетевых подогревателей), при которых обеспечиваются заданные параметры на тепловыводах ТЭЦ и удовлетворяются нормативные требования.

Рассмотрены варианты по выделению отдельных бойлеров в самостоятельную бойлерную, установку дополнительных пиковых бойлеров, которые позволяют увеличить температуру подогрева воды поступающей в напорный коллектор (в том месте, где существует недогрев).

Для тепловой сети собственных нужд Тольяттинской ТЭЦ предлагается вариант её реконструкции, который заключается в том, что создаются всего два контура тепловой сети (на момент исследования их было пять). Это мероприятие позволит упорядочить учет потребления тепла на собственные нужды.

По результатам проведенных исследований проанализированы основные показатели работы теплосети – общие затраты теплоты и расходы сетевой воды на собственные нужды, гидравлический и температурный режимы работы тепловой сети собственных нужд Тольяттинской ТЭЦ. Определена мощность, затрачиваемая на перекачку воды на собственные нужды ТЭЦ. Установлено, что снижение расхода сетевой воды на собственные нужды на 0,278 кг/с (1 т/ч) повышает экономичность теплосети в денежном выражении на 1700 руб/год.

Список источников

1. Кудинов А. А., Авинов В. В., Зиганшина С. К. Исследование режимов работы внутристанционной тепловой сети Тольяттинской ТЭЦ // Электрические станции. 2006. №4. С. 27-32.
2. Кудинов А. А., Авинов В. В. Оценка эффективности работы внутристанционной магистральной тепловой сети и сети собственных нужд Тольяттинской ТЭЦ // Промышленная энергетика. 2017. № 7. С. 32-37.

УДК 631.3

Бакиров С. М., Молякова Е. С., Конохов Д.А.

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

ПРОБЛЕМА ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ В СЕЛЬСКИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Освещена роль электроэнергетики в развитии современного государства. Показаны возможные неисправности в линиях электропередач. Подробно рассмотрена проблема перенапряжения в распределительных линиях среднего класса напряжения. Предложены методы и технические средства предотвращения неисправностей из-за перенапряжений в распределительных линиях.

Ключевые слова: электроэнергетика, распределительные сети, перенапряжение, электроснабжение сельскохозяйственных предприятий

Развитие современного государства напрямую связано с развитием технологий в разных отраслях. Роль электроэнергетики с каждым годом изменяется в направлении вектора развития общества.

Очевидно, что бесперебойная подача электроэнергии является главной задачей организации различного производства, полноценного протекания социальных и экономических процессов. Основу производственного потенциала российской электроэнергетики в настоящее время составляют более 700 электростанций общей мощностью около 230 ГВт и линии электропередачи всех классов напряжений от 0,22 до 1150 кВ протяженностью около 3 млн. км. Электроэнергетический комплекс РФ является одним из самых мощных, обеспечивающий электроснабжение потребителей внутри страны и ближнего зарубежья [1].

Эксплуатация линий электропередач связана с техническими, экономическими и социальными издержками. К техническим можно отнести механические и электрические воздействия. В различных линиях (магистральных, распределительных, потребительских) в разной степени проявляются механические (растяжение линий, обрывы проводов, перетирание трущихся элементов арматуры) и электрические неисправности (перегрузка линии, перенапряжения).

Анализ показывает, что большему воздействию таких издержек подвергаются распределительные линии. Так как они подвержены большему числу коммутаций, сезонности мощностей, большей протяженности и т.п. Особое значение имеют так называемые сельские распределительные линии, обеспечивающие электроэнергией сельскохозяйственное производство. Отличительной особенностью сельских распределительных линий является их большая протяженность, сезонность загрузки, частые перегрузки, подверженность атмосферным перенапряжениям, устаревшим оборудованием защиты линий.

Самым трудноустраняемой и неконтролируемой неисправностью является перенапряжение в линиях напряжением 6, 10, 15, 20, 35 кВ. Под данным явлением подразумевается повышение напряжения в электросетях, линиях электропередач сверх

установленной нормы. Перенапряжения представляют особую опасность из-за широкой разновидности этого явления. Основные виды перенапряжений в сетях представлены на рисунке 1 [2].



Рисунок 1 – Основные виды перенапряжений в электроэнергетических сетях

Несмотря на кратковременность воздействия, перенапряжения характеризуются высокой кратностью по отношению к длительному рабочему напряжению, воздействием на все электрически связанные элементы системы независимо от места возникновения, существенным усилением процессов возникновения и развития дефектов. Возникновение перенапряжений в сети и системе может привести к нарушению электромагнитной совместимости между объектами высокого и низкого напряжения [3]. Следствием перенапряжения является скоротечное разрушение изоляции электрооборудования.



Рисунок 2 – Классификация внешних напряжений

В целом появление внутренних перенапряжений возможно контролировать путем применения разрядников в конкретных местах линий. Однако атмосферные

перенапряжения учесть сложно из-за неоднозначного их проявления. Поэтому внешние перенапряжения считаются более опасными для распределительных и магистральных сетей.

Сила тока молнии может достигать 0,1-2,0 МА. Молния с таким током приводит к возникновению в точке удара импульса напряжения до десятков мегавольт. Поэтому в настоящее время сетевыми компаниями выдаются технические задания, в которых указывается, что включение в работу электроустановки допустимо, если в схеме имеются ограничители импульсного напряжения [4].

Существует ряд мер, направленных на борьбу с перенапряжениями. Внутренние коммутационные перенапряжения можно исключить путем коммутаций через регулировочные трансформаторы, управление которыми выполняется нейронными сетями или с помощью специальной программы микропроцессора [5]. Однако такие трансформаторы приходится ставить на участках длиной не более 250...300 км, что удорожает стоимость линии. К наиболее перспективным способам борьбы с коммутационными перенапряжениями относится применение синхронных выключателей [6]. Борьба с внешними перенапряжениями для вновь вводимых линий, выполненных защищенным проводом СИПЗ и СИПЗА (линии ВЛЗ), выполняется путем установки на каждой опоре и на каждую фазу разрядника на землю [7].

Таким образом, ключевым условием борьбы с перенапряжениями в сельских распределительных линиях является соотношение стоимости удорожания линии $C_{мер}$ (руб.) и эффекта сохранения оборудования из-за отказа от перенапряжения $U_{пер}$ (руб.)

$$C_{мер} < U_{пер};$$

а также единство целей по разработке способов исключения различного рода перенапряжений в электросети.

Список источников

1. Баринов, В. А. Перспективы развития электроэнергетики России в период до 2030 г. / Открытый семинар «Экономические проблемы энергетического комплекса» (семинар А. С. Некрасова). – 2012. С. 5-7.
2. Рыбаков, Л. М. Вопросы ограничения перенапряжения в сетях 6-35 кВ: монография / Л. М. Рыбаков, Ф. Х. Халилов. – Красноярск: КГУ. – 1991 г. – 152 с.
3. Евдокунин, Г. А. Внутренние перенапряжения в сетях 6-35 кВ: монография / Г. А. Евдокунин, С. С. Титенков. – СПб.: Терция, 2004. – 186 с.
4. Гусев, Ю. П. Отказоустойчивость ограничителей перенапряжений нелинейных при однофазных замыканиях на землю / Ю. П. Гусев, С. А. Косарев, Г. Ч. Чо. – Энергоэксперт, 2020 №1 (73). – с. 40-43.
5. ГОСТ Р 54835-2011 / IEC / TR 61850-1:2003. Сети и системы связи на подстанциях. – М.: Стандартиформ. – 2012.
6. Павлюченко, Д. А. Оценка коммутационного ресурса синхронного вакуумного выключателя / Д. А. Павлюченко, Е. В. Прохоренко, Д. Е. Шевцов. – Главный энергетик, 2016 № 2. – с. 32-39.
7. Репортаж с выставки ЛЭП. – Кабель- News, 2007 № 12-1. – с. 12-14.

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПРЕОБРАЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ НА ТЕРРИТОРИИ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

В работе приводятся факторы, влияющие на количество солнечной энергии, преобразуемой солнечным модулем. Рассмотрен объем солнечного излучения на территории Российской Федерации. Подробно исследована солнечная инсоляция на территории Саратовской области. Показано изменение преобразуемой электроэнергии в зависимости от угла падения солнечных лучей. Рассмотрено изменение длины пути солнечных лучей в зависимости от высоты установки солнечных панелей. Приведены значения установленной мощности солнечных электростанций в некоторых областях Поволжья.

Ключевые слова: солнечный модуль; инсоляция; нижнее Поволжье; солнечная энергия, солнечная электростанция.

Энергия солнца является возобновляемым источником энергии. Уровень солнечного излучения для рассматриваемых точек поверхности Земли различен. Максимальное количество солнечной энергии в пределах земной поверхности на суше теоретически составляет $1360 \text{ Вт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$ [1]. Наибольшее количество солнечного излучения наблюдается на широтах, близких к экватору.

Территориальное расположение РФ таково, что регионы получают различное количество энергии от солнца. Южные регионы характеризуются увеличением прямой солнечной энергии по сравнению с другими регионами (рисунок 1). В регионе Нижнего Поволжья продолжительность солнечного излучения составляет от 2000 до 3000 часов в год. Саратовская область находится на границе, в которой продолжительность солнечного сияния составляет 1700-2000 часов в год [2].

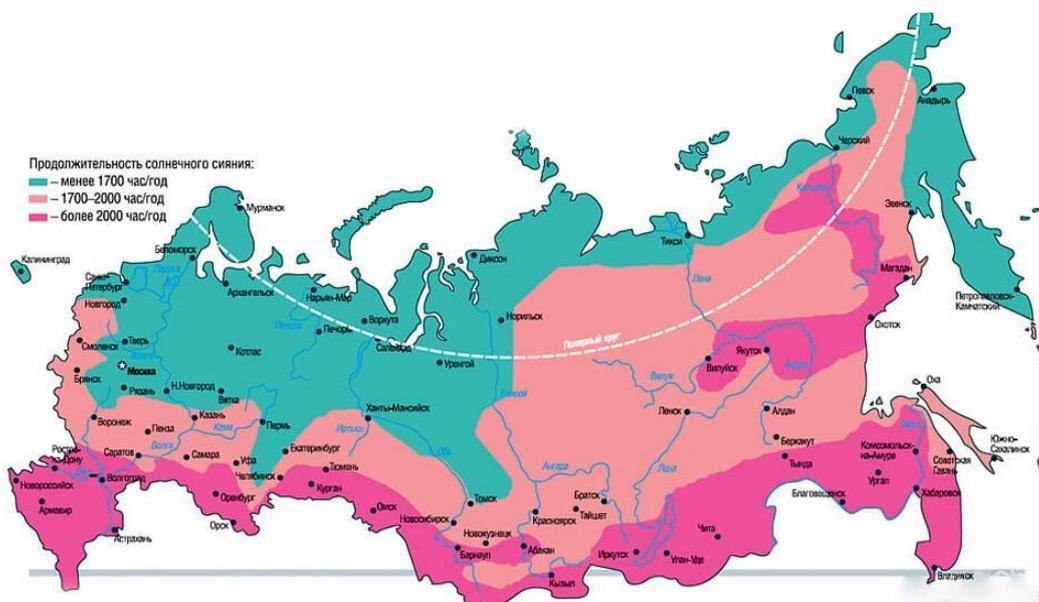


Рисунок 1 – Продолжительность солнечного сияния на территории РФ

На количество солнечного излучения влияет множество факторов. В полдень солнце находится в зените, и угол падения солнечных лучей составляет 90° к поверхности и энергия рассредоточена на малой площади по сравнению с другими углами падения

солнечных лучей. При увеличении или уменьшении угла падения солнечных лучей на поверхность, длина пути лучей увеличивается. При увеличении длины пути, потери энергии на рассеивание также увеличиваются, распределение излучения происходит на большую территорию поверхности (рисунок 2) [3].

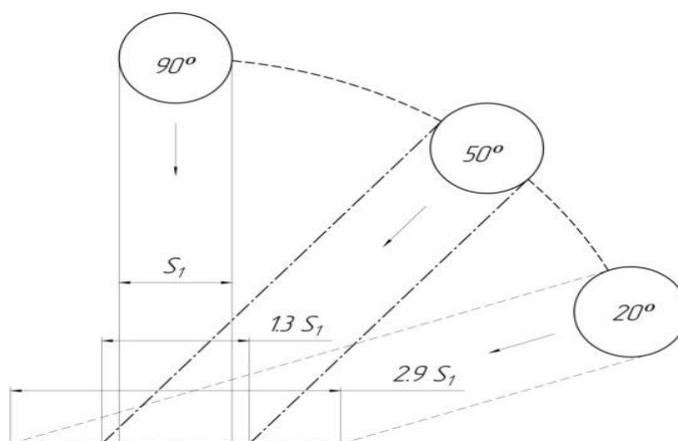


Рисунок 2 – Изменение площади излучаемой поверхности в зависимости от угла падения солнечных лучей

Рассеивание зависит от угла наклона. Определим коэффициент потерь от угла наклона

$$K_{y1} = \frac{S_1}{S_2} = \frac{1}{1.3} = 0,76; \quad (1)$$

где S_1 - площадь излучаемой поверхности при угле наклона 90° , m^2 ; S_2 - площадь излучаемой поверхности при угле наклона 50° , m^2 ;

$$K_{y2} = \frac{S_1}{S_3} = \frac{1}{2.9} = 0,34; \quad (2)$$

где, S_3 – площадь излучаемой поверхности при угле наклона 20° , m^2 .

Тем самым, уменьшая количество прямой солнечной энергии на единицу площади, увеличивается количество рассеянного излучения.

Также влияет на рассеивание солнечных лучей влажность, плотность и загрязнения воздуха. В высокогорье воздух разреженный, влажность низкая, что увеличивает количество прямого солнечного излучения. В городских условиях степень загрязнения воздуха выше, чем в сельской местности по мере удаленности от муниципальных центров. Объясняется это наличием выхлопных газов, вредных выбросов в атмосферу от промышленных предприятий. Они рассеивают и поглощают солнечное излучение в больших количествах, чем в удалённых от промышленных предприятий и городских условий местностях [4,5].

Расположение панели на различной высоте от поверхности влияет на длину пути, которую преодолевают солнечные лучи, в меньшей мере, достигая ее поверхности. Чем выше располагается панель, тем меньше теней для нее создается при радиальном перемещении солнца, тем меньше потери на рассеивание и поглощение солнечных лучей, следовательно, больше солнечных лучей достигнет поверхности панели (рисунок 3).

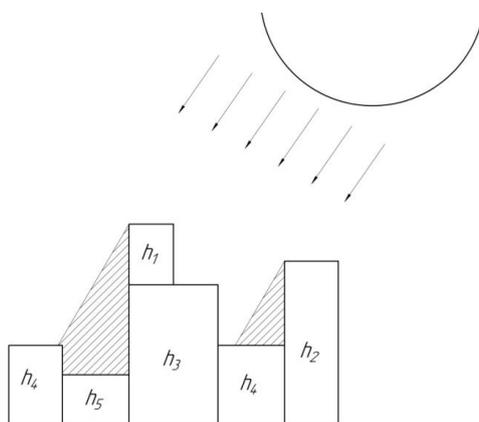


Рисунок 3 – Расположение солнечных панелей на различной высоте относительно поверхности земли

Поволжье находится в зоне Российской Федерации, где на один квадратный метр поступает до $1870 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$ энергии в год [6]. В южных регионах Саратовской области, когда солнце находится в зените, максимальное количество солнечной энергии достигает значения $742 \text{ Вт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ (рисунок 4). Интенсивная отдача солнечной энергии в ясную погоду достигается в промежутке времени от 10 до 17 часов дня.

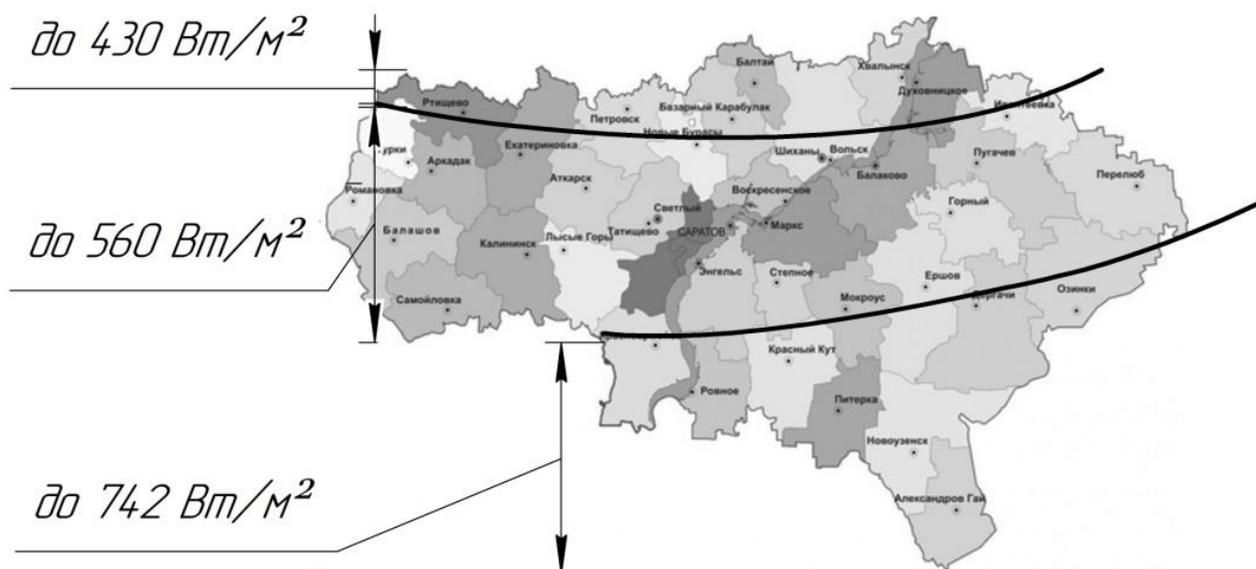


Рисунок 4 – Средние значения солнечной энергии за 1 час сияния на территории Саратовской области

Анализ солнечной инсоляции на территории Саратовской области показывает, что наиболее благоприятными районами для использования энергии солнца являются южные районы, в которые входят Александрово-Гайский, Новоузенский, Питерский, Краснокутский, Дергачевский и Ровенский районы. Солнечное излучение в южных районах достигает в среднем $742 \text{ Вт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$. Центральные районы области, такие как Саратовский, Энгельсский, Марксовский, Татищевский, Балаковский районы обладают умеренным значением солнечной инсоляции, среднее значение которой составляет $560 \text{ Вт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$. Наименьшим содержанием солнечной инсоляции обладают северные

районы области, в особенности Хвалынский, Балтайский, Базарно-Карабулакский. В северных районах среднее значение солнечной инсоляции составляет $430 \text{ Вт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$.

Список источников

[1] Ерошенко, Г. П. Оценка применения солнечных батарей в качестве источника питания мобильных сельскохозяйственных электрифицированных машин / Г. П. Ерошенко, С. М. Бакиров, С. С. Елисеев. – Вестник Курганской ГСХА. №1 (29)/2019 – 70-73 стр.

[2] Саплин, Л. А. Энергоснабжение сельскохозяйственных потребителей с использованием возобновляемых источников: учебное пособие / Л. А. Саплин [и др.]. – Челябинск: ЧГАУ, 2000. – 194 с.

[3] Амерханов, Р. А. Оптимизация сельскохозяйственных энергетических установок с использованием возобновляемых видов энергии. – М.: КолосС, 2003. — 532 с.: ил.

[4] Семенченко, Б. А. Физическая метеорология – М.: Аспект Пресс 2002 г.

[5] Абдрахманов, Р. С. О возможности использования возобновляемых источников энергии в условиях Среднего Поволжья. / Р.С. Абдрахманов, Ю. П. Переведенцев. – Метеорология и гидрология. 1993. - № 5. - С. 92-97.

[6] Виссарионова, В. И. Солнечная энергетика: учебное пособие для вузов по направлению «Электроэнергетика» / В. И. Виссарионова [и др.]. – М.: изд. дом МЭИ, 2008 г. – 276 с.

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ СПОСОБА ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ПОЧВЫ

Аннотация. В статье приводится проблема оперативного исследования и контроля параметров почвы. Сравниваются трудозатраты и стоимость традиционных способов контроля параметров почвы. Предлагается новый способ оперативного контроля некоторых параметров путем интегрирования прибора в конструкцию квадрокоптера. Кратко приводится описание предложенного способа, дается оценка энергетических возможностей квадрокоптера. Основным параметром усовершенствованного квадрокоптера является запас хода, для увеличения которого требуется вносить изменения в конструкцию.

Ключевые слова: почва, электрооборудование, электротехнологии, квадрокоптер, запас хода.

В весенний период перед началом посевных кампаний сельскохозяйственные предприятия или фермеры проводят проверку почвы на содержание минеральных удобрений для определения качества плодородия. Состояние почвы после зимы требуется проверять. Обычно такую проверку проводят специализированные лаборатории [1]. Трудоемкость и стоимость работ по определению состава и состояния почвы на пахотных землях определяется количеством проб, расстоянием между делянками и т. п. Однако, как показывают исследования, не все предприятия имеют такие лаборатории. Причем определять состояние почвы требуется не только один раз в год, а перед каждым видом работ. В том числе достаточно определять несколько параметров для оперативного контроля параметров почвы.

На рынке предлагаются приборы [2] для оперативного контроля параметров почвы. Все приборы автономные и могут измерять от 1 до 7 параметров: влажность почвы, температуру почвы, показатель pH почвы (измерение водородного показателя), содержание нитратов, освещенность участка почвы, содержание фосфатов, содержание калия. Многофункциональные приборы имеют дополнительные расходные принадлежности, которые в последствие требуется докупать. Их использование позволяет получать полную информацию о состоянии почвы.

Для определения содержания минералов в почве не достаточно использовать электрические методы измерения. Физико-химический анализ объединяет большое число методов, основанных на измерении различных физических свойств соединений или простых веществ с использованием соответствующих приборов. К достоинствам химических методов следует отнести высокую чувствительность и возможность одновременного определения нескольких показателей. Однако недостатками физико-химического анализа являются: методически сложное и трудоемкое измерение и дорогостоящие расходные материалы и оборудование, необходимость обслуживающего персонала, низкая воспроизводимость результатов. Причем дополнительная сложность создается в том, чтобы обойти все участки пахотных земель предприятия (фермера). Вместе с этим химический анализ почвы так часто проводить не нужно, достаточно контролировать показатель pH [3].

Поэтому разработка оперативного способа контроля параметров в каждой точке пахотных земель является актуальной и позволит оперативно принимать решения по восстановлению плодородия почвы.

Рассмотрим в качестве объекта исследования квадрокоптер, в конструкцию которого интегрирован прибор измерения параметров почвы электрическими методами (рисунок 1).



Рисунок 1 – Внешний вид элементов объекта исследования а) прибор измерения показателя pH; б) квадрокоптер

Способ должен учитывать требования к получению информации о состоянии каждого участка пахотных земель, относящихся к рассматриваемому предприятию. Примерный алгоритм работы способа показан на рисунке 2.

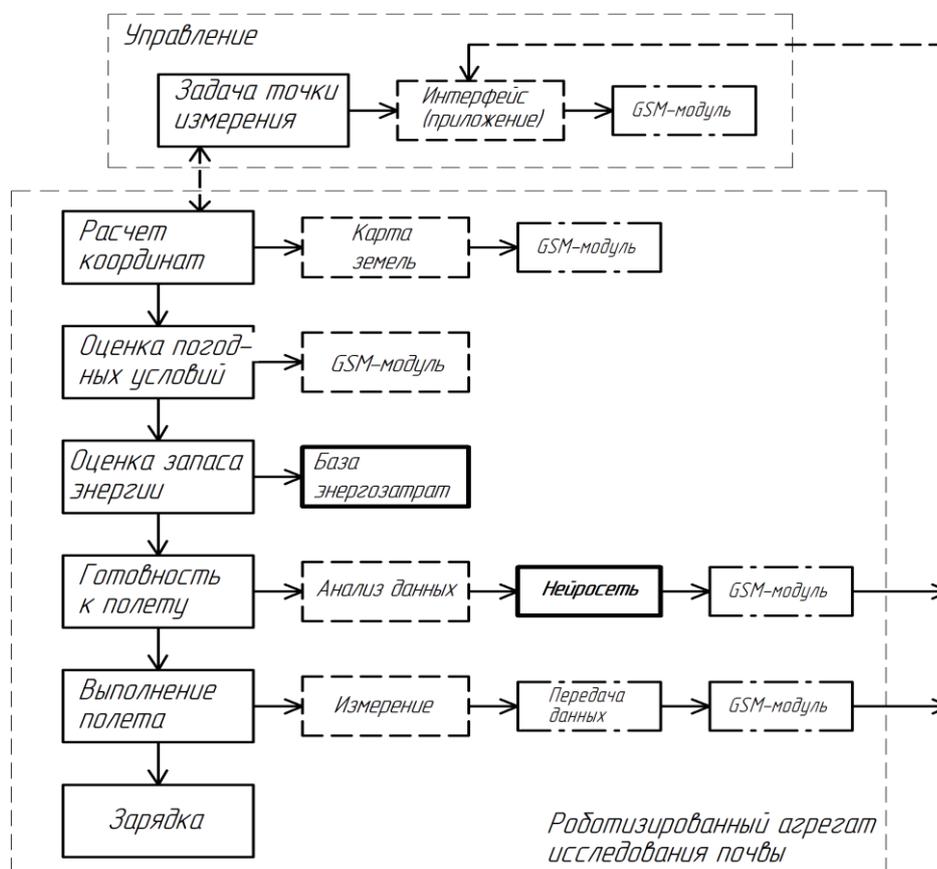


Рисунок 2 – Алгоритм работы оперативного способа определения параметров почвы

Алгоритм работы данного способа основан на выполнении требований:

- возможность регулирования координат точек сбора параметров почвы по карте земель предприятия;
- выполнение функции измерения и передачи данных в радиусе 50 км;
- достоверность данных измерений с погрешностью не более 5%.

Выделенные блоки на рисунке 2 «База энергозатрат» и «Нейросеть» требуют теоретического и экспериментального исследования, так как являются основными параметрами объекта исследования – роботизированного агрегата исследования почвы.

Рассмотрим характеристики энергозатрат предлагаемого агрегата. Затраты энергии W ($Вт*ч$) при выполнении всех этапов способа на рисунке 2 можно разделить на несколько совокупных составляющих

$$W = W_{\Pi} + W_{И} + W_{ЭП} + W_{ПД},$$

где W_{Π} – количество энергии, требуемое на электропривод пропеллеров (полет туда/обратно), $Вт*ч$; $W_{И}$ – количество энергии, требуемое на измерение, $Вт*ч$; $W_{ЭП}$ – количество энергии, требуемое на электропривод механизма установки измерительного датчика, $Вт*ч$; $W_{ПД}$ – количество энергии, требуемое для передачи данных, $Вт*ч$.

Таким образом, габаритные размеры аккумуляторной батареи будут зависеть от количества требуемой энергии. Представим решение полученного выражения в графическом виде (рисунок 3).

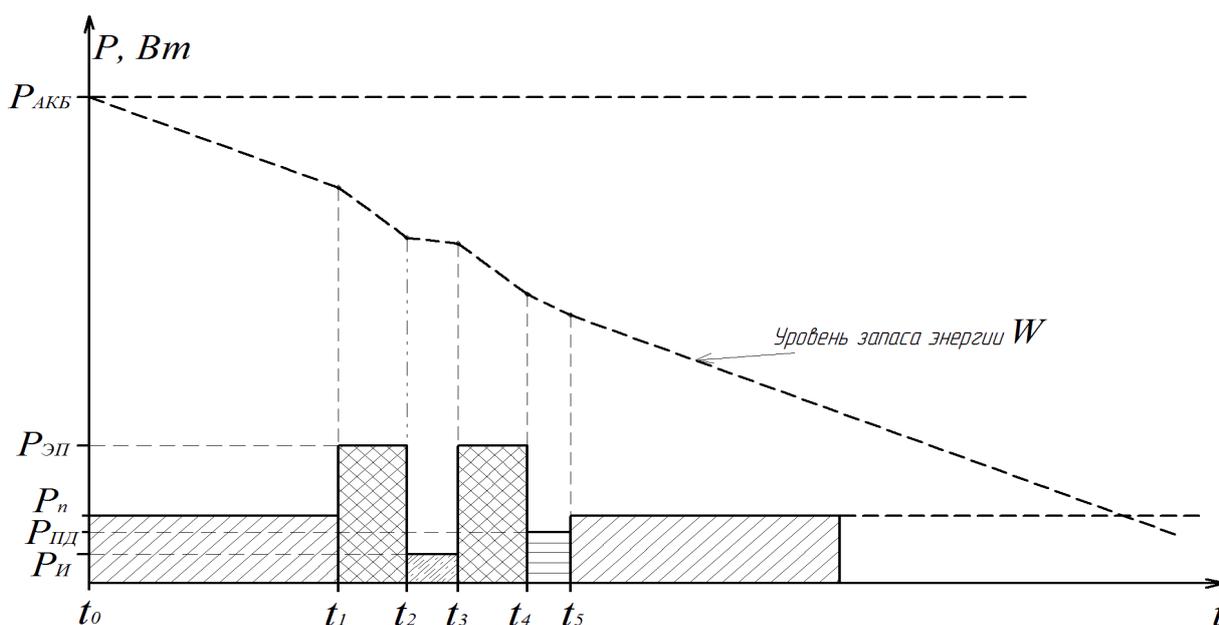


Рисунок 3 – Анализ потребления энергии роботизированного агрегата исследования почвы

Количество требуемой энергии определяет мощность аккумуляторной батареи $P_{АКБ}$. При выполнении агрегатом основной функции, его энергия расходуется на полет в период от t_0 до t_1 , на электропривод установки датчика мощностью $P_{ЭП}$ в период от t_1 до t_2 , далее, на измерение прибором мощностью $P_{И}$ в период от t_2 до t_3 . После измерения, электропривод установки вынимает датчик из грунта в период времени от t_3 до t_4 , а система передачи данных отправляет информацию оператору в промежутке времени от t_4 до t_5 . Затем агрегат отправляется на зарядку.

Таким образом, выполнение данного способа возможно при технической оснащённости роботизированного агрегата исследования почвы. Главным параметром является запас хода (энергии). Установлено, что большую часть энергии агрегат использует на перелет туда/обратно, а энергоёмким является электропривод установки датчика в грунт при небольшой продолжительности его использования. Тогда при малом радиусе полетов агрегат сможет снять измерения параметров почвы в нескольких точках.

Список источников

1. **Котова**, Д. Л. Методы контроля качества почвы: учебно-методическое пособие / Д. Л. Котова и др. – Воронеж: ИПЦ ВГУ, 2007 г. –106 с.
2. **Бакиров**, С. М. Актуальность разработки робота-исследователя параметров почвы / С. М. Бакиров, Д. В. Митрофанов. - «Актуальные проблемы энергетики АПК»: Материалы X нац. науч.-практ. конф. с межд. участием / под общ. ред. Трушкина В. А. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2019.–с.28-31.
3. **Ермаченков**, Д. И. Разработка квадрокоптера для удаленного мониторинга объектов. – Интернет-журнал «Науковедение» Том 8, №6, 2016г.

УДК 631.3

Бакиров С. М., Логачёва О. В., Ищенко А. П., Попов М.В.

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

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ АККУМУЛЯТОРНОГО СПОСОБА ПИТАНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ОПОРНОЙ ТЕЛЕЖКИ СЕКЦИИ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ

В работе приведены результаты экспериментальных исследований проверки продолжительности работы электропривода опорной тележки дождевальной машины на аккумуляторных батареях. Показан лабораторный стенд испытаний с указанием маркировки комплектующих элементов. Эксперимент выполнен на основе математического планирования эксперимента. Результатом эксперимента стали данные, подтверждающие сходимость теоретических и экспериментальных данных с погрешностью не более 8%.

Ключевые слова: электропривод опорной тележки, дождевальная машина, аккумуляторная батарея, вентильный электродвигатель, продолжительность хода.

Электропривод с питанием от аккумуляторных батарей имеет множество особенностей, одной из которых является продолжительность работы при случайном характере внешних воздействий нагрузки [1]. Аккумуляторные батареи имеют конкретный запас энергии, а потребляемая энергия электродвигателем в составе электропривода изменяется в каждый момент времени. Динамичность изменения потребления энергии зависит от рабочего органа электропривода и характера его загрузки.

Электропривод опорной тележки дождевальной машины подвержен 0,5-2,0 кратному изменению нагрузки из-за того, что колеса перемещаются по рыхлому грунту с перепадами высоты до 7°. Однако помимо нагрузки электропривода на продолжительность работы влияют параметры аккумуляторной батареи. В этом случае требуется установить зависимость средней продолжительности работы электропривода от параметров аккумуляторной батареи (АКБ).

Проверим работу электропривода опорной тележки на стенде (рисунок 1).

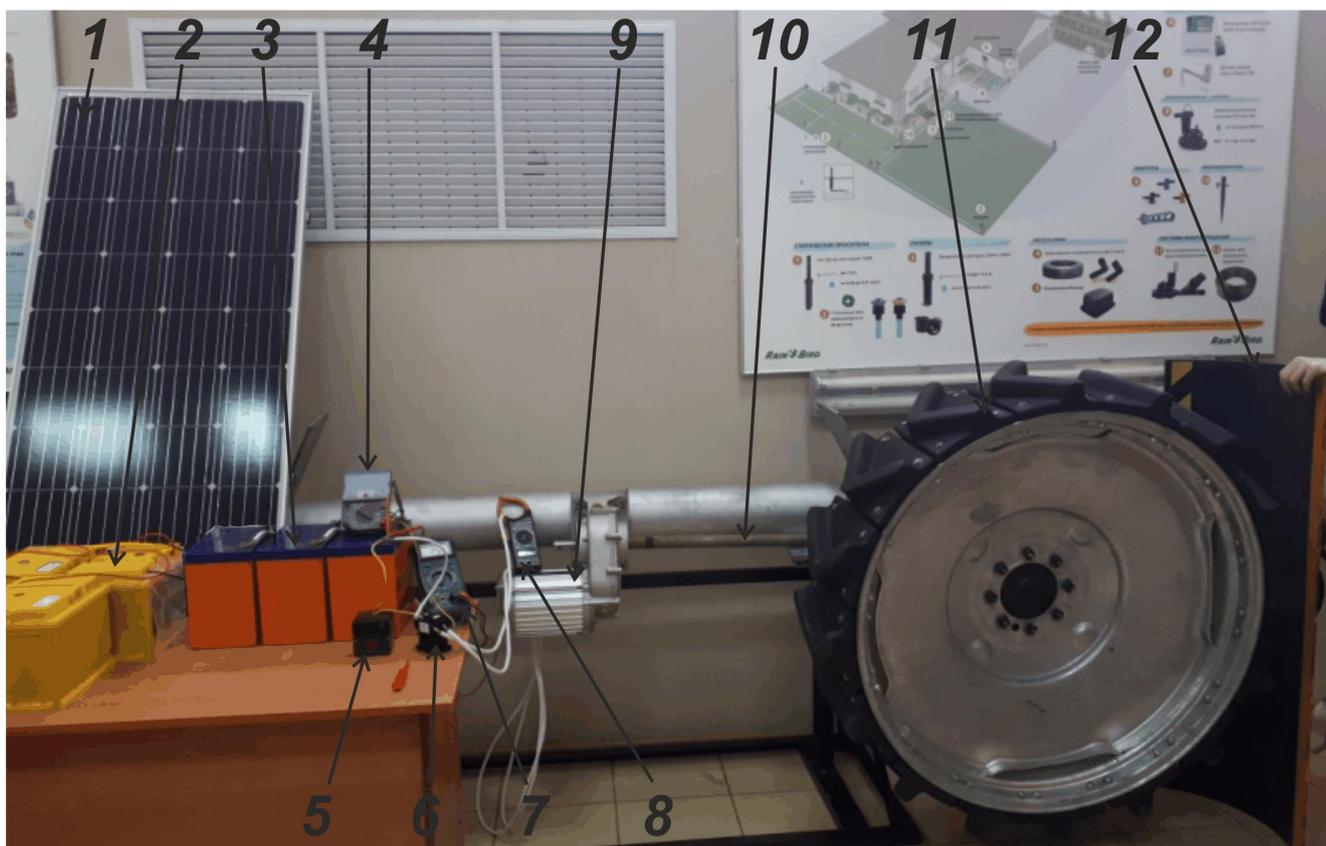


Рисунок 1 – Общий вид лабораторного стенда для испытаний источника питания в виде аккумуляторных батарей (1 – солнечная панель (не подключена); 2 – аккумуляторы Discover EV 34A-A; 3 – аккумуляторы Delta GEL 12-65; 4 – измеритель емкости заряда АКБ; 5 – кнопки пуск/стоп; 6 – контактор с катушкой 24 В (DC); 7 – вольтметр; 8 – амперметр; 9 – электродвигатель (мотор-редуктор); 10 – вал передачи момента вращения; 11 – движитель (жесткое колесо типа «Rainefine «Plastic tire»); 12 – нагрузка на колесо

Сведем в таблицу 1 материалы и оборудование, участвующие в данном лабораторной эксперименте.

Таблица 1 – Основные характеристики устройств лабораторного стенда

Наименование оборудования	Марка (маркировка)	Основные характеристики
Электродвигатель вентильный на постоянных магнитах	Мотор-редуктор WHY-CHOOSE YAYU BM1418HQF-L	Номинальная мощность 500 Вт Номинальное напряжение 36/48/60 DCV Номинальный ток 18/14/11 А
Контактор	Контактор ПМЛ-2165ДМ-32А-24DC-УХЛ4-Б-КЭАЗ	Номинальный ток 32 А Номинальное напряжение катушки 24 DCV
Кнопки старт/стоп	Кнопка двойная TDM MPD2-11Y	Номинальное напряжение 220 В Номинальный ток 2,5 А
Аккумуляторная батарея	Delta GEL 12-65	Номинальное напряжение 12 В Номинальная емкость 65 А*ч
	Discover EV 34A-A	Номинальное напряжение 12 В Номинальная емкость 65 А*ч

Наименование оборудования	Марка (маркировка)	Основные характеристики
Вольтметр	АКИП Multimetr GDM 354A	Предел измерения напряжения DC 20-200 В (2,5%)
Амперметр	PEAK HOLD 260D CLAMP METER	Предел измерения тока DC 0,2-20 А (2,5%)
Измеритель емкости заряда АКБ	SCAT-T-AUTO	Напряжение 9-14 В Емкость 0,1-120 А*ч
Секундомер	«Интеграл С-01»	Диапазон измерений от 0 с до 99 ч 59 м 59,99 с
Соединительный кабель	ПВС 2х6	-

Основным параметром контроля аккумуляторного способа питания является продолжительность работы электропривода опорной тележки секции t_p (ч). На продолжительность работы, как отмечалось, влияет ряд факторов: напряжение батареи, выраженной ЭДС, $E_{АКБ}$ (В), которое подбирается путем $n_{акб}$ последовательно соединенных тяговых аккумуляторных батарей; емкости батареи C_N (А*ч), которая подбирается путем $m_{акб}$ параллельно соединенных ТАБ; параметрами аккумуляторов – E_1 и C_{N1} ; коэффициентами максимального разряда k_q и временного использования тока k_t и емкости k_{qt} ; мощности электродвигателя в составе данного электропривода $P_{двТ1}$, а также числа пусков w . Для определения основного параметра t_p , необходимо зафиксировать влияние этих факторов

$$t_p = f(E_{АКБ}, C_N, P_{двТ1}, k_q, k_t, k_{qt}, w). \quad (1)$$

Выполним эксперимент на основе математического планирования эксперимента. Основные характеристики эксперимента сведем в таблицу 2.

Таблица 2 – Основные характеристики плана пятифакторного эксперимента

Факторы			Варьирование			
№ п/п	Наименование	Обозначение	Нижний уровень	Средний уровень	Верхний уровень	Интервал варьиров.
1	ЭДС аккумуляторной батареи, В	$E_{АКБ}$	36	48	60	12
		\tilde{x}_1	-1	0	+1	-
2	Емкость заряда аккумуляторной батареи, А*ч	C_N	65	97,5	130	32,5
		\tilde{x}_2	-1	0	+1	-
3	Коэффициент максимального разряда	k_q	0,05	0,175	0,3	0,125
		\tilde{x}_3	-1	0	+1	-
4	Коэффициент временного использования тока	k_t	0,01	0,02	0,03	0,01
		\tilde{x}_4	-1	0	+1	-
5	Количество пусков	w	10	55	100	45
		\tilde{x}_5	-1	0	+1	-

По предварительным расчетам, линейным полиномом нельзя описать рассматриваемую функцию в связи с погрешностью более 50% и по данным полинома

можно проследить влияние мультиколлинеарных факторов [2], которые при дальнейшем рассмотрении допускается убрать. С учетом этого рассмотрим уравнение регрессии полинома второго порядка с исключением факторов x_3 и x_4 [3].

Тогда рассмотрим и исследуем уравнение регрессии в виде квадратичного полинома типа

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_5x_5 + b_{12}x_1x_2 + b_{15}x_1x_5 + b_{25}x_2x_5 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{55}x_5^2. \quad (2)$$

Оценки коэффициентов регрессии полинома второго порядка рассчитываются с помощью многочленов Чебышева [4] или для таких уравнений, отклик которых не отражается в интервале $[-1; +1]$. А также коэффициенты получают из условия обеспечения минимума суммы квадратов отклонений значений $y(x)$, предсказанных моделью для той или иной точки исследуемой области, в нашем случае от фактически зафиксированного в этих точках среднего значения продолжительности работы электропривода t_p (метод наименьших квадратов [5]).

Рассчитав коэффициенты регрессии полинома второго порядка, получим

$$y = 7,47 + 1,33x_1 + 3,63x_2 - 0,99x_5 + 0,72x_1x_2 - 0,27x_1x_5 - 0,48x_2x_5 - 0,23x_1^2 + 0,03x_2^2 + 0,05x_5^2. \quad (3)$$

Оценим значимость полученных коэффициентов [3]

$$|b_i| \geq D_{bi}t', \quad (4)$$

где t' – коэффициент Стьюдента [4] (для нашего случая $t' = 2$); D_{bi} – дисперсия, с которой определялся i -ый коэффициент регрессии.

Сведем данные расчета дисперсий в таблицу 3.

Таблица 3 – Выделение значимости коэффициентов уравнения регрессии полинома второго порядка

Коэффициенты уравнения (модуль)	b_0	b_1	b_2	b_5	b_{12}	b_{15}	b_{25}	b_{11}	b_{22}	b_{55}
	7,47	1,33	3,63	-0,99	0,72	-0,27	-0,49	-0,23	0,03	0,05
Коэффициент Стьюдента t'	2,0									
Дисперсии D_{bi}	0,83	0,79	0,79	0,79	0,13	0,13	0,13	0,014	0,014	0,014
Значимость	Знач.	Не знач.	Знач.	Не знач.	Знач.	Знач.	Знач.	Знач.	Знач.	Знач.

Незначимые коэффициенты регрессии можно исключить из уравнения, тогда получим

$$y = 7,47 + 3,63x_2 + 0,72x_1x_2 - 0,27x_1x_5 - 0,48x_2x_5 - 0,23x_1^2 + 0,03x_2^2 + 0,05x_5^2. \quad (5)$$

Проверим результаты экспериментальных данных и сравним их с данными теоретического исследования по критерию Фишера [5] K_F с достаточной вероятностью 0,95

$$K_F = \frac{D_a}{D_{cp}}, \quad (6)$$

где D_a – дисперсия адекватности, D_{cp} – средняя дисперсия,

$$D_a = \frac{\sum_{i=1}^N (t_{расчi} - t_{срi})^2}{N - b}, \quad (7)$$

где b – количество коэффициентов уравнения регрессии;

$$D_{ср} = \frac{\sum_{j=1}^m \sum_{j=1}^m (t_{расч} - t_{срj})^2}{mN}, \quad (8)$$

где m – число однотипных опытов.

Подставляя данные эксперимента и расчетные значения теоретических исследований, получим значение критерия Фишера [5]

$$K_F = \frac{0,57}{0,24} = 2,375. \quad (9)$$

Сравним полученное значение критерия Фишера K_F с табличным значением критерия $K_{Fтаб}$. [4]. Полученная теоретическая модель считается адекватной в случае выполнения условия

$$K_{Fтаб} > K_F. \quad (10)$$

В нашем случае $K_{Fтаб} = 2,45$ [4] при степени нижнего уровня свободы

$$q_1 = N - b = 15 - 9 = 6, \quad (11)$$

и при степени верхнего уровня свободы $q_2 = 36$ с доверительной вероятностью 95%.

$$2,45 > 2,375. \quad (12)$$

Получаем, что уравнение регрессии адекватно описывает теоретические исследования зависимости продолжительности работы секции ДМ в пределах 6%-го расхождения расчетных и экспериментальных данных, а выполнение условия по критерию Фишера с оценкой доверительного интервала 95% свидетельствует о достаточном исследовании данного процесса и полученных результатов в ходе эксперимента.

Полученное выражение регрессии в сравнении с выражением теоретических исследований адекватно отражает зависимость продолжительности работы секции на аккумуляторном питании от его параметров с допустимой погрешностью менее 8%.

Коэффициенты регрессии указывают на степень влияния факторов значения выходного параметра – продолжительности работы электропривода. Задаваясь значениями факторов ($E_{АКБ}$, C_N , k_t , k_q , w) можно получить значение продолжительности t_p . Графически изобразить изменение t_p от факторов возможно в двумерной и трехмерной системе координат путем допущения что, часть факторов неизменна и постоянна в рассматриваемом факторном пространстве. Например, изобразив в трехмерном пространстве зависимость $t_p = f(E_{АКБ}, C_N)$, будем считать, что остальные факторы постоянны в диапазоне изменения ($E_{АКБ}, C_N$) $w = const$ (рисунок 2).

Для этого переведем полином в физические значения факторов

$$t_{pi} = 7,47 + \frac{3,63(C_{Ni} - 97,5)}{32,5} - \frac{0,27(E_{AKBi} - 48)}{12} \cdot \frac{(C_{Ni} - 97,5)}{32,5} - \frac{0,48(E_{AKBi} - 48)}{12} \cdot \frac{(w - 55)}{45} - \left. \begin{aligned} &- 0,23 \left(\frac{E_{AKBi} - 48}{12} \right)^2 + 0,03 \left(\frac{C_{Ni} - 97,5}{32,5} \right)^2 + 0,05 \left(\frac{w - 55}{45} \right)^2 \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

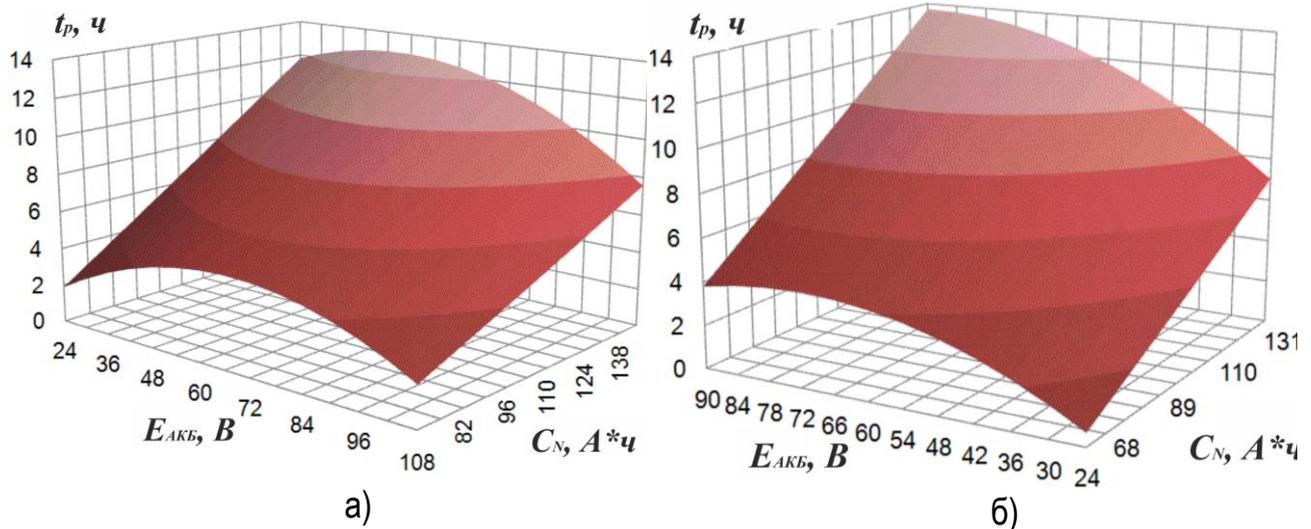


Рисунок 2 – Отклик $t_p = f(E_{AKB}, C_N)$
а) $w(-1) = 10$; б) $w(+1) = 100$

Таким образом, экспериментальные данные и их обработка в виде полученного уравнения регрессии (2), полученных графиков поверхностей откликов, показали, что погрешность сходимости теоретических и экспериментальных данных составляет не более 10%, что также подтверждается выполнением условия по критерию Фишера. Наибольшее влияние на продолжительность оказывает напряжение аккумуляторной батареи, фактор x_1 .

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Ерошенко, Г. П.* Особенности работы электроприводов при случайном характере внешних воздействий / Г. П. Ерошенко, С. М. Бакиров. – Аграрный научный журнал (Вестник Саратовского госагроуниверситета имени Н.И. Вавилова) – 2015. - №7. – с. 45-47.
2. *Зедгинидзе, И. Г.* Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем. – М.: «Наука», 1976. – 390 с.
3. *Новик, Ф. С.* Планирование эксперимента на симплексе при изучении металлических систем. – М: Металлургия, 1985. – 256 с.
4. *Электрические измерения: учебник для вузов.* Изд. 4-е / под ред. А. В. Фремке. – Л.: «Энергия», 1973. – 424 с.
5. *Язвинская, Н. Н.* Обобщение уравнения Пейкerta для построения практических моделей аккумуляторов / Н. Н. Язвинская, Д. Н. Галушкин, Н. Е. Галушкин. – Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2019. № 3 (203). – с. 70-76.

РАСЧЕТ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ ОПОРЫ ЛЭП В АВАРИЙНОЙ СИТУАЦИИ ПРИ ОБРЫВЕ ПРОВОДА

Аннотация. *Расчет опор ЛЭП проводится при проектировании распределительных сетей. Они являющихся одним из ключевых элементов высоковольтных линий электропередач. Подобные изделия используются для распределения поступающей электроэнергии и ее дальнейшей передачи по сети и предназначены для крепления силовых проводов, передающих электроэнергию. В результате многолетней эксплуатации в опорах ЛЭП проявляются скрытые неисправности в виде разрушения сварочных швов соединений. Важно обеспечить безаварийную работу ЛЭП в режиме нормальной и аварийной ситуации.*

Ключевые слова: *оптимизация, металлоконструкция, автоматизированное проектирование, опора, устойчивость, нагрузка, напряжение, прочность, стойка.*

Опора – это инженерный объект, который подвержен влиянию разрушающих факторов окружающей среды. Чтобы конструкция выполняла заложенные производителем функции, необходимо учесть требования к физическим параметрам изделия [1, 2]. Типовые проекты таких опор не всегда отвечают конкретным условиям эксплуатации. Именно поэтому в некоторых случаях их приходится дополнять и модернизировать. При этом любые новые технологические решения должны полностью соответствовать предъявляемым выше требованиям, а также возможность дополнительного воздействия факторов окружающей среды. Изделие может испытывать регулярные ветровые нагрузки, в холодное время года на нем может образовываться ледяная корка. Учет этих показателей позволяет добиться заявленной долговечности металлоконструкции практически в любых условиях [3, 4]. Опоры и башни, разработанные и применяемые в настоящее время, имеют большой запас прочности. В них применяются прокатываемые профили, произведена унификация опор, они могут применяться в широком спектре климатических условий.

Правильный расчет нагрузки на опору позволяет подобрать вариант, полностью отвечающий стандартам прочности и безопасности. Расчет позволяет получить металлоконструкцию, способную эффективно выполнять возложенные на нее функции в конкретных условиях в течение максимально долгого времени [5, 6]. Он обеспечивает гарантированную безопасность функционирования опор и позволит избежать чрезвычайных ситуаций, которые могут иметь достаточно серьезные последствия.

Ожидаемая нагрузка и эксплуатационные параметры позволяют спроектировать изделие, которое не только справится с предполагаемым напряжением, но и сохранит свою работоспособность в случае появления дополнительных нагрузок и возникновения критических ситуаций. Особое внимание уделяется массе конструкции, к которой относится не только сама опора, но и консоли, провода, основание. В основе расчета – метод предельных состояний, при котором конструкция не удовлетворяет предъявляемые к ней требования, теряет устойчивость. Возникновение предельного

состояния возможно при изменении разных параметров опоры: механических свойств металла, из которого изготовлена опора, условий работы конструкции, характера и величины нагрузок [7]. Следующий предельный режим – аварийный, т. е. при обрыве проводов и тросов. В таком режиме башня работает сравнительно недолго, но также необходимо обеспечить устойчивость конструкции.

Использование современных программных комплексов позволяет осуществлять параметрическое программирование, расчет моделей пространственных решетчатых металлических конструкций. Это позволяет снизить металлоемкость конструкции, за счет чего повышается экономический эффект их использования [8, 9].

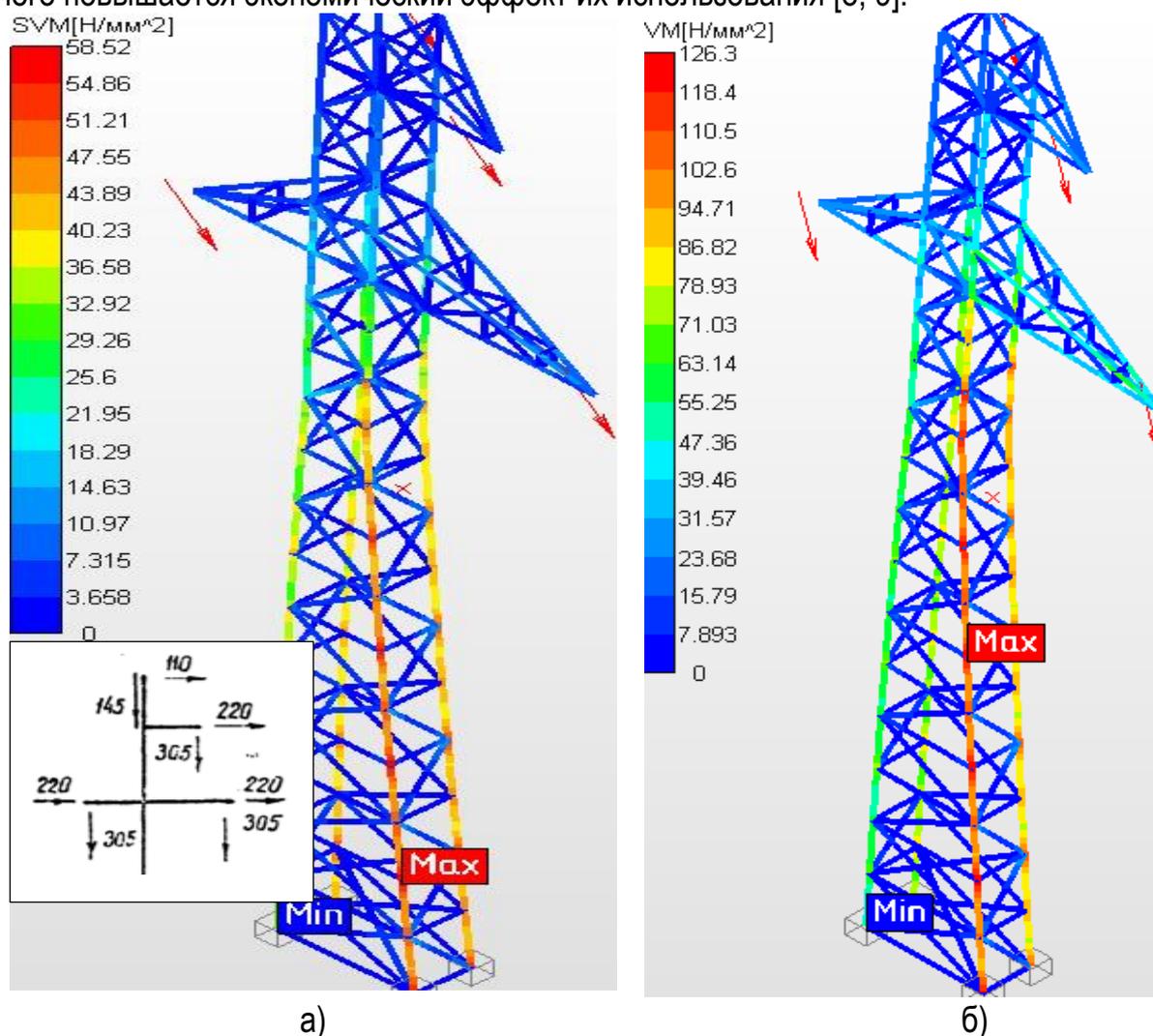


Рисунок 1 - Провода и трос не оборваны:
а) провода свободны от гололеда; б) провода покрыты гололедом.

При расчете учитываются следующие нагрузки: собственный вес провода (троса); ветровая нагрузка на провод (трос); вес гололедных отложений; температурные воздействия. Нагрузки на металлоконструкцию башни были взяты из типового проекта [4].

Для установления картины напряжений были выполнены расчеты для случаев, когда:

- действует только ветровая нагрузка под углом 45° к траверсе;
- провода покрыты гололедом (рис.1);

- оборван один провод;
- в результате деформации сварного шва, не работает один из раскосов.

Результаты представлены на рис. 1...3

Когда оборван один провод, напряжение распределено примерно равномерно по стойкам конструкции 80...90 МПа, кроме нижней части – 145 МПа и максимально – в месте крепления траверсы к конструкции 187 МПа. При разрушении крепления одного раскоса концентратор напряжения находится в зоне, где был раскос (рис. 3). Среднее напряжение в стойках не превышает допустимого. Результаты представлены на графике (рис. 4)

При разрушении крепления раскоса над траверсой напряжение стало меньше, чем при оборванном проводе (156 и 187), но стойки башни более равномерно нагружены по всей длине (рис. 4)

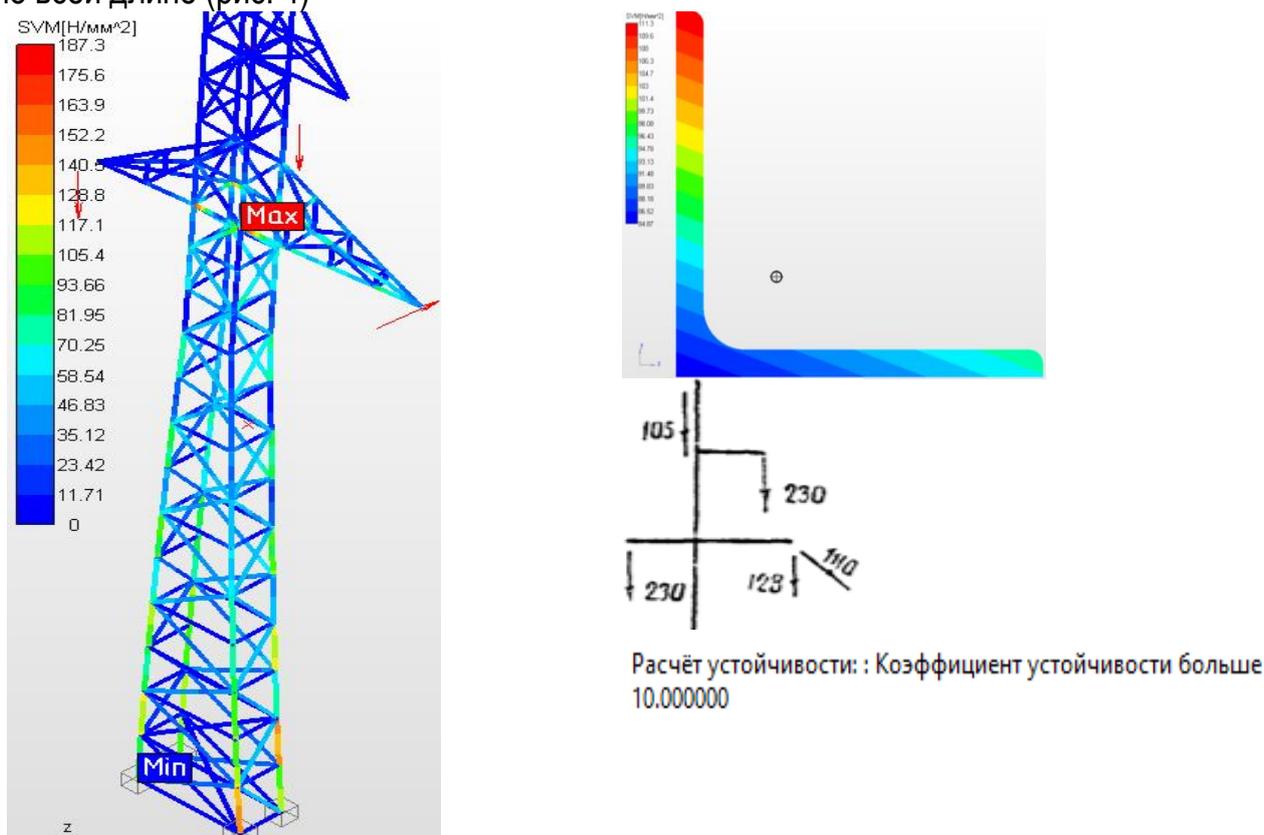


Рисунок 2 – Напряжение в опоре и в сечении П35-1. Оборван один провод.

Нами были произведены расчеты напряжения металлоконструкции опоры при неисправности крепления раскосов к центральным стойкам. Максимальные напряжения наблюдаются в оставшихся исправных раскосах. График изменения напряжения в зависимости от дефектного раскоса приведен на рисунке 4. Согласно проведенным расчетам наибольшее влияние на надежность эксплуатации опоры оказывают нижние раскосы.

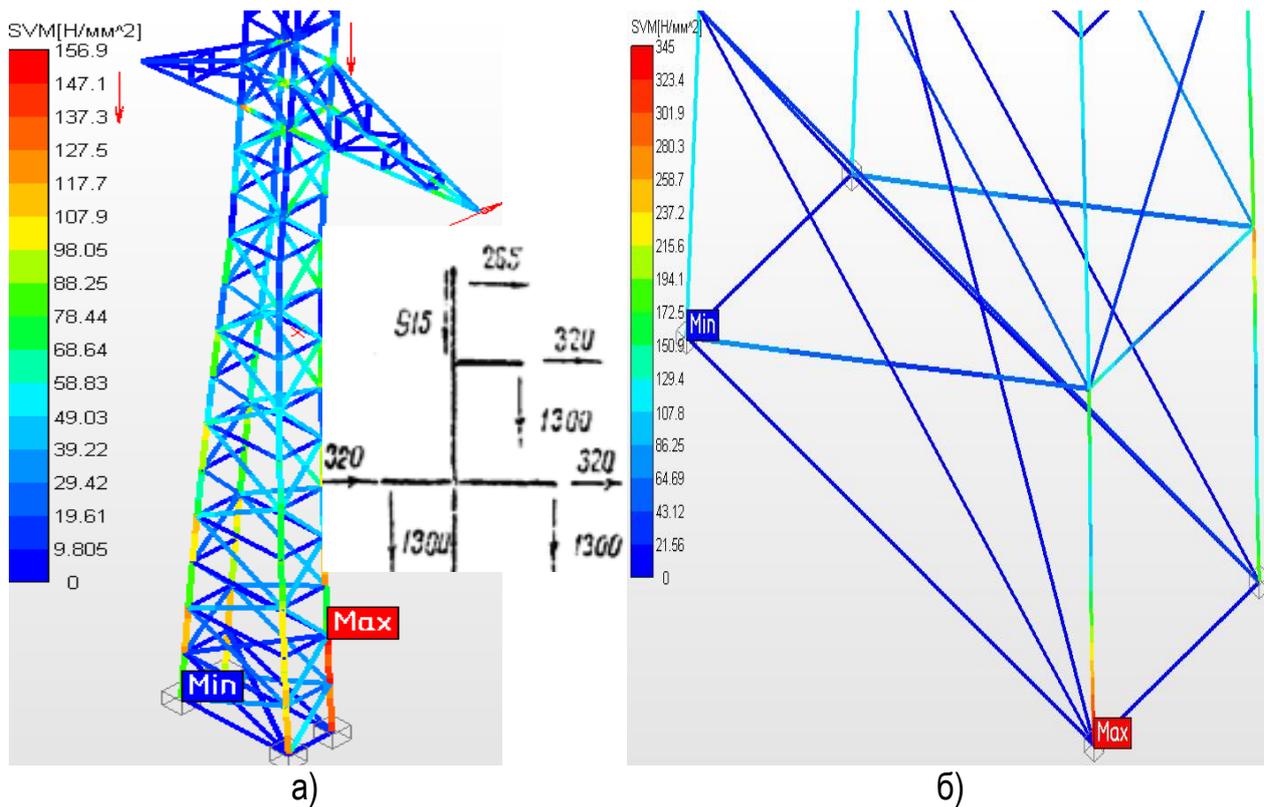


Рисунок 3 - Повреждение одного из раскосов:
 а) нижний; б) верху над траверсой

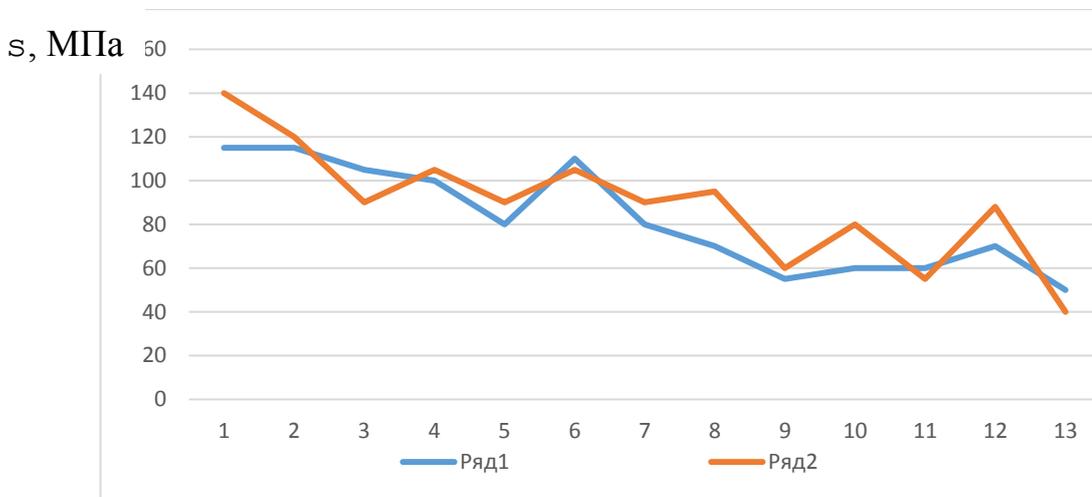


Рисунок 4 - График зависимости напряжений стоек от номера раскосов: ряд1 – напряжение в середине раскоса; ряд2 – максимальное напряжение в раскосе вблизи зоны крепления (1- нижний раскос, 13 – верхний).

На основании проведенных расчетов можно сделать следующие выводы:

1. Техническое состояние опор ЛЭП в нормальных условиях не вызывает опасений. Металлоконструкция выполнена с запасом прочности 1,27...2,7 раза
2. Коэффициент запаса устойчивости более 10, (рис. 2)

3. При техническом обслуживании и осмотре уделять особое внимание целостности сварных швов конструкций опор, т.к. при нарушении одного сварного шва резко увеличивается в этой зоне концентрация напряжений до 2,1 раза (рис. 3)

Список источников

1. СП 20.13330.2016. Свод правил с общими правилами и требованиями по назначению нагрузок, воздействий и их сочетаний.
2. СТО 70238424.29.240.20.003-2011. Стандарт организации с нормами и требованиями к созданию воздушных линий напряжением 35-750 кВ.
3. Пособие к СНиП П-23-81* по проектированию стальных конструкций опор ЛЭП. М.: Центральный институт типового проектирования, 1989.
4. Типовой проект. Унифицированные стальные опоры ВЛ 35, 110 и 150 кВ. М., 1968.
5. Петракова Н.В. Расчет вышки сотовой связи // Актуальные вопросы современной науки и образования: сборник статей междунар. науч.-практ. конф. Петрозаводск, 2019. С. 92–97.
6. Романеев Н.А. Расчет металлоконструкций с помощью WinStructure 3D: уч. пособие. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА. 2011. 31 с.
7. К определению параметров сечения стандартного профиля в опорной конструкции нории расчетным путем / В.В. Варывдин, Н.А. Романеев, Д.А. Безик, М.М. Васильченко // Вестник Брянской ГСХА. 2013. № 5. С. 30-35.
8. Варывдин В.В., Романеев Н.А., Безик Д.А. Использование компьютерных программ в процессе проектирования техники для сельского хозяйства // Конструирование, использование и надежность машин с/х назначения: сборник науч. работ междунар. науч.-практ. конф. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2011. С. 51-55.
9. Безик Д.А., Романеев Н.А. Расчеты напряженного состояния элементов грузоподъемных машин с использованием современного программного обеспечения // Подъемно транспортное дело. 2008. № 1. С. 2-5.
10. О методике оптимизации металлоконструкции башни сушилки / В.В. Варывдин, Д.А. Безик, М.М. Васильченко, Е.М. Юдина // Труды Кубанского ГАУ. 2015. № 5 (56). С. 233-238.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ТРАНСПОРТНЫХ МЕХАНИЗМОВ С ВЫСОКИМ КПД

Применение асинхронных двигателей в различных областях позволяет решать вопросы автоматизации (грузоподъемные механизмы, конвейеры и т.д.).

При модернизации и создании нового электрооборудования актуальными являются вопросы энергоэффективности и компактности. Требования к управлению двигателем различаются в зависимости от области применения.

Система с модальным управлением осложнена в реализации из-за необходимости большого количества датчиков, при этом не все переменные состояния доступны для измерения. Данную проблему можно решить применением асинхронных двигателей.

Существуют различные схемы регуляторов напряжения, например, такие как схема тиристорного регулятора напряжения (ТРН).

Регулирование напряжения на статоре АД возможно так же с помощью транзисторного регулятора напряжения (ТрРН), приведенного на рис. 1. При этом регулятор выполнен в виде трехфазного выпрямительного моста (2), к которому подключены концы обмоток статора АД (1), соединенные по схеме «звезда». Полярные выходы трехфазного выпрямительного моста через транзисторы (T_1, T_2) подключены к нулевому проводу питающего напряжения. Точки подключения обмоток статора к трехфазному выпрямительному мосту подключены также к нулевому проводу через RC-цепи (3). Для замыкания реактивных токов полярные выходы соединены через сопротивление r_x .

На рис.1 приведена схема асинхронного электропривода.

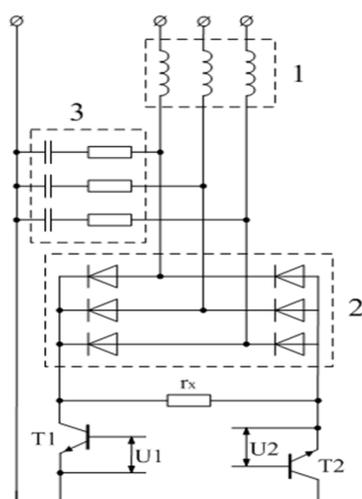


Рисунок 1 Схема асинхронного электропривода

Проведено сравнение работы ТРН и ТрРН. Сигнал выходного напряжения при фазовом управлении соответствует условию $f(x)=-f(x+\pi)$ и на основном периоде описывается следующей функцией

$$f(\delta) = \begin{cases} 0, & \delta \in (0, (1 - \hat{E}_\delta)\pi) \\ \sin \delta, & \delta \in ((1 - \hat{E}_\delta)\pi, \pi) \end{cases}$$

Анализ работы ТрРН позволил получить уравнение механической характеристики для этого режима

$$M_2 = \frac{mU_H^2 r_2 \left(\frac{r_1 + r_X \gamma^2}{r_1 + r_X} \right)}{\omega_0 S \left[\left(r_1 + r_X (1 - \gamma) + \frac{r_2}{S} \right)^2 + (x_1 + x_2)^2 \right]},$$

где M_2 - момент АД с ТрРН;

r_X - сопротивление нагрузки моста.

В соответствии с выражениями были построены механические характеристики для различных значений γ и r_X . На основании этих характеристик была вычислена в относительных единицах зависимость $M_{KP} = f(\gamma, r_X)$, которая приведена на рис. 2, где $r_{X1} > r_{X2} > r_{X3} > r_{X4} > r_{X5}$.

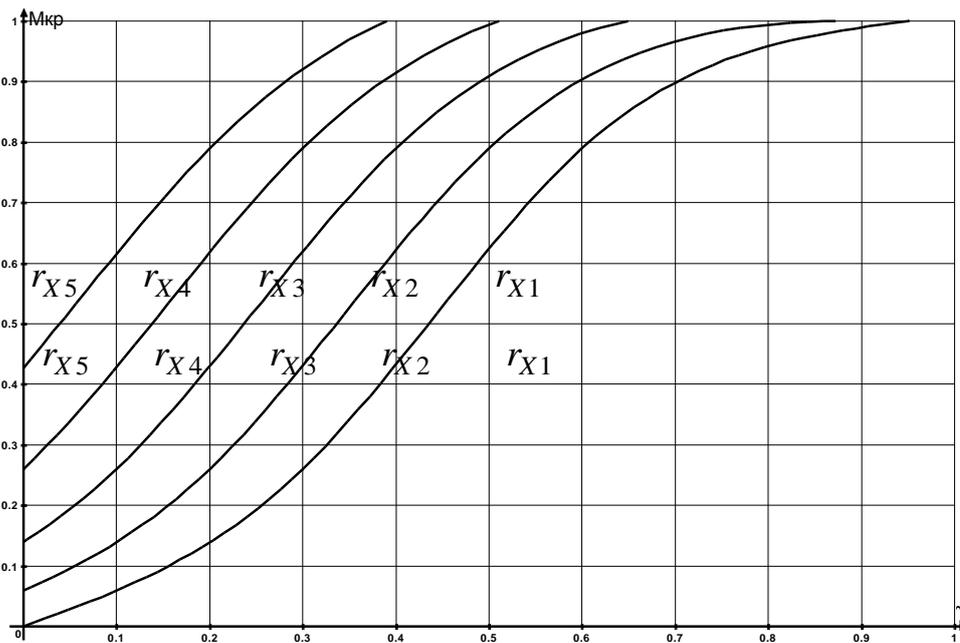


Рисунок 2. Графики зависимостей $M_{KP} = f(\gamma, r_X)$

Из графика видно, что сопротивление r_X эффективно влияет на механические характеристики АД при регулировании с помощью ТрРН, ограничивая диапазон регулирования и задавая начальные значения $M_{ПВСК}$ и M_{KP} .

Буглак А.А., Моисеев А.А.

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

РАЗРАБОТКА ЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫМИ СИСТЕМАМИ

Аннотация. В настоящей статье предложена функциональная схема системы автоматического управления процессом кормораздачи с использованием программируемого логического контроллера, разработаны логические схемы управления автоматизированными системами.

Ключевые слова: управляющие контроллеры, автоматизация технологических процессов, программируемые логические контроллеры, логические схемы управления.

Повышение производительности труда и снижение энергозатрат на производство единицы продукции, улучшение использования электрооборудования и условий труда работников невозможно без внедрения системной автоматизации в сельскохозяйственное производство. Уровень автоматизации является определяющим фактором, в том числе, себестоимости производимой продукции – важного показателя конкурентоспособности производства в условиях рыночной экономики. Благодаря автоматизации сельскохозяйственного производства повышается надежность и продлевается срок работы технологического оборудования, улучшаются условия и безопасность труда, снижаются затраты на единицу продукции [1].

В частности, используемые в настоящее время релейно-контактные системы управления технологическими процессами сельхозпроизводства, например, кормораздачей, имеют невысокую надежность из-за открытых подвижных замыкающих и размыкающих токоведущих частей аппаратов. Одним из путей повышения надежности систем управления является замена релейно-контактных элементов схемы современными программируемыми микропроцессорными техническими средствами [2-6].

В настоящей статье предложена функциональная схема системы автоматического управления процессом кормораздачи с использованием программируемого логического контроллера, разработаны логические схемы управления автоматизированными системами.

На рисунке 1 показана функциональная схема системы автоматического управления процессом кормораздачи с использованием программируемого логического контроллера [7].

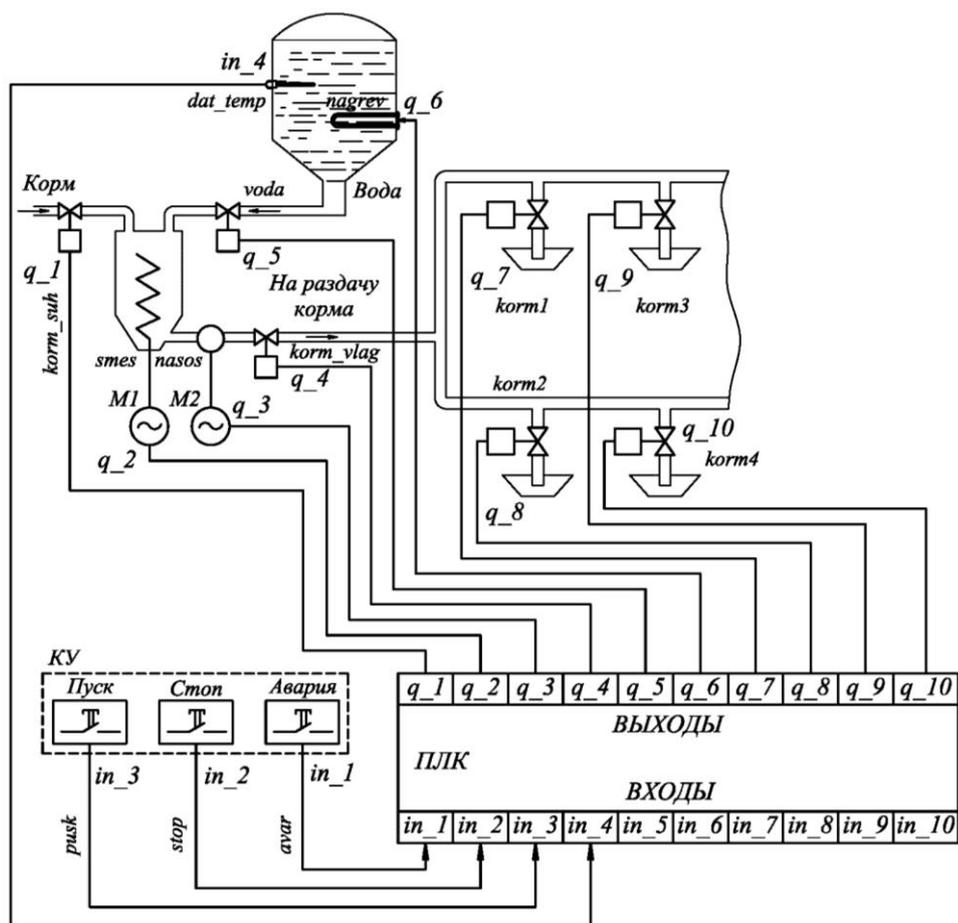


Рисунок 1 – Функциональная схема системы автоматического управления процессом кормораздачи с использованием программируемого логического контроллера.

Примем обозначения глобальных входов и выходов контроллера и приведем их в виде таблицы 1 [4,7].

Таблица 1 – Глобальные входы и выходы программируемого логического контроллера

№ п.п.	Наименование	Обозначение	Номер входа/выхода
1	2	3	4
ВХОДЫ			
1	Кнопка аварийной остановки процесса кормораздачи	avar	in_1
2	Кнопка остановки процесса кормораздачи	stop	in_2
3	Кнопка запуска процесса кормораздачи	pusk	in_3
4	Датчик температуры воды в емкости	dat_temp	in_4
ВЫХОДЫ			
5	Привод заслонки подачи сухого корма	korm_suh	q_1
6	Механический смеситель	smes	q_2
7	Гидронасос	nasos	q_3
8	Привод заслонки подачи жидкого корма	korm_vlag	q_4

9	Привод заслонки подачи подогретой воды	voda	q_5
10	Нагреватели воды	nagrev	q_6
11	Привод заслонки подачи корма в 1 кормушку	korm1	q_7
12	Привод заслонки подачи корма в 4 кормушку	korm2	q_8
13	Привод заслонки подачи корма в 3 кормушку	korm3	q_9
14	Привод заслонки подачи корма в 4 кормушку	korm4	q_10

Раздача корма осуществляется следующим образом. При нажатии на кнопку запуска процесса кормораздачи *pusk* (*in_3*), запускается механический смеситель *smes* (*q_2*). По истечении 3-5 с питание одновременно получают привод заслонки подачи сухого корма *korm_suh* (*q_1*) и привод заслонки подачи подогретой воды *voda* (*q_5*). При этом, условием их включения является заданное значение температуры воды в емкости, нагрев которой осуществляется электрическим нагревателем *nagrev*, управление которым происходит с выхода *q_6* логического контроллера. Сигнал обратной связи по температуре осуществляет термодатчик *dat_temp* (*in_4*). При этом происходит двухпозиционное регулирование температуры [8,9].

Через заданное оператором при программировании ПЛК время (например, 40-50 с), необходимое для получения однообразной жидкой массы корма, включается гидронасос *pasos* (*q_3*) и привод заслонки подачи жидкого корма *korm_vlag* (*q_4*). Корм перемещается по магистрали к кормушкам. Последовательно включаются и отключаются электромагнитные приводы заслонок подачи корма, соответственно в 1 кормушку *korm1* (*q_7*), 2 кормушку *korm2* (*q_8*) и т.д. (на рис.4.1 показаны только 4 шт.) Интервал времени, при котором приводы заслонок подачи корма будут включены задается также оператором при программировании устройства [8,9].

Для остановки процесса кормораздачи необходимо нажать кнопку *stop* (*in_2*). Система переходит в состояние промывки кормоподающей магистрали (на рис.4.1 не показано). Для быстрого отключения процесса кормораздачи при возникновении аварийных режимов предназначена кнопка *avar* (*in_1*).

Программирование ПЛК осуществляется в среде CoDeSys с помощью языка CFC (непрерывные функциональные схемы) и стандартной библиотеки функциональных блоков [9].

Рассмотрим составление логической схемы на примере управления запуском процесса кормораздачи (рисунок 2).

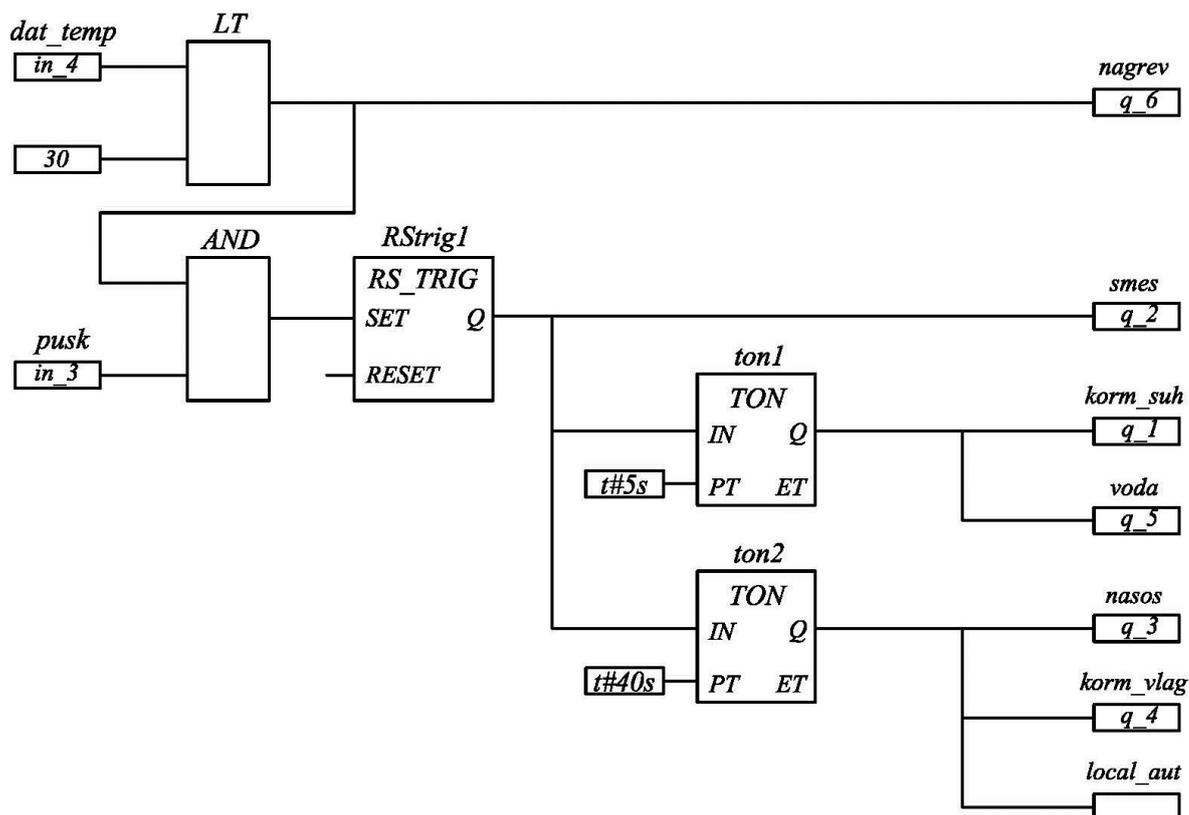


Рисунок 2 – Логическая схема управления запуском процесса кормораздачи.

Запуск процесса кормораздачи осуществляется нажатием нормально разомкнутой кнопки *pusk* и подачей на дискретный вход *in_3* программируемого логического контроллера логической единицы (TRUE – ИСТИНА). На одном из входов функционального блока AND (побитное И) также формируется логическая единица. При этом условием для запуска процесса кормораздачи является нагрев воды для смешивания с сухим кормом до 30 °С. Контроль температуры воды осуществляется термодатчиком *dat_temp*, подключенным к аналоговому входу *in_4* контроллера. Действительное значение температуры воды в емкости посредством обратной связи сравнивается со значением, заданным оператором при программировании (в нашем случае 30°С), в функциональном блоке LT (МЕНЬШЕ) [9]. Данный двоичный оператор возвращает TRUE (ИСТИНА), если значение первого параметра меньше второго (заданного оператором) [8,9].

При значении температуры >30°С на второй вход блока AND подается ИСТИНА. Тогда на его выходе также устанавливается TRUE. На вход SET функционального блока *RS_trig1* подается логическая единица, на его выходе Q формируется TRUE, включая выход *q_2*, к которому подключен механический смеситель.

Включение приводов на открытие заслонок для подачи сухого корма *korm_suh* (*q_1*) и воды *voda* (*q_5*) производится с выдержкой времени, которая формируется на функциональном блоке *ton1* (также задается оператором, например, 5 с), необходимой для разгона механического смесителя и предотвращения его заклинивания [8,9].

После смешивания сухого корма с водой в течение 40 с включаются гидронасос *q_3* (*nasos*) и привод заслонки подачи жидкого корма *q_4* (*korm_vlag*). В магистраль нагнетается жидкий корм.

Составление логических схем управления другими локальными процессами осуществляется аналогично.

Список литературы

1. Ившин В. П. Современная автоматика в системах управления технологическими процессами : учеб. пособие / В.П. Ившин, М.Ю. Перухин. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : ИНФРА-М, 2017. – 402 с.
2. Каргин, В.А. Система автоматического управления электромагнитным сводообрушителем / В.А. Каргин. – Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2019. № 6 (176). – С. 148-154.
3. Каргин, В.А. Электрический преобразователь с автоподстройкой выходного усилия электромагнитного формователя колбасных изделий / В.А. Каргин, А.В. Волгин, А.П. Моисеев, О.В. Логачева // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2018. №2 (160). – С.176-180.
4. Каргин, В.А. Система управления плавным ходом якоря ЛЭМД кормораздаточных транспортеров за счет автоматической корректировки выходного усилия / В.А. Каргин, А.П. Моисеев, А.В. Волгин, Н.Н. Белова / Известия Международной академии аграрного образования, 2017. № 37. – С.15-18.
5. Massad, A.Kh. Система управления формователем колбасных изделий на базе программируемого логического контроллера / A.Kh. Massad, В.А. Каргин, А.П. Моисеев, В.С. Никитин // В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК, материалы VIII Международной научно-практической конференции, 2017. – 175-177.
6. Каргин, В.А. Автоматизация систем управления технологическими процессами [Текст]: учебное пособие / В.А. Каргин, А.П. Моисеев, А.В. Волгин, Л.А. Лягина, Е.А. Четвериков. – Саратов: Амирит, 2018. – 177 с.
7. Змеев А.Я. Проектирование систем электрификации: Учебное пособие / А.Я. Змеев, К.М. Усанов, В.И. Мошкин, В.А. Каргин. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2016. – 292 с.
8. Петров, И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования / Под ред. В.П. Дьяконова. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 256 с.
9. Руководство пользователя по программированию ПЛК в CoDeSyS 2.3. – редакция RU 2.4, для CoDeSyS v2.3.6.x.

Вахрушев А.А., Рассохин И.М., Каргин В.А.

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

ПРОГРАММИРОВАНИЕ И НАСТРОЙКА АДАПТИВНОЙ УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ

Аннотация. В настоящей статье приведена методика программирования, настройки и оценки работоспособности адаптивной системы управления энергией удара в зависимости от свойств нагрузки. Программирование логического контроллера осуществляется в среде CoDeSys.

Ключевые слова: управляющие контроллеры, линейный электромагнитный двигатель, программируемые логические контроллеры, логические схемы управления, электрические преобразователи

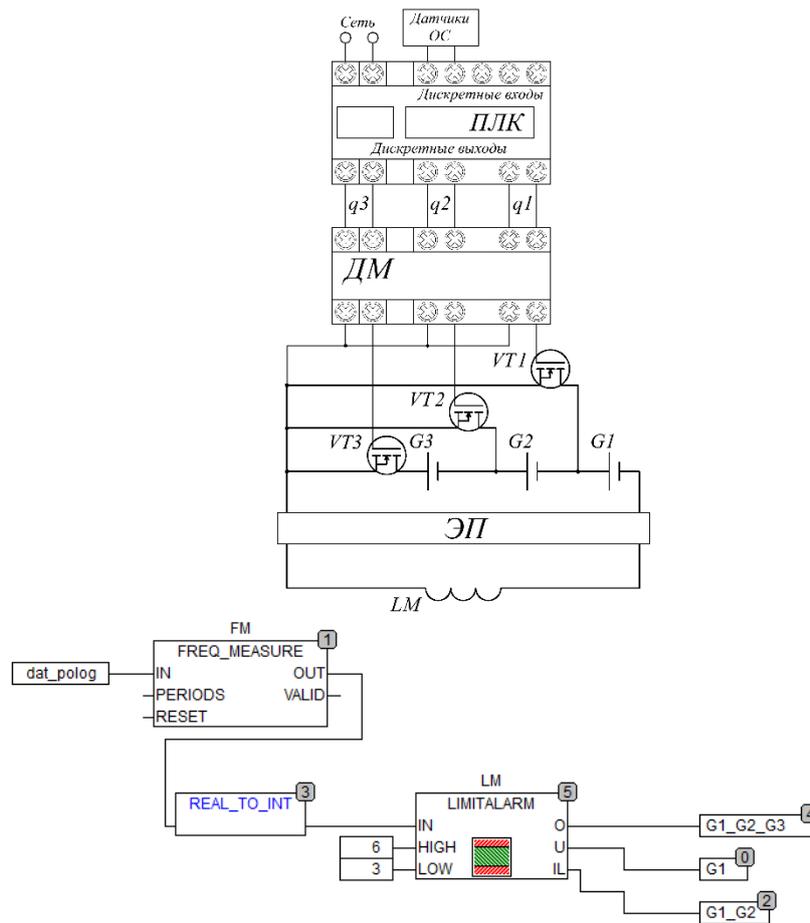
Задача реализации импортозамещения в технических отраслях предполагает создание новых или существенное совершенствование технических средств и технологий. В этой связи несомненный интерес представляют дискретные, импульсные электрические приводы с линейными электромагнитными двигателями (ЛЭМД), которые и могут в обоснованных случаях конкурировать с традиционными [1-4].

Линейные электромагнитные двигатели, осуществляющие дискретное потребление и преобразование электрической энергии в механическую работу, для источника питания представляют собой нагрузку импульсного характера. Поэтому для их работы необходимы специальные электрические преобразователи [1,5,6].

Используемые в настоящее время электрические преобразователи [1,5], предназначены, в основном, для питания и управления ударными электромагнитными машинами, в которых не требуется автоматическая подстройка выходной энергии удара в зависимости от изменения нагрузки. То есть формирование питающих импульсов производится здесь без согласования потребляемой энергии и нагрузки, что увеличивает динамические нагрузки на кинематические звенья и снижает срок службы всего привода. Таким образом, разработка управляющего устройства ЛЭМД-привода ударных машин, например, сводообрушителя [2] или устройства для погружения стержней в грунт [3], обеспечивающая автоматическую корректировку потребляемой энергии при изменении свойств нагрузки, представляется важным.

Одним из путей совершенствования электрических преобразователей для реализации адаптивных управляющих систем является использование современных программируемых микропроцессорных технических средств [7-9].

В частности, в работе [9] доказана предпочтительность использования программируемой адаптивной системы регулирования выходной энергии удара ЛЭМД-привода устройства для погружения стержней в грунт в зависимости от свойств нагрузки – плотности грунта, электрическая и логическая схема которой показаны на рисунке 1.



a)

б)

Рисунок 1 – Принципиальная электрическая (а) и логическая (б) схемы коммутации батарей аккумуляторов: ПЛК – программируемый логический контроллер; ДМ – драйверная микросхема; $q_1...q_3$ – дискретные выходы ПЛК; $G_1...G_3$ – аккумуляторные батареи; LM – обмотка ЛЭМД; $VT_1...VT_3$ – полевые транзисторы *MOSFET*.

Заключительным этапом разработки адаптивной управляющей системы является ее программирование и настройка. Программирование логического контроллера осуществляется в среде CoDeSys [10].

Для оценки работоспособности логической схемы проведем имитацию частоты входных сигналов от датчика положения якоря dat_polog (in_1). Для этого заменим его на генератор прямоугольных импульсов Blinker (рисунок 2) [10].

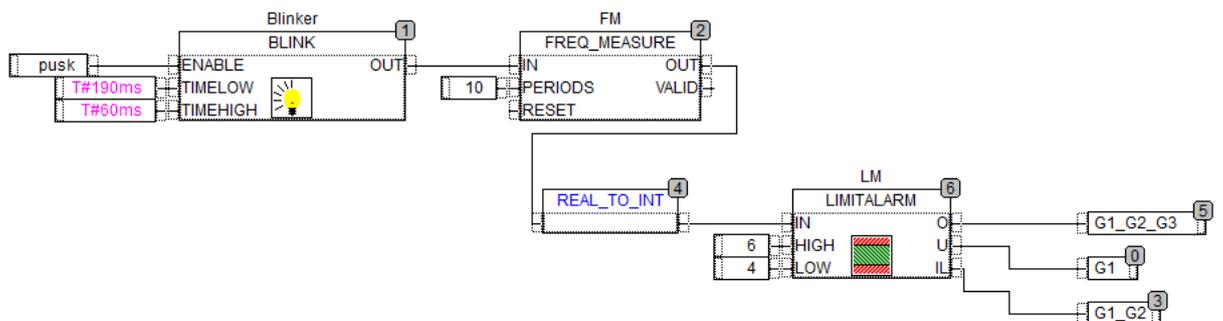
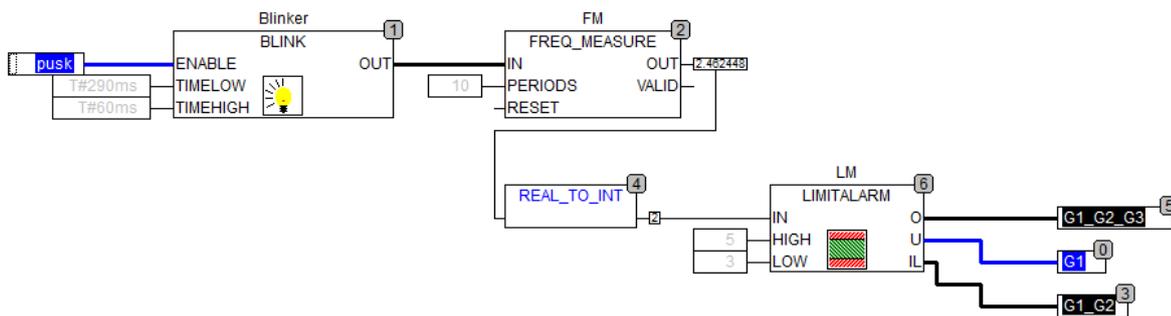


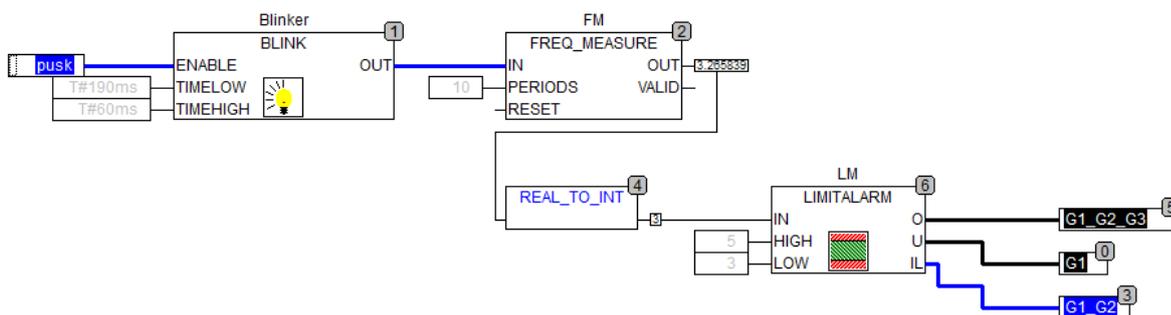
Рисунок 2 – Имитация частоты входных сигналов от датчика положения якоря.

Изменением длительности импульса TIMEHIGH и длительности паузы TIMELOW можно симитировать любую частоту срабатываний датчика положения.

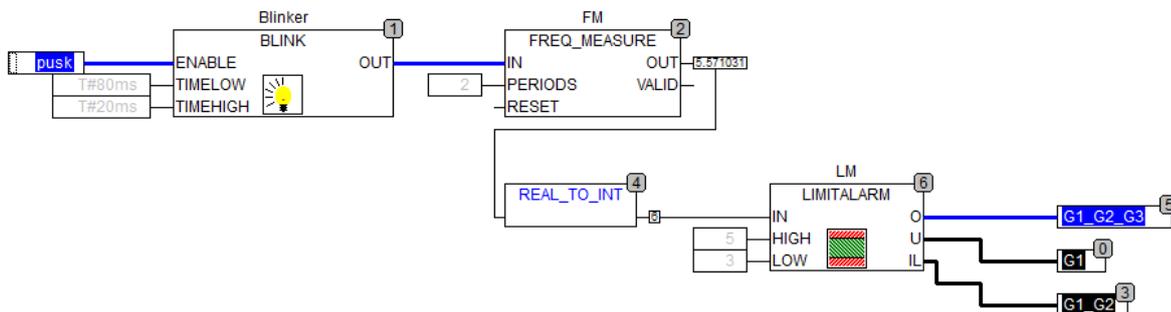
а)



б)



в)



Рисунке 3 – Пример эмуляции программы на языке CFC

Следующим этапом программирования является проверка и настройка программы. При этом проверить ее работоспособность можно при помощи эмуляции, не прибегая к монтажу и подключению к ПЛК. Во время эмуляции созданная программа выполняется не в ПЛК, а на компьютере, на котором запущен CoDeSyS. В этом режиме допустимы все функции онлайн, что позволяет проверить логическую правильность программ, не используя контроллер [9]. Пример эмуляции программы на языке CFC представлен на рисунке 3.

При установке сигнала управления на входе ПЛК можно увидеть, какой алгоритм проходит данный управляющий сигнал, и какой выход будет задействован. Весь путь отмечается синим цветом.

При задании частоты ходов якоря ЛЭМД менее трех, подключается одна аккумуляторная батарея G1 (на рисунке 3,а показана синим цветом). Увеличение частоты срабатываний приводит к подключению второй батареи G1_G2 (рисунок 3,б). При частоте

ходов якоря двигателя больше пяти, включается третья аккумуляторная батарея G1_G2_G3 (рисунок 3,в).

Таким образом, эмуляция программы показала работоспособность адаптивной управляющей системы.

После проверки и настройки программы проводится копирование кода программы на логический контроллер.

Список литературы

1. 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 государственного университета, 2015. – 202 с.
2. Усанов, К.М. Импульсная система с линейным электромагнитным двигателем для интенсификации разгрузки бункеров / К.М. Усанов, А.В. Волгин, В.А. Каргин. – Научное обозрение, № 6, 2012. – С.255-258.
3. Усанов, К.М. Силовая электромагнитная импульсная система для погружения стержневых элементов в грунт / К.М. Усанов, В.А. Каргин. – Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова, № 3, 2005, – С. 59-61.
4. Kargin, V.A. The electromagnetic juice press control system / V.A. Kargin, A.V. Volgin, A.P. Moiseev // В сборнике 2018 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon, 20184 January 2019, Номер статьи 8602715.
5. Усанов, К.М. Электрический преобразователь электромагнитной ударной машины / К.М. Усанов, В.А. Каргин, И.В. Трубенкова // Вавиловские чтения-2009: Материалы Межд. науч.-практ. конф. – Саратов: ООО Издательство «КУБиК», 2009. – С.376–378
6. Усанов, К.М. Электрический преобразователь с емкостным накопителем энергии для питания электромагнитной ударной машины / К.М. Усанов, В.А. Каргин // Механизация и электрификация сельского хозяйства: Материалы конференции, посвященной 119-й годовщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова, Саратов: СГАУ, 2006. – С. 81–85
7. Каргин, В.А. Система автоматического управления электромагнитным сводообрушителем / В.А. Каргин. – Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2019. № 6 (176). – С. 148-154.
8. Каргин, В.А. Электрический преобразователь с автоподстройкой выходного усилия электромагнитного формователя колбасных изделий / В.А. Каргин, А.В. Волгин, А.П. Моисеев, О.В. Логачева // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2018. №2 (160). – С.176-180.
9. Каргин, В.А. Система управления электромагнитной ударной машиной / В.А. Каргин // Образовательная среда сегодня и завтра: Материалы X Международной научно-практической конференции, 2015. – С. 303-306
10. Петров, И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования / Под ред. В.П. Дьяконова. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 256 с.

ПЕРЕДАЧА ИМПУЛЬСА МОЩНОСТИ ПРИ СВЧ ОБРАБОТКЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СРЕД

Энергия электромагнитного поля (ЭМП) высоких (ВЧ) и сверхвысоких (СВЧ) частот может быть применима в промышленности и в сельском хозяйстве, что подтверждается многочисленными исследованиями, как в ранних работах [1-3], так и в более поздних исследованиях [4-6 и др.]. Кроме того, для прогнозирования результата СВЧ обработки важно знать величину и характер распределения напряженности электрического поля в обрабатываемом объекте [7-9 и др.]. Актуальной является также обработка среды импульсными источниками электромагнитной энергии, так как в импульсе можно сосредоточить большую мощность и повысить эффективность обработки. Ниже приведены расчетные соотношения для анализа распространения электромагнитного импульса в полупроводящей среде, отдельные из которых представлены в работе [10].

В общем случае напряженность электрического поля падающей на объект плоской электромагнитной волны ЭМВ в произвольной точке пространственной координаты z определяется выражением вида:

$$\dot{E}_{y0} = \dot{E}_0 \exp(ik_0 z). \quad (1)$$

Но для оценки передачи мощности СВЧ в объект полезно ввести комплексную передаточную функцию [10], которая определяет напряженность электрического поля на произвольной глубине $z = d$:

$$\dot{G}(d, \omega) = \dot{E}_y(d, \omega) / \dot{E}_0, \quad (2)$$

где $\dot{E}_y(d, \omega)$ - комплекс напряженности электрического поля на произвольной глубине $z=d$; \dot{E}_0 - комплекс напряженности электрического поля падающей электромагнитной волны на поверхности объекта.

В этом случае при нормальном падении волны на плоскую поверхность напряженность электрического поля волны в среде на глубине $z = d$, и на частоте ω будет определяться выражением вида:

$$\dot{E}_y(d, \omega) = \dot{E}_y^S(0, \omega) \dot{G}(d, \omega). \quad (3)$$

Мгновенное значение поля электромагнитной волны на глубине d от действия всего импульса, определяется интегралом обратного преобразования Фурье [11]:

$$e_y(d, t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \dot{E}_y^S(0, \omega) \dot{G}(d, \omega) e^{-i\omega t} d\omega. \quad (4)$$

Если высокочастотный импульс, падающий на границу раздела сред, представляет собой гармоническую функцию с определенной огибающей функцией времени $U_y(t)$:

$$e_y(0, t) = U_y(t) \sin \omega t, \quad (5)$$

то реакцию среды на глубине $z = d$ можно оценить с учетом огибающей.

В этом случае, согласно [11] напряженность электрического поля и огибающая на глубине $z = d$ определяются выражениями:

$$e_y(d, t) = U_y(d, t, \omega) \sin \omega t. \quad (6)$$

$$U_y(d, t, \omega) = h(0)U_y(t) + \int_0^t h'(\tau)e^{i\omega\tau}U_y(t-\tau)d\tau, \quad (7)$$

где $h'(\tau)$ производная $h(\tau)$ функции, используемой в теории автоматического управления.

Если $U_y(t)$ имеет форму прямоугольного импульса с длительностью τ_0 :

$$\frac{U_y(t)}{e_y(0,0)} = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ 1,0 & 0 < t \leq \tau_0 \\ 0 & t > \tau_0 \end{cases}, \quad (8)$$

то в соответствии с (12)-(14), получим:

$$U_y(d, t, \omega) = e_y(0,0) \left[h(0) + \int_0^t h'(\tau)e^{-i\omega\tau}d\tau \right], \text{ при } t \leq \tau_0 \quad (9)$$

$$U_y(d, t, \omega) = e_y(0,0) \int_{t-\tau_0}^t h'(\tau)e^{-i\omega\tau}d\tau, \text{ при } t > \tau_0 \quad (10)$$

$$h(0) = \lim_{\omega \rightarrow \infty} \overset{\bullet}{G}(d, \omega) = \text{Re}(h(0)) + i \text{Im}(h(0)), \quad (11)$$

$$h'(\tau) = (2\pi)^{-1} \int_{-\infty}^{+\infty} \left[\overset{\bullet}{G}(d, \omega) - h(0) \right] e^{i\omega\tau} d\omega. \quad (12)$$

В тоже время, СВЧ мощность, рассеиваемая в полупроводящей среде, определяется известным соотношением [12]:

$$P = \omega \varepsilon_0 \varepsilon / E^2 \text{tg} \delta, \quad (13)$$

где ε_0 - диэлектрическая постоянная; $\text{tg} \delta$ - тангенс угла потерь; ε - диэлектрическая проницаемость среды; E^2 - квадрат модуля напряженности электрического поля.

Поэтому при СВЧ обработке прямоугольными импульсами с периодом следования T_{Π} средняя СВЧ мощность за период на глубине $z = d$ будет равна:

$$P_{\text{ср}}(d) = \frac{1}{T_{\Pi}} \omega \varepsilon_0 \varepsilon \text{tg} \delta \int_0^{T_{\Pi}} U_y^2(d, t, \omega) dt, \quad (14)$$

а импульсная СВЧ мощность определится выражением:

$$P_{\text{и}}(d) = P_{\text{ср}}(d) \frac{T_{\Pi}}{\tau_0}. \quad (15)$$

Список источников

1. Вендин С.В. СВЧ дезинсекция семян бобовых: автореф. дис. канд. техн. наук / С.В. Вендин. Московский ордена Трудового Красного Знамени институт инженеров сельскохозяйственного производства имени В.П. Горячкина. Москва, 1990. 16 с.

2. Вендин С.В. Высокочастотный нагрев в технологии обработки семян зерновых / Техника в сельском хозяйстве. 1994. № 3. С. 18.
3. Вендин С.В., Горин А.Д. Воздействие температурных факторов на всхожесть семян зерновых при их обработке в электромагнитном поле СВЧ // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 1994. № 3. С. 21.
4. Вендин С.В. Экспериментальные исследования предпосевной обработки семян пшеницы электромагнитным полем // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2014. № 1(1). С. 4-10.
- 5.-Вендин С.В. Электромагнитная обработка семян // Сельский механизатор. 2014. №12. С.32-33.
6. Вендин С.В. Экспериментальные исследования процессов СВЧ обработки семян: Монография / С.В. Вендин. Москва-Белгород: ОАО «Центральный коллектор библиотек «БИБКОМ», ООО «ТРАНСЛОГ», 2017. 116 с.
7. Вендин С.В. Исследование напряженности электрического поля в семени при СВЧ дезинсекции зерна // Электричество. 1994. №3. С.54-58.
8. Вендин С.В. К решению задачи взаимодействия электромагнитной волны с многослойным сферическим диэлектрическим препятствием // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 5. С. 216-220.
9. Вендин С.В., Трубаев П.А. К расчету напряженностей электромагнитного поля при СВЧ обработке диэлектрических плоскостойких объектов //Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 6. С. 215-218.
10. Вендин С.В. Теория и математические методы анализа электродинамики процессов СВЧ обработки семян /С.В. Вендин.-М.: ОАО «Центральный коллектор библиотек «БИБКОМ», ООО «ТРАНСЛОГ», 2015. 137 с. ISBN-online 978-5-905563-38-6.
11. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники: Электромагнитное поле. Учебник для вузов.- 7-е изд., перераб. и доп.-М.: Высш.школа, 1978.- 231 с.: ил.
12. Глуханов Н.П. Физические основы высокочастотного нагрева. - Л.: Машиностроение, 1989.- 56 с.: ил.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ

Аннотация. В статье описана актуальность автоматизации процесса управления насосного агрегата. Представлена схема, которая предназначена для создания систем автоматизации технологических процессов, связанных с контролем и поддержанием заданного уровня жидких сред в резервуарах, емкостях и др.

Ключевые слова: насосный агрегат, автоматизация, датчики, контактор, силовая цепь.

Важнейшей целью водохозяйственной политики России в сельскохозяйственном производстве является максимально эффективное использование водных ресурсов, поэтому совершенствование систем управления насосными агрегатами и снижение потерь становятся первоочередными задачами[2].

В настоящее время насосные установки успешно используются во всех областях сельского хозяйства, в частности можно отметить установки, направленные на обеспечение водой скота. Своевременная подача воды, которую скот потребляет в течение дня непосредственно влияет на количество ежедневно выпитой воды, а также может в свою очередь повлиять на общую продуктивность. В некоторых случаях плохое водоснабжение приведет к проблемам со здоровьем или снижению продуктивности скота.

Чтобы улучшить качество водоснабжения сельскохозяйственных объектов применяются системы автоматизации, схема и работа одной из них представлена ниже.

В зависимости от способа установки датчика выходной контакт замыкается или размыкается при понижении уровня жидкости.

Для коммутации цепей используются контакторы постоянного тока. Контактор имеет 3 нормально разомкнутых контакта и 1 нормально замкнутый контакт. Для ручного управления используется кнопка.

На рисунке 1 изображена схема управления работой насосного агрегата. При достижении нижнего уровня воды замыкается контакт D1.1 датчика. В данном случае ток протекает через катушку магнитного пускателя КМ1, которая шунтируется через контакт КМ1.1, и замыкает контакты КМ1.2 силовой цепи, насос начинает работать. Как только уровень воды повышается до отметки верхнего датчика, то срабатывает размыкающий контакт D2.1. Цепь разрывается, и насос прекращает работу.

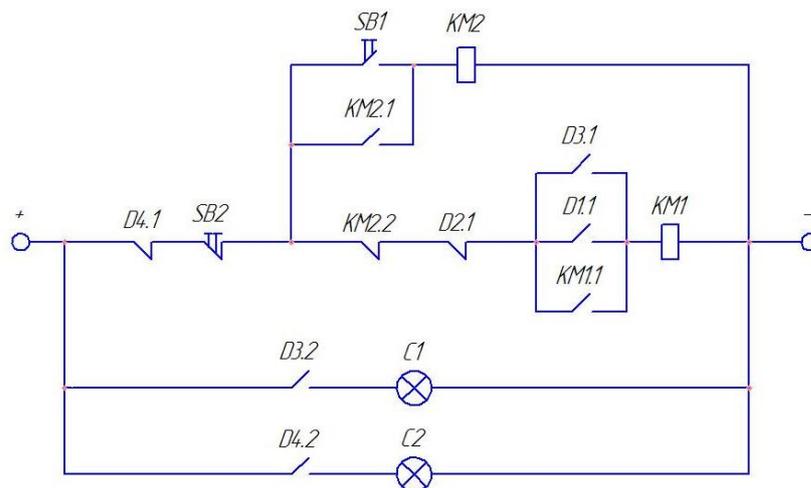


Рисунок 1. Схема автоматического управления насосного агрегата

В случае если датчик нижнего уровня не сработал, то вода поднимется до уровня страхового датчика. Тогда катушка KM1 запитывается через контакт D3.1, а контакт D3.2 запитает сигнализацию C1 на оперативном посту.

Если насос при достижении уровня воды верхнего датчика не отключился, то срабатывает аварийный датчик. Он разрывает цепь через контакт D4.1, а через контакт D4.2 на оперативном посту срабатывает сигнализация C2.

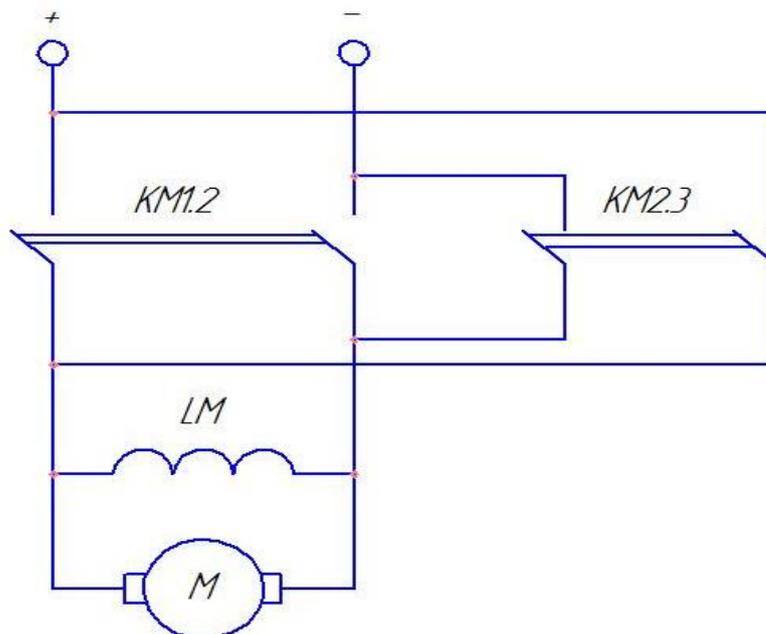


Рисунок 2. Силовая цепь насосной установки

Так же предусмотрено ручное управление системой. Через кнопку SB1 запитывается катушка KM2, и шунтируется через контакт KM2.1 и замыкает контакты KM2.3 силовой цепи и насос начинает работать. Контакт KM2.2 обесточивает систему автоматического управления. Для отключения насоса цепь размыкают через кнопку SB2[1].

Важность совершенствования систем управления выражается, главным образом, в необходимости улучшения качества водоснабжения, устранении перебоев подачи воды

на объекты сельского хозяйства, что в свою очередь повысит степень производительности отрасли сельского хозяйства[3].

Внедрение автоматических установок, например, программируемых логических контроллеров, на объекты агропромышленного комплекса позволяет уменьшить потери электроэнергетических ресурсов на производстве в целом.

Список источников

1. Минаев, И.Г. Свободно программируемые устройства в автоматизированных системах управления / И.Г. Минаев, В.В. Самойленко, Д.Г. Ушкур, И.В. Федоренко. - Ставрополь: АГРУС. 2016. - 168 с.

2. Абрамов, Н.Н. Теория и методика расчета систем подачи и распределения воды / Н.Н. Абрамов. -М.: Стройиздат, 1992 г.

3. Шишов, О.В. Современные технологии промышленной автоматизации: учебник / О. В. Шишов. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2007. – 273 с.

КЛАССИФИКАЦИЯ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ

Аннотация. В статье предложена классификация насосных агрегатов, выбран тип насоса для водоснабжения животноводческих ферм. От качественной организации водоснабжения зависит эффективность производства продукции животноводства.

Ключевые слова: насосные агрегаты, водоснабжение, животноводство, центробежный насос.

Потребность в воде животноводства в десятки раз выше, чем у населения. Расход воды животными в необходимом объеме в любое время не обеспечить без автоматической системы поения. Использование автоматических поилок увеличивает надой у молочных коров на 15%, привес повышается на 5% у КРС, и на 18% у свиней [3,4]. Поэтому обеспечение животных водой без каких-либо ограничений с автоматическим включением воды животными является неотъемлемым процессом в развитии животноводства.

Насосный агрегат – это устройство состоящее из насоса и двигателя объединённых вместе.

Насосный агрегат подразделяется на два типа: передвижной и стационарный. На базе насосных агрегатов, создаются насосные установки и станции. На рисунке 1 представлена классификация насосных агрегатов.



Рисунок 1 Классификация насосных агрегатов

Для водоснабжения животноводческого производства актуальнее использовать центробежные насосы. Конструкция насосного агрегата этого вида состоит из следующих

основных элементов: корпус, который, как правило, выполнен в форме улитки; электродвигатель, который является приводом, и соединяется с корпусом насоса посредством муфты; рабочее колесо представлено в виде крыльчатки, иначе говоря, это диск с лопастями; вал агрегата; сальники; подшипники; уплотняющие кольца. Затраты на работу и обслуживание центробежного насоса, по сравнению с вихревым, значительно ниже, так как он обладает более высоким КПД 75-92%, у вихревого 45-55%, более компактен и прост в обслуживании и имеет достаточно длительный период эксплуатации [1].

В животноводстве необходимо равномерное распределение воды, с этим справляется лучше центробежный насос. Вода в сельских населенных пунктах может содержать примеси, обладать высокой вязкостью, на качество работы вихревого насоса это очень губительно сказывается, происходит износ, механические потери, на центробежный насос эти факторы влияют очень незначительно.

Правильная организация водоснабжения имеет исключительное значение для эффективной работы фермы, так как обеспечивает нормальное выполнение производственно-зоотехнических процессов и противопожарную безопасность, улучшает условия содержания животных, повышает производительность и культуру труда обслуживающего персонала, увеличивает продуктивность животных, улучшает качество продукции и снижает ее себестоимость[2].

Список источников

1. Ломакин, А.А. Центробежные и осевые насосы / А.А. Ломакин. Ленинград: Машиностроение - 1966.-364 с.
2. Оводов, В.С. Сельскохозяйственное водоснабжение и обводнение / В.С. Оводов . - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Колос, 1984. - 480 с.
3. Усанов, К.М. Проектирование электроустановок [Текст]: учебное пособие/ К.М. Усанов, В.А. Каргин, А.П. Моисеев, Л.А. Лягина. – Саратов: Амирит, 2017. – 123с
4. Улыбина, Т.В Расчет и выбор электроприводов производственных механизмов: методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Электропривод» для студентов очной и заочной форм обучения по направлению подготовки 110800.62 Агроинженерия/ Т.В. Улыбина, А.П.Моисеев, А.В. Волгин, Л.А. Лягина. – ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова», Саратов: Амирит, 2015г.–28с.

Волгин А.В., Ганжа Н.В., Панкратов А.С., Замудряков Ю.Г.

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

ОСОБЕННОСТИ ЭНЕРГОПРЕОБРАЗОВАНИЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ УДАРНОЙ МАШИНЫ ДЛЯ ЗОНДИРОВАНИЯ ГРУНТА НА ОБЪЕКТАХ АПК

Аннотация. В работе рассмотрены особенности энергопреобразований электромагнитной ударной машины для зондирования грунта с конденсаторным питанием.

Ключевые слова: линейные электромагнитные двигатели, ударные машины, зондирование грунта, емкостные накопители энергии.

При реализации процессов динамического зондирования грунтов наиболее распространённым и эффективным является ударный способ [1].

Анализ технических средств при динамическом зондировании грунтов показывает, что для определенного диапазона энергий, частоты ударов, импульсные электромагнитные машины ударного действия способны составить успешную конкуренцию традиционным газодинамическим, гидро- и пневмоударным устройствам [1, 2].

Применение конденсаторных источников (КИ) в системах питания автономных ударных машин с импульсными электромеханическими преобразователями, в частности, линейными электромагнитными двигателями (ЛЭМД), в ряде случаев является эффективным. Наиболее полная реализация потенциальных возможностей конденсаторного питания достигается лишь при некотором согласовании разрядного процесса КИ с динамическими процессами в импульсном ЛЭМД [2].

В настоящей работе рассмотрены некоторые особенности энергопреобразования для согласованного и несогласованного разряда накопителя на обмотку двигателя электромагнитной ударной машины, выявленные экспериментально.

Режим полагается согласованным, если значение энергии $W_{\text{ист}}$ и параметры C_n , U_n подобраны так, что на интервале единичного срабатывания к моменту остановки якоря накопитель полностью разряжается и обеспечиваются максимальные выходные показатели ЛЭМД [2].

Схема силового импульсного источника питания ЛЭМД содержит накопительную и коммутирующую емкости, заряжаемые от источника постоянного напряжения. Коммутирующая емкость управляется датчиком перемещения якоря, формирующим сигнал в функции его заданной координаты, что позволяет варьировать длительность разрядного процесса КИ.

Наглядное представление о влиянии параметров и условий разряда КИ на обмотку дают энергетические диаграммы, построенные в осях $\Psi - i$ «потокосцепление - ток» (рис .1).

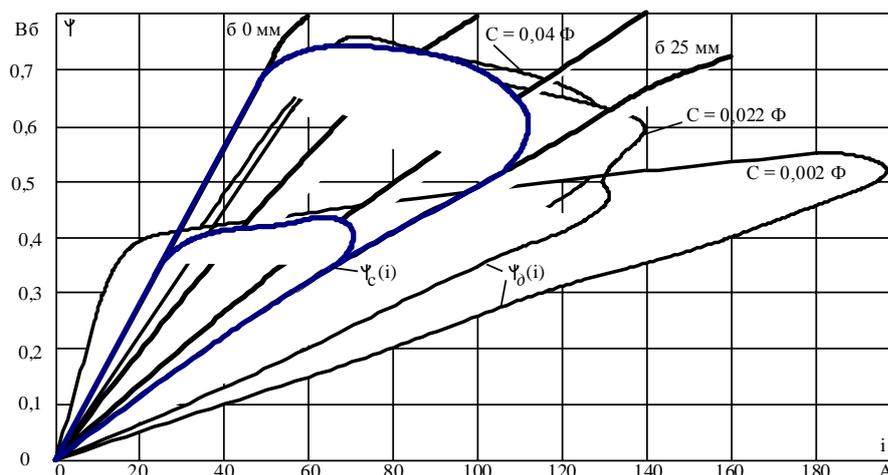


Рисунок 1. Энергетические диаграммы импульсного ЛЭМД

Сравнение характеристик показывает, что процесс взаимных превращений при передаче одной и той же энергии из КИ в ЛЭМД существенно зависит от соотношения параметров C_n , U_n накопителя. В частности, разряд на обмотку накопителя с малой емкостью C_n и повышенным напряжением U_n создает значительные скорости di/dt и $d\psi/dt$ на этапе трогания якоря. Чем быстрее здесь возрастают ток и магнитный поток, тем больше наведенные вихревые токи, меньше суммарное потокосцепление и тем ниже, относительно статической кривой $\psi_c(i)$, располагается динамическая кривая намагничивания $\psi_d(i)$ (рис. 1).

Увеличение емкости и некоторое уменьшение напряжения на зажимах накопителя обеспечивают плавность разрядного процесса, снижение потерь в двигателе и повышение его выходных показателей в 1,2 ... 1,5 раза.

Традиционное управление разрядом с одновременным включением всех конденсаторов ограничивает возможности согласования процессов вывода запасенной энергии с динамическими в ЛЭМД. Дополнительные перспективы открываются при секционировании накопителя и формировании разрядного импульса на обмотку путем неодновременного поочередного включения коммутаторов. При этом параметры отдельных секций, способ их соединения и момент включения в работу можно варьировать, добиваясь лучшего согласования процессов вывода энергии из накопителя и ее преобразования в механическую работу в ЛЭМД.

Сопоставление $\psi - i$ диаграмм ЛЭМД с одно- и двухимпульсным питанием подтверждает эффективность применения КИ с секционированным накопителем.

Список источников

1. Усанов, К.М. Линейный импульсный электромагнитный привод машин с автономным питанием: монография [Текст] / К.М. Усанов, В.И. Мошкин, Г.Г. Угаров. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2006. – 284 с.
2. Усанов, К.М. 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.

Гуринов И.А.¹, Гливенко Р.Д.¹, Лошкарева О.В.²

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

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

Яблочкова

СПОСОБЫ ХИЩЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И ИХ РОЛЬ В СТРУКТУРЕ КОММЕРЧЕСКИХ ПОТЕРЬ

Ключевые слова: коммерческие потери электроэнергии, система сбора и передачи информации автоматизированная система коммерческого учета электроэнергии.

Аннотация. Классифицированы современные способы хищения электроэнергии. Определена их роль в структуре коммерческих потерь.

Несовершенство конструкций приборов учета, доступность линий электроснабжения на участках абонентских вводов и невозможность их масштабного периодического контроля со стороны персонала энергоснабжающих организаций потенциально создают благоприятные организационно-технические предпосылки для хищения электроэнергии [1, 3-6, 10-13].

Энергосбытовые организации становятся невольными инициаторами хищения электроэнергии со стороны потребителей, повышая размер платы за присоединение мощности к сетям энергоснабжения, бесконтрольно вводя ступенчатые тарифы для некоторых категорий потребителей, неграмотно организуя учет потребления электроэнергии на границах балансовой принадлежности электросетей и электроустановок и др.

Этот перечень может быть дополнен влиянием негативных факторов: экономического (низкий уровень покупательной способности населения), юридического (нет жестких законодательных мер к расхитителям электроэнергии), психологического (хищение электроэнергии в сознании обывателя не является «воровством в чистом виде»). Такое их сочетание неминуемо привело к тому, что хищение электроэнергии в последние годы приняло угрожающие масштабы, став одной из наиболее весомых составляющих коммерческих потерь электроэнергии в распределительных сетях практически повсеместно.

Статистические данные по этой составляющей потерь энергосбытовые предприятия не часто публикуют в открытой печати. Специалисты энергосбытовых организаций солидарны в том, что наибольшие объемы похищаемой электроэнергии имеют место в бытовом и мелкомоторном секторе потребителей электроэнергии, питающихся от электрических сетей напряжением 0,4 кВ [1, 7-9].

Способы хищения электроэнергии, применяемые расхитителями разнообразны. Некоторые из них весьма оригинальны и требуют серьезных познаний в области электротехники, Это говорит о том, что в круг лиц, заинтересованных в расхищении электрической энергии, вовлечены специалисты, знающие конструктивные особенности приборов учета, проектирование и схемотехнику электронных устройств, теоретические основы электротехники и электроснабжения, имеющие практические навыки на уровне монтажного и эксплуатационного персонала энергоснабжающих организаций.

Способы хищения электрической энергии с учетом классификатора, предложенного в [2], условно можно разделить на две группы: расчетные и конструктивно-технологические.

Каждая из названных групп имеет в своем составе подгруппы. Например, в группу расчетных способов хищения электроэнергии входят следующие:

- занижение фактического расхода электроэнергии за счет расчетных коэффициентов;
- занижение расчетных потерь активной мощности в абонентских трансформаторах;
- недобросовестное использование ступенчатых тарифов;

К группе конструктивно-технологических способов хищения электроэнергии относятся те способы, которые предусматривают умышленное несанкционированное вмешательство непосредственно в процесс электроснабжения с целью изменения его технологической схемы или любое воздействие на приборы учета с целью искажения показаний или нарушения их работоспособности. К этим способам относятся:

- магнитные;
- электрические;
- механические.

Указанные способы основаны на использовании несовершенства конструкций как самих приборов учета (в том числе и их отдельных функциональных узлов и элементов), так и организации технологической схемы электроснабжения и учета потребляемой электроэнергии.

Ниже рассмотрены некоторые аспекты указанных способов.

- Магнитные способы хищений электроэнергии

Использование магнитов с наружной стороны счетчика имеет возможность воздействовать на его показания.

В частности, возможно при применении индукционных счетчиков больше давних типов с поддержкой магнита замедлить вращение диска.

Наиболее простые и распространенные способы следующие - прикладывание к электросчетчику постоянного магнита, например, неодимового, который сегодня очень распространен в Саратовской области или специально изготовленного соленоида. При этом, например, ротор шагового двигателя счетчика притягивается к магниту более сильным внешним магнитным полем и не проворачивается, ухудшается класс точности встроенных трансформаторов тока и др.

- Электрические способы хищений электроэнергии

Увеличивается использование приборов, таких как «черный ящик». С поддержкой «ящика», представляющего собой фазосдвигающее прибор, ток противофазы вводится в токовую цепь счетчика. В случае если к счетчику не прикреплено анти реверсивное устройство, то при подсоединении «черного ящика» показания счетчика уменьшаются, в час почти на 15 кВт.

Применяются еще приборы, которые не крутят диск в обратном направлении, но имеют все шансы замедлить регистрацию используемой энергии. Похожие приборы с конденсатором обширно применяются.

Часто встречающимся считается внедрение шунта счетчика, который понижает скорость вращения диска.

К электронному методу отнесен обширно применяемый, метод «наброс на линию» до счетчика.

- **Механические способы хищений электроэнергии**

Механическое вмешательство в работу счетчика (механическое вскрытие) – это более известный метод, который имеет возможность включать в себя различные формы, охватывая:

- сверление отверстий в донной части (корпусе), крышке или же стекле счетчика; вставка (в отверстие) предметов на подобии пленки шириной 35 мм что бы приостановить вращение диска или же сбавить показания счетчика;

- перемещение счетчика из простого вертикального положения в полугоризонтальное состояние для такого, дабы понизить скорость вращения диска;

- самовольный срыв пломб, несоблюдение в центровке осей устройств (шестерен) для предотвращения абсолютной регистрации потребления электроэнергии;

- раскатывание стекла при вставке пленки, которая прекратит дисковое вращение.

Как правило, механическое вмешательство оставляет отпечаток на счетчике, но его непросто выявить, в случае если счетчик не станет всецело очищен от пыли и грязи и осмотрен экспертом.

К механической методике хищения электричества возможно отнести довольно обширно известные преднамеренные повреждения системы электроснабжения (СЭС) потребителями.

Довольно распространенным способом в последнее время стало без учетное потребление электроэнергии путем установки дополнительной платы внутри счетчика. Дополнительная плата имеет радиоприемник и реле и устанавливается на разрыв к измерительным проводам (токовым) внутри счетчика. Для установки дополнительной платы нарушается заводская пломба счетчика и после установки тщательно закрывается и пломбируется обратно. На практике, злоумышленники устанавливают подобную плату на счетчик электроэнергии любого производителя.

Литература

1. **Железко, Ю.С.** Расчет, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях. - М.: НУ ЭНАС, 2002. - 280с.

2. **Красник, В. В.** 101 способ хищения электроэнергии. - М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2005. – 112 с.

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

4. **Лошкарёв, И.Ю.** Система проведения диагностики электрооборудования с помощью средств неразрушающего контроля/ И.Ю. Лошкарёв, А.Н. Кондрашов// Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы IX международной научно-практической конференции / Под общ.ред. Трушкина В.А.– Саратов, 2018: С.123-124.- ISBN 978-5-906689-80-1.

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

6. **Лошкарёв, И.Ю.** Энергосбережение в системе освещения в сельскохозяйственных и складских помещениях [Текст]/ И.Ю. Лошкарёв, И.В. Шестаков, О.В. Малецкий, В.И. Лошкарёв, Д.С.

Куртмамбетов//Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы IX международной научно-практической конференции/Под общ. ред. Трушкина В.А. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2018. – С.106-109

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

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

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

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

11. **Ерошенко, Г.П.** Рациональные варианты теплоснабжения животноводческих помещений [Текст]/ Г.П. Ерошенко, И.Ю. Лошкарев// Научное обозрение, 2017, №3, С. 38-46.

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

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

Игамов А.Р., Макаричев Ю.А.

Самарский государственный технический университет, г. Самара

БЕСЩЕТОЧНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ ДЛЯ АВТОНОМНЫХ ОБЪЕКТОВ

Электрические двигатели и генераторы малой и средней мощности находят широкое применение во всех отраслях промышленности и «малой» энергетике, в том числе в электромобилях, ветроэнергетике, судовых силовых установках и робототехнике. Разработка и совершенствование электрических машин малой мощности для автономных объектов стала актуальной темой исследований в прошлом и настоящем столетии. Электрические машины можно разделить на две большие группы, а именно, щеточные, в которых напряжение к ротору подводится или снимается через скользящий контакт, и бесщеточные машины у которых скользящий контакт отсутствует. По сравнению с щеточными машинами, бесщеточные отличаются минимумом технического обслуживания, повышенной надежностью, отсутствием искрения в контактах и большим ресурсом работы. Широкое распространение бесщеточных типов машин стало основной тенденцией за последние несколько десятилетий [1,2,3].

При использовании для создания основного магнитного поля возбуждения постоянных магнитов (ПМ) с высокой плотностью энергии бесщеточные машины обеспечивают высокие удельные энергетические характеристики, следовательно, они стали очень привлекательными для применения [3]. Однако проблемы высокой стоимости материала ПМ, нестабильных поставок редкоземельных материалов (в основном из КНР), большого разброса по характеристикам намагничивания ПМ даже в одной партии, недостаточной термостабильности параметров вызывают существенные затруднения при применении машин с ПМ. Для повышения конкурентоспособности продукции и проникновения на рынок, безмагнитные бесщеточные машины становятся все более привлекательными, особенно для автомобильных электроприводов и малых генераторных установок [2].

Перспективной областью применения бесщеточных электрических генераторов (БЭГ) является альтернативная энергетика, в основе которой лежит использование альтернативных источников энергии, таких как ветроэнергетические установки и микро ГЭС. Отдельный класс автономных электрических установок (АЭУ) – электрические генераторы и двигатель-генераторы транспортных средств, в том числе, электромобилей. Энергонасыщенность современных транспортных средств возрастает в геометрической прогрессии. Особенно эта тенденция прослеживается в специальной технике. Бронетанковые транспортные средства нуждаются в мощных, компактных и сверхнадежных источниках электроэнергии. Похожие требования предъявляются и к генераторным установкам спецавтомобилей экстренных служб. В отдельную группу АЭУ следует выделить генераторы и стартер-генераторы летательных аппаратов, в том числе, их беспилотных вариантов [1].

Генераторы АЭУ должны удовлетворять широкому спектру требований, в числе которых высокие надежность, энергетическая эффективность, высокие массогабаритные показатели, малые себестоимость и эксплуатационные издержки.

В докладе проведен анализ конструктивных типов, как традиционных электрических машин, так и новых топологий бесщеточных безмагнитных двигателей и генераторов малой мощности, предназначенных для использования в автономных энергетических объектах. Подробно исследованы сравнительные характеристики синхронных реактивных машин (*synchron reluctance machine SynRM*), реактивных машин Вернье (*Vernier reluctance machine VRM*), вентильных реактивных машин (*switched reluctance machine SRM*), вентильных машин постоянного тока с двойным числом полюсов (*Doublysalient DC machine DSDCM*) и некоторых других перспективных топологий безмагнитных машин малой мощности. На основе проведенного анализа определены перспективные типы и конструкции электрических машин и даны их сравнительные характеристики, включая экономические.

Проведенный анализ современных разработок и новейших технологий безмагнитных бесщеточных машин показывает перспективность дальнейшего совершенствования рассматриваемого класса электрических машин. Благодаря преимуществам, связанным с эффективностью затрат при производстве и возможностью регулирования потока, современные безмагнитные машины показали большой потенциал в некоторых отраслях промышленности, таких как электромобилестроение, ветроэнергетика, судовые двигательные установки и системы общественного транспорта. Перспективы совершенствования этого типа машин связаны с исследованием новых конструкций машин с повышенной удельной мощностью, уменьшенной пульсацией крутящего момента, большей эксплуатационной гибкостью и усовершенствованной стратегией управления.

Список источников

1. Зубков Ю.В. Методология анализа и синтеза бесщеточных генераторов малой и средней мощности для автономных энергетических установок: Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук – Самара, 2018. -43 с.
2. В.Б. Баль, В.Я. Геча и др. Линейные электрические машины возвратно -поступательного действия – области применения. Труды ВНИИЭМ, Вопросы электромеханики, Т. 149. 2015. С. 3-15.
3. Макаричев Ю.А., Ануфриев А.С. Критериальный анализ параметров генераторов малой мощности. Известия высших учебных заведений. Электромеханика. №2 (548), 2018. с.42-47.
4. Chau, K.T.: 'Electric vehicle machines and drives – design, analysis and application' (Wiley-IEEE Press, 2015)

Игамов А.Р., Макаричев Ю.А.

Самарский государственный технический университет, г. Самара

БЕСЩЕТОЧНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ ДЛЯ АВТОНОМНЫХ ОБЪЕКТОВ

Аннотация

В связи с растущим беспокойством по поводу увеличения количества электроэнергии для современных систем преобразования энергии, все больше внимания уделяется разработке новых топологий и усовершенствованию электрических машин. В данной статье проводится обзор бесщеточных электрических машин для автономных объектов, а так же преимущества и недостатки их применения. Кроме того, рассматривается и обсуждается предстоящая тенденция развития этих машин и область применения.

Ключевые слова: бесщеточные машины, автономные электрические установки, альтернативная энергетика.

Электрические двигатели и генераторы малой и средней мощности находят широкое применение во всех отраслях промышленности и «малой» энергетике, в том числе в электромобилях, ветроэнергетике, судовых силовых установках и робототехнике. Разработка и совершенствование электрических машин малой мощности для автономных объектов стала актуальной темой исследований в прошлом и настоящем столетии. Электрические машины можно разделить на две большие группы, а именно, щеточные, в которых напряжение к ротору подводится или снимается через скользящий контакт, и бесщеточные машины у которых скользящий контакт отсутствует. По сравнению с щеточными машинами, бесщеточные отличаются минимумом технического обслуживания, повышенной надежностью, отсутствием искрения в контактах и большим ресурсом работы. Широкое распространение бесщеточных типов машин стало основной тенденцией за последние несколько десятилетий [1,2,3].

При использовании для создания основного магнитного поля возбуждения постоянных магнитов (ПМ) с высокой плотностью энергии бесщеточные машины обеспечивают высокие удельные энергетические характеристики, следовательно, они стали очень привлекательными для применения [3]. Однако проблемы высокой стоимости материала ПМ, нестабильных поставок редкоземельных материалов (в основном из КНР), большого разброса по характеристикам намагничивания ПМ даже в одной партии, недостаточной термостабильности параметров вызывают существенные затруднения при применении машин с ПМ. Для повышения конкурентоспособности продукции и проникновения на рынок, безмагнитные бесщеточные машины становятся все более привлекательными, особенно для автомобильных электроприводов и малых генераторных установок [2].

Перспективной областью применения бесщеточных электрических генераторов (БЭГ) является альтернативная энергетика, в основе которой лежит использование альтернативных источников энергии, таких как ветроэнергетические установки и микро ГЭС. Отдельный класс автономных электрических установок (АЭУ) – электрические генераторы и двигатель-генераторы транспортных средств, в том числе, электромобилей. Энергонасыщенность современных транспортных средств возрастает в геометрической прогрессии. Особенно эта тенденция прослеживается в специальной технике.

Бронетанковые транспортные средства нуждаются в мощных, компактных и сверхнадежных источниках электроэнергии. Похожие требования предъявляются и к генераторным установкам спецавтомобилей экстренных служб. В отдельную группу АЭУ следует выделить генераторы и стартер-генераторы летательных аппаратов, в том числе, их беспилотных вариантов [1].

Генераторы АЭУ должны удовлетворять широкому спектру требований, в числе которых высокие надежность, энергетическая эффективность, высокие массогабаритные показатели, малые себестоимость и эксплуатационные издержки.

В докладе проведен анализ конструктивных типов, как традиционных электрических машин, так и новых топологий бесщеточных безмагнитных двигателей и генераторов малой мощности, предназначенных для использования в автономных энергетических объектах. Подробно исследованы сравнительные характеристики синхронных реактивных машин (*synchron reluctance machine* SynRM), реактивных машин Вернье (*Vernier reluctance machine* VRM), вентильных реактивных машин (*switched reluctance machine* SRM), вентильных машин постоянного тока с двойным числом полюсов (*Doublysalient DC machine* DSDCM) и некоторых других перспективных топологий безмагнитных машин малой мощности. На основе проведенного анализа определены перспективные типы и конструкции электрических машин и даны их сравнительные характеристики, включая экономические.

Проведенный анализ современных разработок и новейших технологий безмагнитных бесщеточных машин показывает перспективность дальнейшего совершенствования рассматриваемого класса электрических машин. Благодаря преимуществам, связанным с эффективностью затрат при производстве и возможностью регулирования потока, современные безмагнитные машины показали большой потенциал в некоторых отраслях промышленности, таких как электромобилестроение, ветроэнергетика, судовые двигательные установки и системы общественного транспорта. Перспективы совершенствования этого типа машин связаны с исследованием новых конструкций машин с повышенной удельной мощностью, уменьшенной пульсацией крутящего момента, большей эксплуатационной гибкостью и усовершенствованной стратегией управления.

Список источников

1. Зубков Ю.В. Методология анализа и синтеза бесщеточных генераторов малой и средней мощности для автономных энергетических установок: Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук – Самара, 2018. -43 с.
2. В.Б. Баль, В.Я. Геча и др. Линейные электрические машины возвратно -поступательного действия – области применения. Труды ВНИИЭМ, Вопросы электромеханики, Т. 149. 2015. С. 3-15.
3. Макаричев Ю.А., Ануфриев А.С. Критериальный анализ параметров генераторов малой мощности. Известия высших учебных заведений. Электромеханика. №2 (548), 2018. с.42-47.
4. Chau, K.T.: 'Electric vehicle machines and drives – design, analysis and application' (Wiley-IEEE Press, 2015)

Забродина О.Б., Сержанов О.Н., Рак А.П.

Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ

МОДЕЛЬ УЗЛА НАГРУЗКИ 0,22 КВ С НЕЛИНЕЙНЫМИ ОДНОФАЗНЫМИ ПРИЕМНИКАМИ

Аннотация: *изложены результаты моделирования узла нагрузки 0,22 кВ с нелинейными однофазными электрическими приемниками с использованием метода параметрической идентификации объекта. Компьютерная модель узла нагрузки построена с использованием аналитического описания токов и напряжений объекта в виде гармонических рядов, значения амплитуд и начальных фаз отдельных гармоник которых представляют собой статистические оценки полученные в результате эксперимента.*

Ключевые слова: *электрическая сеть, качество электрической энергии, узел нагрузки, нелинейный приемник, высшие гармоники, моделирование.*

Решение задач энергосбережения в электрических сетях становится все более актуальным. Одно из направлений энергосбережения – это сокращение потерь электроэнергии при ее транспортировании путем внедрения как организационных мероприятий так и специальных технических средств [1, 2, 3].

В современных электрических сетях 0,38 кВ, особенно при внедрении цифровых технологий практически во все технологические процессы и в быт населения, в узлах нагрузки все больше появляется однофазных электрических приемников (далее «приемников»), имеющих нелинейную вольтамперную характеристику. Как известно, при этом напряжения и токи становятся несинусоидальными, и все в большей мере проявляются проблемы, связанные с высшими гармониками [1, 2, 3].

В настоящее время реальное применение специальных технических средств подавления высших гармоник, ограничивается фильтрами или компенсаторами, рассчитанными на конкретное устройство (например, СВЧ-печь), параметры и нагрузка которого в процессе работы либо остаются стабильными, либо изменяются по строго заданному графику. В этом случае расчет параметров этих технических средств не сложен.

В трехфазных электрических сетях 0,38 кВ, питающих потребителей городов и сельских населенных пунктов, предсказать каков будет гармонический состав напряжений и токов на участках сети в данный момент времени невозможно, и это усложняет разработку и внедрение технических средств. Перспективным направлением считают использование либо активных фильтров, либо электромагнитных компенсаторов [3]. Экспериментальные исследования компенсаторов высших гармоник кратных трем, генерирующих в нулевой провод гармонические составляющие тока, в противофазе с высшими гармониками тока нейтрали, кратными трем, подтвердили целесообразность внедрения таких устройств, однако не на всех режимах работы их эффективность была одинакова. Для оптимизации параметров таких компенсаторов необходимо иметь качественное описание объекта – сети 0,38 кВ, питающей различные узлы нагрузки, в том числе однофазные.

Целью работы было получение компьютерной модели, адекватно описывающей узел нагрузки 0,22 кВ с любыми нелинейными приемниками.

Для достижения цели использовали метод параметрической идентификации. Для создания компьютерной модели был выбран программный комплекс MATLAB. Для разработки математической модели использовались блоки: SineWave, SumofElements, Scope, ControlledVoltageSource, CurrentMeasurement, SeriesRLCBranch, Three-PhaseHarmonicFilter и ground.

Нелинейный приемник относительно источника питания представлен в виде схемы замещения, имеющей линейную часть и совокупность источников тока, различной частоты (рис.1). Модель узла нагрузки, включающего для примера с целью экономии места и для наглядности, три нелинейных приемника приведена на рисунке 2. Количество параллельно работающих приемников может меняться. Результаты моделирования, в виде графического изображения сигнала практически на любом участке схемы замещения можно увидеть с помощью блоков Scope. Значения амплитуд и начальных фаз источников тока и их количество могут варьироваться в широких пределах путем ввода исходной информации в диалоговых окнах (рис.3).

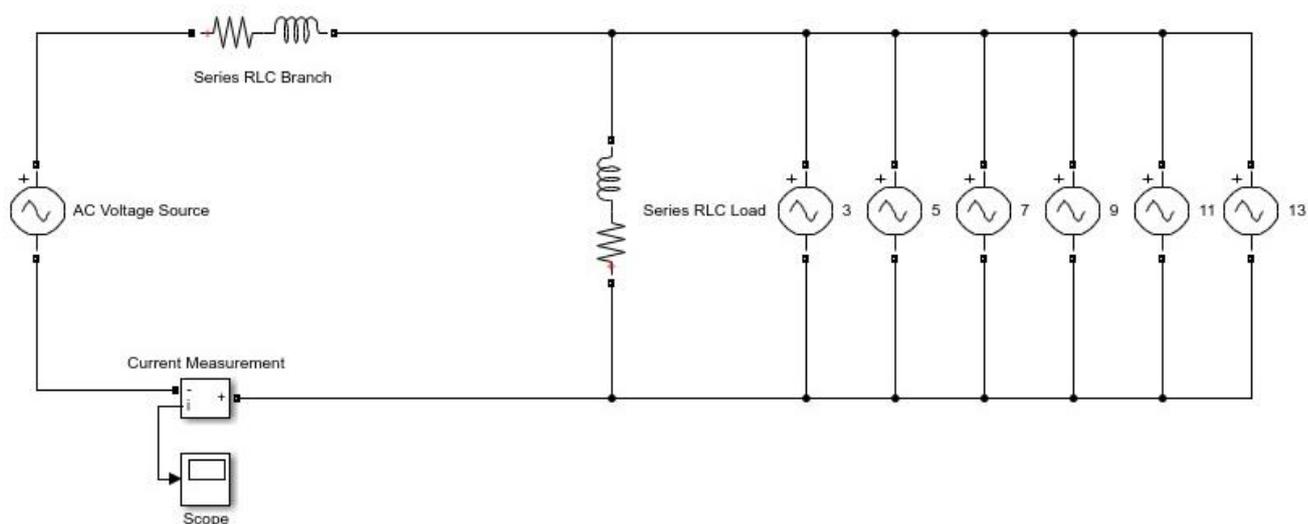


Рисунок 1 – Модель приемника узла нагрузки 0,22 кВ с

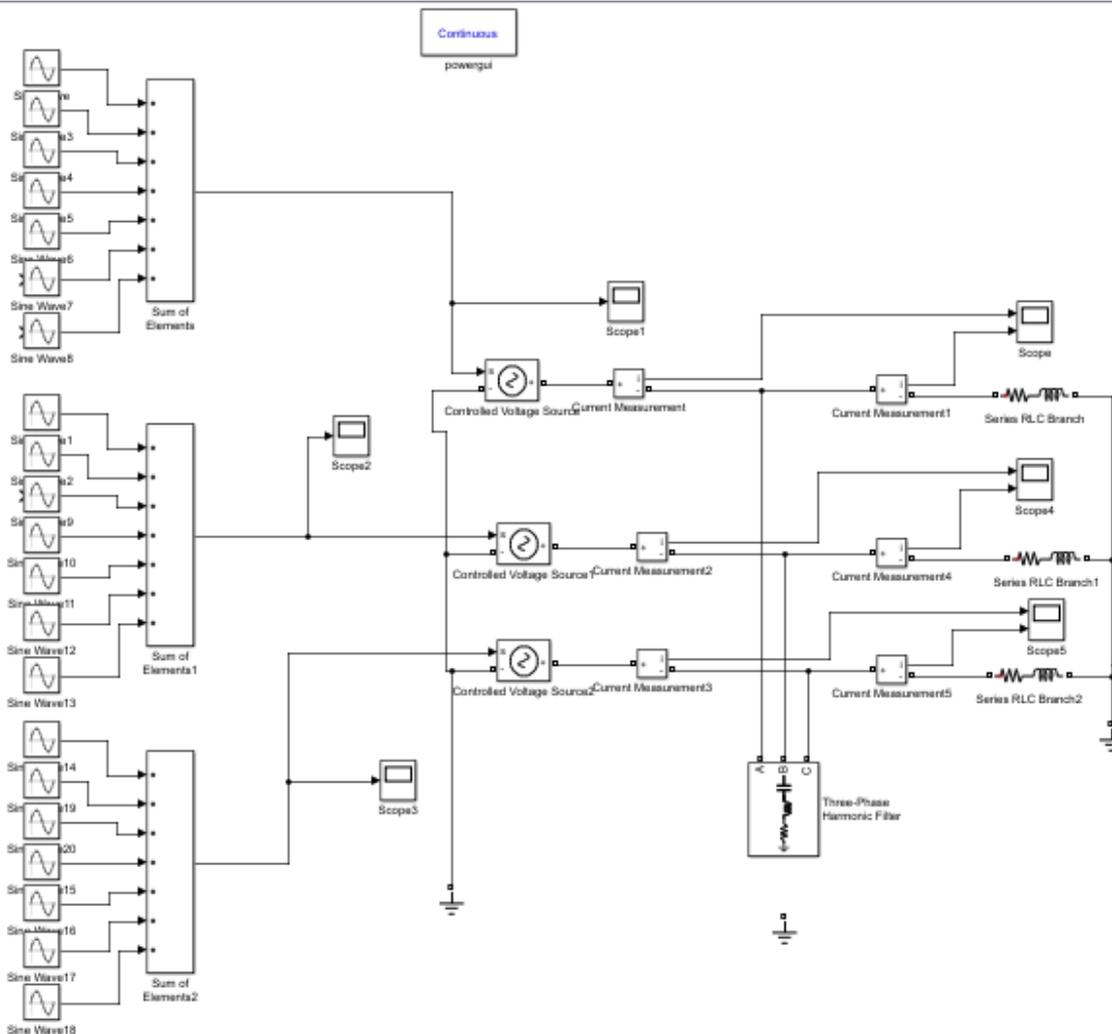
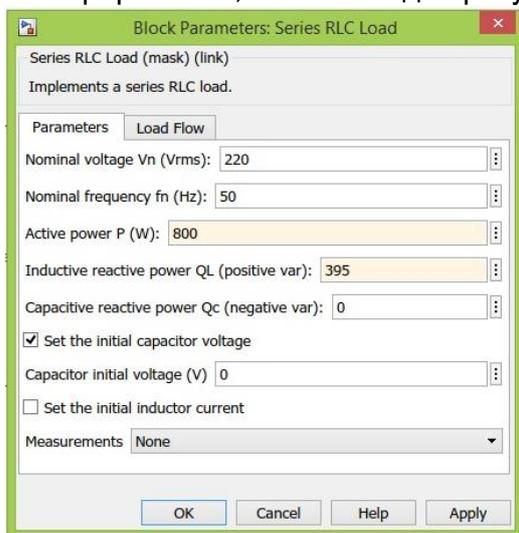
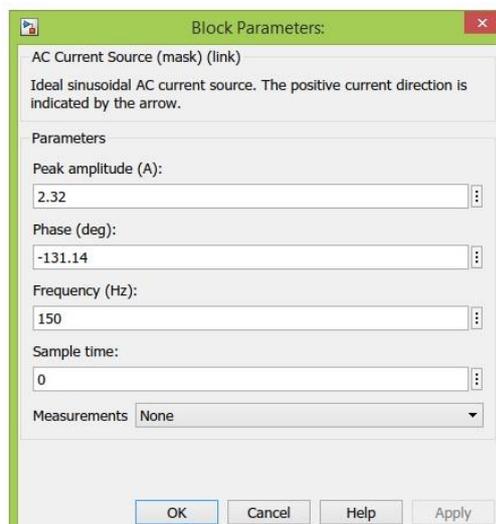


Рисунок 2 – Модель узла нагрузки 0,22 кВ с возможностью подключения пассивного фильтра

Аналогично устанавливаются параметры расчета, а именно выбор метода интегрирования, установки времени интегрирования, минимального и максимального шагов интегрирования, шага выводов результатов, относительная точность.



а)



б)

Рисунок 3 – Окна для ввода RLC параметров блоков (а) и источника тока (б)

Исходные данные, в том числе значимые гармоники токов и напряжений для моделирования отдельных приемников, статистические оценки их амплитуд и начальных фаз определяли экспериментально [3, 4].

Как пример рисунке 4 показан результат моделирования тока компьютера без фильтра и с фильтром на входе.

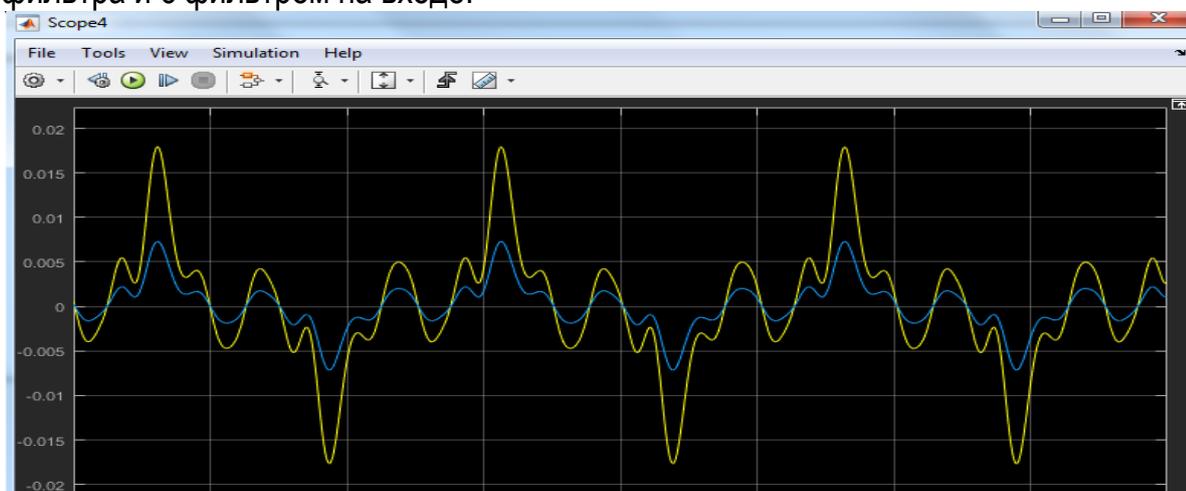


Рисунок 4 - Ток офисного компьютера до установки пассивного фильтра высших гармоник (желтая) и после (голубая)

Список источников

1. Ханин Ю.И., Юндин М.А. Исследование динамики тока третьей гармоники в нулевом проводе сельской коммунально-бытовой сети 0,38 кВ./ Разработка и внедрение ресурсо- и энергосберегающих технологий и устройств. Сб. статей 5 Международной научно-практической конференции.- 2014 , с. 26-28.
2. Юндин М.А., Кобзистый О.В. - Комбинированное компенсирующее устройство на реактивных элементах. // Вестник аграрной науки Дона. - 2018. № 54. С 46-50.
3. Гливенко Р.Д., Бахуревич Е.Н., Жижко А.И., Логачева О.В., Лошкарева О.В. Снижение влияния высших гармонических составляющих// Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы X международной научно-практической конференции / Под общ.ред. Трушкина В.А.– Саратов: ООО «ЦеСАин», 2019. – С 52-56.
4. Забродина О.Б., Коваленко А.Д., Шот И.В. Влияние ноутбуков различных производителей на искажение токов и напряжений узла нагрузки 0,22 кВ// Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы X международной научно-практической конференции / Под общ. ред. Трушкина В.А.– Саратов: ООО «ЦеСАин», 2019. – С 271-275.
5. Забродина О.Б., Коваленко А.Д., Шот И.В. Влияние ноутбуков различных производителей на искажение токов и напряжений узла нагрузки 0,22 кВ// Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы X международной научно-практической конференции / Под общ. ред. Трушкина В.А.– Саратов: ООО «ЦеСАин», 2019. – С 271-275.
6. Ханин Ю.И., Юндин М.А., Барыкина Е.Н. Устройство для снижения тока в нулевом проводе четырехпроводной сети. / Патент на полезную модель RUS 161057 02.12.2015.

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

ПОРЯДОК ВЫБОРА КОРРЕКТОРА КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ С РАССТРОЕННЫМ ФИЛЬТРОМ

Аннотация. Рассматриваются особенности порядка выбора параметров расстроенных фильтров при применении их в качестве необходимых компонентов для конденсаторных устройств коррекции коэффициента мощности.

Ключевые слова: компенсация реактивной мощности, коррекция коэффициента мощности, расстроенные фильтры, резонансная частота.

Широкое применение в промышленности и в быту современной электронной аппаратуры привело к появлению нелинейных токов, которые дополнительно нагружают питающую электрическую сеть гармониками и вызывают дополнительные потери энергии. В случае применения конденса-торных установок для коррекции коэффициента мощности образуется резонансная цепь, где индуктивность образуют обмотки силового трансфор-матора. Включение последовательно с конденсаторами специальных фильтру-ющих индуктивностей позволяет избежать резонансных эффектов, их игнори-рование приводит к массе нежелательных эффектов, среди которых наиболее опасным следует считать перенапряжения на конденсаторах, трансформаторах и в распределительной сети. Включение в сеть таких индуктивностей привело к появлению расстроенных систем, которые настраиваются таким образом, чтобы их собственная резонансная частота лежала ниже самой низкой гармоники сетевого напряжения.

При рассмотрении порядка построения расстроенного корректора коэф-фициента мощности необходимо учитывать следующие особенности предвари-тельных расчетов. Прежде всего на начальном этапе следует определить необходимую эффективную мощность конденсатора для осуществления коррекции коэффициента мощности на конкретном технологическом участке. Это касается случая реализации индивидуальной компенсации реактивной мощности отдельного электроприёмника, при рассмотрении возможности применения групповой компенсации следует выбирать или выделять группы потребителей, которые связаны в большей степени едиными технологическими задачами.

При разработке автоматической установки для коррекции коэффициента мощности батареи конденсаторов выбирают таким образом, чтобы обеспечить ступенчатость переключения ёмкости установки в 15...20 % от необходимой мощности. Более низкие ступени коммутации конденсаторов, например по 5% или 10% не дают ощутимого эффекта и, кроме того, многоступенчатость автоматического процесса коррекции приведёт к большей частоте коммутации, что повысит износ электромеханических контакторов конденсаторных батарей.

На практике стараются при групповой компенсации реактивной мощности обеспечивать дискретность переключений конденсаторных батарей с шагом 20...25 квар.

При определении исходных параметров расстроенного фильтра, следует провести измерения существующих в питающем силовом кабеле токов гармо-ник при отсутствии

конденсатора коррекции и при различных нагрузках. Определить частоту и максимальную амплитуду каждой из присутствующих гармоник, что позволит вычислить суммарный коэффициент гармоник тока

$$THD_I = 100 \cdot \sqrt{(I_3)^2 + (I_5)^2 + \dots + (I_n)^2} / I_1,$$

и отдельные коэффициенты каждой из присутствующих гармоник

$$THD_{I_n} = 100 \cdot I_n / I_1 .$$

Также следует измерить наличие гармоник напряжения питания со стороны источника, т.е. энергосистемы или измерить их на высоковольтной стороне силового трансформатора. При этом аналогично, как и для гармоник тока вычисляется суммарный коэффициент гармоник напряжения:

$$THD_U = 100 \cdot \sqrt{(U_3)^2 + (U_5)^2 + \dots + (U_n)^2} / U_1,$$

Если уровень гармоник тока выше 10% и напряжений более 3%, то необходимо комплектовать устройства для коррекции коэффициента мощности расстроенным фильтром [1].

Что касается выбора коэффициента расстройки p такого фильтра, то следует сделать оценку уровня третьей гармоники относительно амплитуды пятой гармоники. Так если уровень третьей гармоники тока $I_3 > 0,2 \cdot I_5$, то используется фильтр с $p=14\%$. Если это соотношение не выполняется, то устанавливается фильтр с $p=7\%$ или $5,67\%$. Кроме того, коэффициент гармоник напряжения может оказаться выше 10%, что потребует выполнения специальной конструкции фильтров.

Большинство компаний, предлагающих на рынке электротехнической продукции компоненты для установок компенсации реактивной мощности, используют в своих практических рекомендациях специальные таблицы, по которым возможно сделать рациональный выбор корректоров с расстроенным фильтром. В этих таблицах для рассчитанных значений эффективной мощности, напряжения сети, частоты и коэффициента расстройки фильтра предлагаются готовые технические решения по полной комплектации устройств коррекции реактивной мощности. Устанавливаемые дроссели нормируются по их эффективной мощности для выбранного значения напряжения и частоты питающей сети, такая мощность представляет собой эффективную мощность LC -цепи на основной частоте колебаний. Последовательное включение индуктивностей часто приводит к возникновению перенапряжений, поэтому номинальное напряжение конденсаторов в системах коррекции коэффициента мощности с расстроенными фильтрами должно быть выше напряжения питания.

Список источников

1. Головинов, В.В. Применение расстроенных фильтров для устройств компенсации реактивной мощности / В.В. Головинов, И.И. Малахов // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы IX международной научно-практической конференции/Под общ.ред. Трушкина В.А. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2018. – С.35-36 .

МОНИТОРИНГ ВЛИЯНИЯ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ РЕАГЕНТОВ, КАК ИСТОЧНИКА АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Аннотация

Среда обитания активно преобразуется человеком даже в тех случаях, когда общество стремится улучшить экологическое состояние среды, в которой происходит обеспечение его жизнедеятельности. Ярким примером являются урбоэкосистемы, которые формируются под воздействием не только природных, но и социогенных факторов. В данной статье показана экологическая опасность химических веществ, которые входят в состав антигололедных реагентов, описывается поведение их в среде, определяются причинно-следственные связи, кроме этого поднимается проблема малоизученности и бесконтрольного применения противогололедных материалов. В соответствии с этим, целью данного исследования являлось определение влияния противогололедных реагентов, применяемых для улучшения состояния дорог в зимний период на урбоэкосистему г. Саратов. Объектом исследования является среда обитания человека. Предметом исследования выступает снежный покров урбоэкосистемы. Анализ информации по экологическим последствиям использования противогололедных реагентов показал, что данная проблема является весьма актуальной.

Ключевые слова: урбоэкосистема, среда обитания человека, противогололедные реагенты.

В условиях интенсификации промышленного производства и научно-технического прогресса проблемы охраны окружающей среды стали одной из важнейших общегосударственных задач, решение которой неразрывно связано с охраной здоровья людей. На протяжении долгих лет процессы ухудшения состояния окружающей среды были обратимыми, так как затрагивали лишь ограниченные участки или отдельные районы и не носили глобального характера.

Одним из экологически наиболее важных хозяйственных факторов, практически не изученным с позиций влияния на урбоэкосистему, является применение противогололедных реагентов (ПГР) для снижения опасности движения на автодорогах и тротуарах в зимнее время. Учитывая длительность гололедного периода и суровость климатических условий, важность борьбы с гололедными явлениями путем применения ПГР как безальтернативного средства обеспечения безопасности движения для урбоэкосистемы бесспорна [1]. Вместе с тем, учитывая сложный состав солевых ингредиентов, используемых в качестве ПГР, далеко не безопасный в экологическом отношении, данный процесс должен регулироваться с учетом допустимого уровня рассеивания. К сожалению, в настоящее время он не контролируется, а объем рассеивания техногенных ингредиентов в окружающей среде при этом ежегодно увеличивается. В связи с этим выполнена оценка экологической опасности ПГР применительно к урбоэкосистеме города Саратова.

Противогололедные реагенты – это важная составляющая в обеспечении безопасного движения на дорогах и тротуарах города в зимнее время, именно в условиях

сурового умеренно континентального климата. Анализ информации по экологическим последствиям использования ПГР показал, что данная проблема весьма актуальна.

В различных городских зонах максимальные концентрации загрязняющих веществ находятся на расстоянии 1-5 м от проезжей части и располагаются, к сожалению, часто на территории зеленых насаждений (газонах, расположенных вдоль проезжей части), что связано со спецификой работы городской снегоуборочной техники. За пределами населенных пунктов на расстояние 5-10 м от проезжей части, что так же связано со спецификой работы снегоуборочной техники, сдвигающей снег к лотковой части дорог или откидывающей его на обочину.

Огромное количество антигололедных препаратов пагубно влияют на окружающую среду, а также жизнедеятельность человека.

На сегодняшний день резко возросла борьба со скользкостью на дорогах. С развитием технологий развиваются и методы борьбы с гололедом.

Противогололедные реагенты – это важная часть в обеспечении безопасного движения на дорогах и тротуарах в зимнее время, особенно в условиях сурового климата, т.к. в среднем снежный покров в Саратове и области различен: в Заволжье и Правобережье, 120-130 дней и 130-150, соответственно.

Снегопад в мегаполисе с интенсивным движением – головная боль для жителей и коммунальных служб города, так как он может обернуться серьезной бедой и стать причиной большого количества аварий. За час снег уплотняется на столько, что становится отличной несущей поверхностью даже для автомобилей экипированных зимней шипованной резиной.

Наличие обильного снежного покрова в зимний период в течение длительного периода времени дает возможность использовать в качестве интегрального показателя загрязненности снег. По сравнению с атмосферным воздухом, содержание поллютантов в снеге, примерно на 2-3 порядка выше, что связано не только с процессом сухого осаждения загрязняющих веществ из атмосферы [2] и влажной седиментацией загрязнений в момент формирования кристалликов в воздухе с выпадением их на поверхность, но и с активной противогололедной обработкой, производимой в крупных городах.

Содержание и количество загрязняющих веществ в этом случае в талых водах, благодаря естественному процессу их накопления в снежных массах, необходимо заранее рассчитать относительно быстрыми и простыми методами с высокой степенью достоверности [3] для превентивного принятия мер по минимизации экологического ущерба.

Интенсивность осадков и температурный режим год от года изменяются, а, следовательно, изменяется состав и количество противогололедного реагента. Содержание хлорид-ионов на территории городов значительно превышено, что связано, по всей видимости, с более интенсивной регулярной обработкой автотрасс в течение зимнего периода противогололедными средствами.

До начала весеннего миграционного цикла все загрязняющие вещества оказываются как бы законсервированы в снежном покрове. В период начала весеннего половодья, вместе с талыми водами эти вещества поступают в природную среду. В

основном талые воды попадают в воду больших и малых рек с ливневыми стоками и грунтовыми водами, которые не подвергаются очистке.

При решении данной проблемы оптимальным выходом является:

- детальная проработка на законодательном уровне регламента применения различных видов реагентов в данном регионе;
- строгое соблюдение регламента применения различных видов противогололедных реагентов с учетом температурного режима и нормативов применения;
- контроль за выполнением работ коммунальными службами;
- сокращение бесконтрольного применения противогололедных реагентов, находящихся в свободной продаже;
- информирование общественности
- мониторинг и систематический отбор фоновых образцов снега для дальнейшего анализа полученных данных с учетом загрязнений различного происхождения и контроль за использованием противогололедных средств коммунальными службами.

Химический анализ снега позволяет определять состав мигрантов различных природных объектов городских ландшафтов [4]. Следовательно, снег как объект мониторинга, незаменим при установлении источников и химического состава загрязнений, а также при определении границ области влияния этих загрязнений.

Средства против обледенения можно разделить на два основных типа: естественные (или природные): обычный строительный песок, гранитная крошка и искусственные (реагенты, полученные в лабораторных условиях химическим путем): хлорид натрия, хлорид кальция, хлорид магния и др.

В качестве противогололедных реагентов (ПГР), как правило, используются твердые (сыпучие) или жидкие (растворы) химические искусственные средства, распределяемые по поверхности дорожного покрытия для борьбы с зимней скользкостью и направленные на поддержание в допустимом состоянии элементов объектов дорожного хозяйства в процессе их эксплуатации в зимний период.

Огромное количество вариантов для решения подобного рода задач по борьбе со снегом и гололедом предлагается сегодня отечественными и зарубежными производителями. Одни реагенты наиболее эффективны на дорогах, а другие следует применять в парках и пешеходных зонах. Рассмотрим наиболее популярные из них:

Хлористый кальций. Этот реагент популярен благодаря своей простоте использования и эффективности при самых низких температурах. Он прекрасно справляется с задачей даже в тридцатиградусные морозы. Следует отметить его низкий расход и экологичность при пролонгированном действии. Высокая скорость разрушения структуры плотного снега и льда позволяют использовать хлористый кальций на абсолютно любой поверхности.

Гранитная крошка. Данный вид противогололедного материала не содержит в своем составе химически активных веществ, но тем не менее, показывает очень высокую результативность при сильном гололеде. Невысокая цена целиком и полностью оправдывают выбор его применения. Из основных минусов стоит выделить необходимость уборки в весенний период.

Бишофит. Представляет собой магниевую соль с содержанием огромного количества микроэлементов. Его применяют в таких отраслях, как сельское хозяйство и медицина. Бишофит является полностью экологически чистым материалом, пригодным для использования на любых территориях: детские сады, школы и больницы. При взаимодействии со снегом и льдом, этот реагент быстро расплавляет верхние тонкие слои и далее постепенно переходит к разрыхлению нижних слоев, плотность и толщина которых, как правило, значительно больше. Вследствие чего адгезия наледи падает, и уборка не составляет особого труда.

Хлорид магния. Этот реагент также обладает отличной результативностью в противодействии образованию льда. Принцип действия весьма схож с его аналогом: хлоридом кальция. Жидкость, содержащая хлорид магния, получает свойства антифриза, что понижает температуру кристаллизации по сравнению с обычной водой. Этот реагент при сильных морозах снижает сцепление с асфальтом, а при незначительных атмосферных осадках не дает образоваться льду.

Техническая соль – это хорошо знакомый классический и, пожалуй, самый дешевый вариант защиты от льда и снега. Температурный диапазон применения от -15°C до нуля. Вследствие её отрицательного влияния на растения и почву, не рекомендуется использовать данный реагент, а следует выбрать один из тех, о которых было сказано выше.

Современный подход к решению этой проблемы предполагает полностью отказаться от соли и перейти к использованию экологически благополучных ПГР.

Для борьбы с зимней скользкостью в качестве химических противогололедных смесей на мостовых сооружениях в настоящее время широко используют реагенты, не оказывающие отрицательного влияния не только на конструктивные элементы автодорожных мостов, но и на окружающую природную сред. К подобным реагентам относят противогололедные средства, выпускаемые на ацетатной (HCH_3COO), карбамидной ($\text{CO}(\text{NH}_2)_3$), формиатной (HCOOH) и на других бесхлорных основах. Также сюда следует отнести хлорсодержащие материалы с антикоррозионными и биологическими добавками (экологически безопасные противогололедные материалы - (ЭК ПГМ), резко уменьшающие отрицательное воздействие на бетонные и металлические конструкции мостов, а также на другие элементы окружающей среды [5].

Эффективность использования этих материалов для борьбы с зимней скользкостью, например, на автодорожных мостах в первую очередь зависит от возможности учета постоянных метеорологических данных для конкретного объекта и использования современных передвижных и стационарных распределительных установок. Также, следует учитывать температурный режим. Применение подобных противогололедных реагентов для обработки проезжей части улиц и тротуаров не всегда экономически целесообразно [6].

Вещества (растворы или соли), используемые в качестве противогололедных реагентов имеют, как правило, сложный химический состав, который зависит от сырьевой базы и технологии конкретного производства. Принцип использования противогололедных реагентов основан, прежде всего, на том, что температура замерзания воды вместе с разведенными в ней хлоридами солей ниже, чем температура замерзания естественных осадков. По тому же принципу работает и большинство

реагентов, в основу которых входят солевые растворы химических элементов, в различном процентном соотношении. Химический состав и концентрация хлоридов солей подбираются таким образом, чтобы воздействие на окружающую среду не наносило ей вреда.

В качестве экологически безопасного противогололедного средства для пешеходных дорожек и тротуаров достаточно хорошо себя зарекомендовала гранитная или мраморная крошка. У нее множество достоинств: крошка не несет опасности для окружающей среды и является достаточно эффективным противогололедным средством, проста в применении, выдерживает много циклов обработки. В то же время, некоторые эксперты отмечают, что крошка, которой дорожные службы посыпают тротуары и пешеходные дорожки, истирается в пыль, превращаясь в последующем в грязь. Ее сносит ветром на дорогу, и затем она снова откладывается на дорожном полотне, что приводит к дополнительному износу и истиранию дороги. Что же тогда говорить о таком методе борьбы с гололедом, как песко-солевая смесь, который уже давно ушел в прошлое во всем цивилизованно мире.

На сегодняшний день технологии зимней уборки проезжей части магистралей, улиц, проездов и площадей (объектов дорожного хозяйства городов) с применением противогололедных реагентов (на зимние периоды), кроме таких крупных городов, как Москва, Санкт-Петербург и другие, либо юридически недостаточно проработаны, либо выполняются не в полном объеме [7]. Также остро стоит вопрос о несанкционированном точечном использовании противогололедных препаратов, находящихся в свободной продаже, что также практически не поддается контролю.

Свыше 70% населения нашей страны живет в городах. Эксперты в области урбанизации прогнозируют дальнейший рост численности городского населения, отмечая при этом тревожную тенденцию нарастания уровня заболеваемости и смертности горожан, причинами которой, среди прочих, называют экологические условия городов.

Будучи местами основной концентрации населения, города представляют собой урбоэкосистемы, сформировавшиеся под влиянием сложного взаимодействия природных и хозяйственных факторов. Из природных факторов следует отметить то, что наиболее значимыми для урбоэкосистемы являются климатические и орографические факторы. Именно они перераспределяют потоки вещества и энергии, объединяющие средообразующие компоненты в единую экосистемную целостность. Группа хозяйственных факторов включает неравнозначные в экологическом отношении промышленные и социогенные воздействия на урбоэкосистему. Первые (промышленные) в большинстве случаев оказывают выраженное негативное влияние на среду обитания человека, вторые (социогенные) не столь однозначны, поскольку являются результатом усилий социума, осознанно направленных на улучшения условий жизнедеятельности человека.

Также является проблемой неграмотность населения. Так при опросе, проведенном в декабре 2019 года, 89% респондентов даже не представляют себе каков химический состав реагента, которым в огромных количествах посыпают у них под ногами, но, тем не менее, считает, что его использование значительно ухудшает экологическую ситуацию. Все без исключения респонденты отметили, что понимают

опасность бесконтрольного применения реагентов и считают, что строгое соблюдение норм их расходования необходимо.

В результате анализа химического состава антигололедных реагентов и параллельного исследования содержания в снеговых пробах и почве хлоридов и сульфатов, выявило, что применение реагентов вызывает серьезную хлоридную и сульфатную засоленность почвы [6]. Соль отрицательно влияет не только на растительность, в результате её воздействия появляются симптомы продолжительного токсичного эффекта: пережженные и покоричневевшие листья деревьев и кустарников. Воздействие хлоридов нарушает нормальное протекание процессов дыхания и фотосинтеза у растений. При повышении уровня токсичности зеленая масса будет полностью уничтожена. После продолжительных дождей, вымывающих из почвы хлориды, ситуация незначительно улучшается, но приходит новая зима, а вместе с ней и новые огромные порции сульфатов и хлоридов вновь попадающие в почву.

Комфортная городская среда предполагает борьбу со снегом и льдом. В противном случае нам может угрожать серьезный транспортный коллапс. Однако, чрезмерное использование реагентов, как и нарушение достаточно подробного регламента их применения, наносит ущерб как здоровью человека, и окружающей среде.

Список источников

1. Тентюков М.П. Особенности формирования загрязнения снежного покрова: морозное конденсирование техногенных эмиссий (на примере районов нефтедобычи в большеземельской тундре) // Криосфера Земли. 2007. Т. 11, №4. С. 31-41.
2. Систер В.Г., Корецкий В.Е. Инженерно-экологическая защита водной системы северного мегаполиса в зимний период. М.: Изд-во МГУЭИ, 2004. 159 с.
3. Шумилова М.А., Жиделева Т.Г. Особенности загрязнения снежного покрова вблизи крупных автомагистралей г. Ижевска // Вестн. Удм. ун-та. Сер. Физика и химия. 2010. Вып. 2. С. 90-97.
4. Стародубов А. Г., Чудаков С. Б. Эколого-гигиеническая оценка опасности антигололедных реагентов // Доклады IV Междунар. конгресса по управлению отходами. М., 2005.
5. Требования к противогололедным материалам. ОДН 218.2.027-2003. - М.: Минтранс РФ, 2003 (с дополнениями и изменениями от 16.07.2011г.).
6. Методические рекомендации по организации мониторинга источников антропогенного воздействия на окружающую среду в составе производственного экологического контроля. Пермь, 2009.
7. Технология зимней уборки проезжей части магистралей, улиц, проездов и площадей (объектов дорожного хозяйства города Москвы) с применением противогололедных реагентов и гранитного щебня. Оценка воздействия на окружающую среду. Том 1. М., 2009.

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБА УДАЛЕНИЯ ЛЬДА С ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Аннотация. В настоящей работе проведен аналитический обзор способа удаления гололедообразования с воздушных линий электропередач сельских электрических сетей, который позволил выявить эффективное направление в данной области - удаление гололедных отложений посредством механического разрушения обледенения за счет создания механических колебаний.

Ключевые слова: гололедообразование, линии электропередач, повышение надежности и качества электроснабжения, удаления обледенения с проводов.

В настоящее время в сельском хозяйстве широко электрифицированы процессы предпосевной и послеуборочной обработки зерна, первичной переработки технических культур, выращивания растений в защищенном грунте. Применение электропривода положено в основу комплексной механизации животноводческих ферм и комплексов. Это предъявляет повышенные требования к надежности и качеству электроснабжения. [1,2] Поэтому повышение надежности линий электропередач стало актуальной задачей.

Проблема обледенения проводов линий электропередач общеизвестна и особенно актуальна в регионах с высокой влажностью и низкими температурами. Высокая влажность, ветры, резкие перепады температуры воздуха способствуют интенсивному ледообразованию на проводах воздушных линий с соответствующими нежелательными последствиями в виде обрывов проводов, тросов, разрушения арматуры, изоляторов и даже опор воздушных линий. Подобные аварии приносят значительный экономический ущерб, на их устранение уходит несколько дней и затрачиваются огромные средства. [5] В результате сетевые энергокомпании и потребители несут крупные убытки, а восстановление оборванных проводов – дорогостоящий и трудоемкий процесс. Среднее время ликвидации гололедных аварий превышает среднее время ликвидации аварий, вызванных другими причинами, в 10 и более раз. [4]

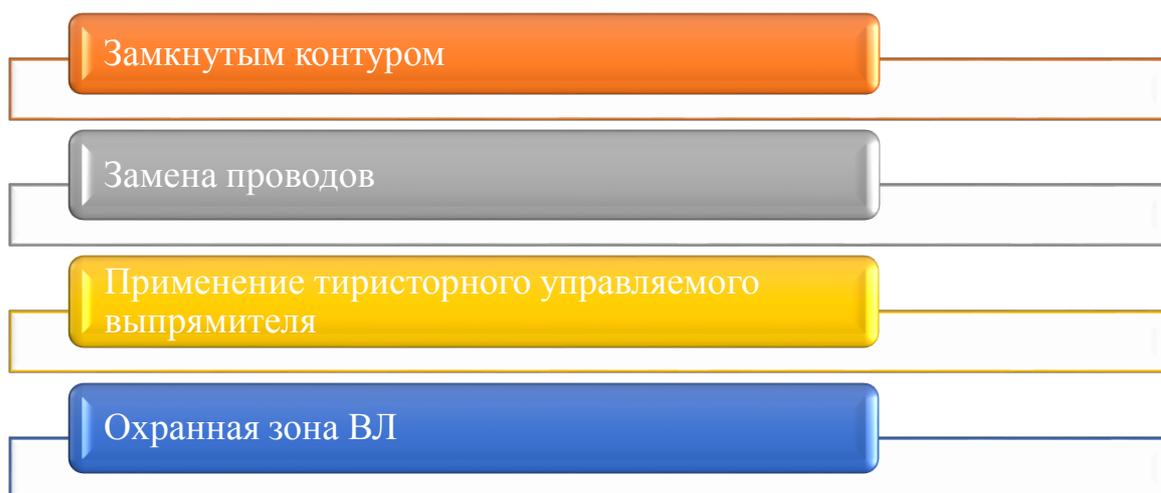
В Саратовской области климат очень разнообразный: обильный снег и дождь. Из-за таких погодных условий ЛЭП часто приходят в негодность.

Сельские электрические сети области отличаются от городских и промышленных разнообразием конфигурации и малой плотностью нагрузок. Они весьма протяжены, имеют разветвления с большим числом глухих отпаяк, для них характерны малые кратности токов короткого замыкания, кроме того, сельские электрические сети не могут обеспечить резервированием всех потребителей даже при двойном питании. Условия зимнего бездорожья, короткий световой день, труднодоступность некоторых участков значительно усложняют как предотвращение аварий, так и ликвидацию их последствий. В условиях относительно мягкой зимы при резком перепаде значений температуры

окружающего воздуха от положительной к отрицательной на проводах оседают капли воды и начинается лавинообразный процесс образования толстой ледяной корки, достигающей толщины в несколько десятков миллиметров и многократно утяжеляющей провода. Часто возникают такие явления, как закручивание, вибрация и пляска проводов, обуславливающие динамические нагрузки. [3]

Проанализировав гололедные ситуации на ВЛ в Саратовской области, можно сделать вывод о том, что значительная часть линий на территории области подвержена локальному гололедообразованию, когда на отдельных участках появляются критические гололедные нагрузки, а на других эти нагрузки меньше или вообще отсутствуют.

Проблему обледенения проводов можно решить следующими способами:



Общеизвестно, что одним из самых распространенных методов борьбы с обледенением ЛЭП является использование нагревательных элементов.

Основным недостатком такого способа являются большие энергетические затраты при его использовании.

Датчик ДО-1 относится к области электромагнетизма и может быть использован для удаления обледенения с проводов линий электропередач (рисунок 1).



Рисунок 1 – Датчик обледенения проводов

Данный способ удаления обледенения с проводов линий электропередач осуществляется посредством механического разрушения обледенения за счет создания механических колебаний. При возникновении опасности обрыва проводов ЛЭП из-за их обледенения отключают высоковольтное переменное напряжение. После чего к двум проводам ЛЭП подключают импульсный источник постоянного электрического тока, вырабатывающий ток величиной, достаточной для возбуждения колебаний проводов с амплитудой, минимально достаточной для удаления обледенения. Ее значение

предварительно определяется экспериментально-теоретическим путем. Для уменьшения энергозатрат ток на проводах в одном и противоположных направлениях пропускают периодически с частотой, кратной частоте собственных колебаний обледеневших проводов, закрепленных на двух соседних опорах, т.е. пролетах ЛЭП. Это вызовет совпадение частот вынужденных сил (сил Ампера) и собственных частот колебаний проводов. Возникающий при этом резонанс позволит раскачать провода до необходимых амплитуд с наименьшими энергозатратами. Кроме того, длительность пропускания токов должна быть кратной половине периода собственных колебаний проводов, что уменьшит влияние их сил инерции на развитие колебательного процесса.

С целью создания в слоях льда более высоких знакопеременных растягивающих и сжимающих напряжений, возникающих от изгиба проводов, постоянный ток необходимо пропускать по проводам, не лежащим в одной горизонтальной плоскости. Это также позволит более эффективно использовать силы тяжести проводов для повышения интенсивности их колебаний.

При работе ДО-1 осуществляется постоянный контроль за процессом гололедообразования, что позволяет производить плавку гололеда своевременно, не допуская повреждения проводов. В то же время применение прибора позволяет избежать преждевременного износа проводов за счет оптимизации процесса плавки.

Предложенный способ позволит достичь заявленный технический результат, что позволит повысить эффективность удаления обледенения с проводов ЛЭП.

Список источников

1. Спиридонов, А.А. Прогнозирование технического состояния электрооборудования / А.А. Спиридонов, О.В. Логачева // В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК, материалы VII Международной научно-практической конференции. – Саратов: Саратовский ГАУ, 2016.
2. Спиридонов, А.А. К вопросу оптимизации надёжности электрических систем / А.А. Спиридонов, О.В. Логачева // В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК, материалы VII Международной научно-практической конференции. – Саратов: Саратовский ГАУ, 2016.
3. Левченко, И.И. Диагностика, реконструкция и эксплуатация воздушных линий электропередачи в гололедных районах / И.И. Левченко // М.:Издательский дом МЭИ, 2007. 448 с.
4. Никитина, И.Э. Способы удаления льда с проводов линий электропередачи/ И.Э. Никитина, Н.Х. Абдрахманов, С.А. Никитина// Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». – 2015. – № 3. – 863 с.
5. Сохинов, Д.Ю. Надежность функционирования электрических систем/ Д.Ю. Сохинов, О.В. Логачёва // В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК, материалы X Международной научно-практической конференции. – Саратов: Саратовский ГАУ, 2019.

ШИРОТНО-ПРЕРЫВНЫЙ СПОСОБ СУШКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Аннотация. В статье представлены особенности сушки корнеклубнеплодов, выбран широтно-прерывный способ сушки растительного сырья. Оптимальный способ сушкой позволяет получить продукты высокой биологической активности, при наименьших затратах электроэнергии.

Ключевые слова: сушка растительного сырья, корнеклубнеплоды, инфракрасный нагрев, широтно-прерывной способ.

Анализ процесса сушки показывает, что ИК-нагрев для удаления влаги из корнеклубнеплодов в чистом виде может оказаться малопригодным по технологическим условиям. Высокая скорость нагрева в процессе сушки может привести не только к быстрому удалению влаги, но и к сложным необратимым химическим изменениям и потере качества готового продукта. Высокая скорость нагрева в процессе сушки особо опасна для корнеклубнеплодов.

Вместе с этим, при использовании для сушки растительного сырья ИК-нагрева процесс растягивается по времени, что приводит к большим потерям электроэнергии, а также снижению качественных показателей [1].

Анализ термограммы (рисунок 1) и кривой кинетики процесса сушки растений с физико-механической связью влаги показывает, что для удаления свободной влаги в начальный момент процесса термообработки целесообразно подводить большее количество энергии [2]. Данное обстоятельство позволяет интенсифицировать процесс влагоудаления и сократить время сушки. По мере удаления влаги уровень подводимой энергии необходимо снижать и поддерживать рабочую температуру, не превышающую предельно допустимых значений для данного материала. Быстрое повышение температуры корнеклубнеплода после критической точки приводит к длительному воздействию высокой температуры, что вызывает ухудшение его технологических свойств.

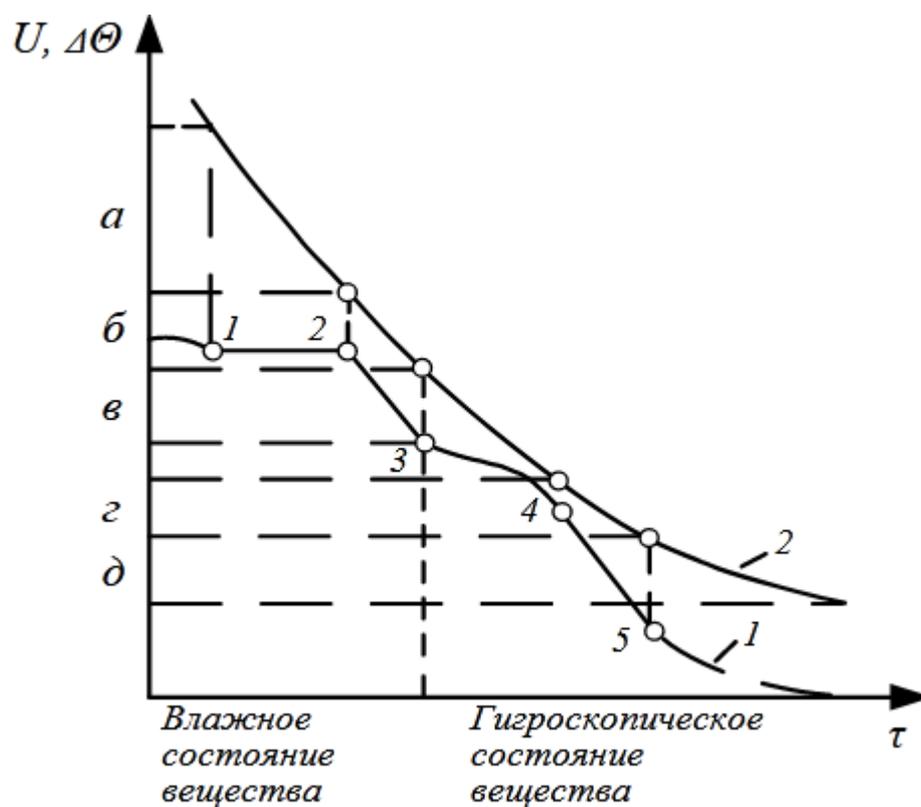


Рисунок 1 Термограмма сушки (1) и кривая сушки (2): а – влага капиллярного состояния в макропорах; б – стыковая влага макропор; в – капиллярная влага макропор; г – влага полимолекулярной адсорбции; д – влага мономолекулярной адсорбции

Таким образом, возникает необходимость в прерывном облучении, то есть в сочетании нагрева корнеклубнеплодов ИК-лучами с охлажденным воздухом. Наиболее подходящим является широтно-прерывной метод управления сушкой с понижением уровня энергоподвода [3,4,5] (рисунок 2).

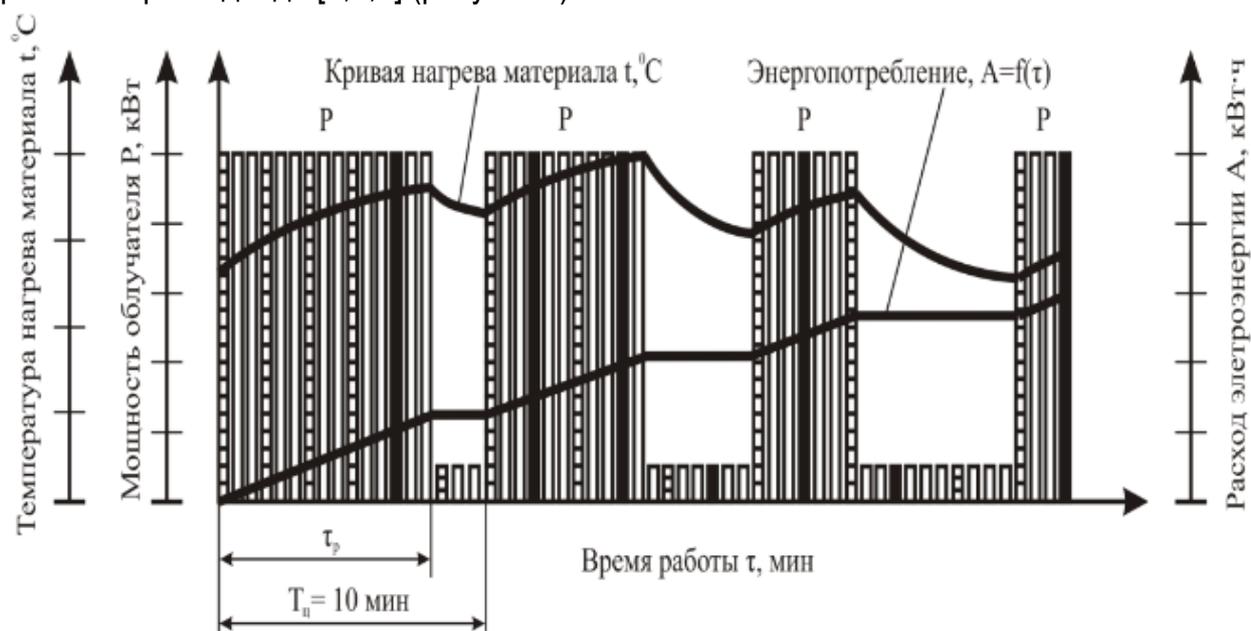


Рисунок 2 Широтно-прерывной метод управления с понижением уровня энергоподвода в каждом последующем цикле

Так как в начале процесса сушки количество влаги в корнеклубнеплодах имеет максимальное значение и механическую связь, то в период интенсивного нагрева большая ее часть удаляется в первых циклах процесса сушки с минимальными затратами энергии на совершение работы по отрыву влаги от сухого вещества.

Список источников

1. Очиров, В.Д. Связь влаги с телом в продуктах растительного происхождения при термообработке / В.Д. Очиров, А.М. Худоногов, И.В. Алтухов // Научные исследования и разработки к внедрению в АПК: мат. междунар. научн.-практ. конф. мол. уч. ИрГСХА. – Иркутск, 2012. – С. 42-46.
2. Лыков, А.В. Теоретические основы строительной теплофизики / А.В. Лыков. – Минск: АН БССР, 1961. – 536 с.
3. Худоногов, И.А. Влияние режимов ИК-энергоподвода на качественные и количественные показатели сушеных корнеплодов моркови / И.А. Худоногов, В.Д. Очиров // Вестник АлтГАУ. – Барнаул, 2010. – №8. – С. 73-77.
4. Лягина, Л.А. Система автоматического управления процессом сушки растительного сырья / Л.А. Лягина, В.А. Каргин, А.П. Моисеев // Аграрный научный журнал, № 7, 2017. – С.78-82.
5. Лягина, Л.А. Интенсификация сушки растительного материала за счет использования инфракрасного излучения / Л.А. Лягина, А.В. Волгин, Е.А. Четвериков, Н.Н. Белова, Моисеев А.П. // Известия Международной академии аграрного образования, 2019. –№ 44.

Лягина Л.А., Дюкарев В.В., Шляхов С.Д.

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

КЛАССИФИКАЦИЯ УСТАНОВОК ДЛЯ СУШКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

***Аннотация.** В статье предложена классификация установок для сушки растительного сырья, выбран способ сушки сельскохозяйственного материала. Высушенное сырье имеет долгий срок хранения без потери питательных веществ.*

***Ключевые слова:** сушка растительного сырья, инфракрасный способ сушки, хранение сырья.*

Одним из перспективных способов длительного хранения растительного сырья с максимальным содержанием витаминов и микроэлементов является сушка. Сырье, высушенное с использованием новых технологий и оборудования, сохраняет в своем составе до 95% витаминов, микроэлементов и могут быть отнесены к продуктам высокой биологической активности [2,3,4,5,6].

Существует большое разнообразие способов, методов и средств сушки сырья растительного происхождения, что обусловлено особенностями материалов, подвергаемых сушке, видами связи влаги с материалом, целью сушки, экономическими соображениями. На рисунке 1 представлена классификация установок для сушки растительного сырья.

При выборе технологического оборудования для сушки конкретного материала, в первую очередь, необходимо обратить внимание на метод, реализуемый в данном устройстве. Метод термообработки сырья должен отвечать следующим требованиям: наименьшим затратам энергии, снижение потерь активно действующих веществ должно быть минимальным, конечный продукт должен обладать высокими пищевыми и вкусовыми свойствами, хорошо восстанавливаться, храниться длительное время, сохраняя наиболее ценные компоненты и питательные вещества [1,2].

В настоящее время в России и мировой практике используются различные способы сушки сырья растительного происхождения: естественный, кондуктивный, конвективный, СВЧ-сушка, инфракрасный, сублимационный, сушка в псевдокипящем слое. Для основных способов сушки была составлена сравнительная характеристика, которая представлена в таблице 1 [1, 4].

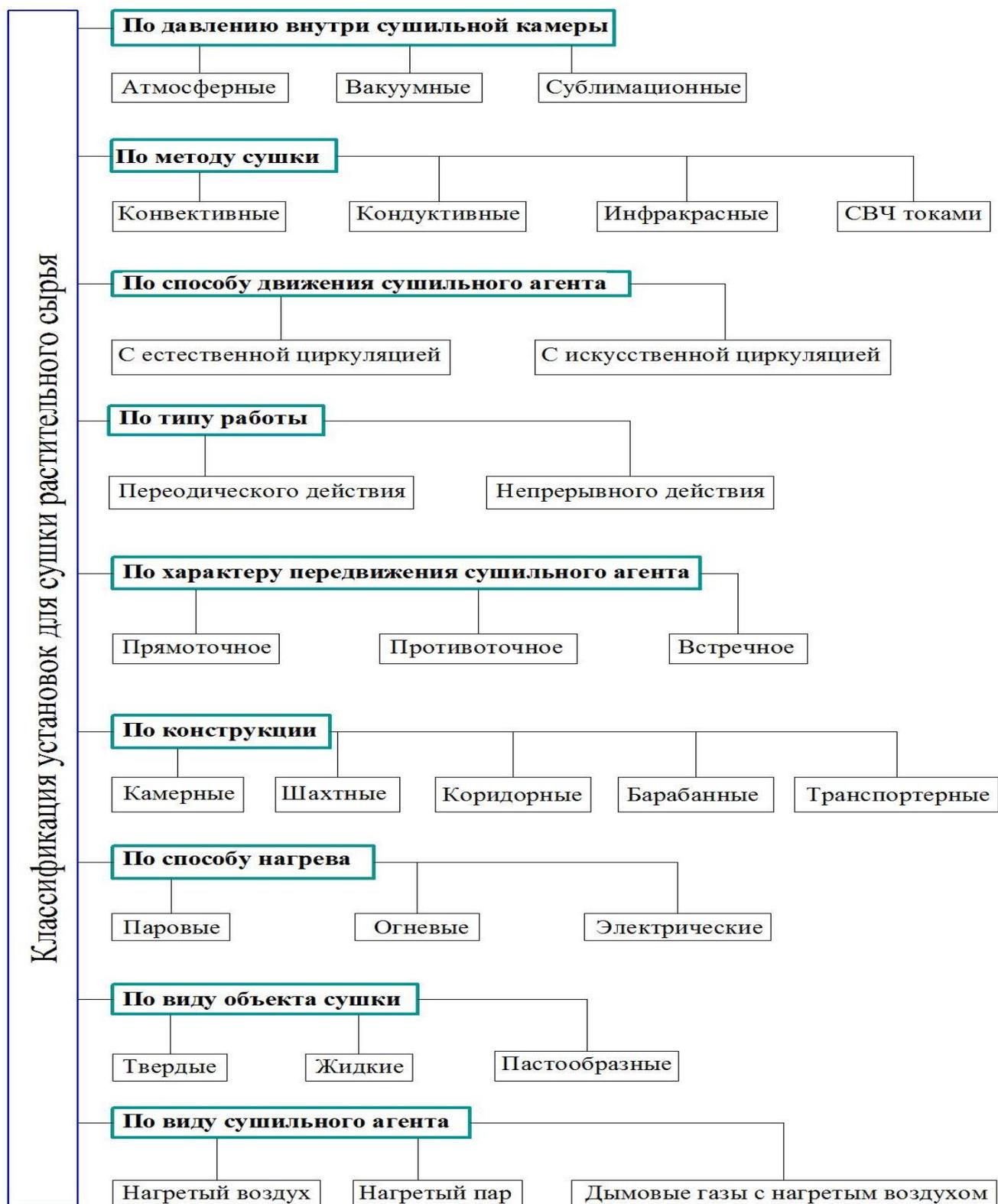


Рисунок 1 Классификация установок для сушки растительного сырья

Таблица 1 Сравнительная характеристика различных способов сушки

Наименование показателей	Способы сушки			
	Инфракрасный	Конвективный	Сублимационный	СВЧ
Источник энергии (тепла)	Излучатели, нагретые до высокой температуры	Нагретый газ, омывающий влажный материал в самых разнообразных условиях	Удаление влаги в два этапа: возгонка льда из замороженного продукта и тепловая досушка в вакууме	Генераторы сверхвысокой частоты
Качество вырабатываемого продукта	Сохраняется до 90 % исходных свойств продукта, снижается обсемененность микроорганизмами	Снижение теплопроводности продукта в конце сушки значительно удлиняет процесс, ухудшая качество готового продукта. Добиться стабильного качества можно за счет правильной нарезки, бланширования. Конвективным способом производят 90% сушеных продуктов	Сохраняется форма, цвет, органолептические свойства при минимальных потерях биоактивных веществ.	Равномерный нагрев практически не зависит от теплопроводности сушильного материала. Специфическое воздействие СВЧ-поля на продукт не обнаружено
Время сушки, часов	до 4	8-10	10-20	до 4
Восстанавливаемость	85-95 %	60-70 %	85-95 %	85-95 %
Достижимая остаточная влажность, %	10 – 12	8,0	8,0	8-12
Способность к хранению	более 1 года	0.3 – 0,5 года	более 1 года	более 1 года
Энергозатраты на испарение влаги, кВт·ч/кг	0,9-1,2	1,8-3,0	2,7-3,0	2-5

Как видно из таблицы 1 инфракрасный метод сушки по многим показателям сопоставим с другими способами, а по энергозатратам на испарение влаги даже превосходит остальные методы сушки. Данный способ не требует теплоносителя, зачастую способствующего загрязнению обрабатываемого продукта и частичному его уносу. Благодаря высокой проникающей способности ИК-излучения в материал

тепловыделение происходит в глубине материала, при этом интенсивность сушки увеличивается в 1,5-2 раза, что ведет к снижению энергозатрат.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Сивашова, И. Сушка овощей и фруктов / И. Сивашова // Техника и оборудование для села. – 2005. – №6 (23). – С. 23.
2. Мальтри, В. Сушильные установки сельскохозяйственного назначения / В. Мальтри, Э. Петке, Б. Шнайдер. -М.: Машиностроение, 1979.
3. Волгин, А.В. Повышение экологичности и эффективности сушки растительного сырья электронагревателем / А.В. Волгин, Е.А. Четвериков, В.В. Белов, А.П. Моисеев, Л.А. Лягина.–Известия Международной академии аграрного образования, 2018. –№ 38.
4. Лягина, Л.А. Совершенствование комбинированного способа сушки плодов и ягод /Л.А. Лягина, Д.П. Курников.– Материалы X национальной научно.-практ. конф. С международным участием, Актуальные проблемы энергетики АПК// ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, 2019. 149–151.
- 5.Лягина, Л.А. Классификация оборудования измельчения растительного сырья / Л.А. Лягина, О.С. Морозова.– Материалы VIII междунар. науч.-практ. конф., Актуальные проблемы энергетики АПК.– Саратов: ООО «ЦеСАин», 2017. – С.164–167.
6. Каргин, В.А. Система автоматического управления процессом сушки растительного сырья /В.А. Каргин, А.П. Моисеев, Л.А. Лягина. – Аграрный научный журнал, 2017. –№7.

МЕХАНИЗМ СУШКИ ПЛОДОВ И ЯГОД

Аннотация: *Ход сушки зависит от скорости фазового превращения влаги, от механизма и скорости перемещения влаги внутри материала и от скорости ее перехода в окружающую среду через пограничный слой. Таким образом, он определяется тепло- и влагообменом внутри материала и вне его – в пограничном слое.*

Ключевые слова: *механизм сушки, коллоидно-капиллярно-пористые тела, ягоды, плоды, диффузия жидкости; диффузия пара; микрокапилляры.*

Механизм сушки коллоидно-капиллярно-пористых тел определяется закономерностями массопереноса внутри тел и на границе раздела между твердой и газообразной фазами [1,2]. Механизм внутреннего массопереноса определяется формой связи влаги с материалом: структурой коллоидно-капиллярно-пористого тела и режимом сушки.

Внутри коллоидно-капиллярно-пористых тел в ходе их сушки могут наблюдаться следующие виды переноса влаги [3]:

- 1) диффузия жидкости;
- 2) диффузия пара;
- 3) молекулярный и конвективный перенос жидкости и пара;
- 4) проталкивание жидкости благодаря расширению заземленного воздуха при повышении температуры;
- 5) эффузия (молекулярное течение) пара в микрокапиллярах. Под эффузией понимается направленное, а не хаотическое (как при диффузии) движение молекул пара, причем ее особенность – перенос веществ от менее нагретых мест микрокапилляров к более нагретым. Эффузия возникает именно в микрокапиллярах, т. е. когда длина свободного пробега молекул пара соизмерима с радиусом капилляров;
- 6) тепловое скольжение пара в макрокапиллярах, возникающее при наличии перепада температуры по длине стенок капилляра и состоящее в том, что у поверхности стенок капилляра влажный воздух движется не против потока тепла, а по оси капилляра – в направлении потока тепла.

При сушке плодов и ягод комбинированным способом (инфракрасный нагрев и конвекционный продув) происходит следующий вид переноса влаги – молекулярный и конвективный перенос жидкости и пара. Конвективный (макроскопический) перенос осуществляется – макрообъемами системы (струйками). Молекулярный механизм переноса происходит за счет хаотического теплового движения молекул. Молекулярный перенос теплоты подчиняется закону Фурье, где градиент температуры в теле пропорционален плотности теплового потока q (Вт/м²) [2,4]:

$$q = -\lambda \operatorname{grad} t. \quad (1)$$

где λ – коэффициент теплопроводности, Вт/м·К.

Молекулярный перенос вещества можно выразить первым законом Фика:

$$q_{mc} = D \text{ grad } c. \quad (2)$$

где D – коэффициент молекулярной диффузии, m^2/c ; $\text{grad } c$ – градиент концентрации.

На границе раздела фаз и вблизи от поверхности твердого тела в условиях сушки механизм массопереноса остается в основном молекулярным. По мере удаления от поверхности тела возрастает доля конвективного переноса массы, и в центре потока этот механизм становится преобладающим.

Список источников

1. Каргин, В.А. Автоматизация систем управления технологическими процессами [Текст]: учебное пособие/ В.А. Каргин, А.П. Моисеев, А.В. Волгин, Л.А. Лягина, Е.А. Четвериков. – Саратов: Амирит, 2018. – 177с.
2. Усанов, К.М. Проектирование электроустановок [Текст]: учебное пособие/ К.М. Усанов, В.А. Каргин, А.П. Моисеев, Л.А. Лягина. – Саратов: Амирит, 2017. – 123с
3. <https://helpiks.org/2-17072.html>
4. Лягина, Л.А. Основные дифференциальные уравнения инфракрасной сушки растительного сырья / Л.А. Лягина, А.С. Кудрявцев/ Материалы V Междунар. науч.-практ. конф., Актуальные проблемы энергетики АПК// ФГБОУ ВПО Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова, 2015. 219–220с.

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИЙ КОМБИНИРОВАННОЙ СУШКИ

Аннотация. В настоящей статье рассмотрены физические основы комбинированной сушки, с целью повысить качество продукта, уменьшить энергозатраты.

Ключевые слова: молекула, сушка, нагрев материала, градиент температуры, выступившая влага.

По мере развития и расширения областей применения сушильных технологий происходят непрерывное ужесточение требований как к самим технологиям, так и к аппаратуре для их реализации [1]. Одним из важнейших требований, предъявляемым к современным технологическим процессам, является требование минимизации энергоемкости процесса сушки.

Рассмотрим физическую сущность процесса испарения влаги. Молекула, находящаяся в поверхностном слое влагосодержащего продукта, сможет покинуть это слой, если ее кинетическая энергия превосходит по величине работу, которую необходимо затратить для преодоления сил сцепления жидкости. Молекулы в данный момент имеющую достаточную скорость, смогут вылететь из поверхностного слоя наружу. Здесь они сталкиваются с другими молекулами, меняют направление движения и через некоторое время могут вернуться на поверхность жидкости и проникнуть в глубь нее. Таким образом, молекулы постоянно вылетают из жидкости и вновь в нее возвращаются. С увеличением температуры жидкости все больше число молекул обладает скоростью, достаточной для того, чтобы покинуть жидкость. Скорость сушки зависит от температуры сушеного продукта и от влагоемкости окружающей продукт среды, которая также зависит от температуры [2,3].

Исходя из этого, в термической сушке происходят два процесса:

- испарение подлежащей удалению влаги;
- отвод от поверхности материала образовавшегося пара.

Аналитически это выражается зависимостью [3]:

$$\frac{1}{S} \cdot \frac{dm}{dt} = c \frac{H - h}{B} \quad (1)$$

где $\frac{dm}{dt}$ – количество испаренной влаги в единицу времени влаги, кг/с;

S – поверхность испарения, м²; c – коэффициент испарения обусловленный вязкостью и другими параметрами воздуха; H – парциальное давление насыщенного пара в пограничном слое продукта, Па; h – парциальное давление пара в окружающей среде, Па; B – барометрическое давление, Па.

При конвективной сушке растительный материал помещенный в сушильную камеру обдувается теплым воздухом, который нагревается электрокалорифером. В результате такого нагрева возникает движение теплового потока Φ (Вт) от поверхности вглубь материала за счет его теплопроводности. При этом возникает градиент температуры в теле, который пропорционален плотности теплового потока q (Вт/м²) [2],

$$q = -\lambda \text{ grad } t. \quad (2)$$

Способ инфракрасной (ИК) сушка растительного сырья обладает хорошей способностью прогрева материала на определенную глубину с одинаковой температурой внешних слоев, соприкасающихся с окружающим воздухом, что создаёт определенный температурный напор (Ht) из глубины к поверхности, способствующий перемещению влаги ($Hв$). Однако выступившая влага на поверхности материала долго удаляется за пределы сушильной камеры [4].

СВЧ-сушка основана на том, что диэлектрические свойства воды и сухих веществ пищевых продуктов различаются: влажный материал значительно быстрее нагревается, чем сухой. В процессе СВЧ-сушки температура более влажных внутренних слоев выше, чем наружных, более обезвоженных. Направление градиента массопереноса влаги происходит от внутренних к внешним слоям продукта. В материале, подвергаемом СВЧ-сушке, происходят сложные молекулярные процессы [2].

Таким образом, представляется целесообразным изучить возможность наиболее экономичного с энергетической точки зрения совмещения двух физических механизмов сушки (конвекционного и инфракрасного или микроволнового) и достижения на этой основе дальнейшего существенного снижения энергоемкости процесса обезвоживания.

Список источников

1. Каргин, В.А. Автоматизация систем управления технологическими процессами [Текст]: учебное пособие / В.А. Каргин, А.П. Моисеев, А.В. Волгин, Л.А. Лягина, Е.А. Четвериков. – Саратов: Амирит, 2018. – 177с.
2. Четвериков, Е.А. Микроволновое и инфракрасное излучение в технологиях сушки продукции растительного происхождения: монография / Е.А. Четвериков, Л.А. Лягина, А.П. Моисеев. ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ». – Саратов: Амирит, 2016. – 186с.
3. Явчуновский, В.Я. Микроволновая и комбинированная сушка: физические основы, технологии и оборудование [Текст]: монография / В.Я. Явчуновский. – Саратов: Изд-во Саратов.ун-та, 1999. – 212с.:ил.
4. Лягина, Л.А. Тепло- и массообмен при сушке растительного материала путем воздействия потоками инфракрасной и конвективной энергии / Л.А. Лягина, С.Н. Любайкин / Материалы II Междунар. науч.-практ. конф., Актуальные проблемы энергетики АПК// ФГОУ ВПО Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова, 2011. 172–175с.

РАЗРАБОТКА СХЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ШАХТНОЙ ЗЕРНОСУШИЛКИ

Аннотация. Предложена схема автоматического управления процессом сушки зерна в установке шахтного типа, с целью повышения качества продукта и уменьшения энергозатрат.

Ключевые слова: сушка зерна, СВЧ нагрев, автоматизация, оперативная влагометрия.

Влажность зерна на выходе из сушилки — важнейший параметр, характеризующий качество процесса сушки [1,3]. Информация о начальной и промежуточную влажность зерна позволяет правильно организовывать процесс сушки.

Влажность зерна контролируют стационарным методом путем отбора проб зерна и последующего его лабораторного анализа, который проводится при определении начальной влажности для каждой порции зерна, поступающего на ток. Конечную влажность проверяют не чаще раз в 1 час [4]. Эта информация позволяет операторам сушилок управлять процессом сушки, но со значительным опозданием, что приводит к некачественной сушке или значительному снижению производительности сушилки. При использовании автоматических устройств контроля влажности, период измерения влажности значительно сокращается.

В разработанной схеме автоматического управления, предусматривающем измерение расхода, влажности и температуры исходного материала, поступающего в сушилку, расхода и влажности высушенного материала, влагосодержания, температуры и расхода сушильного агента до и после сушки, новым является то, что сушку осуществляют в шахтной сушилке, информация с датчиков, измеряющих расход, влажность и температуру исходного материала, поступающего в сушилку, расход и влажность высушенного материала, влагосодержание, температуру и расход сушильного агента до и после сушки [2], подается на микропроцессор, который устанавливает задание на температурный режим и режим подачи сушильного агента на входе в сушилку посредством исполнительных механизмов калорифера, вентилятора и магнетронов, дополнительно применяются датчики, измеряющие потребляемую мощность вентилятора, калорифера и магнетронов, информация с которых подается на микропроцессор, который непрерывно определяет знак производной функции суммарной стоимости энергетических и материальных затрат на единицу массы высушиваемого материала, и если знак положительный, то уменьшает расход исходного материала, если знак отрицательный, то увеличивает (рис.1).

Работа схемы осуществляется по следующему принципу. Информация о влажности, температуре и расходе исходного материала в линии сушки с помощью датчиков FE, ME и TE передается в микропроцессор 9, который по заложенному в него алгоритму в зависимости от количества влаги и тепла, содержащихся в исходном влажном продукте, подаваемом на сушку, устанавливает задание на температурный режим и режим подачи сушильного агента на входе в сушилку посредством исполнительного механизма 8 калорифера 6, регулирующего привод вентилятора.

- 1- шахта с коробами для сушки
- 2-загрузочный бункер
- 3-нория
- 4-клапан, регулирующий подачу топлива
- 5-транспортер
- 6-калорифер
- 7-поточные СВЧ влагомеры
- 8 - исполнительный механизм
- 9-микропроцессор

- (ME) - датчик влажности
 (FE) -расходомер
 (TE) - датчик температуры

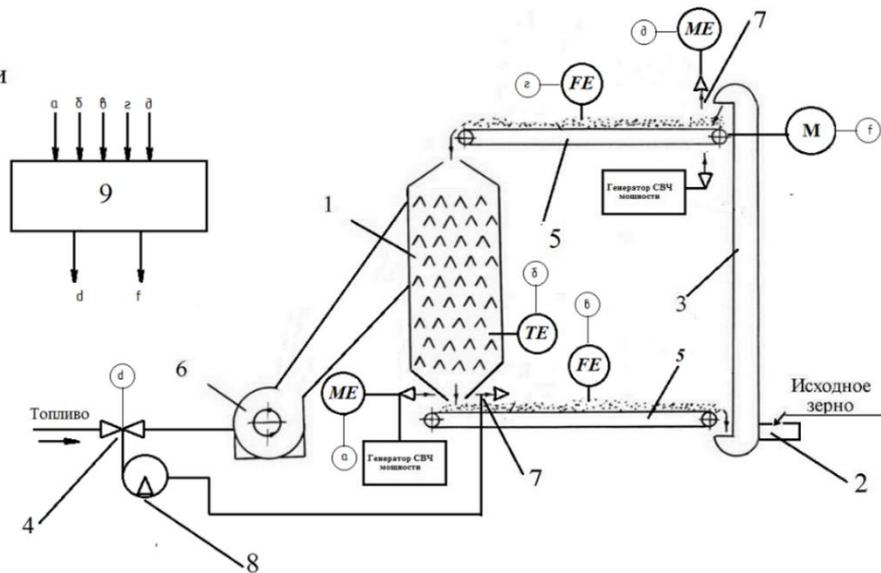


Рисунок 1. Разработанная схема автоматического управления шахтной зерносушилкой.

В ходе процесса сушки дисперсного материала с помощью оперативной информации с датчиков влажности (разработанный СВЧ влагомер) исходного материала и высушиваемого измеряют текущее значение влажности исходного и высушиваемого продуктов, по которому осуществляют коррекцию режима управления процессом сушки по двум уровням. За счет этого значительно снижается инерционность управления, т.е. сужается интервал времени с момента получения информации о ходе сушки до подачи управляющего воздействия на исполнительные механизмы регулирования.

Список источников

- 1.Каргин, В.А. Автоматизация систем управления технологическими процессами [Текст]: учебное пособие/ В.А. Каргин, А.П. Моисеев, А.В. Волгин, Л.А. Лягина, Е.А. Четвериков. – Саратов: Амирит, 2018. – 177с.
2. Четвериков, Е.А. Микроволновое и инфракрасное излучение в технологиях сушки продукции растительного происхождения: монография / Е.А. Четвериков, Л.А. Лягина, А.П. Моисеев. ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ». – Саратов: Амирит, 2016.– 186с.
3. Явчуновский, В.Я. Микроволновая и комбинированная сушка: физические основы, технологии и оборудование [Текст]: монография/ В.Я. Явчуновский. – Саратов: Изд-во Саратов.ун-та, 1999. – 212с.:ил.
4. Лягина, Л.А. Тепло- и массообмен при сушке растительного материала путем воздействия потоками инфракрасной и конвективной энергии / Л.А. Лягина, С.Н. Любайкин / Материалы II Междунар. науч.-практ. конф., Актуальные проблемы энергетики АПК// ФГОУ ВПО Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова, 2011. 172–175с.

ЗАВИСИМОСТЬ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ ВНУТРИ БИОГАЗОВОГО РЕАКТОРА ОТ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ КОРПУСА

Вопросы применения и эффективного использования альтернативных и возобновляемых источников энергии, в т. ч. и переработка органических отходов в биогаз являются актуальными [1-4]. При производстве биогаза из органического сырья важно учитывать его состав и особенности технологических режимов процесса брожения. Поэтому необходимость поддержания регламента температурного режима в реакторе накладывает определенные требования к выбору материала теплоизоляции для корпуса биогазового реактора [5]. В тоже время при недостатке теплоты для обеспечения температурного режима используют подогрев массы с помощью дополнительных (сторонних) источников теплоты [2, 4]. Ниже приведены результаты теоретического анализа влияния свойств теплоизоляции корпуса на температурные режимы внутри биогазового реактора. Анализ проведен на основе решений уравнения теплопроводности Фурье [6-10]. Физическая модель биореактора определялась в виде сплошного цилиндра радиусом R_1 (рабочий объем реактора) и высотой H , окруженного цилиндрической оболочкой (стенкой) с толщиной Δ . При этом наружный радиус конструкции будет равен $R_2 = R_1 + \Delta$. При анализе учитывались теплофизические параметры теплоизоляционных материалов, свойственных материалам на деревянной основе и пенополиуретану [5].

На рисунке 1 приведена расчетная поверхность распределения температурного поля внутри биореактора при изменении коэффициента теплопроводности теплоизоляции (стенки) и наружной температуры воздуха. Для наглядности изменение коэффициента теплопроводности теплоизоляции (стенки) исследуемом диапазоне представлено с убыванием от наблюдателя.

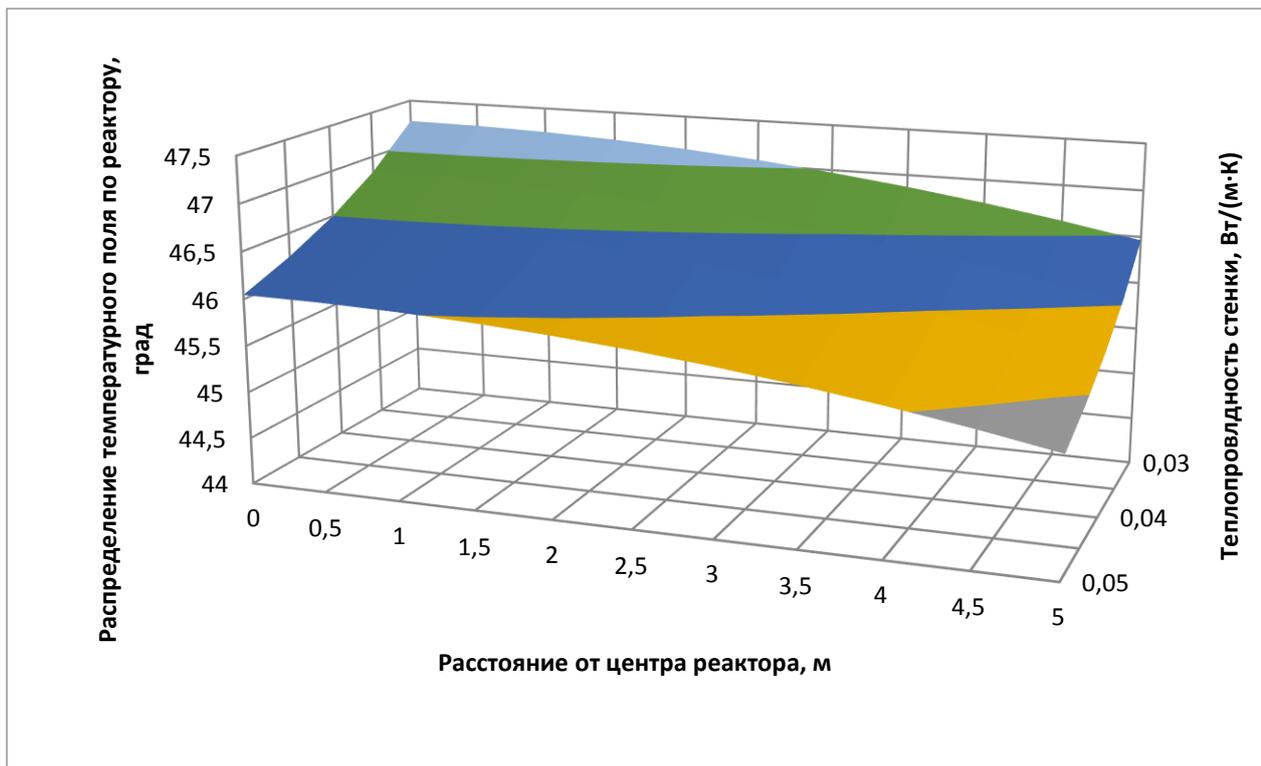


Рисунок 1 – Зависимость распределения температурного поля внутри биореактора от коэффициента теплопроводности теплоизоляции (стенки)

Анализ поверхности температурного поля показывает, что перепад температур между центром и внутренней стенкой реактора не превышает $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\Delta T = 0,796^{\circ}\text{C}$). Однако с уменьшением коэффициента теплопроводности теплоизоляции (стенки) λ_2 абсолютная температура внутри него, хотя и незначительно, но повышается и составляет: $T_1(0) = 46,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ при $\lambda_2 = 0,05\text{ Вт/(м·К)}$; $T_1(5) = 47,25^{\circ}\text{C}$ при $\lambda_2 = 0,03\text{ Вт/(м·К)}$.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Шопинский С.Н., Вендин С.В. Проблемы и перспективы использования ветроэлектрических установок в зонах со слабыми ветрами // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2016. № 1 (9). С. 16 – 20.
2. Вендин С.В., Мамонтов А.Ю. Электрооборудование биогазового реактора // Сельский механизатор. 2017. № 5. С. 26-27.
3. Вендин С.В., Мамонтов А.Ю., Каплин А.В. Программа расчета геометрических и конструкционных параметров биогазового реактора // Промышленная энергетика. 2017. № 3. С. 51-55.
4. Вендин С.В., Мамонтов А.Ю. Расчет мощности дополнительных источников теплоты для подогрева биомассы в биогазовом реакторе // Вестник Белгородского государственного технологического университета им.В.Г. Шухова. 2017. № 7. С. 97-99.
5. Вендин С.В., Ульяновцев Ю.Н. Анализ свойств теплоизоляционных материалов для условий нестационарной теплопередачи // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2019. № 4 (24). С. 30 – 36.
6. Вендин С.В. К расчету нестационарной теплопроводности в многослойных объектах при граничных условиях третьего рода // ИФЖ. 1993. Т.65. № 8. С. 249-251.
7. Vendin S.V. Calculation of nonstationary heat conduction in multilayer objects with boundary conditions of the third kind // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. 1993. Т. 65. № 2. С. 823.
8. Вендин С.В., Щербинин И.А. К решению задач нестационарной теплопроводности в слоистых средах // Вестник Белгородского государственного технологического университета им.В.Г. Шухова. 2016. №3. С. 96-99.
9. Вендин С.В. Теория и математические методы анализа тепловых процессов при СВЧ обработке семян /С.В. Вендин. М.: «Центральный коллектор библиотек «БИБКОМ», 2016. 143 с. ISBN- ISBN: 978-5-905563-56-0.
10. Vendin S.V. On the Solution of Problems of Transient Heat Conduction in Layered Media // International Journal of Environmental and Science Education. 2016.Т. 11. № 18. С. 12253-12258.

УДК 620.9-62-93

Милюткин В.А.

Самарский государственный аграрный университет,
г.Кинель, Самарская обл.

Бородулин И.В., Агарков Е.А.

ООО «ЭКОВОЛГА», Самара

СИНЕ-ЗЕЛЕННЫЕ ВОДОРОСЛИ-КАК КОМПЛЕКСНЫЙ ИСТОЧНИК НЕТРАДИЦИОННОЙ И ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГИИ

Несмотря на значительные отрицательные колебания мировых трендов на востребованность нефти, что значительным образом касается и Российскую Федерацию, исследования по поиску эффективных нетрадиционных и возобновляемых источников энергии-активно продолжаются. [1-12]. Наши исследования по использованию биологических сред в качестве таких видов энергетических ресурсов направлены на сине-зеленые водоросли, которые кроме неограниченных объемов ресурсов для переработки в биотопливо III поколения и биогаз, требуют также особого внимания к управлению их концентрации в водоемах и водотоках с экологической точки зрения. По данному направлению в начальной стадии необходим сбор сине-зеленых водорослей и ООО «ЭКОВОЛГА» совместно с Самарским ГАУ для этого на сегодня предложили более 20-ти технологий и технических средств [1-12].

В частности нами запатентовано «Устройство для очистки водоемов от сине-зеленых водорослей» [7](рис.1а), которое содержит плавсредство - катамаран 1 с барабаном 2 и зацепами 3, винтовой механизм 4, сзади бара-бана по ходу его вращения установлен барабан-кассета 5 со съемной кассе-той 6 или транспортер 7 с контейнером 8. При движении плавсредства – катамарана 1 - барабан 2 захватывает зацепами 3 водоросли и перемещает их в сторону кассеты 5 и транспортера подачи 7, освобождая от воды. Барабан-кассета 5, вращаясь, наматывает водоросли на кассету в виде бухты и транспортером 7 водоросли подаются в контейнер 8. После сбора сине-зеленых водорослей их необходимо просушить на разработанной для этого

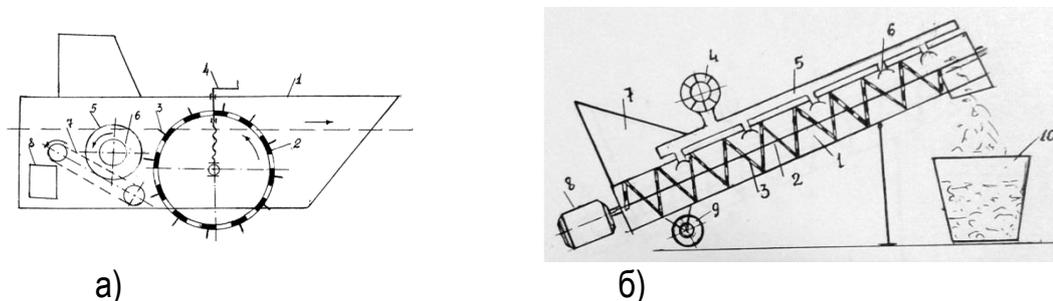


Рисунок 1.

а) Устройство для очистки водоемов от сине-зеленых водорослей (пат. №2582365);
б) Сушилка для сине-зеленых водорослей (пат. №2606811)

сушилке [10](рис.1б), которая содержит цилиндрическую полость 1 шне-кового элеватора, шнек 2 со спиральными лентами 3 с сетчатой поверхностью, нагреватель воздуха 4, распределитель теплого воздуха 5, воздушные каналы 6, загрузочный бункер 7, электродвигатель 8 привода шнека, колеса для передвижения 9, контейнер 10. Сине-зеленые водоросли загружаются в бункер 6, затем включается электродвигатель 7, при этом шнек 2, вращаясь, заполняет шнековую полость 1, а в это время распределителем воздушного потока 5 подается через каналы 6 нагретый воздух, который обдувает водоросли со всех сторон, в том числе пронизывает водоросли через сетчатую поверхность спиральных лент 3, при этом улучшается процесс сушки. Просушенные водоросли сбрасываются в контейнер 10.

Для переработки сине-зеленых водорослей в биотоплива III поколения разработана конструкция (рис. 2-а)[12] биореактора, которая имеет ёмкость с сине-зелёными водорослями, соединённую трубопроводом с биореактором, в котором имеются свечи с несгораемыми электродами для осуществления плазменной обработки концентрата водорослей и ректификационную колонку, причём устройство содержит бак с гидравлическим маслом, соединённым трубопроводом высокого давления с гидроцилиндром, шток поршня гидроцилиндра шарнирно соединён с одним концом коромысла, закреплённого на стойке с возможностью поворота вокруг оси, второй конец коромысла шарнирно соединён со штоком поршня биореактора, соединённого трубопроводом высокого давления с гидроцилиндром, подпоршневое пространство биореактора содержит упомянутые свечи, для питания которых установлен блок конденсаторов, а коромысло выполнено с возможностью регулировки длины плеч. Шток 5 гидроцилиндра 6 через коромысло 9 воздействует на шток биореактора, сжимая в подпоршневой полости биореактора 22, поступившее из ёмкости 17 с помощью насоса высокого давления 11 смесь сине-зелёных водорослей. Под двойным действием давления масла от нагнетательного насоса 2 и коромысла 9 смесь сине-зелёных водорослей сжимается в полости биореактора 22, дополнительное давление на смесь оказывает насос 11. Через доведённую до необходимого высокого давления (20-35 атмосфер) смесь сине-зеленых водорослей проходит искра от свечей 12, создающих высокую температуру (примерно 350 градусов). Под действием высокой температуры и давления из сине-зелёных водорослей выделяется так называемое «масло» – биотопливо III-го поколения. Переработанная смесь с выделенным биотопливом поступает в ректификационную колонку 14, где она разделяется на чистое масло и примеси – отстой. Биореактор представляет собой цилиндрическую ёмкость из нержавеющей стали с системами, обеспечивающими плазменную обработку концентрата водорослей путём работы в заданной последовательности несгораемых электродов, установленных внутри биореактора, где концентрат водорослей под повышенным давлением обрабатывается плазмой. Регулировка длины плеч коромысла (для получения дополнительного давления в биореакторе) может производиться, например, путём смещения положения оси на коромысле 9 в ту или другую сторону. При этом стойка 7 также будет смещена на опоре 8 и закреплена на ней заново. Для получения биогаза из животноводческих отходов (навоза) или из специально выращиваемых растений (кукуруза, рапс и др.) сине-зеленые водоросли и отходы из них от процесса получения биотоплива III поколения можно также использовать как сырьё

для анаэробного сбраживания и газообразования (рис.2б). На сегодняшний день в России используются для этого промышленные установки, например БИОГАЗ-301С. Обобщенная технологическая схема биогазовых установок, созданных в нашей стране, показана на рис. 2б.

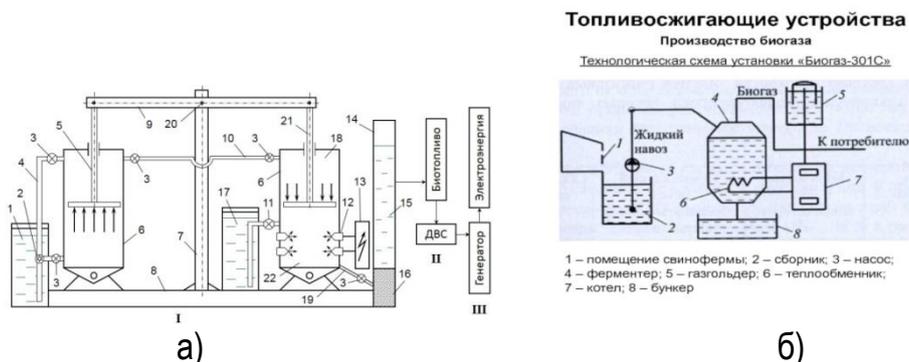


Рисунок 2.

а)-Технологическая схема выработки электроэнергии генератором III от двигателя внутреннего сгорания II и установки I, вырабатывающей биотопливо третьего поколения;

б)-установка для производства биогаза

Выводы

1. Несмотря на временные трудности в потреблении энергоресурсов, перед отечественной наукой и производством стоят актуальнейшие задачи в создании и использовании нетрадиционных, возобновляемых источников энергии, что также особенно важно для экологии.

2. Из всех известных природных источников для производства биотоплива III поколения и биогаза достаточно эффективны сине-зеленые водоросли.

Список источников

1. Милюткин В.А., Толпекин С.А., Бородулин И.В., Агарков Е.А. Технологии и технические средства для очистки водоемов от донных отложений сине-зеленых водорослей с возможной их переработкой. В сборнике: Природно-ресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России. Сборник статей XVII Международной научно-практической конференции. 2019. С. 107-1112.

2. Милюткин В.А., Толпекин С.А., Бородулин И.В., Агарков Е.А. Возобновляемые источники энергии (ВИЭ) - биотопливо из биомассы сине-зеленых водорослей – цианобактерий. В сборнике: Приоритетные направления развития энергетики в АПК. Сборник статей по материалам II Всероссийской национальной научно-практической конференции. Под общей редакцией С.Ф. Сухановой. 2018. С. 104-109.

3. Милюткин В.А., Кнурова Г.В., Толпекин С.А., Бородулин И.В., Агарков Е.А. Многофункциональные агрегаты для экологического сбора сине-зеленых водорослей в водоемах и водотоках с дальнейшей их переработкой. В сборнике: Природно-ресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России. Сборник статей XVII Международной научно-практической конференции. 2019. С. 112-118.

4. Милюткин В.А., Кнурова Г.А., Бородулин И.В., Агарков Е.А. Техничко-технологическое обоснование очистки воды, поступающей в открытые оросительные каналы, от сине-зеленых водорослей. В сборнике: Природно-ресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России. Сборник статей XVII международной научно-практической конференции. 2019. с. 102-106.

5. Милюткин В.А., Толпекин С.А., Кнурова Г.В., Бородулин И.В., Агарков Е.А. Эколого-экономическая целесообразность производства биотоплива, в качестве альтернативного, из водорослей (цианобактерий). В сборнике: Приоритетные направления развития энергетики в АПК. Сборник статей по материалам III Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. 2019. С. 46-50.

6. Патент № 2614877 Российская Федерация, МПК E02B 15/00. Устройство для очистки водоемов от донных отложений/ Бородулин И.В., Милюткин В.А., Антонова З.П., Стребков Н.Ф., Котов Д.Н.; Заявл. 28.12. 2015; опубл. 30.03.2017, Бюл. №10. – 5с.

7. Патент № 2582365 Российская Федерация, МПК E02B 15/10. Устройство для очистки водоемов от сине-зеленых водорослей /Милюткин В.А., Стребков Н.Ф., Бородулин И.В. Заявл.31.07.2014; опубл. 20.02.2016, Бюл. №5. - 5с.

8. Патент №2596017 Российская Федерация, МПК E 02B 15/00, A 01D 44/00. Агрегат для очистки водоемов от водорослей/Милюткин В.А., Стребков Н.Ф., Котов Д.Н., Бородулин И.В. Заявл. 28.05.2015; опубл. 27.08.2016, Бюл. № 24.

9. Патент № 2596017 Российская Федерация, МПК A01D 44/00. Агрегат для очистки водоемов от водорослей / Милюткин В.А., Стребков Н.Ф., Бородулин И.В., Стребков Н.Ф., Антонова З.П. Заявл. 13.08.2015; опубл. 10.01.2017, Бюл. № 1.- 5с.

10. Патент №2606811 Российская Федерация , МПК A01D44/00. Сушилка для сине-зеленых водорослей/ Милюткин В.А., Бородулин И.В., Стребков Н.Ф., Антонова З.П. Заявл.13.08.2015; опубл. 10.01.2017, Бюл. 1.-5с.

11. Патент № 2608495 Российская Федерация, МПК A01G 7/02 Способ утилизации продуктов сгорания энергоустановок, использующих природный газ/ Бородулин И.В., Милюткин В.А., Антонова З.П., Стребков Н.Ф., Панкеев С.А. Заявл. 4.09.2015, опубл. 18.01.2015, Бюл. № 2.-5с.

12. Патент №25994336 Российская Федерация, C12M1/04 Устройство для утилизации продуктов сгорания энергоустановок, использующих природный газ/ Бородулин И.В., Милюткин В.А., Антонова З.П., Панкеев С.А. Заявл. 04.08.2015, опубл.10.10.2016, Бюл. №2.-5с.

Моисеев А.А., Ганжа Н.В.

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

ПРОГРАММИРУЕМАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ КОРМОРАЗДАЧИ

Аннотация. В настоящей статье рассмотрена возможность использования программируемых логических контроллеров в системах управления технологическими процессами сельхозпроизводства.

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

Повышение производительности труда и эффективности сельхозпроизводства возможно лишь при условии максимальной механизации и автоматизации технологических процессов. Непременное условие экономического роста – это сокращение доли тяжёлого и малоквалифицированного физического труда. Автоматизация технологических процессов – этап комплексной механизации, характеризующийся освобождением человека от непосредственного выполнения функций управления технологическими процессами и передачей этих функций автоматическим устройствам. С помощью автоматизации сельскохозяйственного производства повышается надёжность и продлевается срок работы технологического оборудования, облегчаются условия труда, снижаются затраты и повышается качество продукции [1].

Так, например, в системах управления процессом кормораздачи, используемых в настоящее время, применяются, в основном, релейно-контактные схемы, для которых характерна невысокая надёжность из-за открытых подвижных замыкающих и размыкающих токоведущих частей аппаратов. Одним из путей повышения надёжности систем управления является замена релейно-контактных элементов схемы современными программируемыми микропроцессорными техническими средствами, например, программируемых логических контроллеров, что является перспективным [2-6].

Рассмотрим автоматизацию ТП на примере оборудования для раздачи жидких кормов на свинофермах [7]. Одной из важной технологической операцией здесь является смешивание корма подогретой до определенной температуры водой. При этом поддержание заданного значения этого параметра в требуемых пределах представляется актуальной задачей [7].

Подогрев воды осуществляют до 30 °С. Иначе при увлажнении корма холодной водой (из водопровода), после поедания он должен нагреться в желудке до температуры тела животного, только тогда начнется его переваривание. А на нагрев корма расходуется часть питательных веществ, получаемых животными в рационе.

На рисунке 1 представлена функциональная схема системы автоматического регулирования (САР) температуры воды в емкости.

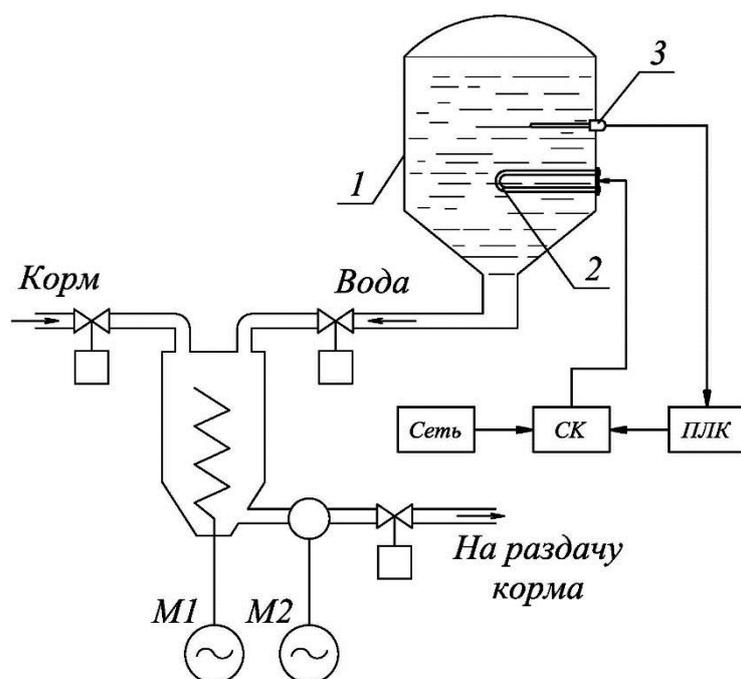


Рисунок 1 – Функциональная схема САР температуры воды в емкости: 1 – емкость для подогрева воды; 2 – электронагреватель (ТЭН); 3 – термодатчик; СК – симисторный ключ; ПЛК – программируемый логический контроллер.

При снижении температуры ниже заданного значения, что фиксируется термодатчиком 3, контроллер подает управляющее воздействие на включение нагревателя 2. Повышение температуры воды до требуемых значений вызывает отключение ТЭНа.

Так как рассматриваемая система автоматического регулирования является локальной, то есть составной частью программной и стабилизирующей автоматизированной системы управления процессом кормораздачи важным является расчет и выбор основных элементов САР, составление математической модели элементов и системы в целом, определение параметров настройки регулятора и оценка качества регулирования [8,9].

Проектирование автоматических систем начинают с выбора управляемых, регулируемых и контролируемых величин. В рассматриваемой САР регулируемая величина – температура воды θ_0 в емкости. Автоматизация технологического процесса состоит в автоматической стабилизации значения θ_0 в управляемом объекте – емкости, являющейся статическим объектом с самовыравниванием.

В качестве регулирующего органа, осуществляющего управляющие воздействия на объект, используется электронагревательный элемент (ТЭН). Возмущающее воздействие на объект управления оказывает отток теплоты θ_n через внешнюю стенку емкости. Точность поддержания регулируемой величины сравнительно низкая $\pm 10\%$.

При выборе рационального принципа регулирования и структурной схемы необходимо учесть режим САР (статический или динамический), зависящий от соотношения интервалов времени t_v между двумя последовательными возмущениями и времени переходного процесса T в объекте [8]. При $t_v \geq T$ имеет место статический режим работы системы; если t_v и T соизмеримы, устанавливается динамический режим; при

очень интенсивных возмущениях и $t_6 < T$ объект становится неуправляемым по выбранному входу.

Так как резкие перепады внешних температур воздуха в животноводческом помещении не характерны, будем считать возмущающие воздействия на рассматриваемый объект неинтенсивными и, положив t_6 и T соизмеримыми, примем динамический режим действия проектируемой САР. Поскольку особой точности стабилизации температуры не требуется, с учетом [8], целесообразно применить позиционную систему автоматического управления по отклонению регулируемой величины.

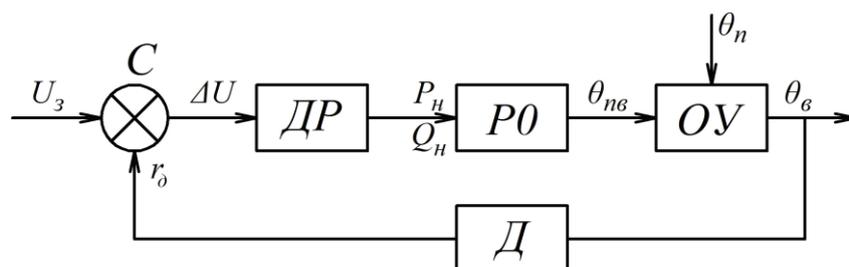


Рисунок 2 – Структурная схема системы автоматического регулирования.

Основными элементами структурной схемы САР, представленной на рисунке 2, являются объект управления ОУ; регулирующий орган РО; двухпозиционный регулятор температуры ДР, вырабатывающий сигнал управления РО; элемент сравнения С формирующий сигнал рассогласования ΔU в соответствии с заданным θ_0 и действительными значениями температуры в объекте (конструктивно объединен с ДР); чувствительный элемент – датчик Д, контролирующей температуру воды в средней зоне объекта ОУ.

Так как системы автоматизации технологических процессов и объектов в сельском хозяйстве рекомендуется выполнять с использованием серийно выпускаемых приборов [8,9], наметим предварительно к применению в проектируемой САР следующие аппаратные средства:

- двухпозиционный регулятор ДР – регулятор температуры (одна из функций ПЛК), в качестве выходного элемента которого используется, например, симисторный ключ;
- чувствительный элемент Д – термодатчик;
- регулирующий орган – нагревательный элемент (ТЭН).

Оценить правильность предварительного выбора принципа регулирования и основных элементов САР можно лишь после изучения свойств и характеристик отдельных элементов и системы в целом [8].

Предварительные расчеты показали, что диапазон колебаний регулируемой величины $\Delta\theta = 5,4$ °С в проектируемой САР получился больше требуемого $\Delta\theta = 5$ °С, однако это превышение весьма мало и не превышает 10 %, что вполне допустимо для практики. При необходимости, точность стабилизации САР с релейным регулятором можно повысить. Методы улучшения качества двухпозиционного регулирования рассмотрены в [8].

Список литературы

1. Бородин И.Ф., Судник Ю.А. Автоматизация технологических процессов. – М.: КолосС, 2005. – 344 с.
2. Каргин, В.А. Система управления плавным ходом якоря ЛЭМД кормораздаточных транспортеров за счет автоматической корректировки выходного усилия / В.А. Каргин, А.П. Моисеев, А.В. Волгин, Н.Н. Белова / Известия Международной академии аграрного образования, 2017. № 37. – С.15-18.
3. Каргин, В.А. Электрический преобразователь с автоподстройкой выходного усилия электромагнитного формователя колбасных изделий / В.А. Каргин, А.В. Волгин, А.П. Моисеев, О.В. Логачева // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2018. №2 (160). – С.176-180.
4. Massad, A.Kh. Система управления формователем колбасных изделий на базе программируемого логического контроллера / A.Kh. Massad, В.А. Каргин, А.П. Моисеев, В.С. Никитин // В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК, материалы VIII Международной научно-практической конференции, 2017. – 175-177.
5. Каргин, В.А. Система автоматического управления электромагнитным сводообрушителем / В.А. Каргин. – Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2019. № 6 (176). – С. 148-154.
6. Шишов О.В. Программируемые контроллеры в системах промышленной автоматизации: учебник / О.В. Шишов. – М. : ИНФРА-М, 2017. – 365 с.
7. Змеев А.Я. Проектирование систем электрификации: Учебное пособие / А.Я. Змеев, К.М. Усанов, В.И. Мошкин, В.А. Каргин. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2016. – 292 с.
8. Каргин, В.А. Автоматизация систем управления технологическими процессами [Текст]: учебное пособие / В.А. Каргин, А.П. Моисеев, А.В. Волгин, Л.А. Лягина, Е.А. Четвериков. – Саратов: Амирит, 2018. – 177 с.
9. Усанов, К.М. Проектирование электроустановок [Текст]: учебное пособие / К.М. Усанов, В.А. Каргин, А.П. Моисеев, Л.А. Лягина. – Саратов: Амирит, 2017. – 123 с.

Моршнев А. Ю.

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

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

***Аннотация.** В данной статье описаны особенности работы электродвигателей в сельском хозяйстве. Указаны причины, вызывающие нарушение нормальной работы электрооборудования, и способы ранней диагностики электродвигателей.*

***Ключевые слова.** Система диагностирования, агрессивная среда, падение напряжения, асимметрия в электрических сетях.*

Чтобы отвечать требованиям современного производства, в сельскохозяйственных предприятиях страны сознательно проводится техническое перевооружение, заменяется устаревшее и недостаточно производительное оборудование на более эргономичное и надежное. Электродвигатели таких серий, как АО2, АО, АОЛ, АОС и т.п. начали выпускаться в 1957-59 годах. На сегодняшний день эти серии давно сняты с производства, но до сих пор работают на оборудовании. Старые двигатели заменяют более новые серий А, АД, АИР, АИРМ.

Для электрификации технологических процессов на с/х производствах зачастую применяются асинхронные электродвигатели (АД). В тех ситуациях, где нет технических ограничений, простота использования АД способствует расширению спектра их применения для привода различных механизмов. Именно поэтому они составляют 95% общего объёма электроприводов на предприятиях. По совокупности характеристик, таких, как эксплуатационная надёжность, технологичность конструкции, высокие энергетические показатели и простота в обращении, асинхронные двигатели смело занимают главенствующее положение в сельском хозяйстве современности. Более половины всего парка с/х комплексов составляют асинхронные электродвигатели общего назначения мощностью от 0,75 до 7,5 кВт, — именно они получили наибольшее распространение. И именно поэтому наиболее важными являются вопросы повышения надёжности и долговечности АД, как наиболее важного звена в комплексе технологического оборудования.

В промышленности условия эксплуатации электрических машин сильно разнятся с условиями их работы в сельском хозяйстве.

Обычно, электрооборудование на промпредприятиях оптимально загружено, находится в нормальных условиях окружающей среды, напряжение трёхфазной сети при этом симметрично и стабильно. Да и, как правило, электротехнический персонал высокой квалификации обслуживает электрические сети и электродвигатели.

Электродвигатели, находящиеся же в сельскохозяйственном производстве, зачастую неправильно загружены и работают с большими перерывами, во многих случаях кратковременно; а из-за смешанного подключения одно-, двух- и трехфазных потребителей напряжение трёхфазной сети часто нестабильно, с переменной асимметрией.

Вдобавок, на весьма низком уровне находится обслуживание внутрихозяйственных питающих сельских сетей и электрооборудования в целом.

Эксплуатационная надёжность электрооборудования, применяемого в агропромышленном комплексе, страдает от всех этих отрицательно влияющих факторов. Подробнее об условиях работы электродвигателей на предприятиях АПК.

Влияние окружающей среды

В сельскохозяйственном производстве в тяжёлых условиях окружающей среды, неблагоприятных для работы электродвигателей, выполняются многие технологические процессы. Помимо неправильного электропитания, описанного выше, эксплуатацию электродвигателей осложняют такие факты, как, к примеру, высокая температура в зерносушилках и котельных, пыль на мельницах, в комбикормовых цехах и пунктах первичной переработки зерна, присутствие агрессивных газов в животноводческих помещениях, резкие колебания и сильное понижение температуры в зимнее время на открытой территории, большая влажность.

По допустимой температуре статорной обмотки, при температуре окружающей среды 40°C, можно определить максимально допустимую мощность электродвигателя. Разумеется, на допустимую мощность электродвигателя значительно влияет реальная температура. Также большой вред наносят агрессивная среда и влажность. Они вызывают окисления контактных зажимов и всего электродвигателя, снижают сопротивление изоляции статорной обмотки. Среда животноводческих помещений в особенности неблагоприятно влияет на двигатели: в воздухе образуется недопустимая концентрация аммиака, сероводорода, углекислого газа, а относительная влажность достигает 100 %, при условии, если в животноводческом помещении нет системы поддержания микроклимата. Для электроустановок, в том числе и для электродвигателей, такое положение является особо опасным. Как следствие, электродвигатели в животноводческих помещениях могут развивать большую максимальную мощность, т. к. эксплуатируются при пониженной температуре окружающей среды по сравнению с максимально допустимой (40°C). Но в то же время, в целом изоляция обмоток электродвигателей разрушается, потому что находятся они в помещениях, где повышена относительная влажность и среда является химически активной.

Безусловно, все элементы электрической машины подвергаются воздействию негативных факторов, но изоляция обмотки статора, являющаяся наиболее уязвимым узлом конструкции АД, страдает в первую очередь, ведь в 75—85% случаев выхода двигателей из строя причиной являются именно статорные обмотки. В это время лишь 5-8% от общего числа отказов элементов конструкции АД приходится на повреждения в роторе и столько же (5-8%) на повреждения подшипникового узла. Дефекты магнитопровода и корпуса машины встречаются ещё реже.

Техническое диагностирование электрооборудования

Более широкое внедрение в практику Системы диагностирования (СД) является одним из главных направлений дальнейшего совершенствования технической эксплуатации электрооборудования. Системы диагностирования подразделяются на прогнозирующие, функциональные, дифференциальные и профилактические.

Определить вероятный момент отказа и предсказать состояние изделия в будущем позволяют прогнозирующие СД. Для этого в период, предшествующий прогнозу, на основании информации о закономерностях изменения параметров оценивают остаточный ресурс элементов. К примеру, предельное и фактическое значение зазора

для подшипника заведомо известно. Мы получим остаточный ресурс подшипника, по которому легко определить ожидаемую дату отказа, отношением разности значений зазора к скорости его изнашивания. Но применимо надёжное прогнозирование лишь только к простейшим случаям, потому как сложность процессов старения и износа электроустановок при эксплуатации связывает создание прогнозирующих СД с рядом методических трудностей.

Для оценки работоспособности электрооборудования и качества его функционирования предназначены функциональные СД. Определяется это путём сопоставления номинальных или нормируемых значений с характеристиками электрооборудования при специальных, контрольных или типовых испытаниях. К примеру, проводятся контрольные испытания асинхронного двигателя. Если измеренные параметры напряжения и потерь короткого замыкания, тока и потерь холостого хода, сопротивления изоляции, сопротивления обмоток постоянному току находятся в пределах установленных допусков, то двигатель признается работоспособным.

При ремонте электрооборудования и плановом техническом обслуживании для обнаружения отдельных неисправностей служат дифференциальные СД. Состав операций и вид необходимого ремонта, а именно текущий или капитальный, уточняют по полученным результатам измерения приборами общего и специального назначения. К приборам общего назначения относится омметр (мегомметр), позволяющий выявлять обрывы, замыкание в проводах, контактах, изолирующих и других элементах электрической машины. Такие специальные приборы, как (МЕГЕОН 20502) – прибор контроля влажности, делают возможным определение степени увлажнения изоляции. Витковые замыкания в обмотках электрооборудования позволяет определять специальный прибор Индикатор короткозамкнутых витков (ИКЗ-3). Кроме того, таблицы характерных неисправностей, имеющиеся в техническом описании конкретного электрооборудования или в справочной литературе, также помогают проводить дифференциальное диагностирование.

С целью выявления в процессе эксплуатации элементов объекта, параметры которых близки к предельно допустимым значениям (для выявления слабых мест объекта без вывода его в ремонт), т.е. дефектных деталей и элементов, выработавших свой ресурс, систематически проводят профилактические испытания, которые составляют профилактическую систему диагностирования.

Таким образом, в этой статье показано, что в связи с особенностями эксплуатации электродвигателей в сельскохозяйственных производствах, приоритетной ветвью развития технической эксплуатации электрооборудования должна стать ранняя диагностика, позволяющая выявлять неисправности в работе электродвигателей и не выводить его на долгосрочный и более дорогостоящий ремонт.

Список источников

1. Ерошенко, Г.П., Медведько, Ю.А., Таранов, М.А. Эксплуатация энергооборудования сельскохозяйственных предприятий / Г.П. Ерошенко, Ю.А. Медведько, М.А. Таранов.– Ростов-на-Дону, НПК «Гефест», 2005. – 255 с.
2. Ящура А.И. Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования / А.И. Ящура – М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2006.
3. Амерханов Р.А., Ерошенко Г.П. Эксплуатация теплоэнергетических установок и систем / Р.А. Амерханов., Г.П. Ерошенко – М.: Энергоатомиздат, 2008.

Олонин И.Ю.

ФГБОУ ВО Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия,
г. Нижний Новгород

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ В ТЕПЛИЧНОМ ОВОЩЕВОДСТВЕ

Прогресс современного общества обусловлен освоением открытий, изобретений и эффективных технологий.

Динамичное развитие овощеводства защищенного грунта должно быть направлено на решение основных системных задач отрасли, формирование современного производственного потенциала, модернизацию и внедрение инноваций. В тепличном хозяйстве можно выделить селекционно-генетические, технико-технологические, организационно-управленческие, а так же социально-экологические инновации. Перечисленные инновации являются частями единого инновационного механизма, действие которого направлено на рост эффективности отрасли, смежных отраслей и производств, а так же на круглогодичное обеспечение населения свежими овощами отечественного производства.

Сегодня производители тепличных овощей сталкиваются с тенденцией опережающего роста себестоимости над ценой реализации продукции, что приводит к снижению эффективности отрасли и в конечном итоге к снижению возможности внедрения новых инновационных технологических решений в производственный процесс.

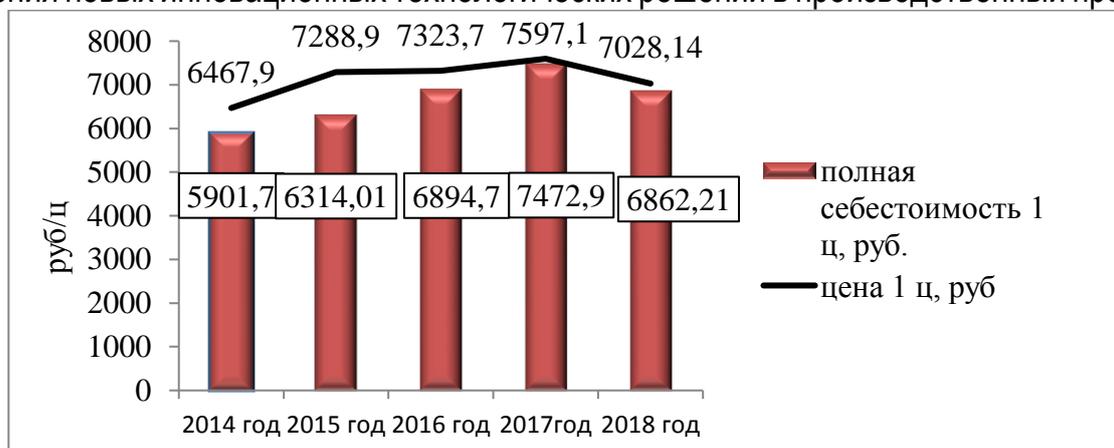


Рисунок 1- Динамика производственной себестоимости и цены реализации тепличных овощей в Нижегородской области

За исследуемый период наблюдается сокращение доли прибыли в цене, так если с 2014года до 2015 года в овощеводстве защищенного грунта наблюдался рост рентабельности с 9,6 % до 15,4 %, то к 2018 году она составила лишь 2,42%. В 2018 году по отношению к 2017 году цена на тепличные снизилась на 8% .

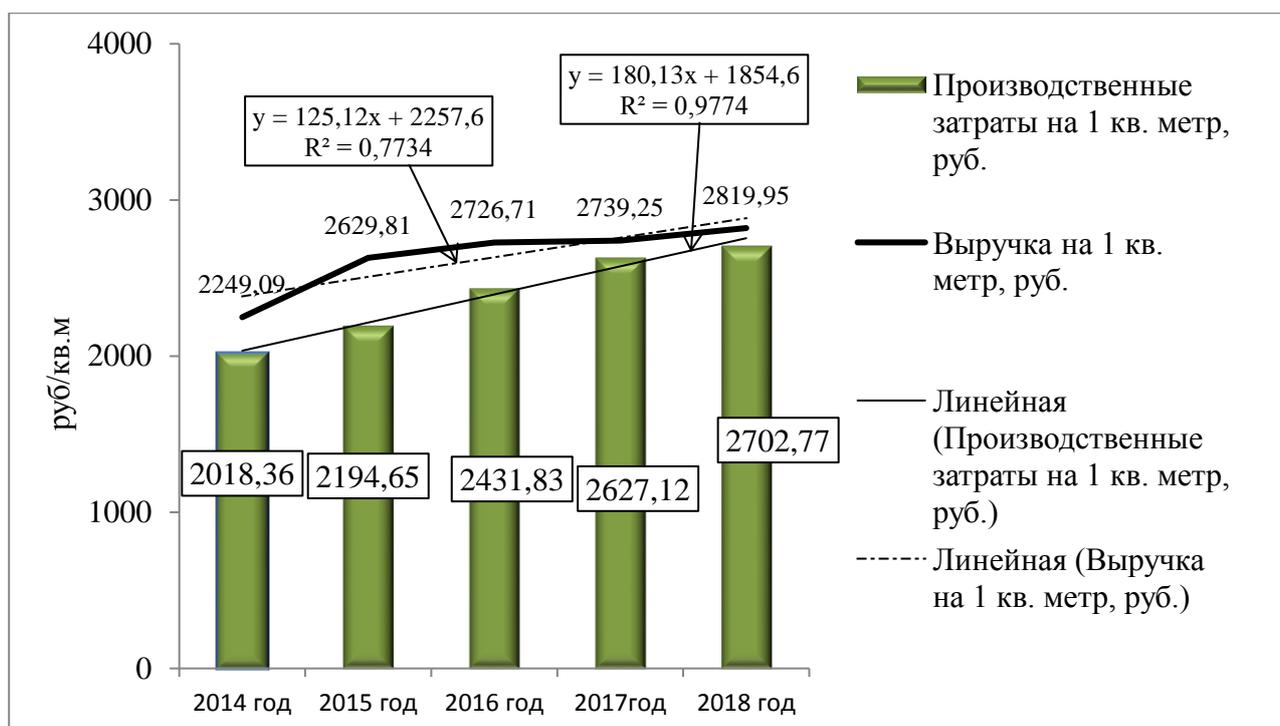


Рисунок 2- Динамика производственных затрат и выручки на 1 кв. метр в Нижегородской области

Анализ данных свидетельствует, что ежегодно выручка по тепличным овощам на 1 квадратный метр возрастала на 125,1 руб. , при этом за этот же период производственные затраты возрастали ежегодно на 180,13 руб.

При системе ценообразования, когда цена реализации на продукцию будет возмещать только производственные затраты, а производственные затраты будут расти в большей степени, чем выручка, расширенное воспроизводство и инновационное развитие отрасли практически не возможно за счет собственных средств предприятий.

Добиваться рентабельного производства овощей невозможно без повышения урожайности, снижения нестандартной продукции и себестоимости – основы реализационной цены.

Таким образом, разработка направлений оптимизации расходов и их внедрение с целью повышения отдачи вложенных средств в производство тепличной продукции является актуальной.

Эффективное использование системы освещения и экономия энергии стала ключевой задачей тепличного овощеводства. Каждый затраченный рубль, связанный с экономией энергии дает больший экономический эффект, чем дополнительные расходы, направленные на рост производства продукции.

Система освещения теплиц имеет свои особенности, связанные:

- во-первых, с индивидуальными требованиями тепличных культур к интенсивности светового потока. Эксплуатация системы освещения в защищенном грунте основана на соблюдении норм облучения при выращивании овощей. Если допущено снижение или увеличение потока излучения относительно нормы нарушается технологический регламент, что приводит к появлению нестандартной продукции либо к росту её энергоёмкости, а, следовательно, в обоих случаях к снижению эффективности производства овощей.

- во-вторых, со спецификой сезонности производства, а, следовательно, с высокими удельными электрическими нагрузками в периоды низкого естественного освещения;

- в третьих, с особенностями окружающей среды. Так, например Нижегородская область относится к II световой зоне. Сумма ФАР второй световой зоны составляет 400-580 кал/кв.см. Огурцу необходимо 665 мкмоль/м², соответственно за световой день в 12 часов соответствует 29 моль/сутки.

- в четвертых, с технологическими процессами развития происходящими как в защищенном грунте, так и в электрификации.

Эти особенности определяют специфические требования к системе освещения теплиц нового поколения.

Основными задачами совершенствования системы освещения тепличного овощеводства являются:

- регулирование величины входного питающего напряжения, так как при увеличении светового дня потребность в искусственном освещении существенно снижается и при отсутствии контроля за процессом освещения приводит к росту финансовых затрат;

- подбор оптимального состава спектра, так как тепличные овощи имеют различные требования к свету;

- изучение высоты, как постоянной, так и изменяющейся характеристики в зависимости от вида тепличной культуры и фазы её развития;

- подбор оптимальной мощности осветительно-облучательных приборов для овощных культур с целью снижения перерасхода затрат на электроэнергию;

- исследование оптимального времени облучения растений для достижения товарного вида;

- внедрение систем управления, регулирования и контроля работы осветительных приборов.

АЛГОРИТМЫ ПОИСКА ДЕФЕКТОВ В ЭЛЕМЕНТАХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ УСТАНОВКАМИ

В связи принятием изменений в Федеральный закон «Об электроэнергетике» в части развития микрогенерации, интерес к использованию установок для производства электрической энергии сельскохозяйственными потребителями возрос. При этом следует отметить перспективность применения фотоэлектрических установок, что обусловлено доступностью солнечной энергии, высокой интенсивностью солнечного излучения в местах традиционного размещения сельскохозяйственных потребителей. Однако широкое использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ) ограничивается наличием ряда факторов, к которым относится относительно небольшой опыт эксплуатации систем электроснабжения сельскохозяйственных объектов на их основе, в том числе сельских жилых домов, в РФ. Последнее усложняет эксплуатацию систем электроснабжения на базе ВИЭ, в частности поиск причин отказов в элементах систем электроснабжения. Это обуславливает необходимость разработки алгоритмов поиска дефектов в системах электроснабжения с фотоэлектрическими установками.

Алгоритм поиска дефектов в элементах системы электроснабжения может быть разработан на основе анализа функциональной схемы системы. На функциональной схеме изображают функциональные части изделия (элементы, устройства и функциональные группы), участвующие в процессе, иллюстрируемом схемой, и связи между этими частями [1]. При этом узлы на функциональной схеме с линиями взаимосвязей, образующими сигнальные тракты, соединяются между собой таким образом, что отдельные функции, выполняемые в определенной последовательности, реализуют задачу, стоящую перед системой электроснабжения. Сигналы в схемах систем электроснабжения с фотоэлектрическими установками проходят по сигнальным цепям двух видов: последовательные и разветвленные. В последовательной цепи сигнал проходит напрямую через группу элементов без возвратов в обратном направлении и без разветвлений. Выделяют несколько видов алгоритмов поиска дефектов в таких цепях: последовательные, параллельные и комбинированные [2]. Первый алгоритм подразумевает последовательную проверку элементов системы (от начала к концу или от конца к началу). При параллельном алгоритме поиска объект разбивают каждой проверкой на две равные или почти равные части, что при большом числе элементов позволяет сократить общее число проверок. Комбинированный алгоритм поиска подразумевает сочетание последовательного и параллельного алгоритмов.

Разветвленная цепь может быть двух видов: расходящаяся (рис. 1, а) и сходящаяся (рис. 1, б). В ходе первой проверки следует установить, в какой из сигнальных цепей возник дефект, что позволит исключить ее из рассмотрения.

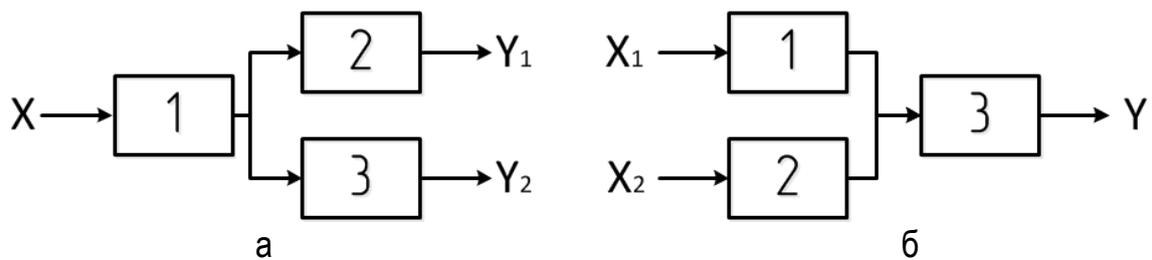


Рисунок 1 – Разветвленная сигнальная цепь

В связи с тем, что системы электроснабжения с фотоэлектрическими установками включают большое количество элементов, проверка каждого из которых с целью поиска дефекта потребует значительных временных затрат, целесообразно проверять выходной сигнал функциональной цепи.

Список источников

1. ГОСТ 2.702-2011 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Правила выполнения электрических схем. М.: Стандартинформ, 2011. – 27 с.
2. Калявин В.П., Рыбаков Л.М. Надёжность и диагностика элементов электроустановок. Санкт-Петербург, «Элмор», 2009 г. – С. 140.

Рассохин И.М., Вахрушев А.А., Каргин В.А.

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

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ ЛЭМД УДАРНОЙ МАШИНЫ С АДАПТИВНОЙ САР

Аннотация. В настоящей статье приведено моделирование рабочих процессов линейного электромагнитного двигателя ударной машины с адаптивной САР

Ключевые слова: линейный электромагнитный двигатель, логические схемы управления, электрические преобразователи. моделирование рабочих процессов

Для формирования униполярных питающих импульсов напряжения и тока двигателей ударных и безударных приводах и линейными электромагнитными двигателями (ЛЭМД) служат электрические преобразователи [1-4].

Необходимость совершенствования электромеханических систем с линейными электромагнитными двигателями и аккумуляторным питанием для реализации, например, ударных операций при погружении стержневых элементов в грунт [5,6], предполагает эффективное использование энергозапаса аккумуляторов и увеличение продолжительности работы системы без подзарядки источника. При этом важным является оценка целесообразности и определение возможности реализации системы, обеспечивающей автоматическую коррекцию потребляемой от аккумуляторов электроэнергии при изменении свойств нагрузки – грунта [7].

На рисунке 1 представлена структурная схема моделирования рабочих процессов ЛЭМД ударной машины с адаптивной подстройкой выходной энергии, которая, учитывая конструктивные особенности двигателя (в частности, массу якоря, величину осевого канала, жесткость возвратного элемента, параметры обмотки и др.) и режимные параметры системы питания и управления (например, уровни и величину импульса напряжения и др.), производит расчет и построение следующих зависимостей [8]:

- величины заглубления l стержневого элемента от времени;
- коэффициента восстановления k от величины заглубления l стержневого элемента (при этом считаем грунт идеальным, то есть однородным без механических включений);
- времени цикла t_c (на рисунке 1 обозначено t_c) от коэффициента восстановления k ;
- уровня напряжения U_{num} питания (на рисунке 1 обозначено U_{pit}) обмотки ЛЭМД от времени цикла t_c ;
- энергии удара A_{y0} от уровня напряжения U_{num} питания обмотки;
- суммарной механической работы A_{mex} от времени работы машины с ЛЭМД.

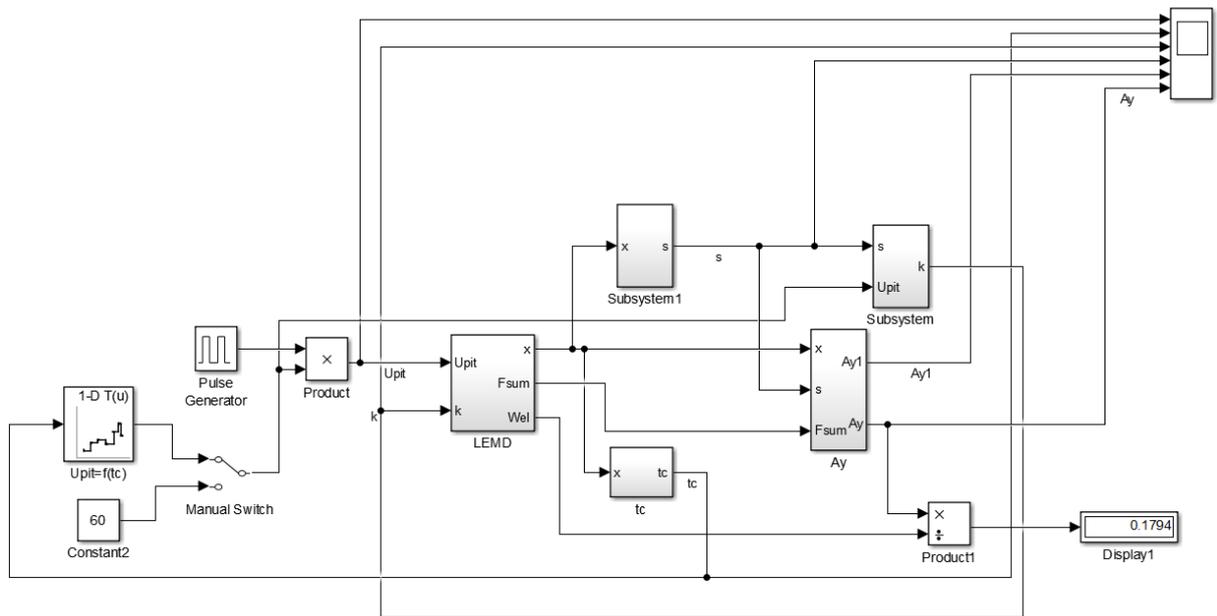


Рисунок 1 – Структурная схема моделирования рабочих процессов ЛЭМД ударной машины с адаптивной САР.

Алгоритм расчета (рисунок 1) динамических характеристик ЛЭМД ударной машины представляется следующим образом [8]. Блок «*Product*» с помощью генератора прямоугольных импульсов «*Pulse Generator*» формирует соответствующий уровень напряжения на блоке «*LEMD*», описывающем рабочий процесс двигателя по структурной схеме [8]. Питание двигателя может осуществляться как от одного максимального уровня напряжения (блок «*Constant2*»), так и от нескольких уровней с помощью блока « $U_{pit}=f(t_c)$ » по сигналу обратной связи блока «*t_c*» (рисунок 2), вычисляющего время цикла t_u . Выбор режима работы осуществляется переключателем «*Manual Switch*» [8].

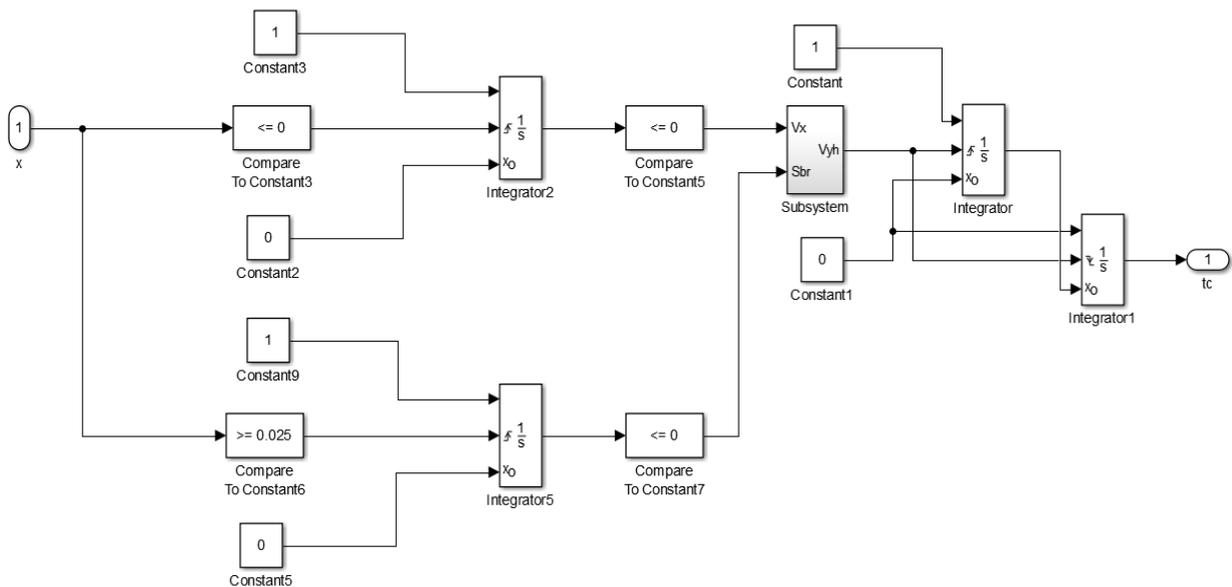


Рисунок 2 – Структурная схема блока «*t_c*» для расчета времени отскока якоря

Расчет коэффициента восстановления k и величины заглубления стержня от времени осуществляется соответственно в блоке «*Subsystem*» и в блоке «*Subsystem 1*», структурные схемы которых показаны на рисунок 3 и рисунок 4.

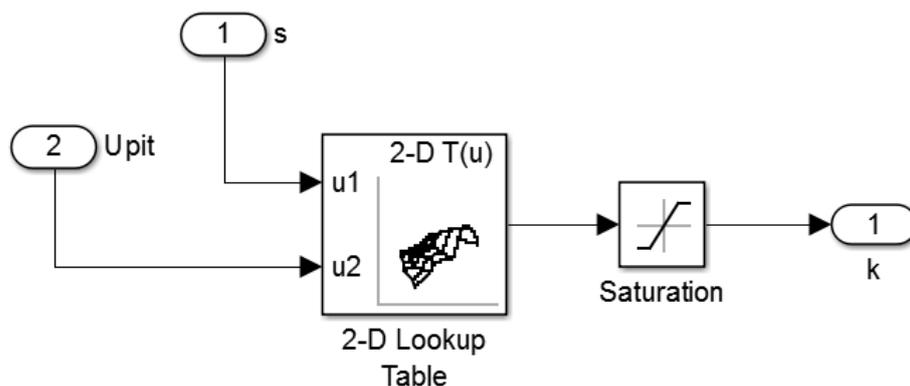


Рисунок 3 – Структурная схема блока "Subsystem" для расчета зависимости $k = f(t)$ '

Блок «Subsystem 1» (рисунок 4) производит расчет величины l путем интегрирования приращений dl погружения стержня за один рабочий ход якоря:

$$l = \int_0^{t_k} \frac{dl}{dt} dt \Big|_{\frac{dl}{dt} > 0},$$

где t_k – время погружения одного стержня длиной l .

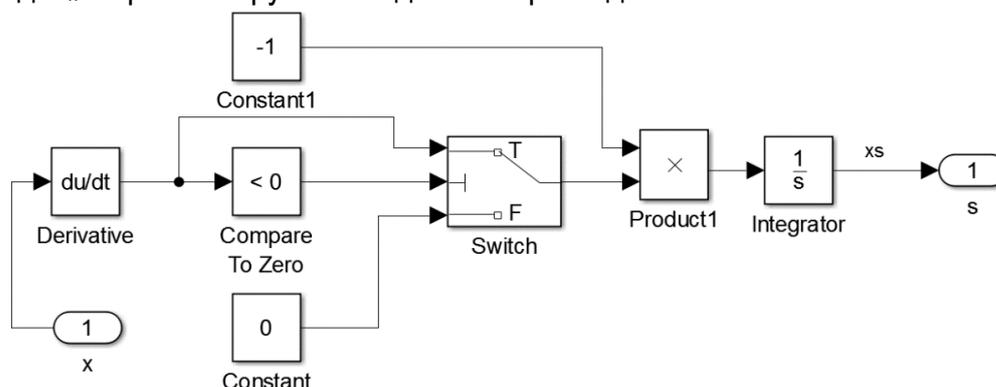


Рисунок 4 – Структурная схема блока "Subsystem 1" для расчета зависимости $l = f(t)$.

Для расчета энергии $A_{y\partial}$ удара единичного срабатывания ЛЭМД ударной машины используется блок « $A_{y\partial}$ », структура которого показана на рисунок 5.

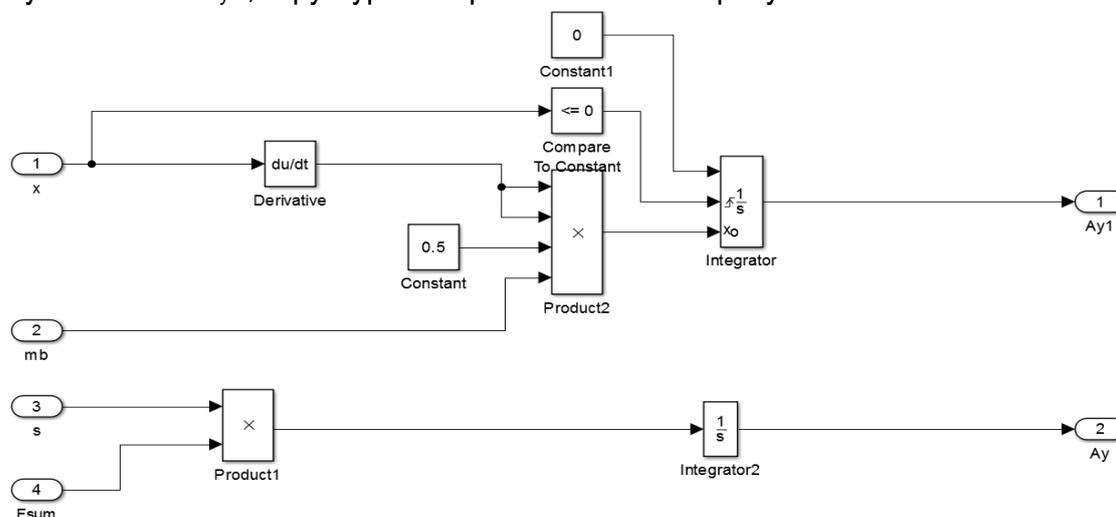


Рисунок 5 – Структурная схема блока « $A_{y\partial}$ » для расчета энергии удара ЛЭМД
Расчет значения $A_{y\partial}$ осуществляется в соответствии с выражением:

$$A_{y\delta} = \frac{1}{2} m_y v_{y\delta}^2 \Big|_{\delta=0},$$

где m_y – масса якоря ЛЭМД, $v_{y\delta}$ – предупредная скорость якоря при $\delta=0$; δ – рабочий воздушный зазор.

Таким образом, предварительная оценка механической работы $A_{мех}$, затрачиваемой на погружение одного стержня длиной $l=2$ м ЛЭМД-приводом с адаптивной автоподстройкой и без нее, свидетельствует о том, что применение автоматической подстройки выходной энергии удара в зависимости от свойств грунта снижает избыточность энергии $A_{мех}$ в среднем на 20...28 % и является перспективной при питании ударной машины от автономных источников ограниченной мощности.

Список литературы

1. Усанов, К.М. Электрический преобразователь электромагнитной ударной машины / К.М. Усанов, В.А. Каргин, И.В. Трубенкова // Вавиловские чтения-2009: Материалы Межд. науч.-практ. конф. – Саратов: ООО Издательство «КУБиК», 2009. – С.376–378
2. Усанов, К.М. Электрический преобразователь с емкостным накопителем энергии для питания электромагнитной ударной машины / К.М. Усанов, В.А. Каргин // Механизация и электрификация сельского хозяйства: Материалы конференции, посвященной 119-й годовщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова, Саратов: СГАУ, 2006. – С. 81–85
3. Каргин, В.А. Система автоматического управления электромагнитным сводообрушителем / В.А. Каргин. – Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2019. № 6 (176). – С. 148-154.
4. Каргин, В.А. Электрический преобразователь с автоподстройкой выходного усилия электромагнитного формователя колбасных изделий / В.А. Каргин, А.В. Волгин, А.П. Моисеев, О.В. Логачева // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2018. №2 (160). – С.176-180.
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 государственного университета, 2015. – 202 с.
6. Усанов, К.М. Силовая электромагнитная импульсная система для погружения стержневых элементов в грунт / К.М. Усанов, В.А. Каргин. – Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова, № 3, 2005, – С. 59-61.
7. Каргин, В.А. Система управления электромагнитной ударной машиной / В.А. Каргин // Образовательная среда сегодня и завтра: Материалы X Международной научно-практической конференции, 2015. – С. 303-306
8. Дьяконов В.П. Matlab 6/6.1/6.5 + Simulink 4/5 в математике и моделировании. Полное руководство пользователя. / Дьяконов В.П. М.: СОЛОН-Пресс, 2003. – 576 с.

Азово-Черноморский инженерный институт Донского государственного аграрного университета,
г. Зерноград, Ростовская область

СПОСОБЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ПОДДЕРЖАНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЕЛЬСКИХ СЕТЯХ

Аннотация. Рассматриваются современные способы и технические средства поддержания качества электроэнергии в системах электроснабжения сельских территорий, определённая доля внимания уделяется вопросам поддержания напряжения, уровня гармоник в рамках существующих нормативов.

Ключевые слова: надёжность электроснабжения, регулирование напряжения, уровень гармоник, несимметричная нагрузка, симметрирующие устройства, компенсация перенапряжений.

Вопрос регулирования в сфере качества электрической энергии с целью обеспечения надёжности функционирования систем электроснабжения сельских территорий считается сложной многокритериальной задачей. Это связано с тем, что электрическая энергия, как материальная продукция, характеризуется непрерывностью и совпадением во времени процессов ее производства, передачи, распределения и потребления, невозможностью ее хранения и возврата. Кроме того, следует учитывать то обстоятельство, что качество электрической энергии в электрических сетях зависит и от процессов потребления, то есть зависит от характеристики потребителей.

Одним из самых проблематичных показателей качества электроэнергии для сельскохозяйственных потребителей являются медленные изменения напряжения, так как оно чаще всего выходит за рамки, предусмотренные ГОСТ 32144-2013. В случае выхода напряжения сети за пределы разрешенного 10 % отклонения в большую сторону считается, что имеет место перенапряжение, а если в меньшую сторону – провал.

Поддерживать напряжения в пределах требуемых отклонений согласно ГОСТ обязаны энергоснабжающие организации в точках передачи электро-энергии потребителям. В условиях стабильной работы энергосистемы уровни напряжения у потребителей зависят в большинстве случаев от того насколько точно они выполняют согласованные графики электропотребления и режимные ограничения. Кроме того, напряжение тесно связано также с балансом реактивной мощности в системах электроснабжения.

Допустимый уровень гармоник напряжения, а также их снижение в точках присоединения потребителей в основном могут быть достигнуты рациональным построением схемы электроснабжения питающей сети.

Наиболее часто для этих целей используют силовые трансформаторы с повышенным напряжением 110-220 кВ, реже применяют питание нелинейных нагрузок от отдельных трансформаторов или подключение их к отдельным обмоткам трехобмоточных трансформаторов, также в особых случаях возможно подключение параллельно нелинейным нагрузкам потребителей синхронных и асинхронных двигателей.

В качестве пассивных технических средств для снижения уровня гармоник могут быть использованы относительно простые в техническом исполнении фильтры трёх типов:

1. Фильтр, образованный последовательным соединением реактора и конденсаторной батареи.
2. Гибридный фильтр, представляющий собой пассивные цепи LC и активные широкополосные фильтры типа RLC.
3. Активный фильтр – преобразователь переменного/постоянного тока с индуктивным или емкостным накопителем энергии на стороне постоянного тока.

Электрические сети в сельской местности напряжением до 1000 В с осветительными, коммунально-бытовыми и другими однофазными электро-приёмниками имеют как правило несимметричную нагрузку. Чтобы уменьшить этот фактор, который отрицательно влияет на качество электрической энергии, необходима установка симметрирующих устройств.

Неравномерному характеру распределения приёмников по фазам соответствует, как правило, хаотичное включение электроприёмников в разные моменты времени. В реально действующих сетях сельскохозяйственного назначения объективно существуют два вида несимметрии токов:

1. Неслучайная несимметрия, которая характеризуется неравномерностью распределения электрических нагрузок по фазам сети.
2. Случайная несимметрия.

Ликвидировать неслучайную несимметрию можно путём перераспределения нагрузок по фазам, а для борьбы со случайной несимметрией надо применять специальные технические средства. В зависимости от воздействия несимметричных токов на электроприёмник и возможной ликвидации несимметрии существует целый ряд мероприятий: увеличение сечения нулевого провода, изменение схемы обмоток трансформатора, автоматическое подключение однофазной нагрузки к наименее загруженной фазе, применение замкнутых и полужамкнутых схем сети, использование симметрирующих устройств, компенсирующих токи обратной последовательности, использование комбинированных технических средств, установка шунтосимметрирующих устройств на шинах трансформаторных подстанций, включение шунтосимметрирующих устройств непосредственно в узле нагрузок.

Для компенсации перенапряжений и импульсных напряжений используются нелинейные ограничители перенапряжений, а также трубчатые и вентильные разрядники.

В заключение следует отметить, что максимальный эффект для поддержания номинального уровня качества электроснабжения может быть получен при комплексном использовании различных мероприятий и средств.

Немаловажное значение имеют также затраты на установку и эксплуатацию рассматриваемых выше способов и средств. В современных российских условиях предприятия районных электрических сетей, особенно сельских, поставлены в такие условия, что наблюдается постоянная нехватка средств для нормального технического обслуживания. В этих условиях чрезвычайно актуальным является выбор такого минимального набора средств, который давал бы максимальный эффект при минимальных затратах.

АДАПТАЦИЯ РЕЖИМА РАБОТЫ ПЕРЕНОСНОГО ЗАРЯДНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

Все более широкое распространение электромобилей делает актуальным вопрос оперативной зарядки таких транспортных средств.

Производители устройств для зарядки транспортных средств адаптируют их и выпускают на несколько режимов работы.

Режимы работы зарядного устройства:

Режим зарядки Mode 1 – требует самого простого типа подключения, прямое подключение транспортного средства к электросети переменного тока с помощью неспециализированного гнезда электропитания. Бытовая розетка с простым кабелем, подключенная к однофазной сети и не предлагающая никаких мер по безопасности в процессе зарядки электромобиля (существует риск перегрева). Данный режим зарядки является самым продолжительным по времени (полный уровень заряда достигается за сутки) [1, 2].

Режим зарядки Mode 2 – реализуется подключением транспортного средства к электросети переменного тока с помощью неспециализированного гнезда электропитания. Это та же бытовая розетка, в которую включается специализированный кабель, поставляемый в комплекте к транспортному средству. Кабель с устройством контроля заряда обеспечивает температурную защиту и защиту от резких скачков напряжения, а также выполняет заземление переносного зарядного устройства [2].

Режим работы Mode 2 гарантирует среднюю степень безопасности и является допустимой нормой при подзарядке транспортного средства. Но несмотря на это, производители рекомендуют использовать данный режим в редких случаях. Как и в первом случае, полный уровень заряда достигается за сутки.

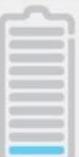
Режим зарядки Mode 3 – прямой тип подключения транспортного средства к электросети переменного тока с помощью специализированного гнезда электропитания со встроенным устройством контроля заряда, которое имеет приборную панель управления и специализированный кабель с вспомогательными токопроводящими жилами. Это ускоренная зарядка, которой требуется от 3 до 8 часов до полного заряда транспортного средства [2].

Режим зарядки Mode 4 (режим быстрой зарядки) – не прямой тип подключения транспортного средства к электросети с помощью внешнего зарядного устройства постоянного тока со встроенным устройством контроля заряда через специализированный присоединенный кабель. Зарядное устройство в данном случае является составляющей частью зарядного комплекса постоянного тока, а не компонентом машины. Это быстрая зарядка, которой требуется 20-30 минут, чтобы зарядить электромобиль до 80% [1, 3].

Существуют однофазная и трехфазная сети питания. Однофазная цепь – рассчитана на ограниченную мощность. Поэтому для увеличения мощности используется

трехфазная сеть. Мощность в этом случае можно увеличивать до требуемых для зарядки значений, так как контроллер, установленный в зарядном устройстве, будет ограничивать ее во избежание перегрева и выхода из строя аккумуляторных батарей [4].

На рисунке 1 показано требуемое время для зарядки электромобиля с аккумуляторной емкостью 24 кВт·ч с использованием разных режимов работы зарядного устройства [1].

Используемый источник	Домашняя силовая розетка	Специализированное гнездо электропитания переменного тока		Специализированное гнездо электропитания постоянного тока
Мощность	Однофазный ток: 2,3 кВт	Однофазный ток: 7,4 кВт	Трехфазный ток: 22,1 кВт	Трехфазный ток: 43 кВт
Время на достижение полного заряда	 12 ч	 5 ч	 1 ч 30 мин	 30 мин
% заряда, достигаемый за 30 мин	 4%	 10%	 34%	 100%

* При использовании надлежащего кабеля.

Рисунок 1. Заряд электромобиля при разных режимах работы зарядного устройства

Для продолжительного срока службы аккумуляторных батарей в зарядных устройствах применяют систему управления энергопотреблением, которая задает предельное значение мощности, контролирует параметры потребления электропитания электротранспортом, позволяет избегать перебоев энергоснабжения (падение напряжение) с помощью ограничения тока заряда $I_{\text{заряда}}$, питающего транспортное средство [1].

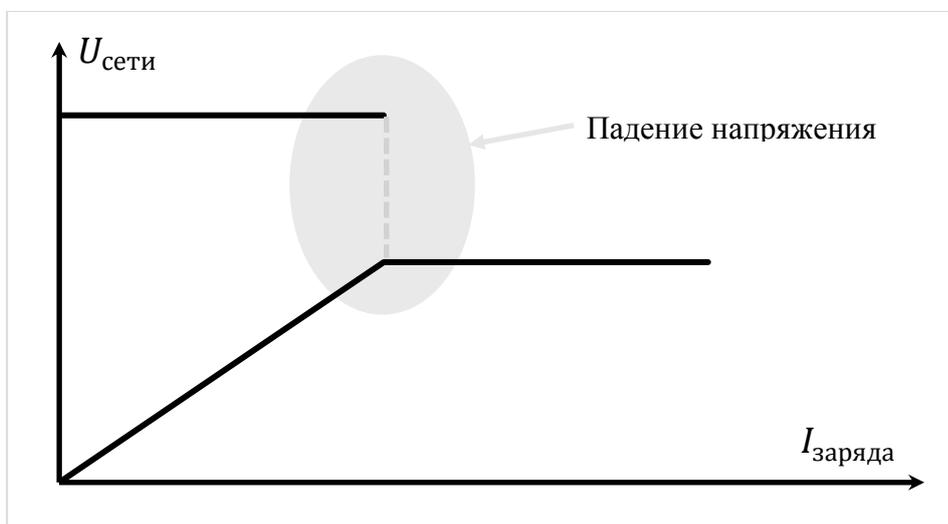


Рисунок 2. Зависимая характеристика напряжения сети от тока заряда

Таким образом, зарядное устройство снижает мощность электроэнергии, питающей электротранспорт (рис. 2), если ему необходима мощность, превышающий максимально установленный уровень и для бесперебойной работы зарядного устройства [1].

Можно сделать вывод, что зарядные устройства для электромобилей необходимо адаптировать к внешним источникам электропитания, комбинируя несколько режимов работы зарядки в одном устройстве, от самых простых до высокотехнологичных,

позволяющих заряжать аккумуляторную батарею электромобиля за короткий период времени в условиях бесперебойной работы зарядного устройства, и питающей сети.

Список источников

1. EVlink. Решения по зарядке электротранспорта. Schneider Electric [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://clck.ru/MyoCN> (дата обращения 14.04.2020)
2. Зарядка электромобиля. На токе. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://natoke.ru/articles/111-zarjadka-elektromobilja-rezhimy-vremja-zarjadki-ustanovka-zarjadnoi-stancii-doma-osobnosti-zar.html> (дата обращения 15.04.2020)
3. ГОСТ Р МЭК 62196-1-2013 Вилки, штепсельные розетки, соединители и вводы для транспортных средств. Кондуктивная зарядка для электромобилей. Часть 1. Общие требования (дата обращения 15.04.2020)
4. Трехфазные и однофазные сети. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://electrosam.ru/glavnaja/jelektroobustrojstvo/jelektroprovodka/trekhfaznye-i-odnofaznye-seti/> (дата обращения: 14.04.2020).

Самойлов В.Е.

Самарский государственный технический университет. г. Самара

ПРИМЕНЕНИЕ ДВУХКАМЕРНОГО ПВЭ В СХЕМЕ ВОЗДУШНОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Вихревые газовые эжектора являются универсальными устройствами, которые могут быть использованы в любых отраслях промышленности в технологических установках процесс работы которых требуют создания вакуума или откачки какого-либо газообразного вещества

Вакуумная технология находит все более широкое применение. Осуществление большого ряда процессов в вакууме способствует их интенсификации и, как следствие, значительному улучшению технико-экономических показателей.

Наряду с созданием вакуума, вихревые эжектора могут быть использованы при работе в эжекционном режиме в схемах воздушных холодильных аппаратов, в системах кондиционирования и термостатирования.

В настоящее время разработана и используется в промышленности большая группа холодильно-нагревательных аппаратов созданных на основе эффекта температурного разделения закрученных газовых потоков. Использование вихревого эффекта придает новые качества технологическим системам, такие, как быстрдействие, мобильность, компактность, предельная простота изготовления и эксплуатации. В ряде случаев применение вихревых аппаратов продиктовано неработоспособностью других устройств в конкретных условиях эксплуатации.

Для целей нагрева и охлаждения может быть использована простая вихревая труба принцип работы которой сохраняется во всех модификациях вихревых труб, усложнение конструкции которых определяется лишь необходимостью улучшения параметров рабочего процесса. Однако серьезным недостатком вихревой трубы является относительно низкая термодинамическая эффективность происходящего в ней процесса энергетического разделения, поэтому при использовании вихревой трубы в составе холодильно-нагревательных установок стремятся к максимальной утилизации энергии вырабатываемых вихревой трубой потоков.

Для повышения эффективности вихревых холодильных установок широкое распространение получил способ утилизации энергии нагревательного потока с использованием его для эжекции охлажденного потока. Этот способ позволяет при заданном давлении сжатого рабочего тела **УМЕНЬШИТЬ** давление охлажденного потока и тем самым повысить степень расширения ϵ газа, что приводит к росту эффекта охлаждения ΔT_x . В том случае, когда располагаемая степень расширения оптимальна для заданных условий работы, возможно снижение давления рабочего тела при $\epsilon = \text{const}$. В этом случае при использовании автономного источника сжатого газа уменьшаются затраты энергии.

Одним из типов холодильных аппаратов, использующих принцип утилизации энергии нагретого потока является двухступенчатый вихревой холодильный аппарат (ДВХА), схема которого представлена на рис. 1. В отличие от других известных вихревых холодильных аппаратов ДВХА позволяет получить более низкую температуру в камере холода без применения специальной теплообменной аппаратуры при меньшем давлении питающего сжатого газа.

В качестве генераторов холода в рассматриваемом ДВХА примется две диффузорные вихревые трубы, эффективно работающие при малых степенях расширения питающего их сжатого газа.

Высокая степень расширения охлажденного потока при сравнительно небольшом давлении газа на входе в аппарат ($p_1=0,6$ МПа) обусловлена применением в схеме *противоточного* вихревого эжектора, выгодно отличающегося от известных газовых эжекторов способностью создавать высокую степень сжатия пассивного потока при малом давлении активного.

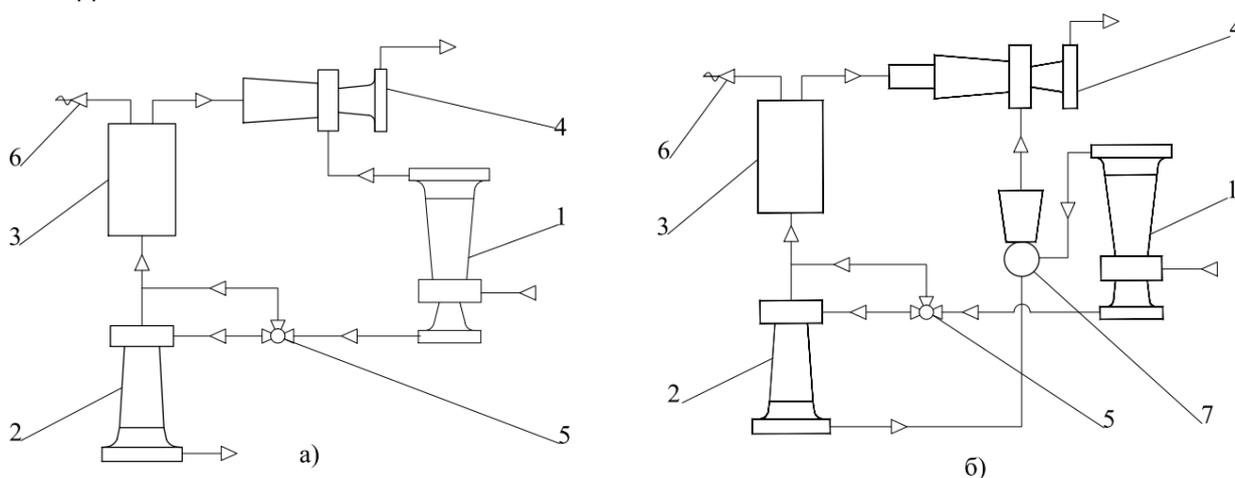


Рисунок 1 Принципиальная схема двухступенчатого вихревого холодильного аппарата

а) — с однокамерным ПВЭ

б) — с двухкамерным ПВЭ

1 — вихревая труба первой ступени; 2 — вихревая труба второй ступени;

3 — камера холода; 4 — противоточный вихревой эжектор; 5 — трёхходовой кран; 6 — предохранительный клапан; 7 — струйный компрессор.

При расширении сжатого воздуха с давлением $P_1=0,6$ МПа и температурой $T_1=293$ К в ДВХА обеспечивается' понижение температуры в камере холода на величину:

$$\Delta T_{ха} = \Delta T_{x1} + \Delta T_{x2} = 55^{\circ}\text{C} + 40^{\circ}\text{C} = 95^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{x1} = T_1 - T_{x1} \quad \Delta T_{x2} = T_{x1} - T_{x2}$$

где

T_1 — температура воздуха на входе в первую ступень;

T_{x1} — температура холода потока на выходе из первой ступени;

T_{x2} — температура холодного потока на выходе из второй ступени.

Степени понижения давления воздуха в вихревых трубах первой (второй) ступеней ДВХА по холодному и горячему потокам соответственно составляют $\pi_{вт1} = 3,33$; $\pi_{г1} = 2,14$; $\pi_{вт1} = 3,33$; $\pi_{г2} = 1,75$ (где $\pi_{вт1} = p_1/p_{x1}$, $\pi_{г1} = p_1/p_{г1}$, $\pi_{г2} = p_{x2}/p_{г2}$)

p_{x1} , $p_{г1}$ — соответственно давления холодного и горячего потоков первой ступени;

p_{x2} , $p_{г2}$ — соответственно давление холодного и горячего потоков второй ступени).

Низкое значение $p_{r2}=1,75$, обусловленное выбросом горячего потока вихревой трубы второй ступени непосредственно в атмосферу накладывает ограничение на достижимый в ней температурный эффект охлаждения. В результате при одинаковых степенях понижения давления по холодному потоку ($\pi_{вт1}=\pi_{вт2} = 3,33$) температурный эффект охлаждения во второй ступени ДВХА. на **21%** ниже, чем в первой ($\Delta T_{x1} = 55$ °С, $\Delta T_{x2} = 40$ °С)

Повышение давления горячего потока для создания нормальных условий работы вихревой трубы второй ступени охлаждения, привело к необходимости применить вихревую трубу в конструкции которой компенсирующая решетка центрального тела осевого диффузора горя-потока заменена коническим обтекателем. Это мероприятие способствует росту давления горячего потока» однако холодопроизводительность трубы падает.

Повышение эффективности ДВХА за счет увеличения температурного эффекта охлаждения во второй ступени возможно при использовании в схеме аппарата двухкамерного противоточного вихревого эжектора, работающего на меньшем давлении активного газа, а так же некотором увеличении масштаба эжектора. Модернизированная схема ДВХА представлена на рис 16 Для утилизации энергии горячего потока в схему включен также газоструйный компрессор.

Сжатый воздух давлением p_1 разделяется в вихревой трубе первой ступени на холодный и горячий потоки с последующим расширением в диффузорах до давления p_{x1} и p_{r1} соответственно: холодный поток при температуре T_{x1} и давлении разделяет холодный (T_{x2} , p_{x2}) и горячий (T_{r2} , p_{r2}) потоки в вихревой трубе 2 второй ступени; холодный поток второй вихревой трубы подается в камеру холода 3, вакуумируемую противоточным вихревым эжектором 4, сжимается в нем и выбрасывается в атмосферу; активным газом эжектора 4 является смесь горячих потоков вихревых труб 1 и 2, образующаяся в камере смешения газоструйного компрессора 7, причем активным является горячий вихревой трубы 1, а пассивным – горячий поток вихревой трубы 2

В схемах обоих аппаратов реализуется способ ускоренного охлаждения объектов за счет предварительного захлаживания камеры холода 3 холодным потоком вихревой трубы 1, подаваемым через трёхходовой кран 5.

В описываемой схеме холодильного аппарата горячий поток вихревой; трубы 1, имеющий относительно высокое давление $p_{r1} (\approx 0,5 p_1)$, используется в газоструйном компрессоре 5 для создания разрежения в сборнике горячего потока вихревой трубы 1, а смесь этих потоков давлением $p_{см} < p_{r1}$ ($p_{см} = 0,15$ МПа) питает противоточный вихревой эжектор 4 вакуумирующий камеру холода 3. Достигнутое при этом увеличение степени понижения давления по горячему потоку во второй вихревой трубе обеспечило ей условия эксплуатации близкие к условиям первой ступени ДВХА. Следствием этого явилось изменение конструкции центрального тела диффузора горячего потока второй вихревой трубы вынужденно применявшийся ранее конический обтекатель заменен решеткой аналогичной решетке первой вихревой трубы, что, как известно, существенно увеличивает температурную эффективность процесса энергетического разделения и обеспечивает максимум ΔT_{x2} при большей доле холодного потока μ . Максимальный температурный эффект охлаждения рабочего тела в ДВХА. ($\Delta T_{ха} = \Delta T_{x1} + \Delta T_{x2} = 55$ °С + 50°С = 105 °С) обеспечивается при следующих режимных параметрах: $p_1 = 0,6$ МПа, $p_{x1} =$

0,199 МПа, $p_{r1} = 0,284$ МПа, $\mu = 0,28$ ($\mu = G_{x1}/G_1$, где G_1 – расход сжатого воздуха на входе в ДВХА, G_{x1} – расход холодного потока первой вихревой трубы), $p_{x2} = 0,059$ МПа, $p_{r2} = 0,082$ МПа, $\mu_2 = 0,25$ ($\mu_2 = G_{x2}/G_{x1}$, где G_{x2} расход холодного потока второй вихревой **трубы**), коэффициент эжекции противоточного вихревого эжектора: $n = 0,06$ ($n = G_{x2}/(G_{r1} + G_{r2})$, где G_{r1} , G_{r2} – соответственно ход горячего потока первой и второй вихревых труб), степень сжатия: $\pi_э = p_b/p_{x2}$, где p_b – атмосферное давление): коэффициент эжекции газоструйного компрессора: $\pi_{гк} = 0,26$ ($\pi_{гк} = G_{r2}/G_{r1}$), степень сжатия $\pi_{гк} = 1,79$, ($\pi_{гк} = G_{r2}/G_{r1}$).

Таким образом, модернизация ДВХА с применением двухкамерного ПВЭ позволило без дополнительных энергетических затрат увеличить суммарный температурный эффект охлаждения на 10% (абсолютный прирост $\Delta T_{ха}$ составил 100С), удельная холодопроизводительность ДВХА на режиме максимального $\Delta T_{ха}$ возросла с: **0,72** кДж/кг до **2,7**, кДж/кг вследствие увеличения доли холодного потока второй вихревой трубы μ_2 с 0,06 до 0,25 и роста её температурной эффективности.

ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛОТЫ В АВТОНОМНЫХ СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Отрасль теплоснабжение в Российской Федерации является ведущей в экономике. Такое положение обусловлено большими территориями страны и сложными климатическими условиями. В данной отрасли расходуется около 40 % топливных ресурсов [1].

Системы теплоснабжения используются для покрытия запросов потребителей в должном объеме теплоты, в соответствии с требованиями, указанными в нормативной документации. Системы теплоснабжения классифицируются на автономные и централизованные.

В автономных системах теплоснабжения отсутствует необходимость в протяженных тепловых сетях, так как источник теплоты (например, газотрубный котел) и потребитель находятся в непосредственной близости [2].

В настоящее время доля выработки тепловой энергии децентрализованными источниками находится в пределах 28 %. Автономные системы теплоснабжения обладают рядом достоинств. Они позволяют потребителям самостоятельно осуществлять температурное регулирование, опираясь на свои личные предпочтения, существует возможность сокращения потребления топливных ресурсов, очевидна экологическая эффективность [3,4].

Различают зависимые и независимые системы теплоснабжения.

В настоящее время распространены системы с одним контуром – зависимые. Данные системы отличаются простой конструкции и малыми капиталовложениями при разработке. Существенным недостатком данных систем является ограниченный ресурс работы котлоагрегата, связанный с интенсивным образованием накипи [6]. Данная схема применима к автономным котельным для теплоснабжения отдельных объектов без утечки сетевого теплоносителя.

В настоящий момент основная тенденция – разработка схемы теплоснабжения с двумя контурами (независимая).

Независимые системы теплоснабжения обладают рядом достоинств. В двухконтурных системах теплоснабжения отопительный контур изолирован от источника теплоты. Для достижения параметров, заданных потребителем, применяется дополнительное теплообменное оборудование. Достоинства двухконтурной системы по сравнению с одноконтурной системой теплоснабжения заключается в регулировании количества тепла, передаваемого потребителям, с помощью регулирования вторичного теплоносителя, а также надежность и энергоэффективность. Экономический эффект находится в пределах 40% [3, 4]. Имеется возможность изменения теплотехнических свойств теплоносителя.

При выборе системы теплоснабжения разница между стоимостью топлива и ценой на тепловую энергию является основанием для применения децентрализованной

системы. Малые капиталовложения при строительстве тепловых сетей и пунктов, производстве тепловой энергии также являются решающими факторами. Применение блочного серийного теплоэнергетического оборудования позволяет оперативно создавать мини-котельные.

Наиболее перспективным источником является вакуумный газотрубный котел.

Вакуумный водогрейный котел (рисунок 1) используется для отопления и ГВС в различных сферах промышленности.

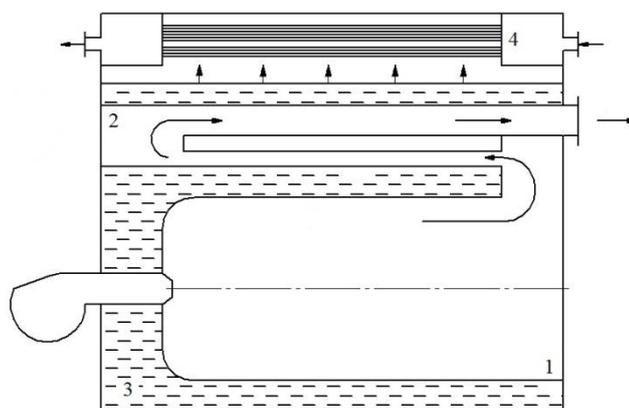


Рисунок 1 – Расчетная схема вакуумного котла
(1 – жаровая труба; 2 – конвективный пучок; 3 – объем с разрежением;
4 – сетевой теплообменник)

Он представляет собой герметичный резервуар, который заполняется фиксированным объемом котловой воды высокого качества (дистиллят). Котел работает с естественной циркуляцией с использованием различного вида топлива (газообразное, дизельное). Вакуумным насосом в герметичном резервуаре создается вакуум и поддерживается при работе котла. Процессы кипения и парообразования происходят при разрежении и температуре, не превышающей 100 °С. Теплообменники выполняются из нержавеющей стали, отсутствие кислорода предотвращает быстрый износ поверхностей нагрева [6].

Доля затрат в системы теплоснабжения производственных и общественных зданий находится в пределах 25 % от общей стоимости капиталовложений строительства, использование автономных систем в сочетании с энергосберегающими технологиями при строительстве и реконструкции зданий позволит получить экономию энергоресурсов в Российской Федерации, а сами проекты станут наиболее рентабельными.

Использование высокоэффективного вакуумного котла в качестве источника тепла позволит в дальнейшем сократить эксплуатационные затраты.

Список источников

1. Яновский, Ф. Б. Энергетическая стратегия и развитие теплоснабжения России [Электронный ресурс] / Ф. Б. Яновский, С. А. Михайлова // АВОК. – 2003. – № 6. – Режим доступа: http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=2270
2. Соколов, Е. Я Теплофикация и тепловые сети / Е. Я. Соколов . – 7-е изд. – М.: Изд-во МЭИ, 2001. – 472с.
3. Немцев, З. Ф. Теплоэнергетические установки и теплоснабжение /З. Ф. Немцев, Г. В. Арсеньев. – М.: Энергоиздат, 1982. – 400 с.
4. Полонский, В. М. Автономное теплоснабжение / В. М. Полонский, Г. И. Титов, А. В.

Полонский. – М. : Ассоциация строительных вузов, 2006. – 152 с.

5. Жаднов, О.В. Опыт оптимальной организации водно-химического режима отопительных котельных малой и средней мощности / О.В. Жаднов // Новости теплоснабжения. – 2007. – № 5. – С. 23-30.

6. Слободина, Е. Н. Интенсификация процессов кипения и конденсации в рабочем объеме вакуумного котла / Е. Н. Слободина // Динамика систем, механизмов и машин. – 2014. – № 2. – С. 134-136.

Стерхов А.И. ¹, Лошкарев И.Ю. ², Осадчий Н.В. ², Жижко А.И. ², Петрище К.А. ²,
Гливенко Р.Д. ²

¹ООО «Соларжи групп», Россия, г. Ижевск,

²Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова,
Россия, г. Саратов

ТРЕБОВАНИЯ К АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ КОРРЕКЦИИ ОСВЕЩЕНИЯ ПОМЕЩЕНИЙ АПК С ФУНКЦИЕЙ УПРАВЛЕНИЯ И ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ ПЕРИФЕРИЙНЫХ УСТРОЙСТВ

Ключевые слова: энергосбережение, освещение, диспетчеризация.

Аннотация. В статье разработаны требования к автоматизированной системе коррекции освещения помещений АПК с функцией управления и диспетчеризации периферийных устройств

Энергосберегающие технологии все больше и больше востребованы при усиливающейся стагнации экономики. В связи с этим нами разработаны общие требования к системе освещения, способной корректировать потребление энергии в зависимости от времени суток, температуры окружающей среды, требованиях СанПиН и других факторов [1-16].

Разрабатываемый автоматизированный беспроводной контроллер коррекции искусственного освещения помещений (далее Контроллер) с функцией управления и диспетчеризации периферийных устройств должен снижать нагрузку на освещение в светлое время суток, учитывая количество естественного света в помещении, равномерно распределяя его по помещению и одновременно выполняя нормы освещенности на рабочей поверхности заданные пользователем в сервисной программе

Контроллер представляет собой устройство, интегрированное в осветительный прибор, с возможностью подключения к нему (беспроводным/проводным способом) периферийных устройств, таких как:

- датчиков - температуры, дыма, движения;
- громкоговоритель и микрофон;
- инфракрасный излучатель;
- выход управления 1-10В, через ШИМ;
- выход управления 220В.

Для серийного производства системы коррекции освещения помещения основными элементами устройства являются: микроконтроллер ESP32 с интегрированными Wi-Fi и Bluetooth контроллерами и антеннами; датчик тока и напряжения (монтаж на плате); датчик освещенности (выносной датчик, подключение через коннектор); выносной инфракрасный модуль (Универсальный ИК пульт дистанционного управления), подключение через коннектор; коннекторы периферийных устройств на плате: для выносных датчиков (температура, дым, движение, освещение, CO₂, Газ, Пыль) 1 коннектор, регулирование через ШИМ; для громкоговорителя 1 коннектор; для

микрофона 1 коннектор; для управления 220В, 1 коннектор; коннектор подключения сетевого питания 220В; кнопки сброса / активации / поиск; светодиодный индикатор определения состояния.

Семейство контроллеров, основанное на разрабатываемой системе коррекции освещения помещений, должно обеспечить создание беспроводной самоорганизованной распределенной одноранговой ячеистой СЕТИ с открытым протоколом для подключения, к которой не требуется никакого дополнительного ПО кроме dhcp-клиента и поддержки ipv6 системой, с возможностью подключения к СЕТИ устройств других производителей.

Основные логические и технические требования к контроллеру:

Датчик освещенности (в том числе другие датчики) устанавливается за пределами платы контроллера на корпус светильника, либо рядом.

Измерения интенсивности света (других параметров – влажности, температуры) должно происходить с дискретизацией в 1 секунду, затем происходит усреднение значения за 1 минуту, т.е. на вход регулятора мы подаём среднее значение из 60-ти измерений.

Выходной каскад контроллера должен обеспечить регулирования яркости свечения светильника по закону широтной импульсной модуляции (ШИМ)

Контроллер должен обеспечивать одновременную регулировку (работу) до 3 устройств и снимать показания с 4 датчиков.

Виды подключаемых датчиков к контроллеру: освещенность; движение; температура; влажность; CO₂; дым; газ; формальдегид

Управление **контроллерами**, соединенных между собой беспроводной сетью, обеспечивается с помощью внешнего ПО – **сервисной программы**.

Сервисная программа (СП) – является программным обеспечением для веб интерфейсных приложений и андроид систем для удалённого управления контроллером.

Контроллеры могут объединяться: в **группы** (в одном помещении); **группы** могут объединиться в **Союз** (например, для выключения или аудио оповещения разных помещений).

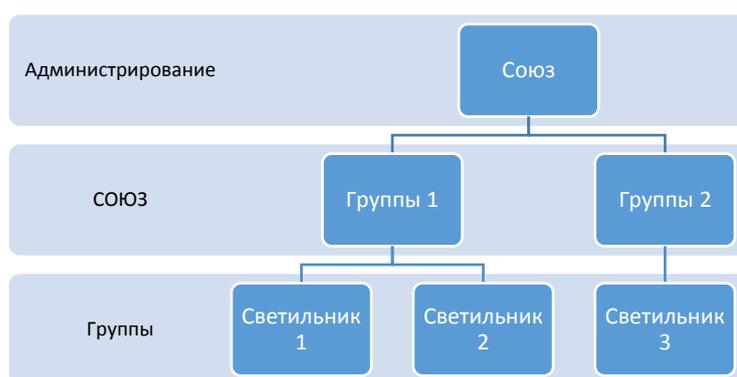


Рис.1. Сервисная программа

Функционал сервисной программы:

РАЗДЕЛ ОСВЕЩЕНИЕ:

- **Функция «Система Коррекции Освещения Помещений»:**
 - управление нагрузкой освещения в светлое время суток. Система учитывает количество естественного света в каждой точке помещения. При неравномерном распределении естественного света в помещении от источника естественного освещения,

система добавляет искусственное освещение, равномерно его распределяя по помещению и одновременно выполняя нормы освещенности на рабочей поверхности заданные пользователем в **Сервисной программе**. В том числе освещения на рабочем месте можно настраивать индивидуально под локальную зону освещения (см. функция «индивидуальная подсветка»).

- Включение / отключение режимов в автоматическом режиме от датчика движения;

- Календарное и временное планирование настроек освещения;

- **Функция «коррекция света»:**

- управление температурой светового излучения (если светодиодная плата имеет два и более видов светодиодов, управление через RGB контроллер)

- управление яркостью света (имитация рассвет / закат)

- управление цветовым излучением (дополнительная опция светильника)

- **Функция «Аварийное освещение»**

- Аварийное освещение (назначение светильников для аварийного освещения с помощью Сервисной программы, при подключении к системе хранения ЭЭ)

- Оповещение на пульт охраны и в приложение

- **Функция «Эксплуатация»:**

- Определение старения светильника (выявление деградации светильника, снижение нормы освещения, вызванное завышенным потреблением ЭЭ)

- Определение потребления ЭЭ (одного и системы в целом)

- Определение поступления солнечной радиации в помещение

- Определение состояния светильника (Включен / выключен / перегорел)

- **Функция «Периферия»:**

- Управление двигателем светорегулятора световода (по каналу 1-10 В, либо управление через сеть 220В включение / отключение питания)

- Управление по средствам беспроводной сети:

- отключение/включение сетей питания (при подключении устройств в сеть MESH);

- отключение/включение светильников в сети MESH.

- **Функция «Индивидуальная подсветка»:**

- Управление группой светильников таким образом, чтобы светильники могли освещать только, то рабочее место где присутствует человек:

- в случае если работник находится один на работе после рабочего времени, часть светильников в помещении должна уйти в режим 20%, другая часть светильников (а) должна создать освещенность только над тем рабочим пространством где присутствует человек.

- В случае если работник находится один в помещении в рабочее время, то светильники, находящиеся не в зоне работника более 5 минут, переходят в режим 50% свечения, в течении 10 мин в режим 20% свечения.

- В случае если работнику необходима более яркое / темное освещение в рабочей зоне, настройка через **Сервисную программу**.

РАЗДЕЛ ЗВУК:

Описание.

Контроллер со встроенным Аудио цифровым модулем, должен обеспечить создание беспроводной аудиосети управляемой через сервисную программу. Сервисная программа может настраивать звуковое сопровождение отдельных зон, передавать звуковые сигналы и речевые сообщения в реальном режиме, с мобильного устройства или ПК.

При установке базовой версии доступно:- Аудио оповещение о событии в разных зонах;- Аудио оповещение по времени разных зон;- Общее музыкальное сопровождение;- удаленное управление.- противопожарная сигнализация

Преимущества: индивидуальная настройка каждого аудиоустройства; выделенный трафик для каждого аудиоустройства; низкая стоимость внедрения и обслуживания; управление музыкальным плейлистом; настройка звуковой сигнализации; передача информации с использованием публичных и непубличных IP-сетей; передача информации с использованием цифровых радиотелефонов (которые позволяют лучше использовать пропускную способность канала, обеспечивают целостность данных и большую дальность связи); высокая безопасность данных: шифровка информации в системе; полная диагностика акустического потока информации (генератор сигнала, усилитель, кабель, преобразователь) - автоматическое тестирование всех сирен в запрограммированное время; считывание текущей информации с сирен (состояние дверей, питания, степень разрядки аккумулятора); возможность дистанционного обновления звуков и программного обеспечения сирены; взаимодействие с сиренами и системами других производителей; во много раз большая скорость срабатывания и тестирования системы; архитектура системы с сервером в центральном пункте, к которому подсоединяются объекты оповещения и операторские центры. В системе могут работать несколько равноценных операторских станций и станции, имеющие различные приоритеты и допуски; возможность создания многоуровневых систем; данные касающиеся конфигурации всей системы, хранятся на системном сервере в базе данных SQL; небольшие расходы на сервисное обслуживание; удобное обслуживание с использованием современной программы с картой, текущей актуализацией состояния сирен и информации из базы данных о сиренах; высокая масштабируемость системы. Возможность построения как горизонтальной иерархии, так и вертикальных структур; возможность подсоединения внешних измерительных устройств и/или исполнительного оборудования (например: метеостанций, детекторов газа и т.п.); архивация и просмотр измеренных данных.

Литература

1. Лошкарев, И.Ю. Энергосбережение в системе освещения в сельскохозяйственных и складских помещениях / И.Ю. Лошкарев, И.В. Шестаков, О.В. Малецкий, В.И. Лошкарев, Д.С. Куртмамбетов // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы IX международной научно-практической конференции/Под общ. ред. Трушкина В.А. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2018. – С.106-109.
2. Лошкарев, И.Ю. Активные системы светозахвата для освещения помещений. И.Ю. Лошкарев, Н.В. Осадчий, А.Я. Аберясов, С.В. Саенко // В сборнике X национальной научно-практической конференции «Актуальные проблемы энергетики АПК», 2019, Саратов: Изд-во ООО «ЦеСАин» – С.142-147.
3. [Стерхов, А.И.](#) Система энергосбережения в освещении улиц и дорог / А.И. [Стерхов](#), И.Ю. [Лошкарев](#), Н.В. Осадчий, С.В. Саенко, Е.Н. Бахуревич // В сборнике X национальной научно-практической конференции «Актуальные проблемы энергетики АПК», 2019, Саратов: Изд-во ООО «ЦеСАин» – С. 213-215.
4. Возмилов, А.Г. Способы снижения энергопотребления в животноводческом помещении за счет применения светоаэраторов и систем перенаправления света / А.Г. Возмилов, И.Ю. Лошкарев, О.В. Логачева, А.И. Стерхов// [АПК России](#). 2020. Т. 27. №3. С. 459-465.

5. Возмилов, А.Г. Система освещения сельских улиц, территорий парков и площадей / А.Г. Возмилов, И.Ю. Лошкарев, О.В. Логачева, А.И. Стерхов // *АПК России*. 2020. Т. 27. № 3. С. 453-458.
6. Лошкарев, И.Ю. [Анализ и классификация систем перенаправления естественного освещения для помещений АПК](#) / И.Ю. Лошкарев // *АПК России*. 2019. Т. 26. № 4. С. 541-547.
7. Лошкарев, И.Ю. [Эксплуатационные свойства и характеристики полых трубчатых световодов и зенитных фонарей](#) / И.Ю. Лошкарев, А.И. Стерхов, Т.А. Широбокова, Ю.Д. Вахрушева // *АПК России*. 2019. Т. 26. № 4. С. 548-552.
8. Стерхов, А.И. [Исследование систем освещения с полыми протяжёнными световодами](#) / А.И. Стерхов, А.В. Палагин, И.Ю. Лошкарев // *Светотехника*. 2019. № 6. С. 31-36.
9. Sterkhov A.I., Palagin A.V., Loshkarev I.Yu. «Study of lighting systems with extended hollow light guides», *Light & Engineering*. 2020. Т. 28. № 2. С. 54-60.
10. I.Yu. Loshkarev, A.I. Sterkhov, K.A. Petrov "Solar Concentrator Engineering Design SWx 700-250", Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology (AHMST), volume 1, International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research" (ISEES 2019), pp.780-786, August 2019. doi.org/10.2991/isees-19.2019.156.
11. A.I. Sterhov and I.Yu. Loshkarev "Determination of the proportion of natural light in solar radiation using the method of conversion of lighting units into energy", *HIRM-2019 J. Phys.: Conf. Ser* **1353** (2019) 012002, pp.1-6. doi:10.1088/1742-6596/1353/1/012002.
12. A.I. Sterhov, K.A. Petrov and I.Yu. Loshkarev "Calculation of the critical power density of natural light in a polymer optical fiber", *HIRM-2019 J. Phys.: Conf. Ser* **1353** (2019) 012003, pp.1-8. doi:10.1088/1742-6596/1353/1/012003.
13. A.I. Sterhov, K.A.Petrov and I.Yu. Loshkarev "Engineering design of solar concentrator for transporting sunlight through optical fiber" *HIRM-2019 J. Phys.: Conf. Ser* **1353** (2019) 012004, pp.1-11. doi:10.1088/1742-6596/1353/1/012004.
14. I.Yu. Loshkarev, A.I. Sterhov, K.A. Petrov "Simulation of the parametrs of the acrylic and specular light pipe for transmitting light radiation of the LED matrix", *ITBI 2019, J. Phys.: Conf. Ser* **1333** (2019) 062014, pp.1-8. doi:10.1088/1742-6596/1333/6/062014.
15. Лошкарев, И.Ю. Методика расчета экономической целесообразности применения полых трубчатых световодов / И.Ю. Лошкарев, А.И. Стерхов, К.А. Петров, В.В. Белов // *Известия Международной академии аграрного образования*. 2019. № 45. С. 136-139. (БАК)
16. Лошкарев, И.Ю. Комплексное сравнение систем естественного освещения / И.Ю. Лошкарев, Е.В. Корепанов, А.И. Стерхов, Е.Ю. Уланов, К.А. Петров, В.В. Белов // *Известия Международной академии аграрного образования*. 2019. № 45. С. 37-47. (БАК)

ДИАГНОСТИКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ С ДЛИТЕЛЬНЫМ СРОКОМ СЛУЖБЫ

Аннотация: В статье показано влияние срока службы трансформатора на периодичность диагностического контроля. Предложена стратегия обслуживания трансформаторов. Даны рекомендации по режимам работы трансформаторов, отработавшим нормативный срок.

Ключевые слова: мониторинг силовых трансформаторов; срок эксплуатации; учащенный контроль; периодичность диагностирования; стратегия обслуживания.

Нормативный срок службы силовых трансформаторов устанавливается заводами-изготовителями и составляет не менее 25 лет, но, как правило, фактический срок эксплуатации может значительно превышать указанные значения. Срок в 25 лет указывают из расчёта, что за этот период в трансформаторах развиваются характерные дефекты, вызванные, главным образом старением изоляции, а также возможными другими факторами. В результате после выхода за «границы» нормативного срока возрастает количество ремонтных работ, связанных с разгерметизацией активной части силового трансформатора. Здесь в большей степени возрастает негативная роль «человеческого фактора».

Анализ причин аварий, диагностических обследований и технических освидетельствований более 1500 силовых трансформаторов с длительным сроком службы, а также опыта ремонтных работ и эксплуатации показал, что требования периодичности регламентных испытаний, установленные нормативным документом «Объем и нормы испытаний электрооборудования» в большей части не учитывает «возраст». Часть предельно-допустимых значений и значений, ограничивающих область нормальной эксплуатации, следует подвергнуть корректировки.

Так влияние срока службы трансформатора на периодичность диагностического контроля можно описать основным законом надежности:

$$P(t) = P_0(1 - \lambda t), \quad (1)$$

где $P(t)$ – текущее значение вероятности безотказной работы (ВБР) трансформатора; P_0 – начальное значение ВБР; λ – интенсивность отказов, ч⁻¹; t – текущее время, ч.

Графически формула (1) представлена на рисунке 1.

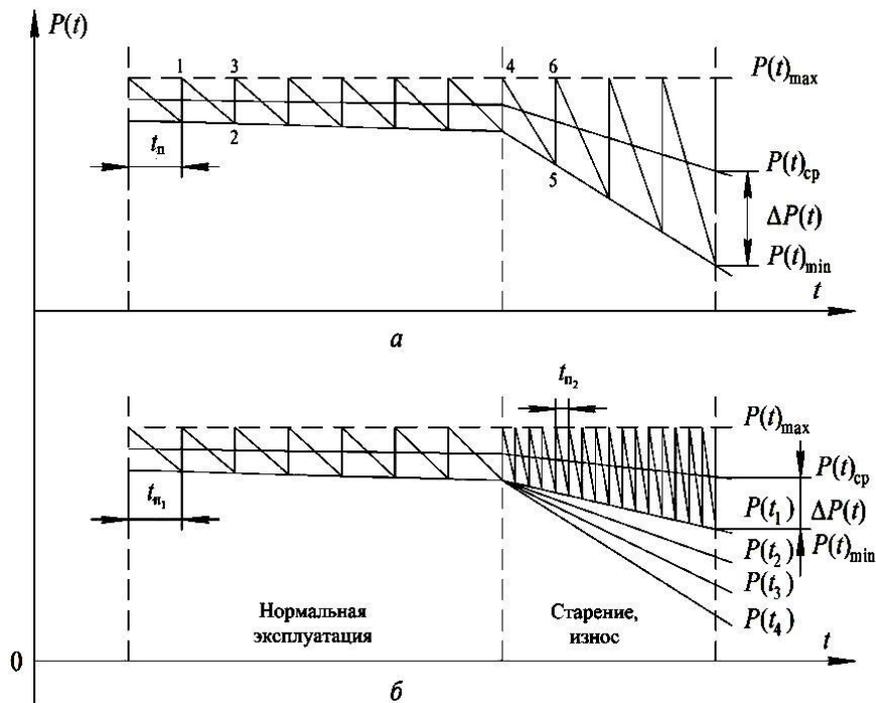


Рисунок 1 – Изменение вероятности безотказной работы трансформатора при постоянной (а) и переменной (б) периодичности диагностирования

При нормальной эксплуатации трансформатора (рисунок 1, а) начальная ВБР (точка 1) линейно убывает. Через период диагностирования t_n она достигает значения $P(t)_{min}$ (точка 2). В этот момент проводят профилактические мероприятия, которые компенсируют дестабилизирующие воздействия, и ВБР возрастает до прежней величины $P(t)_{max}$ (точка 3). В результате на всем этапе нормальной эксплуатации средняя величина ВБР $P(t)_{cp}$ сохраняет постоянное значение.

Если периодичность диагностического контроля остается неизменной, то на этапе износа трансформатора наименьшее значение ВБР $P(t)_{min}$ резко снижается и средняя величина ВБР $P(t)_{cp}$ уменьшается, следовательно, отказы трансформатора увеличиваются.

Снизить отказы можно, если на этапе износа чаще проводить диагностирование (рисунок 1, б). Тогда средняя величина ВБР $P(t)_{cp}$ на этом этапе возрастет, и число отказов уменьшится. Следовательно, это означает, что целесообразно вводить учащенный контроль для трансформаторов, отработавших нормативный срок службы.

Следует учитывать, что введение учащенного контроля потребует дополнительных трудовых и финансовых затрат. В этой ситуации оправдано определенное регламентирование необходимости введения этого контроля, с периодичностью учитывающей срок эксплуатации трансформатора, а также скорость и опасность развития дефектов. Так, например, для трансформаторного масла учащенный контроль следует применять для таких параметров качества масла как: пробивное напряжение, влагосодержание, тангенс угла диэлектрических потерь при 90 °С, содержание механических примесей и содержание фурановых производных. А также для электрических испытаний трансформатора в процессе эксплуатации: измерение сопротивления изоляции обмоток, измерение тангенса угла диэлектрических потерь, оценка влажности твердой изоляции, измерение частичных разрядов.

Учащенный контроль направлен в первую очередь на контроль влагосодержания, зашламления, а также загрязнения активной части, что является характерным для трансформаторов с длительным сроком эксплуатации. Отметим, что рост уровня влагосодержания бумажной изоляции и кислотности среды ведет к ускоренному старению бумажной изоляции и быстрому сокращению ресурса трансформатора. Также важно вести контроль состояния вводов, оборудования систем регулирования напряжения, защиты от увлажнения, охлаждения и регенерации масла.

Для трансформаторов с длительным эксплуатационным ресурсом оправданы «щадящие» режимы, исключаящие или ограничивающие повышенные уровни напряжения и температуры. В частности:

- по возможности уменьшение количества коммутаций трансформатора разъединителями (в режиме х.х.);
- ограничение времени работы трансформатора при повышенном напряжении;
- ограничение температуры верхних слоев масла (как минимум на 10 °С ниже значений установленных нормативными документами);
- учащенный контроль трансформаторного масла;
- для трансформаторов, находящихся в зоне риска целесообразно вводить контроль уровня частичных разрядов;

Заключение. Учитывая значительное количество трансформаторов с длительным сроком эксплуатации и находящихся в работе целесообразно в руководящих документах ввести поправку на срок службы. Это позволит обеспечить необходимый уровень диагностического контроля трансформаторов, а «щадящие» рекомендации – не ускорять процесс развития опасных дефектов и ускоренного старения. Также следует активно внедрять новые методы автоматических систем контроля состояния силовых трансформаторов по ключевым параметрам. Выход этих параметров за установленные пределы будут являться основанием для проведения комплекса испытания и выявления конкретных дефектов.

Список источников

1. СТО 34.01-23.1-001-2017. «Объем и нормы испытаний электрооборудования».
2. ГОСТ 11677-85. Трансформаторы силовые. Общие технические условия. – М. : Стандартинформ, 1985. – 38 с.
3. Трушкин, В.А. Необходимость повышения эксплуатационной надежности трансформаторных подстанций / В.А. Трушкин, С.В. Шлюпиков, С.А. Кифарак // Материалы междунар. науч.-практ. конф. «Актуальные проблемы энергетики АПК». Саратов : ООО «ЦеСАин», 2015. С. 295-297.
4. Шлюпиков, С.В. Совершенствование диагностирования масла трансформаторов напряжением 10/0,4 кВ, эксплуатируемых в сельском хозяйстве: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.20.02. Саратов, 2016. 24 с.
5. Идрис, И. Дефекты силовых трансформаторов / И. Идрис, Н.С. Жексембиева // Материалы междунар. науч.-практ. конф. «Актуальные проблемы энергетики АПК». Саратов : «ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2010. С. 158-165.

Трушкин В.А., Козичев Р.В.

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

ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ КОМБИНИРОВАННОГО УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ

Аннотация: В статье приведена классификация средств для диагностирования электрооборудования, рассмотрены основные требования к диагностическим устройствам. На основе приведенных требований разработана схема диагностического устройства.

Ключевые слова: погружной электродвигатель, станция управления, диагностическое оборудование, электроосмотическая защита погружного электрооборудования.

Введение

Эксплуатация погружных водоподъемных станций применяемых в сельском хозяйстве имеет определенные особенности. К основным можно отнести: работа при не качественном напряжении, неправильный выбор защитных аппаратов, работа в среде не соответствующей требованиям нормативной документации и рекомендациям заводов изготовителей, низкая квалификация обслуживающего персонала или его отсутствие.

Необходимо отметить, что водоподъемные установки располагаются на большой территории и значительном удалении от места базирования обслуживающего персонала.

Технической документацией определены сроки проведения регламентных работ, в том числе и периодичность выполнения контрольных испытаний сопротивления изоляции [1].

Для измерения сопротивления изоляции электрооборудования в сельском хозяйстве в качестве средства диагностирования применяют приборы ручного управления – мегаомметры (ЭСО202/1Г, ЭСО210/3-Г, МЕГЕОН-13200, Е6-24, Е6-24/1, ПСИ-2500 и т.д). Мегаомметр, как средство диагностирования относится к приборам ручного управления и предполагает непосредственное присутствие бригады из двух человек на месте проведения измерений [2, 3], что не всегда экономически оправдано ввиду значительной удаленности одного объекта или группы объектов испытаний от измерительной лаборатории.

В настоящее время промышленностью разработаны и выпускаются станции управления с функцией контроля определенных эксплуатационных параметров электрических электродвигателей [4]. По причине низкого финансирования и высокой стоимости современных станций управления их внедрение в сельскохозяйственном производстве идет крайне медленно. Так же необходимо отметить, что существующие образцы оборудования, представленные на рынке, не выполняют функцию восстановления и защиты погружного электрооборудования от снижения сопротивления изоляции.

Определение требований к диагностическому устройству

Техническое состояние элементов электрооборудования изменяется в процессе эксплуатации и зависит от режима работы и интенсивности внешних воздействий. В связи с этим диагностические параметры, являются переменными величинами. Для того чтобы

установить, в каком состоянии находится данное электрооборудование, диагностированием определяют его параметры характеризующие способность оборудования выполнять возложенные на него задачи. По величинам диагностических параметров, состояние оборудования можно разделить, в соответствии с ГОСТ 27.002-2015, на: исправное, неисправное, работоспособное и неработоспособное.

Техническое состояние определяется при помощи диагностических устройств, конструктивные особенности которых зависят от особенностей конкретного оборудования.

При разработке диагностических устройств необходимо создавать конструкции и схемы, обеспечивающие минимальную трудоемкость и стоимость диагностирования, а также заданную точность измерений. Большое значение при разработке устройств для диагностирования электрооборудования имеет форма представления результатов, которая должна быть удобной для анализа и прогнозирования [5].

Классификация средств, применяемых при диагностировании электрооборудования, приведена на рисунке 1.

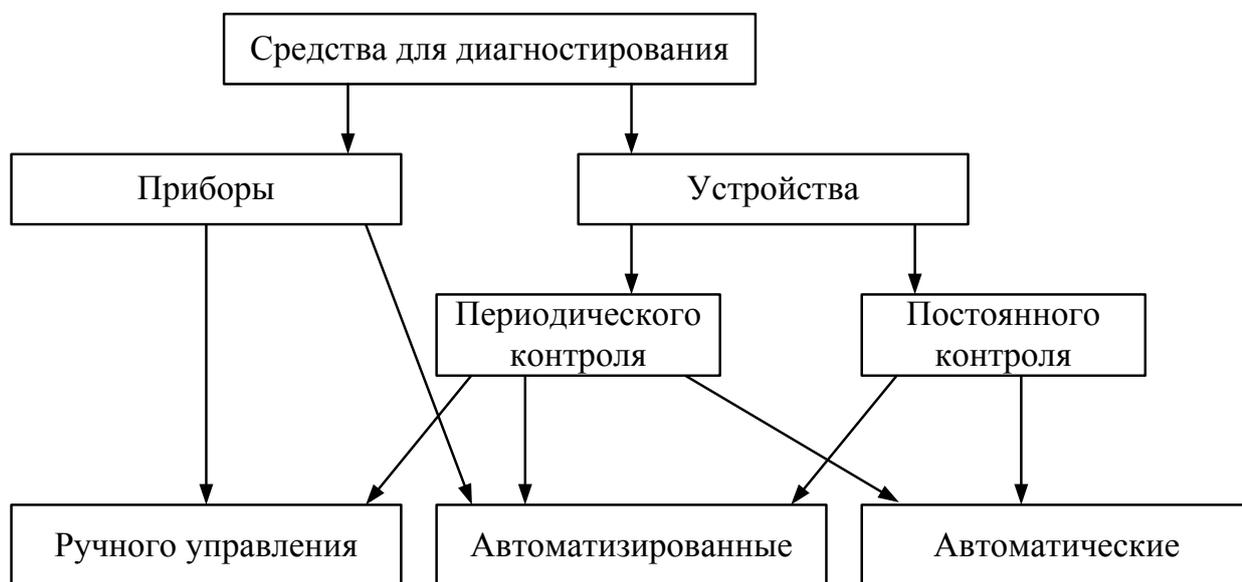


Рисунок 1 – Классификация средств для диагностирования

Для диагностирования изоляции, основываясь на приведенной классификации, наиболее актуальным будет являться устройство осуществляющее периодический или постоянный контроль за техническим состоянием и сигнализирующее о достижении контролируемого параметра предельного состояния. При этом данное устройство может выполнять возложенные на него функции в виде постоянного или периодического контроля.

Разработка диагностического устройства заключается в создании конструкции или схемы, обеспечивающей минимальную трудоемкость и стоимость диагностирования, а также заданную точность измерения. Так же большое значение при разработке устройства для диагностирования электрооборудования имеет форма представления результатов, которая должна быть удобной для анализа и прогнозирования.

Устройство диагностирования должно оснащаться звуковой (световой) сигнализацией в автоматическом режиме и иметь исполнение позволяющее устанавливать его около

контролируемого оборудования. Так же необходимо отметить, что при разработке одним из важных показателей является область применения, то есть соответствие диагностического устройства основным положениям организации диагностирования электрооборудования [5].

Составление структурной схемы устройства

Основываясь на выше изложенной информации можно сформулировать основные требования к диагностическому устройству:

1. Работа устройства должна осуществляться во время технологических пауз и не препятствовать своей работой основному технологическому процессу;
2. Обязательно применение световой или звуковой сигнализации о режимах работы устройства и состоянии контролируемого оборудования;
3. Обеспечение заданной точности измерения;
4. Внесение минимальных изменений в основную схему станции управления;
5. Восстановление первоначальной схемы станции управления (отключение устройства диагностирования);
6. Высокая ремонтпригодность.

В соответствии с требованиями на рисунке 2, представлена структурная схема диагностического устройства.

Предполагается работа схемы следующим образом. Сигнал о наступлении технологической паузы поступает на диагностическое устройство. Это может осуществляться подачей питающего напряжения от станции управления на источник питания 2, подающего пониженное напряжение на устройство. Одновременно с этим от источника питания 2 подается напряжение все блоки диагностического устройства (блок управления 3, устройство обработки аналогово-цифровой информации 4, источник напряжения электроосмотической влагозащиты 5, коммутирующее устройство 7).

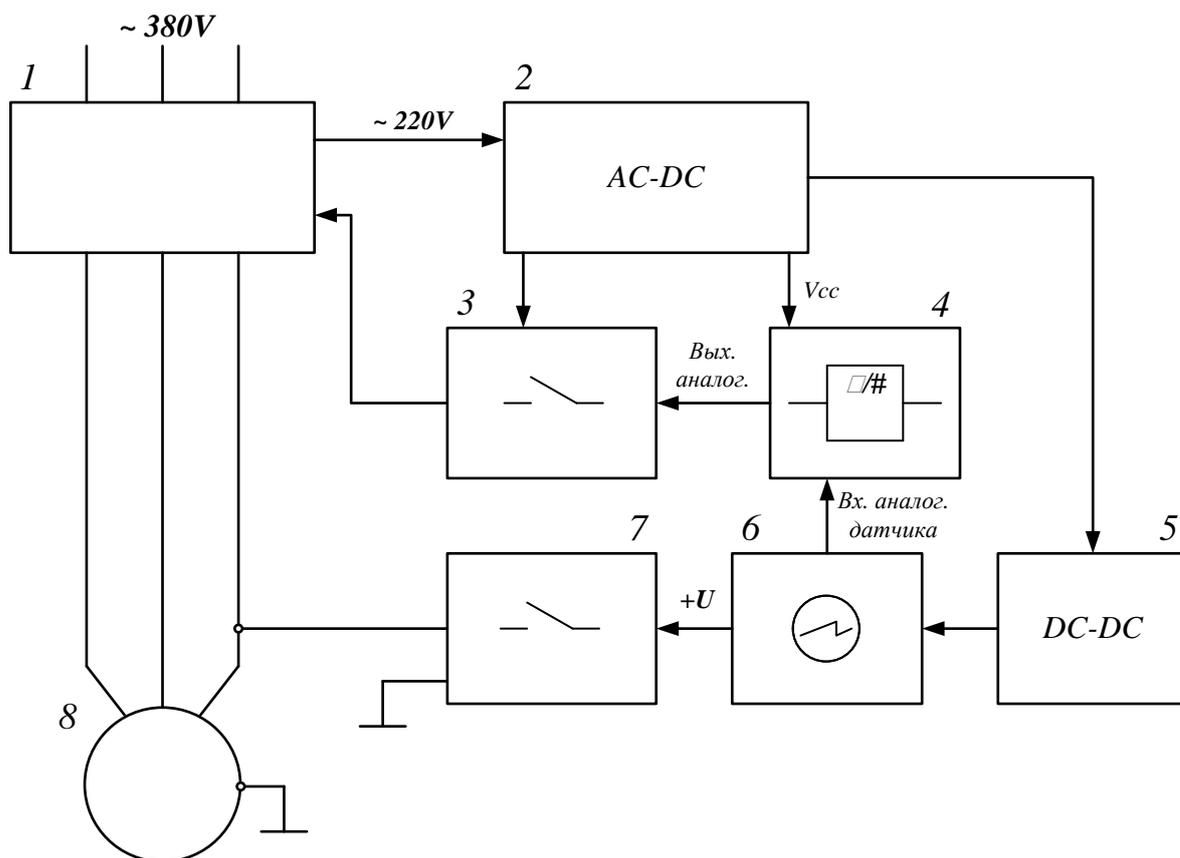


Рисунок 2 – Структурная схема диагностического устройства:

1 – станция управления ПЭД; 2 – источник питания устройства (преобразователь AC-DC); 3- блок управления; 4 – устройство обработки аналого-цифровой информации; 5 – источник напряжения для электроосмотической влагозащиты; 6 – преобразователь электрического сигнала; 7 – коммутирующее устройство.

Диагностическое напряжение, от преобразователя электрического сигнала 6, подается на диагностируемое оборудование, погружной электродвигатель, находящийся в скважине. Информация о состоянии изоляции погружного электродвигателя от преобразователя сигнала 6 поступает на вход устройства обработки аналого-цифровой информации 4. По величине поступившего сигнала устройство 4 может подать команду на блок управления 3 и заблокировать работу насосной станции или оставить оборудование в работе.

Информация о состоянии диагностируемого оборудования выводится при помощи световой сигнализации на корпус устройства.

Так же необходимо отметить, что данная схема устройства помимо диагностирования изоляции может выполнять и защитную функцию. Это выражается в постоянном наложении внешнего электрического поля от источника напряжения 5 во время технологической паузы. При подаче напряжения (+ от источника питания на обмотку погружного электродвигателя, - на его корпус) в изоляции начинают происходить электроосмотические процессы. За счет приложенной разности потенциалов будет происходить процесс перемещения жидкости в каналах, образовавшихся в теле изоляции в процессе эксплуатационного старения. Скорость данного процесса во многом будет зависеть от температуры жидкости и ее химического состава [6]. Перемещение жидкости

приведет к частичному восстановлению (уменьшению скорости снижения сопротивления изоляции) в процессе эксплуатации погружного электрооборудования водоснабжающих установок [7].

Заключение

Предложенная схема диагностического устройства может позволить решить ряд технических проблем способствующих снижению затрат и повышению эксплуатационной надежности контролируемого оборудования. Устройство позволит реализовать постоянный контроль за состоянием изоляции погружных электродвигателей обслуживающим персоналом, продлить срок эксплуатации за счет восстановления сопротивления изоляции от перемещения жидкости при электроосмотических явлениях при подаче внешнего электрического поля на оборудование.

Список источников

1. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей [Текст] – М.: Энергосервис, 2003 г. – 168 с.
2. Межотраслевые типовые инструкции по охране труда при эксплуатации электроустановок, проведении электрических измерений и испытаний. ТИ Р М-(062-074)-2002 [Текст] – М.: Деан, 2011г. – 224 с.
3. Правила по безопасности при эксплуатации электроустановок. ПОТ Р М-016-2001. РД 153-34.0-03.150-00 [Текст] – М.: Эксмо, 2020г. – 96 с.
4. Козичев, Р.В. Обзор устройств управления и защиты погружными электронасосными установками /Козичев, Р.В., Трушкин В.А.//Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы IX международной научно-практической конференции. – Саратов: ЦеСАин, 2018. – с.394-397.
5. Сибикин, Ю. Д., Сибикин М. Ю. Диагностика и техническое обслуживание электроустановок потребителей. Учебное пособие. М.: ИП РадиоСофт, НЦ ЭНАС. – 2019 г.-392 с.
6. Трушкин В.А. Обоснование активного способа защиты изоляции погружных электродвигателей (на английском языке) [Электронный ресурс] / В.А. Трушкин, Р.В. Козичев, О.Н. Чурляева // E3s Web of Conferences Том 124 (2019) Международная научно-техническая конференция Smart Energy Systems 2019 (SES-2019) Казань, Россия, 18-20 сентября 2019 г. EDP Sciences. Creative Commons Attribution License 4.0. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912402003>
7. Немировский, А.Е. Повышение эффективности сушки и влагозащиты изоляции электродвигателей, используемых в сельском хозяйстве, на основе интенсификации электроосмотических явлений: автореферат дис. ... доктора технических наук: 05.20.02. - Санкт-Петербург-Пушкин, 1993. - 50 с.

Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, г. Саратов
ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ БЫТОВЫХ ИНКУБАТОРОВ

***Аннотация.** В настоящей статье приведен анализ бытовых инкубаторов, выявлены недостатки, приведен рабочий процесс, намечены пути совершенствования инкубаторов для яиц различных видов птиц.*

***Ключевые слова:** инкубатор, автоматическое управление, механизм поворота.*

В последнее время доля продукции полученной в приусадебных хозяйствах возрастает, увеличивается поголовье скота, а также домашней птицы. Развитие частного сектора способствует росту спроса на различное сельскохозяйственное оборудование, в том числе на бытовые инкубаторы.

Успешному развитию домашнего птицеводства способствует использование для получения молодняка птицы бытового инкубатора. Он позволяет получить молодняк птицы в любое время года в необходимом количестве. Значение бытового инкубатора повышается с ростом в подсобных хозяйствах количества высокопородистой птицы, плохо насиживающей яйца.

Конструирование инкубаторов, как у нас, так и за рубежом часто носит эмпирический характер. Создание и совершенствование инкубаторов базируется на многолетнем экспериментировании [1,2]. Бытовые инкубаторы существенно отличаются от промышленных более простой конструкцией. Они не имеют устройств для осушения и охлаждения, т.к. их установка нецелесообразна с точки зрения существенного удорожания такого инкубатора. Регулирование воздухообмена и поддержание влажности в них производится вручную. Условия эксплуатации бытовых инкубаторов должны быть менее требовательны и т.д. Основными направлениями снижения удельных энергозатрат при инкубации яиц являются повышение выводимости молодняка, удельной вместимости инкубатора, снижение потерь энергии через стенки инкубационной камеры, оптимизация параметров воздухообмена. Этим вопросам и посвящена данная статья.

Известные бытовые инкубаторы обладают рядом недостатков, оказывающих отрицательное влияние на результаты инкубации, приводящими к снижению выводимости и низкому качеству выведенного молодняка:

- в какой-то период инкубации существует вероятность превышения влажности или температуры в инкубационной камере даже при отсутствии в ней увлажнителя и при отключенных нагревателях;

- электрооборудование, размещенное в одной камере с инкубируемыми яйцами, отрицательно сказывается на развитии зародыша яиц вблизи области размещения, в то же время факторы среды инкубационной камеры неблагоприятно сказываются на работе электрооборудования инкубатора;

- в простых конструкциях отсутствуют автоматический поворот яиц, вентиляционные отверстия, не предусмотрено регулирование влажности, не представлено рекомендаций по воздухообмену и др. Получение молодняка низкого качества в таких инкубаторах может привести к ослаблению стада птицы в подсобном хозяйстве, развитию и распространению инфекционных заболеваний.

Практически все известные механизмы поворота яиц в бытовых инкубаторах обладают рядом недостатков, основными из которых можно назвать отсутствие возможности обеспечения оптимального поворота для яиц различных видов домашней птицы, нерациональное использование объёма инкубационной камеры, неудобство эксплуатации и др. [3,4].

Практически все недостатки были минимизированы в инкубаторе, предложенный в работе [2,4]. Однако, предлагаемая система автоматизации механизма поворота яиц не учитывает, то что при закладки в инкубационную камеру яиц различных видов домашней птицы, температурный режим будет неравномерен, поскольку из-за разности размера яиц, угол поворота будет отличен от заданного, например, в сравнении куриного и утиного (рис.1).

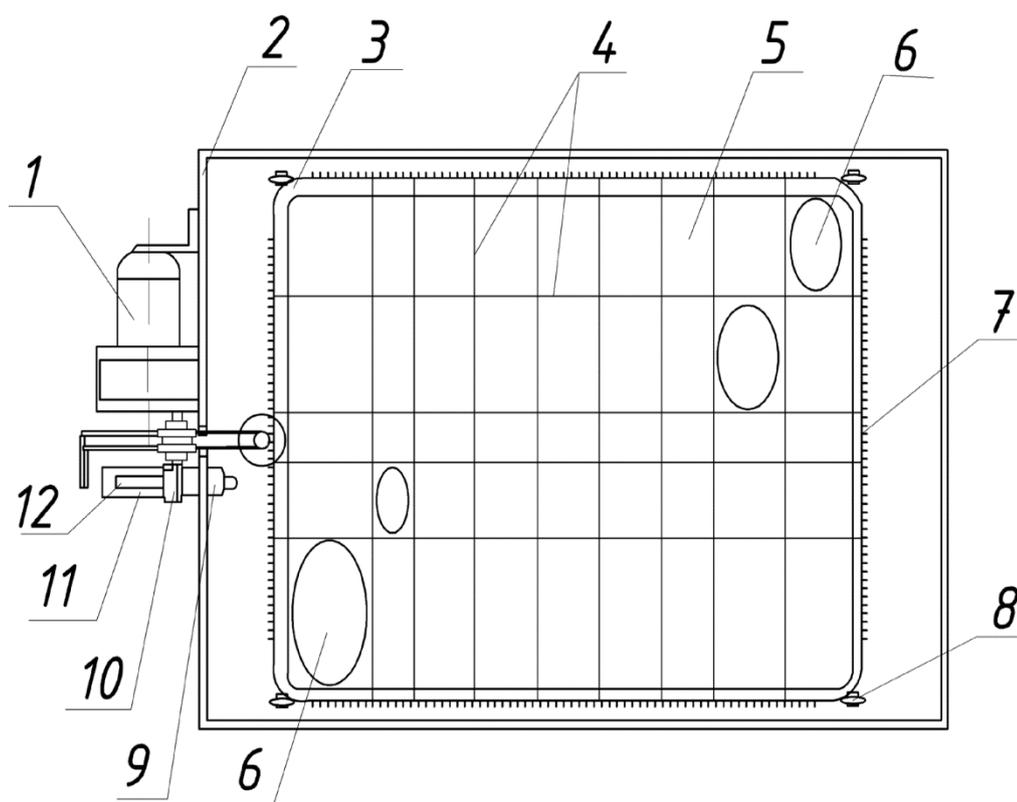


Рис. 1. Механизм поворота яиц бытового инкубатора

1– электропривод, 2–лоток для яиц, 3 – рамка сепаратора, 4 – упругие неметаллические нити, 5- ячейки для яиц, 6- яйца разных видов домашней птицы, 7 – насечки, 8 – колесики, 9, 10 – конечные выключатели, 11 – рейка, 12 – прорезь для регулирование угла поворота

Механизм поворота яиц бытового инкубатора работает следующим образом. Размер ячейки 5 сепаратора устанавливают под размер инкубируемых яиц 6 путём перемещения нити 4 вдоль противоположных образующих рамки 3. При необходимости лишние нити сдвигаются. Сепаратор укладывается в лоток 2 для яиц и соединяется с электроприводом 1. В ячейки 5 сепаратора укладываются инкубируемые яйца 6. Конечный выключатель 10 фиксируют в прорези 12 рейки 11 в положении, обеспечивающем поворот инкубируемого яйца на угол 180°. Поворот яиц осуществляется путём их перекатывания по дну лотка 2 за счёт перемещения сепаратора. Насечка 7, нанесённая на внешние стороны рамки 3, предотвращает проскальзывание нити вдоль

противоположных образующих. При переводе инкубатора на режим вывода сепаратор вынимается из лотка.

Т.о. необходимость решения вопроса в разработке системы автоматизации механизма поворота яиц, для равномерного температурного режима, при закладки в инкубационную камеру яиц различных видов домашней птицы, является актуальным.

Список источников

10. Бессарабов Б.В. Практикум по инкубации яиц и эмбриологии сельскохозяйственной птицы. - М.: Агропромиздат, 1992. - 145 с.
11. Данилов В.Н., Галимарданов И.И. Повышение надёжности бытового инкубатора. Сборник научных трудов Кубанского ГАУ, Краснодар, 2001.
12. Данилов В.Н., Галимарданов И.И. Бытовой инкубатор. Проблемы агропромышленного комплекса (инженерные науки). Материалы международной научно-практической конференции «Проблемы АПК» посвященной 60-летию победы под Сталинградом. - Волгоград, 2003 г.
13. Патент РФ №2188541. Инкубатор бытовой. Данилов В.Н., Галимарданов И.И., 2002 г.

Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, г. Саратов
**РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ В УЧЕБНЫХ И
НАУЧНЫХ КОМПЛЕКСАХ ВЫСШИХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ**

Аннотация. В настоящей статье разработан комплекс энергосберегающих мероприятий для повышения энергоэффективности образовательного учреждения, на примере объектов СГАУ.

Ключевые слова: энергосбережение, электроэнергия, системы, освещение, организационные мероприятия, экономический эффект.

В настоящее время проблемам внедрения энергосберегающих мероприятий в разные сферы хозяйства посвящены многие научные работы и уделяется значительное внимание [1]. Однако разработкам энергосберегающих мероприятий в бюджетных образовательных организациях не уделяется должного значения. В работах многих специалистов акцент ставится на совершенствовании учета потребления энергоносителей, что, конечно, важно, но недостаточно. Для учета всех факторов, влияющих на энергоэффективность объекта, необходимо разработать комплексную программу энергосбережения. Данной проблеме и посвящена настоящая статья.

Итак, приведем наиболее значимые мероприятия по энергосбережению и ожидаемый эффект.

а) Применение энергосберегающих (экономичных) источников света – ламп. Ожидаемый эффект: При замене, эффект составит по предварительным расчетам 25...45% от электроэнергии, расходуемой в СГАУ на цели освещения. (Например, при замене 1 светильника ЛВО 4x18 на светильник СВО 4x9, при работе в сутки около 4,8 часов срок окупаемости составит 1 год, при среднем тарифе 4,7кВт*час) [2].

б) Запрет на применение некомпенсированных светильников с люминесцентными лампами, по возможности замена установленных светильников без компенсации. Ожидаемый эффект: Светильники с люминесцентными лампами без встроенного компенсирующего конденсатора имеют низкий cosφ, что приводит к увеличению в 1,3...1,4 раза тока в осветительной сети и вызывает увеличение потерь энергии в проводах и кабелях питающих линий 0,4 кВ. Экономия электроэнергии за счет снижения потерь в проводах и кабелях.

в) Отключение ненужного и излишнего освещения в кабинетах, аудиториях, лабораториях. Ожидаемый эффект: Поскольку счетчики считают бесполезно утекающие деньги, при этом мощность освещения большая и составляет от 400...600 Ватт до нескольких киловатт в каждом помещении. Максимальный эффект может быть значительным – снижение на 20...30% доли электроэнергии потребляемой на цели освещения.

г) Поддержание чистоты световых проемов (окон). Ожидаемый эффект: Периодическое мытье окон позволит в дневное время во многих случаях обходиться естественным освещением без включения искусственного, электрического. Ситуация «днем с огнем» не потребует. Измерения, проведенные многократно на объекте, показали, что после мытья визуально сравнительно чистых окон естественная

освещенность на рабочих поверхностях (столах, стендах) увеличивается в 1,7...2 раза! Соответственно уменьшаются затраты на освещение до 30%.

д) *Применение светильников местного освещения в кабинетах.* Ожидаемый эффект: При работе 1,2,3 человек в кабинете достаточная освещенность на рабочем столе обеспечивается светильником местного освещения с компактной люминесцентной лампой (КЛЛ) мощностью 9...15Вт. При этом не включается общее освещение, которое требует в 10...15 раз больше электроэнергии. В настоящее время светильники местного освещения в СГАУ практически не применяются. Значительная экономия электроэнергии, до 80%.

е) *Регулярный демонтаж или замена неисправных люминесцентных ламп в светильниках.* Ожидаемый эффект: Неисправные люминесцентные лампы, не создающие светового потока, особенно если накалены их электроды (свечение вблизи торцов лампы) потребляют в 1,5 раза больше электроэнергии, чем в нормальном режиме. Этот расход электроэнергии длителен и бесполезен. Регулярно (лучше ежедневно) проводить осмотр светильников и снимать неисправные лампы по мере их выявления или заменять исправными, это позволит сократить расходы на электроэнергию до 20-30%.

ж) *Выявление и пресечение возможных случаев воровства электроэнергии путем самовольных и незаконно санкционированных подключений к электрическим сетям СГАУ.* Ожидаемый эффект: Проверка, приведение в порядок, внесение изменения в однолинейные схемы ВРЩ, РУ-0,4 кВ; ТП, сравнительный анализ энергопотребления по аналогичным объектам, проверка отходящих линий, узлов учета электроэнергии, позволит сэкономить до 20-50 % электроэнергии.

з) *Организация автоматического управления освещением с помощью датчиков (присутствия) в коридорах, лестничных клетках, туалетах, умывальных и других помещениях с недлительным присутствием людей [3,4].* Ожидаемый эффект: Экономия электроэнергии за счет сокращения времени включенного состояния светильников. (Например, при контроле датчиком ДДС 2-х светильников СВО 4x9 (соответственно сокращая время работы светильников, например на 5 часов в сутки), срок окупаемости составит 1 год. При контроле датчиком ДДС 4-х светильников СВО - срок окупаемости составит 0,5-0,6 года. При контроле датчиком светильников ЛВО (с трубчатыми люминесцентными лампами) срок окупаемости снизится на 30-40% по сравнению с предыдущим примером.)

и) *Установка в части помещений с естественным освещением датчиков освещенности (фотореле), запрещающих включение электроосвещения в дневное время при достаточных уровнях освещенности.* Ожидаемый эффект: Экономия электроэнергии до 30% за счет сокращения времени включенного состояния светильников.

к) *Оптимизация (сокращение, ограничение) времени работы электродвигательного оборудования, замена оборудования повышенной мощности современным оборудованием, менее мощным.* Ожидаемый эффект: Старое оборудование с электроприводами (вентиляторы, насосы, станки и др.) комплектовалось, как правило, двигателями повышенной мощности, что обуславливалось крайне низкой ценой электроэнергии. При современных тарифах, эксплуатация такого оборудования обходится

очень дорого. Вопрос требует детальной проработки для принятия обоснованных решений, что также позволит добиться экономии электроэнергии.

л) *Проверка и развитие системы учета электроэнергии на объектах СГАУ.* Ожидаемый эффект: Введение дополнительных средств учета электроэнергии позволит выявить подразделения, экономно расходующие электроэнергию, а также «расточителей», и вести работу с ними. Экономия до 20-25%.

Список источников

1. Попова М.В. Методы повышения энергоэффективности зданий: учебное пособие / М.В. Попова, Т.Н. Яшкова. – Владимир: ВГУ, 2014. – 111 с.

2. Моисеев А.П. Электротехнологическое оборудование в сельскохозяйственном производстве: учебное пособие / В.А. Каргин, А.П. Моисеев, Л.А. Лягина, А.В. Волгин. – Саратов: Амирит, 2018. – 103 с.

3. Каргин В.А. Автоматизация систем управления технологическими процессами: учебное пособие / В.А. Каргин, А.П. Моисеев, Л.А. Лягина, А.В. Волгин, Е.А. Четвериков. – Саратов: Амирит, 2018. – 177 с.

4. Kargin, V.A. Adaptive system for automatic control of output effort of electromagnetic sausage-filler / V.A. Kargin, A.V. Volgin, A.P. Moiseev. – 14TH International Scientific-Technical conference on actual problems of electronic instrument engineering proceedings APEIE-2018 Volumes 1 Part 6 – 44894.

СПОСОБ ТРАНСПОРТИРОВКИ ПАЛЛЕТ ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫМИ АГРЕГАТАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОДЪЕМНОГО МЕХАНИЗМА

Аннотация: В статье приведены основные требования в части конструктивных особенностей подъемного механизма применяемого для электрифицированных агрегатов. В частности рассмотрены вопросы требований к реализации способа подъема грузов и модификации паллет.

Ключевые слова: электрифицированный агрегат, электротележка, механизмы технологического транспорта, паллет, подъемный механизм.

В настоящее время в различных сферах сельскохозяйственного производства, строительства, промышленности и т.п. широко распространено использование паллет. С их помощью легко реализуется транспортировка грузов, и проводятся погрузочно-разгрузочные работы. Особенность их применения состоит в транспортировке большого количества грузов за максимально короткий промежуток времени, исключающий переукладывание грузов. В среднем количество паллет на предприятии достигает порядка 200÷300 штук.

В разных сферах производства применяется различная техника для транспортировки паллет: от ручных гидравлических тележек до электрических автопогрузчиков. Следует отметить, что не каждое производство может позволить себе приобретение автопогрузчиков в виду их высокой стоимости, особенно это касается средних и мелких производств. Работ по перемещению грузов, в которых достаточно много. Поэтому предпочтительным вариантом будут являться агрегаты, описанные в [1].

Подобного рода электрифицированный агрегат имеет относительно низкую стоимость, простоту исполнения, надежность, хорошую маневренность, а также наличия одного оператора на несколько агрегатов, что является немаловажным фактом. Роль оператора состоит в корректировке маршрута транспортировки грузов, устранения мелких неисправностей, контроль заряда АКБ, проведения незначительных ТО и т.п.

Электрифицированный агрегат имеет недостаток, заключающийся в отсутствии погрузочно-разгрузочного механизма паллет, что существенно ограничивает его функционал. В рамках настоящей статьи предпринята попытка это исправить. Предлагается использовать на агрегате разработанную систему подъемного механизма.

Система подъемного механизма реализована на основе кривошипно-шатунного механизма, который предназначен для преобразования из вращательного движения в возвратно-поступательное, и наоборот. В данном случае задействованы все диски (в конструкции их 4) и использующие в качестве тяги мотор-редуктор. Диск с одной стороны создает вращательное движение посредством рычага, с целью уменьшения усилия, а с другой стороны совершает возвратно-поступательные движения в направлении понятия груза (рисунок 1).

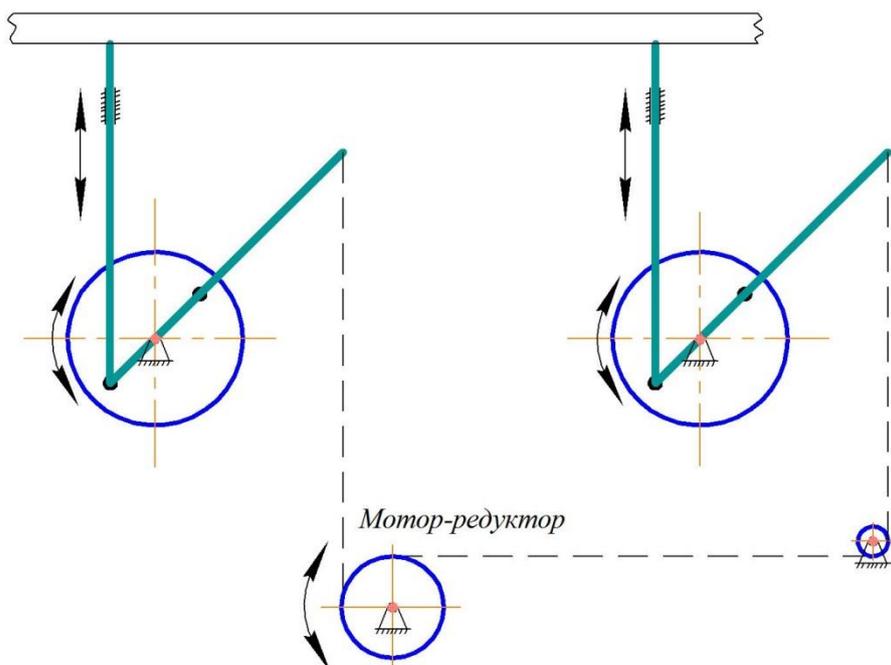


Рисунок 1 – Схема работы погрузочно-разгрузочного механизма

Положением платформы осуществляется в вертикальном пространстве, с помощью штока установленного на диске. Рычаги в свою очередь по средствам тросов присоединяются к мотор-редуктору, который и определяет их положение. Приложив усилие к рычагу, происходит поднятие груза и его транспортировка в таком положении до нужного места, а снятие усилия приводит к опусканию груза.

Для реализации этого способа также необходимо модифицировать конструкцию паллета. С этой целью к нему дополнительно крепят подставки, которые позволяют электрифицированному агрегату заезжать под паллет (рисунок 2).

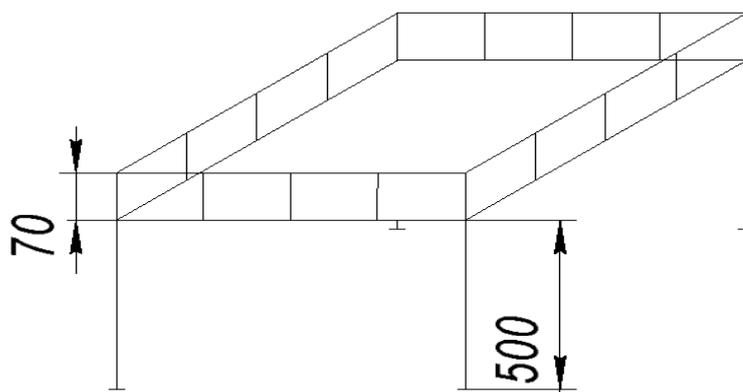


Рисунок 2 – Образец модифицированного паллета

Окончательный вид электрифицированного агрегата с подъемным механизмом примет вид (рисунок 3).

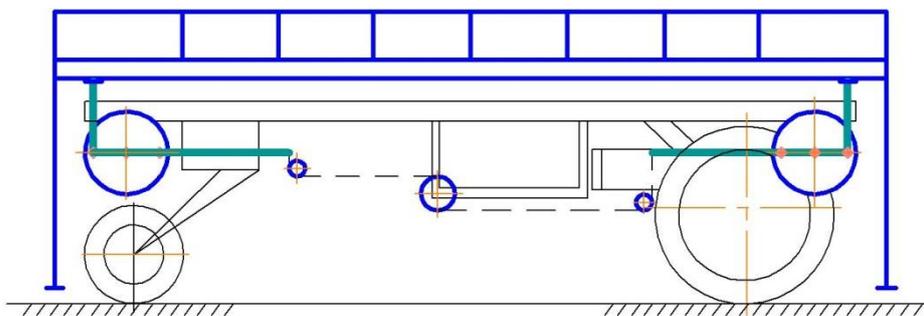


Рисунок 3 – вид электрифицированного агрегата с подъемным механизмом

Груз поднимается на высоту 70÷150 мм, этой высоты достаточно для того, чтобы агрегат имел возможность перевозить груз в условиях предприятия. Точек опоры в четырех местах будет также достаточно, чтобы паллет устойчиво держался на агрегате. Кроме того, предполагается, что на внешней поверхности опор будет нанесено специальное прорезиненное покрытие, предотвращающее скольжение при поворотах и ускорении.

Управление механизмом подъема может производить оператор посредством пульта управления. Достоинством данной системы является ее простота, низкая металлоемкость и энергозатратность по сравнению с другими системами подъема.

Таким образом, применение данного электрифицированного агрегата позволит увеличить эффективность транспортных операций на производстве, сократить экономические затраты, уменьшить число людей, занятых на транспортных операциях.

Список источников

1. Шлюпиков, С.В. Конструктивные особенности электрифицированных агрегатов для транспортировки грузов / С.В. Шлюпиков, А.Ю. Корнилов, А.О. Горшенин // «Современные проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса» Сборник статей по итогам междунар. науч.-практ. конф. 2019 / Саратов: ООО «Амирит», 2019. – С. 94-101.
2. Трушкин, В.А. Перспективы использования RGB-датчиков в автономных машинах транспортировки грузов (на примере тепличного хозяйства) / В.А. Трушкин, С.В. Шлюпиков, А.Ю. Корнилов, А.О. Горшенин // «Актуальные проблемы энергетики АПК»: Материалы X нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием / Под общ. ред. Трушкина В.А.– Саратов: ООО «ЦеСАин», 2019. – С. 238-241.
3. Трушкин, В.А. Конструктивные особенности электрифицированных машин для перевозки грузов в складских и подсобных помещениях / В.А. Трушкин, С.В. Шлюпиков, Р.А. Коротков // «Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники»: Материалы Междунар. науч.-технич. семинара имени В.В. Михайлова. – Вып. 30. –Саратов: ООО «КРОСС-Н», 2017. – С. 86-91.

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

МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СЕТЕВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Аннотация. Рассматриваются современные методы диагностики эксплуатационного состояния оборудования подстанций, воздушных и кабельных линий, среди которых выделяются тепловизионный и ультрафиолетовый контроль, щадящие и неразрушающие способы испытаний переменным напряжением.

Ключевые слова: диагностика электрооборудования, неразрушающий контроль, тепловизионный контроль, ультрафиолетовое обследование воздушных линий.

Новые современные методы для контроля состояния электроэнергетического оборудования широко внедряются практически всеми энерго-сетевыми компаниями в России. Применение этих методов можно обосновать тем, что в современных условиях эксплуатации требуется использовать новые бесконтактные методы диагностирования электрооборудования, избегая при этом длительные и технически сложные подготовительные работы, поэтому упор делается на оперативные, простые и недорогие методы, позволяющие проводить диагностику преимущественно под рабочим напряжением.

Рассмотрим методы, которые уже применяются для контроля оборудования и новые, планируемые к широкому внедрению в диагностическую практику электросетевых организаций. Так в подавляющем большинстве случаев применяются безразборные методы диагностики электротехнического оборудования с использованием неразрушающих методов контроля. Данные методы являются более прогрессивным по сравнению с разрушающими методами и более эффективными. К ним относятся: тепловизионный контроль, акустический контроль, ультрафиолетовое обследование, хроматографический анализ, физико-химический анализ.

Использование неразрушающих методов контроля на многих региональных электросетевых предприятиях является централизованным и сам процесс расширения их эффективного применения требует организации подготовительных работ в три этапа:

Определение перечня контролируемых параметров для конкретного вида диагностируемого оборудования.

Определение используемых и необходимых средств диагностики в зависимости от типа оборудования и критичности его состояния.

Подготовка квалифицированного персонала для обслуживания приборной части.

Самое широкое распространение получил тепловизионный контроль, который применяется для различного оборудования, в частности для обследования нагрева контактных соединений в инфракрасном диапазоне на подстанциях любого уровня напряжения. Использование компактных тепловизоров для проведения обследования распределительных сетей 0,4 – 10 кВ, приборов для диагностики аккумуляторных батарей позволяет перейти на более высокий уровень эксплуатации и ремонта оборудования электрических сетей.

Для диагностики состояния высоковольтных линий применяют следующие такие методы, как обследование состояния фундаментов и опор воздушных линий (ВЛ), магнитоскопия проводов и защитных тросов, ультрафиолетовое обследование оборудования, тепловизионный контроль ВЛ и лазерное аэросканирование ВЛ. Здесь следует обратить внимание на внедрение и использование прогрессивных двухспектральных (со встроенными УФ- и видимым диапазоном) камер DayCor, которые позволяют диагностировать опорностержневую и подвесную изоляцию 6-220 кВ, при этом с высокой точностью выявляют коронные и дуговые разряды при плохой погоде и солнечном освещении на дефектных изоляторах и при повреждении элементарных проводников высоковольтной линии. Некоторые системы УФ-контроля разработаны специально для движущихся транспортных средств, что помогает обнаруживать коронный разряд и электрическую дугу на высокой скорости движения.

Высокую эффективность ультрафиолетовая диагностика показывает при обследовании ВЛ и оборудования подстанций, которые наиболее сильно подвержены загрязнению и располагаются вблизи автодорог и промышленных объектов. По производительности, наглядности диагностической информации УФ-метод имеет преимущества перед ультразвуковым, радиолокационным и другими методами функциональной дистанционной диагностики изоляторов.

Среди современных щадящих и неразрушающих методов диагностики кабельных линий выделяются метод испытаний переменным напряжением сверхнизкой частоты 0,1 Гц, метод измерения и анализа возвратного напряжения, метод измерения и анализа тока релаксации, метод измерения и локализации частичных разрядов. В большинстве электросетевых компаний введены в работу передвижные электротехнические лаборатории для диагностики и испытания кабельных линий электропередачи, в которых реализованы все известные методы поиска повреждений кабельных линий, что позволяет определять повреждения любой сложности, а также имеется многоуровневая система безопасности и трехфазная система подключения, которые гарантируют максимальную безопасность и удобство для персонала. Среднее время поиска повреждения теперь составляет до 30 минут.

Современные методы позволяют выявлять начинающиеся повреждения электрооборудования, что очень важно для сокращения расходов на ремонты и является шагом от проведения ремонтов в соответствии с планово-предупредительными ремонтами к ремонтам по фактическому состоянию оборудования. Неразрушающие технологии в диагностике обнаруживают начальную стадию развития процесса повреждения, предотвращая в большинстве случаев безвозвратный выход из строя дорогостоящего электрооборудования.

ПРИМЕНЕНИЕ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ДЛЯ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация: Рассмотрены вопросы оптимальной ориентации солнечных коллекторов применительно к условиям южных районов Ростовской области. Расположение установки по принятым показателям позволяет обеспечить максимальную равномерную производительность в течении теплого периода года

Ключевые слова: гелиоустановка, солнечный коллектор, возобновляемая энергетика.

Повышение энергоэффективности систем теплоснабжения может быть достигнуто за счет совершенствования теплозащитных конструкций, применения автоматизированных систем управления параметрами теплоносителей и использования нетрадиционных и возобновляемых энергетических ресурсов.

Годовой потенциал солнечной энергии в южных районах Ростовской области составляет 1250,2 кВт·ч/м² [1]. Это позволяет использовать данный ресурс в качестве источника энергии в гелиоустановках для горячего водоснабжения.

Значение солнечного излучения в летние месяцы (180,3 кВт·ч/м²) существенно превосходит значения в зимние месяцы (31,15 кВт·ч/м²) [1]. Таким образом, применение гелиоустановок для горячего водоснабжения является целесообразным в период с апреля по октябрь [2].

Эффективная работа гелиоустановок зависит от многих параметров, среди которых наибольшее значение имеет ориентация солнечных коллекторов. Данные конструкции рекомендуется располагать строго на юг под углом, равным широте местности. Для точного ориентирования солнечных коллекторов используются следующие математические выражения:

– оптимальный азимутальный угол направления солнечного коллектора

$$\gamma_{\text{опт}} = \arctg \frac{\sum N_{\Gamma i} \operatorname{ctg} \alpha_i \sin \gamma_{Ci}}{\sum N_{\Gamma i} \operatorname{ctg} \alpha_i \cos \gamma_{Ci}} \quad (1)$$

– оптимальный угол наклона солнечного коллектора

$$\beta_{\text{опт}} = \arctg \frac{\sum \left[N_{\Gamma i} \operatorname{ctg} \alpha_i \cos(\gamma_{Ci} - \gamma_{\text{опт}}) \right]}{\sum N_{\Gamma i}} \quad (2)$$

где $N_{\Gamma i}$ – плотность солнечного излучения на горизонтальную площадку соответственно за i -тый промежуток времени, Вт/м²;

α_i – средний угол солнца над горизонтом в i -тый период времени, град;

γ_{Ci} – средний азимут солнца за i -тый период времени, град.

С учетом статистических данных и формул(1) и (2) были получены результаты оптимальной ориентации солнечных коллекторов для условий южных районов Ростовской области. Результаты вычислений представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты расчетов по определению оптимального азимутального угла и оптимального угла наклона для каждого месяца.

Месяц	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
$\gamma_{\text{опт}}$	-7,64	-14,78	-8,16	-6,09	-9,58	-22,97
$\beta_{\text{опт}}$	38,66	30,16	25,6	26,96	34,36	47,74

Как видно из анализа данных таблицы 1, оптимальный азимутальный угол и оптимальный угол наклона существенно отличается в сентябре. При ежемесячном переориентировании солнечного коллектора существенно увеличатся затраты на его эксплуатацию. Поэтому рекомендуется устанавливать солнечный коллектор по средним значениям месяцев с апреля по август ($\gamma_{\text{опт}} = -9^{\circ}$; $\beta_{\text{опт}} = 31^{\circ}$).

С учетом принятой ориентации был проведен расчет удельной среднемесячной дневной теплопроизводительности гелиоустановки с вакуумными трубками в коллекторах [3]. Результаты расчета представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты расчета удельной среднемесячной дневной теплопроизводительности гелиоустановки

Месяц	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	Всего
Теплопроизводительность, кВт·ч/м ²	135,0	148,6	164,3	151,3	139,5	126,5	865,1

Таким образом, применение солнечных коллекторов с вакуумными трубками в южных районах Ростовской области при их оптимальной ориентации на юг со смещением 9° на восток под углом установки 31° позволяет обеспечить равномерную теплопроизводительность в течении теплого периода года и дает экономию традиционных энергоресурсов 865,1 кВт·ч на 1 м² площади поверхности коллектора. Длительный срок службы гелиоустановки (20...25 лет) обеспечивает значительный экономический эффект.

Список источников

1. Даус Ю.В., Дьяченко В.В. Об оценке потенциала солнечной энергии на начальном этапе проектирования фотоэлектрических установок / Ю.В. Даус, В.В. Дьяченко // [ЭНЕРГЕТИКА I АВТОМАТИКА](#). – Киев: [Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины](#), 2018. – с. 35–44.
2. Старовойтов С.А. Солнечная энергия и перспективы ее использования в ростовской области/ С.А. Старовойтов // Строительство и архитектура – 2015. – Ростов-на-Дону: Редакционно-издательский центр РГСУ, 2015. – с. 207–209.
3. Слесаренко В.В., Гульков А.Н., Слесаренко И.В., Особенности эксплуатации вакуумных солнечных коллекторов в системах / В.В. Слесаренко, А.Н. Гульков И.В. , Слесаренко // [Энергосбережение](#) и водоподготовка – Москва: ЭНИВ, №3 (95), 2015. – с. 26–31.

СОДЕРЖАНИЕ

Авинов В.В. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РЕКОНСТРУКЦИИ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ ТОЛЬЯТТИНСКОЙ ТЭЦ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЕЁ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ.....	3
Бакиров С. М., Молякова Е. С., Конохов Д.А. ПРОБЛЕМА ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ В СЕЛЬСКИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ.....	5
Бакиров С. М., Елисеев С. С., Гуринов И.А. АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПРЕОБРАЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ НА ТЕРРИТОРИИ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ.....	8
Бакиров С.М., Митрофанов Д.В., Мамышева Е.Ж. ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ СПОСОБА ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ПОЧВЫ.....	12
Бакиров С. М., Логачёва О. В., Ищенко А. П., Попов М.В. РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ АККУМУЛЯТОРНОГО СПОСОБА ПИТАНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ОПОРНОЙ ТЕЛЕЖКИ СЕКЦИИ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ.....	16
Безик Д.А., Романеев Н.А., Безик В.А., Кисель Ю.Е. РАСЧЕТ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ ОПОРЫ ЛЭП В АВАРИЙНОЙ СИТУАЦИИ ПРИ ОБРЫВЕ ПРОВОДА.....	22
Билалова А.И. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ТРАНСПОРТНЫХ МЕХАНИЗМОВ С ВЫСОКИМ КПД.....	27
Буглак А.А., Моисеев А.А. РАЗРАБОТКА ЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫМИ СИСТЕМАМИ	29
Вахрушев А.А., Рассохин И.М., Каргин В.А. ПРОГРАММИРОВАНИЕ И НАСТРОЙКА АДАПТИВНОЙ УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ...	34
Вендин С.В. ПЕРЕДАЧА ИМПУЛЬСА МОЩНОСТИ ПРИ СВЧ ОБРАБОТКЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СРЕД	38
Власенко А.А. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ	41

Власенко А.А. КЛАССИФИКАЦИЯ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ.....	44
Волгин А.В., Ганжа Н.В., Панкратов А.С., Замудряков Ю.Г. ОСОБЕННОСТИ ЭНЕРГОПРЕОБРАЗОВАНИЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ УДАРНОЙ МАШИНЫ ДЛЯ ЗОНДИРОВАНИЯ ГРУНТА НА ОБЪЕКТАХ АПК.....	46
<i>Гуринов И.А., Гливенко Р.Д., Лошкарева О.В.</i> СПОСОБЫ ХИЩЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И ИХ РОЛЬ В СТРУКТУРЕ КОММЕРЧЕСКИХ ПОТЕРЬ.....	48
Игамов А.Р., Макаричев Ю.А. БЕСЩЕТОЧНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ ДЛЯ АВТОНОМНЫХ ОБЪЕКТОВ	52
Игамов А.Р., Макаричев Ю.А. БЕСЩЕТОЧНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ ДЛЯ АВТОНОМНЫХ ОБЪЕКТОВ	54
Забродина О.Б., Сержанов О.Н., Рак А.П. МОДЕЛЬ УЗЛА НАГРУЗКИ 0,22 КВ С НЕЛИНЕЙНЫМИ ОДНОФАЗНЫМИ ПРИЕМНИКАМИ	56
Корниенко Ю.Ф., Головинов В.В. ПОРЯДОК ВЫБОРА КОРРЕКТОРА КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ С РАССТРОЕННЫМ ФИЛЬТРОМ.....	60
Кочелаевская К.В., Панкратова Е.В., Рыжова Е.В., Тимирова А.Р. МОНИТОРИНГ ВЛИЯНИЯ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ РЕАГЕНТОВ, КАК ИСТОЧНИКА АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ	62
Савельева С.Б., Логачёва О.В. ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБА УДАЛЕНИЯ ЛЬДА С ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ	68
Лягина Л.А., Дюкарев В.В., Потапов А.А. ШИРОТНО-ПРЕРЫВНЫЙ СПОСОБ СУШКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ	71
Лягина Л.А., Дюкарев В.В., Шляхов С.Д. КЛАССИФИКАЦИЯ УСТАНОВОК ДЛЯ СУШКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ	74
<i>Лягина Л.А., Курников Д.П.</i> МЕХАНИЗМ СУШКИ ПЛОДОВ И ЯГОД.....	78
Лягина Л.А., Четвериков Е.А., Волгин А.В., Селезнев Г.Н. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИЙ КОМБИНИРОВАННОЙ СУШКИ.....	80

Лягина Л.А., Четвериков Е.А., Волгин А.В., Селезнев Г.Н. РАЗРАБОТКА СХЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ШАХТНОЙ ЗЕРНОСУШИЛКИ.....	82
Мамонтов А.Ю., Вендин С.В., Ульяновцев Ю.Н. ЗАВИСИМОСТЬ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ ВНУТРИ БИОГАЗОВОГО РЕАКТОРА ОТ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ КОРПУСА.....	84
Милюткин В.А.Бородулин И.В., Агарков Е.А. СИНЕ-ЗЕЛЕННЫЕ ВОДОРОСЛИ-КАК КОМПЛЕКСНЫЙ ИСТОЧНИК НЕТРАДИЦИОННОЙ И ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГИИ	86
Моисеев А.А., Ганжа Н.В. ПРОГРАММИРУЕМАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ КОРМОРАЗДАЧИ.....	90
Моршнев А. Ю. ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА.....	94
Олонин И.Ю. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ В ТЕПЛИЧНОМ ОВОЩЕВОДСТВЕ.....	97
Осташенков А.П. АЛГОРИТМЫ ПОИСКА ДЕФЕКТОВ В ЭЛЕМЕНТАХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ УСТАНОВКАМИ.....	100
Рассохин И.М., Вахрушев А.А., Каргин В.А. МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ ЛЭМД УДАРНОЙ МАШИНЫ С АДАПТИВНОЙ САР	102
Рагимов Р.И., Головинов В.В. СПОСОБЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ПОДДЕРЖАНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЕЛЬСКИХ СЕТЯХ	106
Рязапов Г.М. АДАПТАЦИЯ РЕЖИМА РАБОТЫ ПЕРЕНОСНОГО ЗАРЯДНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ.....	108

Самойлов В.Е. ПРИМЕНЕНИЕ ДВУХКАМЕРНОГО ПВЭ В СХЕМЕ ВОЗДУШНОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ.....	111
Слободина Е. Н., Михайлов А.Г. ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛОТЫ В АВТОНОМНЫХ СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ.....	115
Стерхов А.И. Лошкарев И.Ю., Осадчий Н.В., Жижко А.И., Петрище К.А., Гливенко Р.Д. ТРЕБОВАНИЯ К АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ КОРРЕКЦИИ ОСВЕЩЕНИЯ ПОМЕЩЕНИЙ АПК С ФУНКЦИЕЙ УПРАВЛЕНИЯ И ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ ПЕРИФЕРИЙНЫХ УСТРОЙСТВ.....	118
Трушкин В.А., Козичев Р.В. ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ КОМБИНИРОВАННОГО УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ	126
Фаизов Р.Ш., Шеломанов К.В., Рахматуллин Р.Ф., Моисеев А.П. ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ БЫТОВЫХ ИНКУБАТОРОВ.....	131
Фаизов Р.Ш., Моисеев А. П. РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ В УЧЕБНЫХ И НАУЧНЫХ КОМПЛЕКСАХ ВЫСШИХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ	134
Шлюпиков С.В., Корнилов А.Ю., Парфёнов А.К. СПОСОБ ТРАНСПОРТИРОВКИ ПАЛЛЕТ ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫМИ АГРЕГАТАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОДЪЕМНОГО МЕХАНИЗМА.....	137
Чаплыгин В.А., Головинов В.В. МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СЕТЕВОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	140
Юдаев И.В., Токарева А.Н., Панченко С.В. ПРИМЕНЕНИЕ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ДЛЯ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ	142

Научное издание

**Актуальные проблемы энергетики АПК:
материалы XI национальной
научно-практической
конференции с международным участием**

Компьютерная верстка М.В. Муравьевой

Сдано в набор 03.06.20. Подписано в печать 10.10.20.
Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman.
Печ. л. 7.6 Уч.-изд. л. 6.10. Тираж 500.

ООО «ЦЕНТР СОЦИАЛЬНЫХ АГРОИННОВАЦИЙ СГАУ»
Отпечатано с электронных носителей издательства