

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 VIII международной
научно-практической
конференции**

Саратов 2017 г

УДК 338.436.33:620.9

ББК 31:65.32

A42

A42 **Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VIII международной научно-практической конференции/Под общ. ред. Трушкина В.А. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2017. – 311 с.**

ISBN 978-5-906689-54-2

УДК 338.436.33:620.9

ББК 31:65.32

Редакционная коллегия:

Трушкин В.А., к.т.н., доцент СГАУ;

Ерошенко Г.П., д.т.н., профессор СГАУ;

Каргин В.А., к.т.н., доцент СГАУ;

Лошкарев И.Ю., к.т.н., доцент СГАУ

Калганова С.Г., д.т.н., профессор СГТУ;

Угаров Г.Г., д.т.н., профессор СГТУ;

Артюхов И.И., д.т.н., профессор СГТУ

Муравьева М.В., к.э.н., доцент СГАУ

ISBN 978-5-906689-54-2

© ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ», 2017

© коллектив авторов, 2017 (тексты статей)

© ООО «ЦеСАин, 2017 (оформление)

СТАТЬИ

УДК 697.34

В.В. Авинов

Самарский государственный технический университет, г. Самара

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ВНУТРИСТАНЦИОННЫХ ТЕПЛОСЕТЕЙ ТОЛЬЯТТИНСКОЙ ТЭЦ

Тольяттинская ТЭЦ (ТоТЭЦ) является одним из основных источников отпуска тепловой энергии посредством сетевой воды городу для отопления и горячего водоснабжения жилых районов и предприятий.

Тепловая нагрузка ТоТЭЦ, вместе с пиковыми водогрейными котлами (ПВК), исходя из температурного графика 150/70 °С составляет 872 Гкал/ч, при этом нагрузка, приходящаяся на сетевые подогреватели, равна 654 Гкал/ч при нагревании воды в них на $\Delta t=60$ °С. Расход сетевой воды при расчете по базовому варианту равен 10900 т/ч, из них 900 т/ч – на собственные нужды.

Тепловые сети города Тольятти от ТоТЭЦ работают по закрытой схеме. Для покрытия теплофикационной нагрузки на ТоТЭЦ установлено 6 бойлерных установок, включающих 5 бойлеров ПСВ-500, 2 - ПСГ-1300, 5 - ПСГ-2300 и 6 ПВК типа ПТВМ-100. Для осуществления циркуляции сетевой воды в турбинном цехе ТоТЭЦ установлены 8 сетевых насосов 1-го подъема и 12 сетевых насосов 2-го подъема производительностью 1000 т/ч (4 шт.) и 2500 т/ч (16 шт.).

Особенностью магистральной (внутристанционной) тепловой сети ТоТЭЦ является нерациональное расположение и запутанность обвязки трубопроводов в районе ПВК, зауженность диаметров ряда трубопроводов и др., что обусловлено постепенным вводом мощностей станции.

Система теплоснабжения собственных нужд (ТСН) ТоТЭЦ строилась без разработки специального проекта. Первоначально теплоносителем в системе являлся отработавший в турбинах пар. Позже, по мере увеличения количества потребителей и одновременного сокращения мощности работающих котлов использовать в качестве теплоносителя пар стало не экономично, так как доля его расхода на собственные нужды значительно возросла и система была переведена на водяное теплоснабжение.

К тепловым сетям собственных нужд присоединено около 70 потребителей. Система теплоснабжения закрытого типа, тупиковая. Сетевая вода требуется в основном для отопления зданий и в меньшей степени для систем вентиляции и горячего водоснабжения.

В настоящее время система теплоснабжения разделена на несколько самостоятельных контуров, которые работают независимо один от другого. Каждый из контуров присоединен к магистральным (внутристанционным) тепловым сетям ТЭЦ. Таким образом, расход тепла на собственные нужды является составной частью тепла, вырабатываемого станцией в теплофикационном цикле.

С целью повышения энергоэффективности магистральной (внутристанционной) тепловой сети и сети собственных нужд ТоТЭЦ были

произведены работы (в два этапа) по их оптимизации с помощью компьютерных моделей.

На первом этапе была поставлена задача по оценке потенциальных возможностей работы магистральной (внутристанционной) тепловой сети ТoТЭЦ. Необходимость такой оценки связана с перспективным увеличением ее тепловой нагрузки на 120 и 320 Гкал/ч в ближайшем будущем [1].

На втором этапе исследования было необходимо оценить состояние тепловой сети собственных нужд ТoТЭЦ [2]. Так как расход сетевой воды на собственные нужды отличается от нормативного расхода в несколько раз.

На основе теории гидравлических сетей разработаны компьютерные модели внутристанционной 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 теплосетей ТoТЭЦ и уточнены гидравлические характеристики ее основного оборудования.

С помощью компьютерной модели выполнены исследования режимов работы внутристанционной магистральной теплосети ТoТЭЦ при увеличении ее тепловой мощности на 120 и 320 Гкал/ч. Выполнен анализ результатов численных расчетов режимов работы теплосети на ПЭВМ и разработаны варианты реконструкции существующей схемы теплосети. Предложено несколько режимов работы теплосети с увеличенными тепловыми нагрузками различных по составу работающего оборудования (насосов и сетевых подогревателей), при которых обеспечиваются заданные параметры на тепловых выводах и удовлетворяются нормативные требования.

По результатам проведенных исследований проанализированы основные показатели работы теплосети собственных нужд – общие затраты теплоты и расходы сетевой воды на собственные нужды, гидравлический и температурный режимы работы ТСН. С целью упорядочения учета потребления теплоты на собственные нужды разработан вариант реконструкции схемы теплосети собственных нужд Тольяттинской ТЭЦ.

Погрешность моделирования определялась путем сопоставления результатов расчетов на компьютерной модели с опытными данными и составляет 2-5 %, и в основном определяется точностью задания исходных данных.

Список литературы

1. А. А. Кудинов, В. В. Авинов, С. К. Зиганшина. Исследование режимов работы внутристанционной тепловой сети Тольяттинской ТЭЦ // Электрические станции. - 2006. - №4. - С. 27-32.

2. А.А. Кудинов, В.В. Авинов. Исследование режимов работы теплосети Тольяттинской ТЭЦ // XIV Международная научно-практическая конференция «Современные техника и технологии». Томск, 2008. Т. 3. С. 318-320.

А.А.Адилханов , Л. А. Садыкова

Западно – Казахстанский аграрно–технический университет им. Жангир хана, г. Уральск, Республика Казахстан.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В КАЗАХСТАНЕ

В статье показана актуальность проблемы энергосбережения и повышения энергоэффективности, состояние и проводимая в Казахстане работа в этом направлении, развитие нормативно-правовой базы, трудности в реализации энергосберегающих мероприятий.

Ключевые слова: электроэнергия, энергосбережение, энергоэффективность, закон, правила, освещение.

Развитие экономики Казахстана в 2000-х годах привело к устойчивому росту спроса на электроэнергию с 2001 г. в среднем на 4,9% в год (за исключением 2008-2009 гг.). За 2001-2011 гг. производство электроэнергии увеличилось на 49,2%, а его потребление на 53,9%. По итогам 2016 года потребление электроэнергии в республике составило 96 млрд кВт/ч, а производство – 93 млрд кВт/ч [1].

По данным ATBank Research, рост ВВП на 1 % влечет за собой 0,5% роста спроса на электроэнергию. По их оценке, при ежегодном росте ВВП в стране 6% в год в 2014 г. производство электроэнергии достигнет 92,6 млрд. кВт*. По данным Министерства Индустрии и новых технологий, увеличение спроса и предложения до 2020 г. составит 49% и 53%, соответственно. По прогнозам национального энергетического доклада KazEnergy к 2030 году ожидается рост этих показателей до 144,7 и 150,2 млрд кВт/ч соответственно, то есть на 58% и 66% [2].

Растущие потребности экономики Казахстана и населения в электроэнергии диктуют необходимость ввода новых электрических мощностей, что может быть достигнуто модернизацией и реконструкцией существующего оборудования электростанций, вводом новых энергоисточников. Но также развитие систем энергоснабжения может осуществляться одновременно с введением новых мощностей и путем энергосбережения.

Проблема рационального использования энергетических ресурсов приобретает все большую актуальность во всем мире, а ее решение становится стратегической задачей для многих государств. В настоящее время во всех развитых государствах меры по энергосбережению являются приоритетной государственной политикой. Продолжительный мировой экономический кризис, неуклонный рост цен на природные энергоресурсы, вопросы охраны

окружающей среды, снижения выбросов вредных веществ и парниковых газов в атмосферу диктуют необходимость принятия незамедлительных комплексных мер по решению вопросов энергосбережения и энергоэффективности.

Республика Казахстан, хотя уже предпринимается ряд мер, до последнего времени занимала одно из последних мест в области энергосбережения на постсоветском пространстве. Это связано с наличием значительных запасов ископаемых энергоресурсов (угля, нефти, газа), отсутствием заинтересованности у производителей и потребителей электрической и тепловой энергии из-за низких цен за энергопотребление, нерешенностью вопросов финансирования конкретных мероприятий, а также со слабым государственным регулированием энергосбережения. В это же время в ряде стран мирового сообщества, в том числе России, Беларуси, финансирование энергосбережения уже осуществляется за счет федеральных, региональных, корпоративных фондов энергосбережения. В связи с ростом потребления энергии в производственнохозяйственной деятельности и в быту, проблема энергосбережения приобретает не только экономическую, социальную, но и политическую значимость. Она стала одним из критериев оценки международного авторитета страны, в том числе и оценки инвестиционного климата. [3].

Потери при производстве электроэнергии составляют 10%, при транспортировке по сетям КЕГОКа – порядка 3-5%, на РЭК приходится 15-18%, а потери непосредственно при ее потреблении превышают 30 процентов, т.е. более половины производимой в Казахстане электроэнергии теряется.

Казахстан на сегодняшний день, по различным оценкам, располагает значительным потенциалом энергосбережения как по тепловой, так и по электрической энергии, который составляет 30-35%.

Для реализации потенциала энергосбережения необходимо выполнить целый комплекс работ как в сфере потребления (в промышленности, жилищнокоммунальной сфере, строительном комплексе, транспорте, на потребительском рынке и сфере услуг), так и при производстве и распределении энергии.

Первым шагом в направлении реализации энергосберегающей политики в мегаполисах Казахстана явилось создание экономической заинтересованности в установке приборного учета энергии и энергоносителей на объектах бюджетной сферы, промышленных предприятий, жилищной сферы и последующее практическое внедрение первых приборов, обеспечивающих индивидуальный и групповой коммерческий учет [4].

Практическое внедрение энергосберегающих проектов в Казахстане было начато в г. Алматы, который является одним из наиболее энергодефицитных мегаполисов Казахстана с развитой промышленностью и сложной инфраструктурой. Был создан Департамент энергосбережения г.Алматы и действующее предприятие ГКП «Энергосбережение», благодаря которым была

создана первая в Казахстане демонстрационная зона высокой энергетической эффективности и разработана первая в Казахстане Программа внедрения энергосберегающих мероприятий по городу Алматы на 2007-2016 годы. В Казахстане во всех областях предпринимаются различные меры по энерго и электросбережению. В моей, Западно-Казахстанской области, 17 февраля 2017 года во время отчетной встречи с населением аким области Алтай Кульгинов предложил внедрить проект «Умный город»[5]. У проекта «Умный город» две цели — безопасность, удобство и энергосбережение. Планируется достичь энергосбережение в рамках подключения всей системы освещения к единой базе управления. Это предполагает, что все уличные фонари в Уральске заменят на светодиодные устройства, которые будут потреблять минимальное количество электроэнергии. Внедряя такие проекты, мы сможем добиться основной задачи – снижения энергопотребления, которую ставит перед нами государство. Для ее достижения в Казахстане действуют законы «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности» и «О внесении изменений и дополнений в некоторые законодательные акты Республики Казахстан по вопросам энергосбережения и повышения энергоэффективности». В соответствии с поручением Главы государства, в области энергосбережения правительством разработана и утверждена программа «Энергосбережение – 2020». Также разрабатывается программа «Энергобаланс – 2020». Теперь вся страна будет жить по законам бережливости и предпочтения новых технологий, предназначенных как раз для разумного и рационального использования всех видов энергии.

Список литературы

- 1 <http://sk.kz/topblog/view/243>
- 2 <http://www.zakon.kz/4479046-k-2015-godu-investicii-v.html>
- 3 <http://www.trend.az/capital/business/1090327.html>
- 4 Жумабаев А. Предложения к расширению нормативно-правовой базы энергосбережения и энергоэффективности в экономике РК.
- 5 <http://www.uralskweek.kz/2017/02/17/uralsk-prevratitsya-v-umnyj-gorod/>

И. М. Амамбаев, Л. А. Садыгова

*Западно-Казахстанский агротехнический университет имени Жангир хана,
г. Уральск, Казахстан.*

СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ ОТ ИЗЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ ПОЛЯМИ

Источники электромагнитных излучений промышленной частоты. ЭМП в диапазоне частот от 0 до 3000 Гц условно называют электромагнитными полями промышленной частоты. Источники электромагнитных излучений промышленной частоты — это в первую очередь системы передачи и распределения электроэнергии (электростанции, трансформаторные подстанции, линии электропередачи, электросети административных зданий и др.), а также электрооборудование (электродвигатели, контроллеры, щиты и др.) и электропроводка производственного оборудования.

Мощными источниками излучения электромагнитной энергии являются провода высоковольтных линий электропередач (ЛЭП) промышленной частоты 50 Гц. Напряженность ЭМП непосредственно над проводами и в определенной зоне вдоль трассы ЛЭП может значительно превышать ПДУ электромагнитной безопасности населения.

На объектах железнодорожного транспорта источники электромагнитного поля — это системы электроснабжения электрифицированных железнодорожных линий, силовые трансформаторные подстанции, транспорт на электроприводе, системы и линии электропередач депо, грузовых районов станций, пунктов обработки вагонов и ремонтных производств, электросети административных зданий. К примеру, электротранспорт является весьма мощным источником магнитных полей промышленной частоты.

В производственных помещениях с большим количеством различного электрооборудования всегда имеется большое количество электропроводки, находящейся под постоянным напряжением. При этом она не всегда экранирована. Наличие железосодержащих конструкций и коммуникаций в зданиях создает эффект «экранированного помещения», что усиливает электромагнитный фон, не позволяя ему рассеиваться.

Воздействие ЭМП промышленной частоты на организм человека. Эффект взаимодействия тканей тела человека с электромагнитным полем зависит от поглощенной тканями за определенное время энергии поля, т.е. дозы облучения. В основе взаимодействия лежит эффект преобразования энергии поля внутри организма в тепло. Воздействие ЭМИ особенно вредно для тканей с

недостаточным кровообращением (глаза, мозг, почки, желудок, желчный пузырь и мочевой пузырь) [1].

В условиях постоянного воздействия на рабочем месте ЭМП промышленных частот, превышающих предельно допустимые уровни, у работников могут наблюдаться: нарушения функций иммунной, сердечнососудистой и дыхательной систем, пищеварительного тракта, изменения в крови. Возможны последствия на генетическом уровне. При местном воздействии ЭМП (прежде всего на руки) проявляются ощущение зуда, бледность, отечность, уплотнение, а иногда ороговение кожных покровов.

Защита работников от воздействия электромагнитных полей промышленных частот. Защита работников осуществляется путем:

- ограничения места и времени нахождения персонала в зоне воздействия ЭМИ (защита расстоянием и временем);

- использования средств индивидуальной защиты;

- использования технических средств, ограничивающих поступление электромагнитной энергии на рабочие места (экранов, отражателей, ограждений);

- применения источников ЭМИ с минимально необходимой мощностью;

- выбора рациональных режимов работы оборудования;

- применения средств обозначений зон с повышенным уровнем ЭМИ.

Основной принцип защиты здоровья людей от электромагнитного поля ЛЭП заключается в определении и соблюдении границ санитарно-защитных зон. В защитной зоне запрещается размещать жилые здания и сооружения, устраивать детские площадки и остановки всех видов транспорта.

В помещениях защиту здоровья работников от воздействия ЭМП следует осуществлять:

- соблюдением безопасных расстояний от электросетей;

- не размещения электрооборудования и приборов в углах помещений зданий с железобетонными конструкциями;

- заземлением электрооборудования, приборов;

- использованием оборудования с меньшими уровнями энергопотребления;

- размещением наиболее опасного оборудования на расстоянии не менее 1,5 м от мест продолжительного пребывания человека;

- использованием (по возможности) оборудования с автоматическим управлением, позволяющим не находиться рядом с ним во время работы.

Кроме того, работникам следует рекомендовать:

- не находиться рядом с длинным проводом под напряжением;

- не включать одновременно большое количество приборов;

- не оставлять без необходимости включенными в сеть электрооборудование и приборы.

Используемые экраны могут быть выполнены в виде металлических листов, решеток, камер, кожухов[2].

Новые современные открытия и технологии в области тонких физических полей разрешают по-другому взглянуть, казалось бы, на совершенно для нас обыденные и привычные вещи. Эти открытия разрешают лучше понимать природу окружающего нас мира, а в частности речь пойдет о содействии электромагнитных колебаний от разных электронных устройств со структурой человека. Знание природы тонких физических полей, помогают лучше понять, что на человека действует благотворно, и чего нам следует бояться. И на базе этих способов соответственно создавать средства способствующие гармонизации человека, и устройства защиты, если это требуется[3].

Поскольку внедрение электронных средств (компьютеров, телевизоров, радиотелефонов, оргтехники и бытовых устройств) растет с каждым днем, пропорционально растет и число тех людей, у которых возникли трудности со здоровьем, связанные с электромагнитными излучениями. В особенности это касается тех, кто уже не молод мастерски, и не первый год работает с электронной техникой, а на работу ходит не в игрушки на компьютере играть, а серьезно и напряженно трудиться. Это довольно противное состояние, когда человек знает, от чего он утомляется, болеет, теряет свое здоровье, а сделать ничего не в состоянии, поскольку сейчас практических нет средств, которое бы позволили сделать из дискомфорта, вредного для здоровья рабочего места, вправду приятную для работы комфортную, а основное безопасную зону. К тому же трудно доказать, от чего все происходит, ведь штатные средства, на базе дозиметров, как правило, ничего не обнаруживают. Хотя, к примеру, до сих пор неясно, как, не зная природы и спектра излучения, которое отрицательно действует на человека, можно пробовать что-то замерять первым попавшимся под руку устройством, и при этом и говорить; что все в порядке, работайте тихо, ибо сами электронные средства имеют «крутые» сертификаты сохранности от производителя. Время от времени еще употребляют традиционные защитные фильтры, которые в какой-то степени дают положительный эффект, но, как говорится «очки от дыма не выручают», также и тут, электронные устройства за короткое время насыщают этими полями все пространство, в особенности это касается маленьких помещений и компьютерных классов. Да и люди, которые проверяют гигиенические нормы сохранности, традиционно сами за компьютерами много времени не проводят, а устройствам то что, - им все равно, они стальные, они не болеют [4].

Список литературы

- 1 Кудряшов Ю.Б., Перов Ю.Ф., Голеницкая И.А., Озерова Е.С. Электромагнитные поля: польза или вред? // Биология в школе, №4, 1999.-с.3-8
- 2 Санитарные нормы и правила защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи, переменного тока промышленной частоты. М. Минздрав СССР, 1984.
- 3 «Охрана труда от «А» до «Я»» С.А. Андреев, О.С. Ефремова, М. 2006 г.
- 4 «БЖД» Б.И. Зотов, В.И. Курдюмов, М. Колосс 2004 г.

А.С. Ануфриев, М.Н. Алимбеков, Ю.А. Макаричев

Самарский государственный технический университет, г.Самара

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГЕНЕРАТОРНЫХ ВЕТРОУСТАНОВОК МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Развитие альтернативной энергетики, в частности энергетики, основанной на использовании возобновляемых источников – одно из приоритетных направлений развития науки и технологий в нашей стране и во всем мире. Количество электроэнергии полученной от таких источников во всех странах растет по экспоненциальной зависимости. Ветрогенераторы мощностью от сотен киловатт до десятка мегаватт уже успешно эксплуатируются и составляют конкуренцию традиционным электростанциям, особенно в странах, где альтернативной энергетике оказывается государственная поддержка в виде налоговых преференций и других льгот.

Ветрогенераторы малой мощности, как правило, не могут конкурировать с традиционными источниками по стоимости электроэнергии, существенно уступая последним по величине затрат на производство единицы продукции в районах с развитой энергетической сетью. Однако существует немало объектов электропотребления небольшой мощности, для которых нерентабельно строить линии электропередач. В регионе Среднего Поволжья это в первую очередь отдаленные сельскохозяйственные объекты сезонного использования, полевые станы, туристические кемпинги, заповедники и т.п. Их потребляемая мощность часто не превышает нескольких киловатт. Современная автономная система электроснабжения, состоящая из ветрогенератора, солнечной батареи и буферной аккумуляторной батареи позволяет решить эту проблему экологически чистыми методами [1].

Особенностью работы синхронного генератора с постоянными магнитами, который чаще всего применяется для таких систем, является то, что он должен обеспечивать требуемое качество электроэнергии при широком диапазоне изменения ветровой нагрузки. С этой задачей справляется полупроводниковый преобразователь АС-DC-АС, управляемый контроллером, который задает алгоритмы переключения потоков энергии от генератора, солнечной батареи к потребителям и буферному аккумулятору.

Кафедра «Электромеханика и автомобильное электрооборудование» электротехнического факультета СамГТУ совместно с научно-

производственным объединением «Шторм» уже несколько лет ведут разработки ветрогенераторов малой мощности. Особенность этих машин заключается в использовании Н-образного ротора Дарье. Ротор Н-Дарье

отличается пониженным уровнем шума и полным отсутствием инфразвука [2]. Ветроэнергетическая установка этого типа имеет простую конструкцию и высокую надежность за счет отсутствия необходимости поворотного механизма и мультипликатора.

Синхронный трехфазный генератор с постоянными магнитами на роторе расположен на одной вертикальной оси с ветроколесом и, следовательно, рассчитывался на относительно малые частоты вращения. Это определило малую активную длину машин (40 и 80 мм) при относительно большом диаметре (322 мм). В задачу проектирования входило согласовать расчетную мощность генератора и ротора ветроколеса. Недопустимо завышать мощность генератора, так как это приведет к существенному падению КПД установки в целом.

В качестве альтернативных конструкций ротора генератора были рассмотрены две: явнополюсная с магнитами на поверхности ротора, и неявнополюсная с магнитами утопленными в тело магнитопровода ротора (с закладными магнитами и насыщающимися мостиками). Первая конструкция дает выигрыш в 27% по величине магнитного потока, а, следовательно, и электромагнитной мощности. Вторая отличается более высокой технологичностью и надежностью конструкции.

На рисунке приведены характеристики генератора для различных ветровых нагрузок мобильной ветроэнергетической установки (ВЭУ).

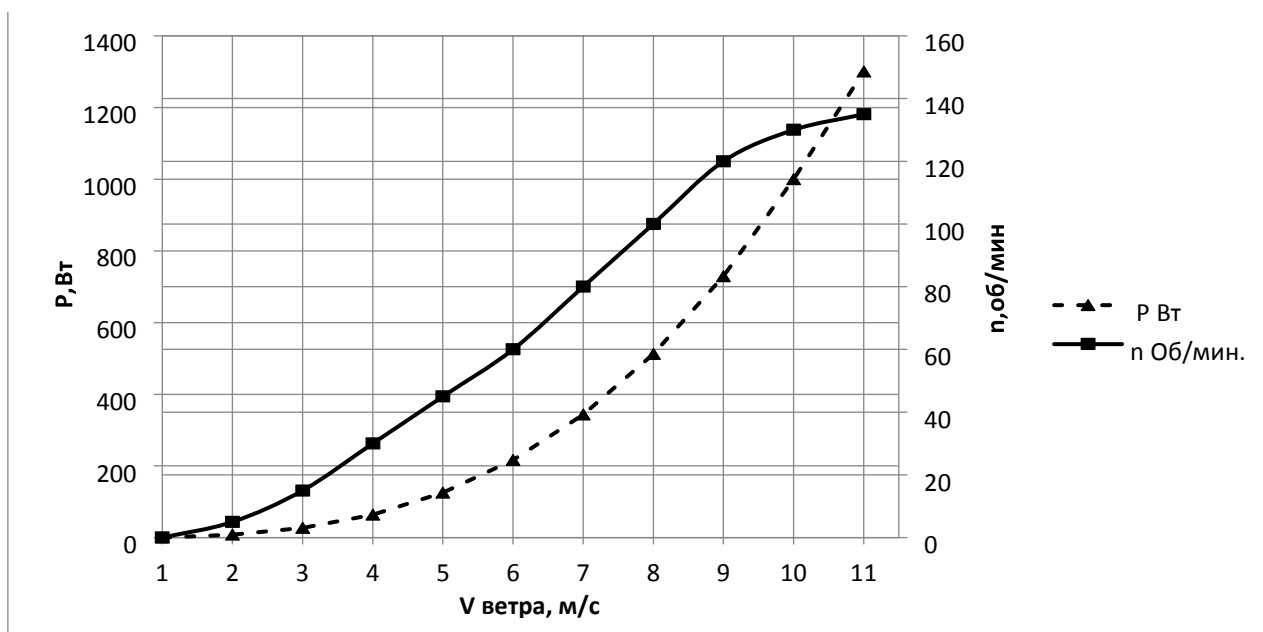


Рисунок 1 – Характеристики мобильной ВЭУ БРИД 322

Из анализа зависимости частоты вращения ротора от силы ветра следует, что, начиная от скорости ветра 9-10 метров в секунду, частота вращения ротора

практически перестает увеличиваться. Это является одним из достоинств ротора конструкции Н-Дарье, не склонного к «разносу» при усилении ветра.

В заключение отметим, что для малой энергетики применение ветроагрегатов с вертикальной осью и синхронным генератором с постоянными магнитами эффективнее более дорогостоящих установок пропеллерного типа с угловыми редукторами и устройствами поворота для ориентации по ветру. Разработанные системы прошли опытную апробацию и готовы к серийному производству.

Список литературы

1. Дж. Твайделл, А. Уэйр. Возобновляемые источники энергии: Пер. с англ. М.: Энергоатомиздат, 1990
2. Соломин Е.В. Ветроэнергетические установки ГРЦ-Вертикаль // Альтернативная энергетика и экология, 2010 № 1.С. 10-15

УДК 621.313

Н.В. Батарин, В.Н. Овсянников

Самарский государственный технический университет, г. Самара

РАСЧЕТ МОМЕНТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ МОМЕНТНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Основной характеристикой МД, определяющей его работоспособность, является его моментная характеристика, которая может определяться двумя зависимостями: момента от угла поворота ротора при постоянном токе управления ($M=f(\alpha)$) и момента от тока управления при фиксированном угле поворота ($M=f(I)$). Стабильность момента в пределах рабочих углов поворота имеет важное значение для построения системы управления. Эта величина, как правило, входит в число параметров, регламентируемых техническим заданием. Так, при разработке двигателей МД-100-1 величина пульсаций момента в пределах заданного угла ($\pm 5^0$) не должна была превышать 5% от номинального момента.

Ко второй характеристике предъявляются два основных требования: первое – минимизация зоны нечувствительности (в идеале равной нулю); второе – линейность характеристики и её достаточная крутизна.

Вращающий момент в программе рассчитывается как интегральная характеристика [1].

$$\vec{M} = \frac{1}{2} \int ((\vec{r} \times \vec{H}) \cdot (\vec{n} \cdot \vec{B}) + (\vec{r} \times \vec{B}) \cdot (\vec{n} \cdot \vec{H}) - (\vec{r} \times \vec{n}) \cdot (\vec{H} \cdot \vec{B})) ds$$

где \vec{B}, \vec{H} - индукция и напряжённость магнитного поля;

\vec{r}, \vec{n} - радиальный и нормальный векторы.

Для плоскопараллельной задачи вектор момента направлен параллельно оси z . Момент вычисляется относительно начала координат, которое совпадает в данной задаче с центром оси вращения ротора. Область интегрирования включает все элементы ротора, и ограничена поверхностью воздушного зазора. Как и в других плоскопараллельных задачах расчет ведется на единицу осевой длины машины (1 п.м.), поэтому размерность рассчитанного момента – Нм/м. для расчета в абсолютных величинах значение удельного момента необходимо умножать на активную длину машины.

На рис. 1 даны графики моментной характеристики в зависимости от тока управления.

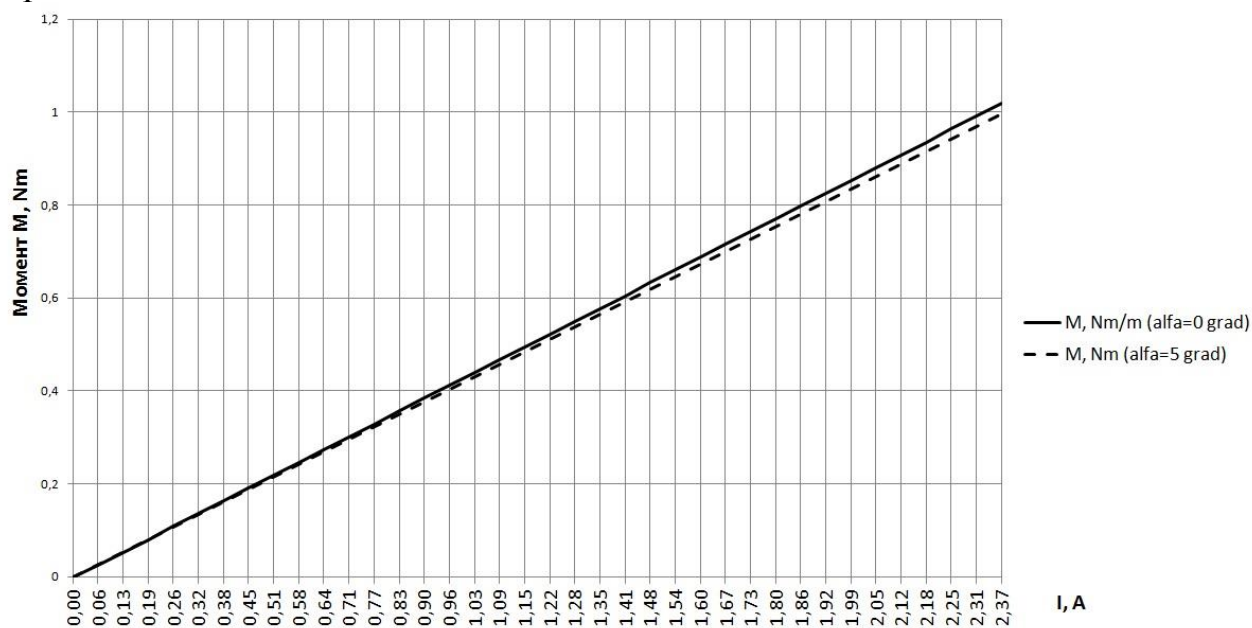


Рисунок 1 – Зависимость момента от тока управления при центральном положении ротора (сплошная линия) и повороте на $+5^{\circ}$ (пунктирная линия).

Сплошная линия, соответствующая центральному положению ротора, идет на 2,2% выше пунктирной, соответствующей повороту ротора на $+5^{\circ}$. Обе линии практически не отличаются от прямых, что подтверждает предположение о несущественном размагничивающем действии реакции якоря и практически неизменном магнитном потоке при увеличении нагрузки МД.

Список литературы

1. Домбровский В.В. Справочное пособие по расчету электромагнитного поля в электрических машинах. – Л.: Энергоатомиздат, 1983. – 256 с.
2. Овсянников В.Н., Макаричев Ю.А. Метод расчета коэффициента рассеяния беспазового моментного двигателя с постоянными магнитами. Изв. вузов. Электромеханика. №6, 2007. стр. 38-40.

С. М. Бакиров, А. П. Ищенко

Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова

РЕЛЬСОВАЯ ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННАЯ ТЕЛЕЖКА

Запрет на ввоз продукции стал толчком для развития сельского хозяйства в стране, которое за последнее время показало уверенный темп роста. Повышаются объемы производства, сокращается импорт продовольствия, растет привлекательность многих отраслей, в том числе растениеводства, а именно теплиц защищенного грунта.

В начале 2017 года общая площадь тепличного хозяйства составила примерно 2,3 тыс. га. Тепличное производство увеличилось на 166 га за 2016 год, а на этот год заявлены проекты на 350 га [1]. Это показывает, что современное тепличное хозяйство развивается быстрыми темпами. А для быстрого и качественного развития необходимо современное оборудование.

Теплица закрытого грунта имеет вид параллелограмма. Внутреннее пространство поделено на участки: выращивания растений и разгрузки урожая. Участки выращивания растений разделена на ряды, которые достигают длинны 100...150 метров. Между рядами уложены тепловые регистры, которые являются отопительным элементом. Так же они используются в качестве рельсов, по которым может перемещаться персонал на специальных тележках (рис.1).

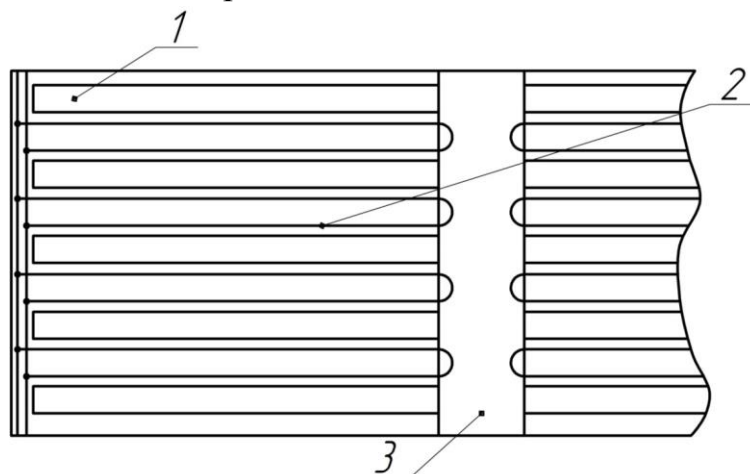


Рисунок 1. Схема участков теплицы
1-ряд растений, 2- тепловой регистр, 3-зона разгрузки

Рассмотрим происходящие процессы на участке 1: обрезка, обработка растений, сбор урожая. Один из трудоемких и продолжительных процессов является сбор урожая. Когда поспевает урожай, например, томата, то как правило, в одинаковых условиях микроклимата и полива этот урожай начинает созревать одновременно. Необходимо оперативно его собрать в течение 3...5 суток. Если этого не выполнить, то томат начинает портиться. Из-за

испорченного урожая предприятие понесет убытки. Таким образом, выполнение данного процесса не может обойтись без электрифицированного транспортного средства. Благодаря этому уменьшается время работы в данном процессе и увеличивает работоспособность персонала.

Из [2] известны несколько рельсовых тележек. Все варианты имеют автономный источник питания – аккумуляторную батарею, специальную конструкцию для перемещения по регистрам (рис.2). Однако из опыта производственной и технической эксплуатации ни один из вариантов в комплексе не удовлетворяет требованиям производства.

Так при эксплуатации тележек возникает множество технологических особенностей, которые формируют ряд требований. Рассмотрим требования к эксплуатации рельсовых тележек, которые сформировались при анализе процессов обработки растений и сбора урожая:

- скорость перемещения $0..3$ м/с - данный диапазон позволит максимально безопасно доставить собранный урожай до участка разгрузки.
- плавность пуска и торможения - обеспечивает безопасность сборщика, а так же сохранность урожая, исключает рывки при старте и толчки при торможении.
- грузоподъемность $100....200$ кг - увеличенная грузоподъемность сокращает время на разгрузку коробок и количество разгрузок.
- запас хода при максимальной загрузке $8...10$ ч - данная характеристика снижает затраты на электроэнергию и позволяет использование тележки в течении всего рабочего дня.
- удобство управления;
- регулирование высоты $1,2....3,2$ м. - позволяет выполнять все процессы в рядах зависящие от высоты растений;
- возможность обслуживания одним человеком;
- возможность технического обслуживания собственными силами - снижаются затраты на сервисное обслуживание и ремонт тележки.
- доступность запасных частей.

Из всех вышеуказанных требований нерешенными остаются задачи грузоподъемности, доступности запасных частей, возможность управления и обслуживания одним человеком и технического обслуживания собственными силами эксплуатационной службой, так как основным поставщиком комплектов для тепличного производства являются зарубежные производители. Несмотря на качество их производства из-за девальвации рубля, закупка и сервисное обслуживание резко возросли в цене, что значительно увеличивает затраты тепличного хозяйства. Некоторые из них не решены в следствии того, что существующие тележки изготавливаются за рубежом, а дилерские компании всегда готовы оказать сервисное обслуживание, которое предприятию обходится очень дорого. Поэтому разработка усовершенствованной рельсовой электрифицированной тележки (РЭТ) не

только удовлетворит требованиям производства, но и способствует решению государственной задачи по импортозамещению.

Рассмотрим конструкцию РЭТ на рисунке 2.

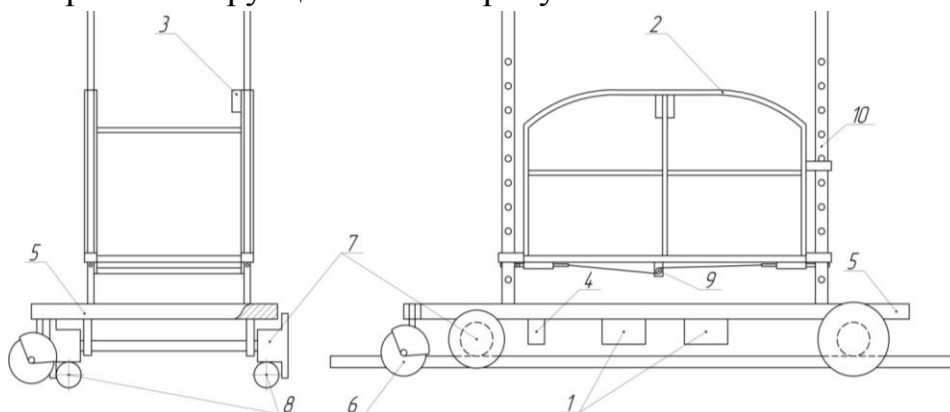


Рисунок 2. Конструкция самоходной электрифицированной тележки

- 1 – аккумуляторная батарея; 2 – кабина; 3 – пульт управления; 4 – электродвигатель;
5 – рама тележки; 6 – транспортировочные колеса; 7 – приводные колеса; 8 – тепловой
регистр; 9 – система фиксации кабины; 10 – направляющие

При конструировании РЭТ были учтены недостатки используемых тележек, отсюда тележка приняла данный вид на рисунке 2. Такая форма позволяет снизить ее общую массу, что позволяет получить увеличенную грузоподъемность. Совместное использование электродвигателя с широкоимпульсным модулятором, не только позволяет экономить заряд АКБ, но и плавно изменять скорость движения от 0 до 3 м/с.

Колесные пары изготовлены из высококачественного пластика. Они обеспечивают надежное сцепление с рельсами, а бортики на колесах обеспечивают безопасное передвижение по рельсам.

Кабина облегченной конструкции и устройством фиксации высоты облегчают труд работника теплицы.

Таким образом, использование РЭТ предприятием позволяет не только наладить качественную обработку растений и сборку урожая, но и уменьшить затраты на ее сервисное обслуживание и электроэнергию, так как РЭТ разработана в условиях и для рынка РФ. Также, благодаря устройству фиксации кабины, для изменения высоты кабины требуется только один человек, что уменьшает потери времени на подготовку к работе. А повышенный запас хода сохраняет работоспособность тележки на протяжении всего рабочего дня.

Список литературы

1. **Какушин**, А. Миллиарды в закрытом грунте. За пять лет построено 600 га теплиц [Электронный ресурс] / Журнал «Агроинвестор». – 2017, вып. № 1. – Режим доступа: <http://www.agroinvestor.ru> – (Дата обобщения - 12.02.2017).
2. **Бакиров**, С. М. Анализ использования самоходной электрифицированной рельсовой тележки / С. М. Бакиров, А. П. Ищенко // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VII международной научно-практической конференции / Под общ. ред. Трушкина В.А. – Саратов: ООО «ЦеСАин». - 2016. – С. 12-14.

С. М. Бакиров, К. В. Асеев

Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА КОРМЛЕНИЯ КОРОВ

В статье приводится описание процесса кормления в коровниках привязного содержания на 400 скотомест. Подробно описан технологический процесс раздачи кормов. Выделены недостатки раздачи кормов, а именно разбрасывание корма коровами. В работе предлагается разработать автономный агрегат толкателя кормов. Ключевые слова: корм, коровник, агрегат, электропривод, толкатель.

В коровнике существует множество производственных процессов. Все они направлены на обеспечение нормальной жизнедеятельности коров: поение, кормление, уборка навоза, вентиляция помещения, дойка и т.п. Каждый процесс дополняет друг друга в работе всего производства, которое нацелено на достижение наилучшего результата – суммарный удой.

Состояние здоровья коров зависит от каждого из названных процессов. Однако процесс кормления является основным, так как формирует энергетическое состояние коровы и непосредственно влияет на нормальное функционирование молочных желез. Как правило, от качества и количества корма: силос, солома, кормовые смеси зависит величина суммарного удоя. Поэтому фермеры, руководители животноводческих комплексов закладывают значительный бюджет на приобретение и раздачу корма. В связи с этим доля затрат на корма составляет порядка 60...70 % от стоимости 1 литра молока. Поэтому рационализация и структурирование процесса кормления является актуальной задачей животноводства.

Рассмотрим процесс кормления в коровниках на 400 скотомест.

Кормление коров принимается из расчета 40...80 кг корма в сутки на 1 корову. При этом количество воды на поение составляет порядка 50... 70 л. Раздача корма происходит два раза в сутки – в утреннее время с пяти до восьми часов и вечернее время с восемнадцати до двадцати часов. Корм подается на кормовой стол (рис. 1) равномерно на протяжении всего коровника 130 м. Обычно кормовым столом является технологический коридор коровника, так как это упрощает процесс раздачи и уборки корма с помощью тракторораздатчиков.

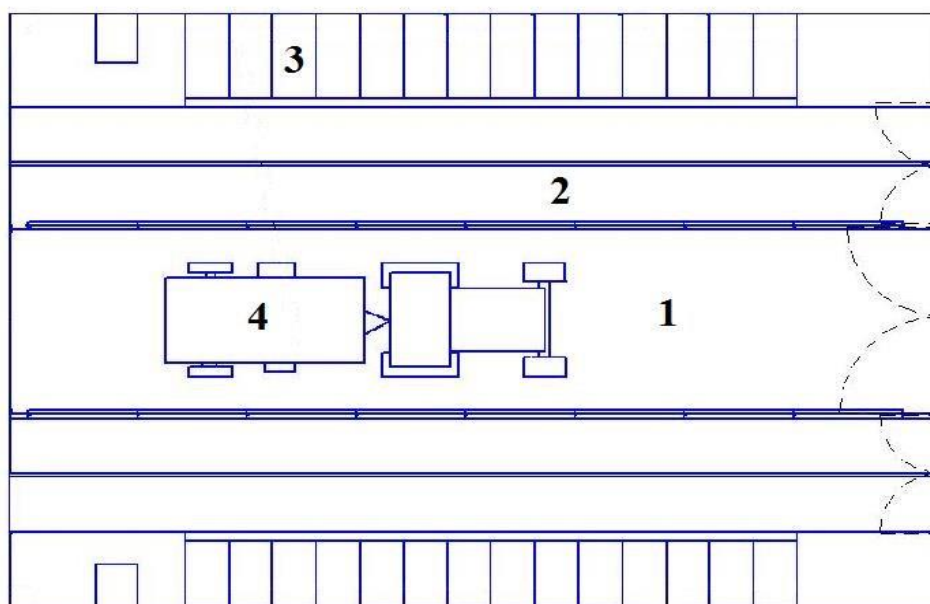


Рисунок 1. -Фрагмент схемы коровника:

1 - кормовой стол, 2 – навозный канал, 3 – секция для содержания дойных коров, 4 – кормораздатчик

Однако на практике данный процесс имеет недостатки. При поедании корма через кормушки коровы часть корма отодвигают на расстояние, которое не позволяет затем дотянуться до корма. То есть эта часть корма становится не эффективной (рис. 2).



Рисунок 2. – Фрагмент процесса кормления

На рисунке 2 изображена точка, до которой корова не дотягивается. Часть корма оказывается не эффективным, порядка 40 %. Вручную пододвигание корма на кормовом столе протяженностью 260 м (обе стороны) является тяжелым трудом. Чтобы эту проблему устранить – каждый час этот корм пододвигают с помощью трактора с ковшем (рис. 3).

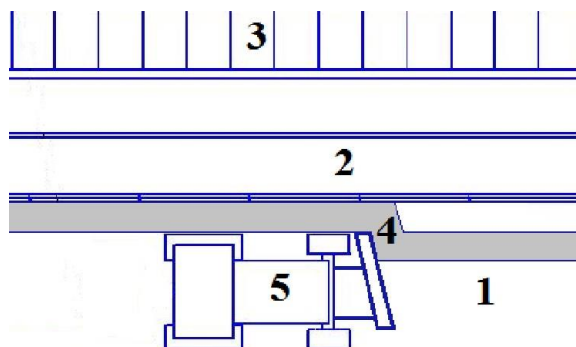


Рисунок 3.- Пододвигание корма:

1 – кормовой стол, 2 – навозный канал, 3 - секция для содержания дойных коров, 4 – корм, 5 – трактор с ковшом

Однако для предприятия данный процесс является ресурсозатратным, так как в стоимость включаются горюче-смазочные материалы, техническое обслуживание трактора и запасные части, а также занятость персонала (водителя трактора). Кроме того при работе трактора происходит выброс в атмосферу большое количество углекислого газа и других продуктов работы двигателя внутреннего сгорания, которые негативно сказываются на здоровье животных.

Таким образом, необходимо рационализировать данный процесс пододвигания кормов путем разработки и внедрения специальных технических средств с наименьшими затратами на энергоресурсы. Разработка роботизированного толкателя кормов позволит повысить эффективность использования кормов в коровнике при наименьших эксплуатационных затратах, а также исключить негативное влияние на здоровье коров.

Список литературы

- 1 Ерощенко, Г. П. Особенности работы электропривода при случайном характере внешних воздействий / Г. П. Ерощенко, С. М. Бакиров // Аграрный научный журнал. – 2015. - № 7. - С. 45-47.
- 2 Ерощенко, Г. П. Рациональные варианты теплоснабжения животноводческих помещений / Г. П. Ерощенко, И. Ю. Лошкарёв // Научное обозрение. – 2017. – №3, - С. 38-46.
- 3 Логачева О. В. Совершенствование процесса доения коров и разработка переносного доильного аппарата с регулируемым вакуумом / В. Я. Слевак, О. В. Логачева // Конференция ППС и аспирантов по итогам научно-исследовательской, учебно-методической и воспитательной работе / ООО «Цесаин». – Саратов. – 2015. – с. 50-53.

А.С. Блинохватов, З.И. Иванова, Д.Н. Катусов

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

СПОСОБЫ СОХРАНЕНИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ ПРИ ПОМОЩИ СУБЛИМАЦИОННОЙ И АКУСТИЧЕСКОЙ СУШКИ

***Аннотация:** Данная работа является анализом наиболее перспективных способов консервации продуктов питания при помощи сублимационной и акустической сушки. Приведены технологии, достоинства и недостатки, описаны принципиальные схемы сублимационной и акустической сушильных установок, указаны направления их совершенствования.*

***Ключевые слова:** сушка, влага, сублимация, ультразвук.*

В современной педагогике высшей школы обобщен широкий и разносторонний опыт практической деятельности вузов, разработаны теоретические положения и практические рекомендации, способствующие совершенствованию процесса профессиональной подготовки выпускников. В статье рассматривается практика внедрения инновационного механизма формирования научных понятий при подготовке бакалавров посредством проектирования междисциплинарных исследований [2. с. 143].

В современном мире все острее встаёт тема продовольственной безопасности. Значительный рост населения планеты ставит перед учёными задачи по созданию новых технологий, способных продлить и значительно увеличить сроки хранения продуктов. Рассмотрим два, на наш взгляд, наиболее интересных и перспективных способа: сублимационная и акустическая сушка.

За последние десятилетия были разработаны новейшие методы продления длительности хранения и консервирования продуктов. В начале двадцатого столетия был открыт метод сублимационной сушки, который использовался для производства небольшого количества и малого ассортимента продуктов в основном для армии и космонавтики.

Результат сублимации продуктов – новое направление в современном питании. Сушка продуктов методом сублимации заключается в удалении влаги из быстро замороженных продуктов в вакууме. Сегодня этот метод высушивания продуктов наиболее качественный и наиболее дорогой. Этот способ сушки быстро переводит влагу, содержащуюся в продукте, из твердого агрегатного состояния в газообразное, без перехода через жидкое состояние. Таким образом, сублимационная сушка – это уникальная сберегательная технология подготовки

к хранению продукта, так как и сохраняет, и конвертирует всё полезное в натуральном исходном продукте.

Графически это можно представить так (рис. 1.).



Рисунок 1. График тройной точки

Так же этот график называется графиком Тройной точки. Тройная точка – это такая температура, при которой вещество, находится во всех трех агрегатных состояниях одновременно в жидком, твердом и газообразном. На этом графике показан сублимационный процесс пунктирными линиями. Сам процесс начинается с того, что продукты предварительно проходят стадию замораживания, после чего помещаются в вакуумную камеру.

В вакуумной камере лед моментально превращается в пар, минуя жидкую стадию. Также нужно учитывать и химический состав продукта, ведь от этого зависит температура и время заморозки.

Сублимация представлена двумя этапами. Первый этап – это удаление до 80 % жидкости из продукта с помощью сублимации. Вторая этап – продолжение сушки продукта при температуре от 35 до 40 градусов по Цельсию. Влага превращается в конденсат и удаляется по трубопроводу.

На приведенной ниже схеме показан процесс сублимации (рис. 2).



Рисунок 2. Принципиальная схема сублимационной сушильной установки.

Сублимационно-вакуумная сушка позволяет сохранить до 95% питательных веществ, микроэлементов, витаминов. Вкус, цвет и запах сохраняется также долгое время (до пяти лет) в условиях нерегулируемых температур. Сублимационно-вакуумная сушка продуктов питания позволяет не прибегать к использованию ароматизаторов, улучшителей вкуса, консервантов и красителей. Важным достоинством вакуумной сушки продуктов является незначительная усадка исходного продукта. Это дает возможность быстро восстанавливать путем добавления воды сублимированные продукты [1. с. 73].

Малый вес сублимированных сухо продуктов (от 1/5 до 1/10 начальной массы) важен для существенного сокращения расходов при их транспортировке. Единственным недостатком сублимационной сушки является громоздкость и энергоемкость оборудования, что делает необходимым разработку и внедрение миниатюрных сублимативных установок для применения в мелких фермерских хозяйствах.

Теперь перейдем к акустической сушке.

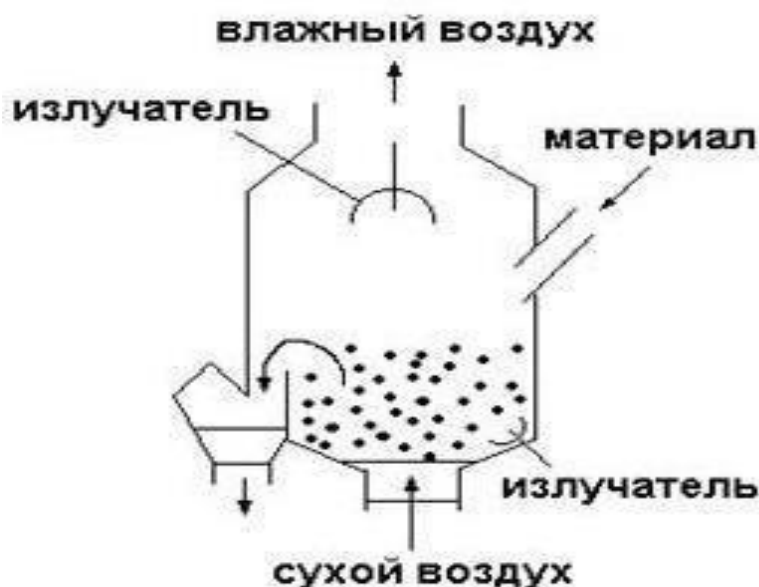


Рисунок 3. Принципиальная схема ультразвуковой сушильной установки.

Сушка под воздействием ультразвуковых колебаний – это сравнительно новый способ сохранения продуктов. Он был открыт более 25 лет назад, но достаточное распространение получил только в последние годы. Успешно применяется в сельском хозяйстве и при производстве сухого молока в пищевой промышленности.

Например, при получении сухого молока продукт при высоком давлении помещается в вибрационную камеру. Там осуществляется распыление продукта (молока) на акустическую мембрану, передающую распылённому продукту звуковые колебания от 20 до 80 Гц. При этом создается звуковое давление в диапазоне 100-160 дБ.

Таким образом, продукт освобождается от влаги, отведение влаги происходит по воздуховоду, при этом продукт транспортируется дальше конвейерным способом. Достоинство этого метода сушки в том, что происходит сохранение всех полезных веществ внутри продукта, высушивание осуществляется при минимальном тепловом воздействии на молоко не выше сорока градусов по Цельсию. Для акустической сушки характерна более высокая скорость получения готового продукта. Метод ультразвуковой сушки увеличивает скорость почти в 4 раза в сравнении с акустической сушкой.

У акустической сушки есть достоинства и недостатки. Положительные стороны акустической сушки: этот процесс является быстрым и упрощенным; при низких температурах происходит качественное высушивание продуктов; в такой сушилке можно производить сушку различных материалов (начиная от продуктов питания, заканчивая древесиной); этот процесс является экологически чистым.

Недостатки акустической сушки: высокие показатели громкости акустических колебаний, до 160 дБ; необходимость поддержания равномерности распределения акустических колебаний; дороговизна технологии, связанная с большой потребностью электроэнергии, но ее можно снизить в результате экспериментального подбора мощности.

Этот метод сушки применяют для высушивания дорогостоящих продуктов и материалов. Акустическая сушка является инновационным направлением в сельском хозяйстве и пищевой промышленности. Необходимо производство миниатюрных сушильных комплексов, которые использовались бы в небольших фермерских хозяйствах. Направления совершенствования таких сушильных установок – снижение энергоёмкости и разработка новых конструкций сушильных камер, способных более полно и равномерно отводить влагу от продукта [3. с. 234].

Таким образом, сублимационная и акустическая сушки – это сберегательные технологии, которые сохраняют полезные свойства продуктов. Акустическая сушка характеризуется более высокой скоростью получения готового продукта.

Список литературы

1 Блинохватов А.С, Катусов Д.Н. / Увеличение срока хранения продуктов питания при помощи сублимации / А.С. Блинохватов, Д.Н. Катусов / Новые информационные технологии в науке нового времени: сб. ст. Межд. научно – практ. кон. (5 октября 2016 г., г. Волгоград). - Уфа: АЭТЕРНА, 2016. –С. 72-73.

2 Иванова З.И. / Практика внедрения инновационного механизма формирования научных понятий при подготовке бакалавров / Аграрная наука в XXI веке: проблемы и перспективы: Сб. ст. VI Всероссийской научно-практ. конф-ии. Часть I. / Под ред. И.Л. Воротникова. – Саратов : Изд-во «КУБиК», 2012 . – 338 с. С. 143-147.

3 Катусов Д.Н. Инновационный способ консервирования продуктов питания / Д.Н. Катусов / В сб.: Вавиловские чтения – 2010 Мат-лы Межд. научно-практ. конф-и. Отв. редактор Н.И. Кузнецов. 2010. С. 234-235.

УДК 681

Г.С. Бозин

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

АВТОМАТИЗАЦИЯ ЛОКАЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ КОРМОЦЕХА

С расширением сельскохозяйственного производства, в частности свиноводства, растёт требование к применяемому оборудованию. Увеличение числа ферм и комплексов требует особого развития в области кормоприготовления. Эта отрасль способствует росту производства мяса в стране и поможет выйти на новый экономический уровень. Добиться этого можно, внедряя новые, и совершенствуя существующие, технологии и технологические средства [1-4]. Эффективным представляется использование локальных систем автоматического управления процессами кормоприготовления [5].

В данной статье рассматривается перспектива автоматизации кормоцеха при помощи программируемого логического контроллера (ПЛК).

Для Саратовской области с её природно-климатическими условиями характерно использование установок для приготовления сухого полнорационного корма, например, ОКЦ-15, которая имеет постоянную загрузку и может располагаться вне фермы. В состав агрегата входят молотковые дробилки, блок бункеров с дозаторами, решетный стан, магнитные сепараторы, электродвигатели, система привода и шнековые распределительные устройства. Оборудование ОКЦ-15 большей частью унифицировано (дробилки, смеситель, наклонный шнек, решетный стан и другое) [6].

Здесь управление процессами кормоприготовления осуществляется при помощи релейно-контактной системы. Несмотря на их широкое

распространение, они обладают существенными недостатками, обусловленными в первую очередь тем, что аппараты управления имеют открытые части и подвижные замыкающие и размыкающие контакты, которые вследствие окисления и нагрева быстро изнашиваются, что приводит к выходу из строя самого устройства и всей схемы управления [7].

Для организации автоматизированного управления кормовым цехом целесообразно применять ПЛК.

Циклограммы на рисунке 1 показывают алгоритм управления процессом кормоприготовления, который представляется возможным реализовать с помощью программируемого логического контроллера фирмы ОВЕН [8].

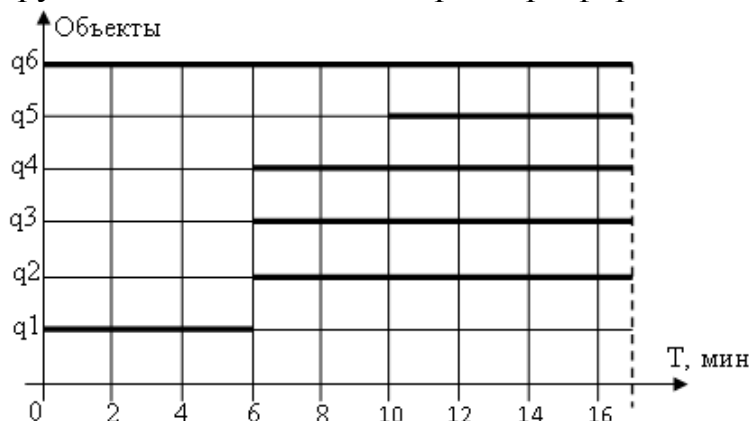


Рисунок 1. Временные циклограммы процесса кормоприготовления на оборудовании ОКЦ-15: q1- электроприводы нории, смесителя, решётного стана, шнека нории; q2- электроприводы шнека дозатор зерна, дробилки, циклона, шнека дробилки; q3- электропривод просеивающего устройства, электропривод шнека; q4- шнековые дозаторы, электропривод нижнего шнека-смесителя; q5- электропривод вертикального шнека-смесителя, электропривод наклонного шнека; q6 – сигнальный индикатор.

ПЛК реализует алгоритм управления технологическим процессом кормоприготовления, который запускается с помощью кнопки «Pusk» (рис.2). Питание получает выход q1 контроллера (электроприводы нории, смесителя, решётного стана, шнека нории). По истечении шестиминутного цикла включаются выходы q2 (электроприводы шнека дозатор зерна, дробилки, циклона, шнека дробилки), q3 (электропривод просеивающего устройства, электропривод шнека) и q4 (шнековые дозаторы, электропривод нижнего шнека-смесителя), работающие до конца процесса. Через 10 минут от начала работы кормоприготовительного агрегата питание подается на выход q5 (электропривод вертикального шнека-смесителя, электропривод наклонного шнека). Сигнальный индикатор q6 загорается в момент пуска оборудования и гаснет по завершению процесса. Кнопка «Stop» отвечает за аварийную остановку. Технологический процесс кормоприготовления оканчивается через 17 минут.

Функциональная схема системы автоматического управления процессом кормоприготовления на оборудовании ОКЦ-15 представлена на рисунке 2.

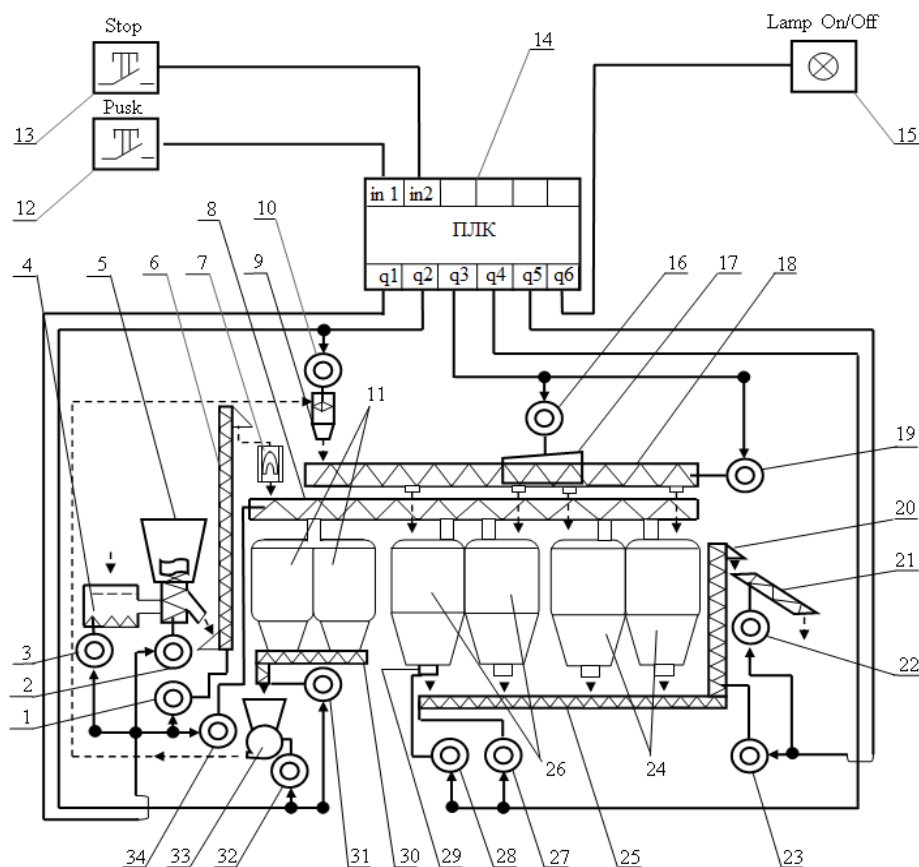


Рисунок 2. Функциональная схема системы автоматического управления процессом кормоприготовления: 1- электропривод нории; 2- электропривод смесителя; 3- электропривод решётного стана; 4- решётный стан; 5- смеситель 6- нория; 7- магнитная колонка; 8- шнек нории; 9-циклон; 10- электропривод циклона; 11- зерновой бункер; 12- кнопка запуска процесса кормоприготовления «Пуск»; 13- кнопка аварийной остановки «Стоп»; 14- программируемый логический контроллер; 15- сигнальная лампа; 16- электропривод просеивающего устройства; 17- просеивающее устройство; 18- шнек дробилки; 19- электропривод шнека дробилки; 20- вертикальный шнек-смеситель; 21- наклонный шнек; 22- электропривод наклонного шнека; 23- электропривод вертикального шнека-смесителя; 24- бункер; 25- нижний шнек-смеситель; 26- бункер; 27- электропривод нижнего шнека-смесителя; 28- электропривод шнекового дозатора; 29- шнековый дозатор; 30- дозирующий шнек; 31- электропривод дозирующего шнека; 32- электропривод дробилки; 33- дробилка; 34- электропривод шнека нории.

Таким образом, применение программирующего логического контроллера фирмы ОВЕН для автоматизации локальных систем управления процессами кормоприготовления является перспективным.

Список литературы

1. Змеев А. Я. Проектирование систем электрификации: Учебное пособие / А. Я. Змеев, К. М. Усанов, В. А. Каргин.- 2-е изд-е., перераб. и доп.- Саратов: ФГОУ ВПО Саратовский ГАУ, 2010.- 152 с.
2. Усанов К. М. Технические средства автоматики: Учебное пособие / К. М. Усанов, А.Я. Змеев, В. А. Каргин.- Саратов: ФГОУ ВПО Саратовский ГАУ, 2014.- 188 с.
3. Каргин В. А. Система управления электромагнитной ударной машиной / В. А. Каргин // Образовательная среда сегодня и завтра: Материалы X научно-практической конференции.- 2015.- С. 303-306.

4. Усанов, К. М. Импульсные электромагнитные двигатели в приводе оборудования пищевого производства / К. М. Усанов, В. А. Каргин, С. М. Зубарев, А. В. Шевченко // научное обеспечение агропромышленного производства: Материалы Межд. науч.- практ. конф.- Курск: Изд-во Курск. гос. с – х. ак., 2010.- С. 228-231.

5. Каргин, В. А. Совершенствование технологий погружения продольно-неустойчивых стержневых элементов на объектах АПК использованием переносного импульсного электромагнитного привода / В. А. Каргин.- автореф. ... дис. к-та техн. наук.- Саратов: ФГОУ ВПО Саратовский ГАУ им. Н. И. Вавилова, 2007.- 21 с.

6. Завражнов А.И., Николаев Д.И. "Механизация приготовления и хранения кормов". - М.: Агропромиздат, 1990.- 336с.

7. Борисов, Ю.М. Электротехника / Ю.М. Борисов, Д.Н. Липатов, Ю.Н. Зорин. Учебник для вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 552 с., ил.

8. Бозин Г.С. Перспективы использования и выбор программируемых логических контроллеров для автоматизации локальных систем управления процессами сельхозпроизводства.- Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VII научно-практической конференции/Под общ. ред. Трушкина В.А.- Саратов: ООО «ЦеСАин», 2016. - 272с.

УДК 621.65

Д.Е. Валишин, В.Г. Урманов

ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», г. Уфа

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СКВАЖИННОГО ПЛУНЖЕРНОГО НАСОСА

Увеличение количества и повышение качества сельскохозяйственной продукции невозможно представить без потребления воды. В последнее время большое значение приобретает водоснабжение из артезианских скважин, глубиной более ста метров. Широко применяемые центробежные насосы при работе на глубине сто и более метров имеют ряд недостатков: большое количество ступеней, кавитация и снижение КПД при низкой производительности.

Практически все эти недостатки можно решить применением плунжерного насоса с цилиндрическим линейным асинхронным двигателем (ЦЛАД) в приводе. ЦЛАД позволяет получить непосредственно поступательное движение, исключив промежуточный преобразовательный механизм между насосом и двигателем [8]. Кроме того, линейный электропривод обладает конструктивной простотой, технологичностью изготовления, дешевизной [2,3,6,7].

ЦЛАД в приводе плунжерного насоса постоянно работает в переходных режимах. Для облегчения работы ЦЛАД предлагается применение неполнофазного режима работы. Разработана математическая модель

электромагнитных процессов ЦЛАД на основе уравнений Парка-Горева [4]. Вид математической модели представлен в предыдущих работах. Настоящее исследование выполнено в плане продолжения этой работы.

Возникающие при пуске, реверсе, торможении токи превышают номинальный уровень (рисунок 1). Потери в двигателе оказываются весьма значительными и существенно влияют на энергетические показатели работы электропривода. Постоянная коммутация фаз так же негативно влияет на ресурс ЦЛАД.

При моделировании работы скважинного плунжерного насоса в режиме реверса (рисунок 1) скачок тока составил $2,1 \cdot I_{\text{НОМ}}$.

При использовании же коммутации только одной фазы ЦЛАД (рисунок 2) скачок составил не более $1,6 \cdot I_{\text{НОМ}}$, то есть наблюдается снижение пусковых токов на 23 %.

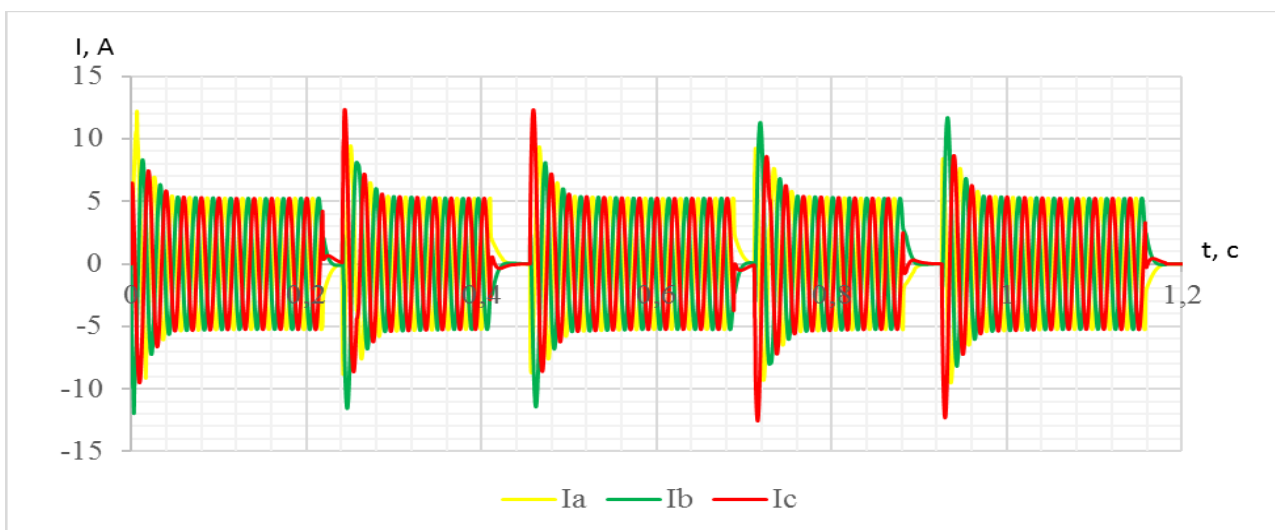


Рисунок 1. Ток по трем фазам при работе в режиме реверса

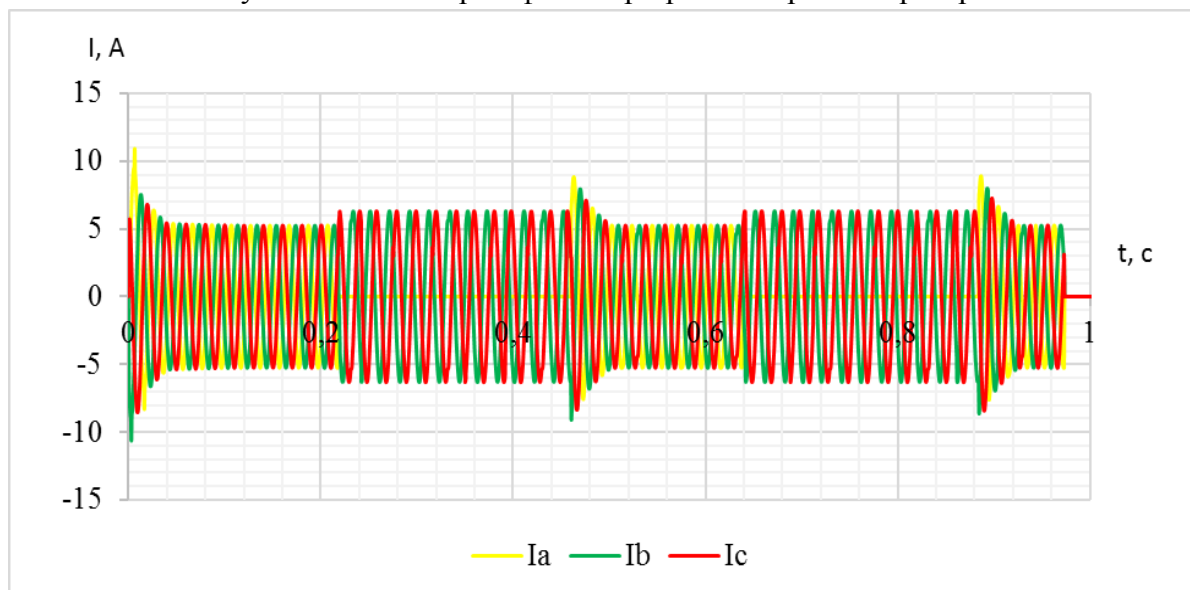


Рисунок 2. Ток по трем фазам при коммутации только фазы А

Так же исследования показали, что наблюдается снижение пусковых токов как по величине, так и по продолжительности до 17%.

При изменении условий работы КПД насоса также меняется. На рисунке 3 получены результаты моделирования: максимальное КПД скважинного плунжерного насоса с коммутацией одной фазы составляет 0,37. Наиболее эффективный режим работы с производительностью от 0,9 до 1,5 м³/ч при этом КПД не будет снижаться менее 0,30 (моделирование производилось при диаметре плунжера $d_p=20$ мм).

При этом мощность скважинного плунжерного насоса с коммутацией одной фазы (рисунок 4) составляет от 1700 Вт до 1900 Вт.

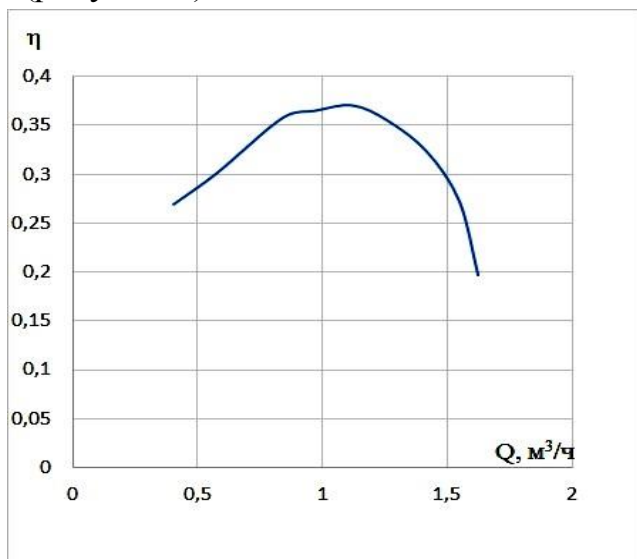


Рисунок 3.- КПД скважинного плунжерного насоса с коммутацией одной фазы (при диаметре плунжера $d_p=20$ мм)

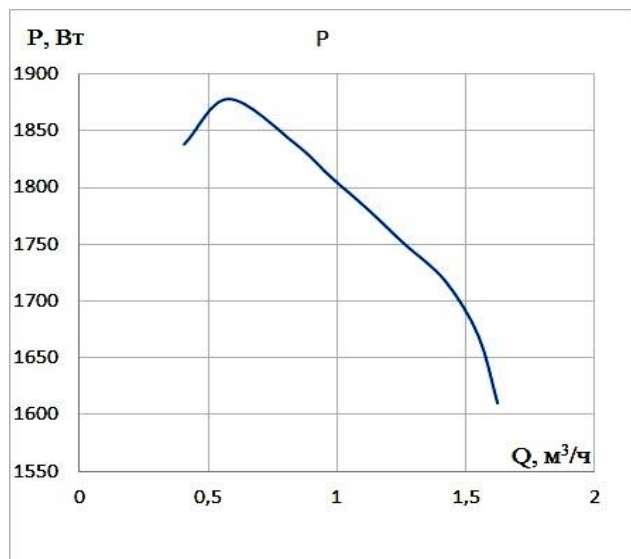


Рисунок 4.- Мощность скважинного плунжерного насоса с коммутацией одной фазы

Для оценки энергетической эффективности определим энергопотребление на 1 м³ выкачиваемой жидкости (рисунок 5).

Проведенные исследования математической модели плунжерного насоса с ЦЛАД показывают хорошую сходимость с результатами исследования на экспериментальной лабораторной установке. Сопоставление теоретических и экспериментальных зависимостей показало, что расхождение не превышает 8,1% - по электрическим параметрам и 12,2% - по механическим. Это позволяет использовать разработанную ранее математическую модель скважинного плунжерного насоса с ЦЛАД в практических расчетах и считать ее адекватно отражающей физические процессы.

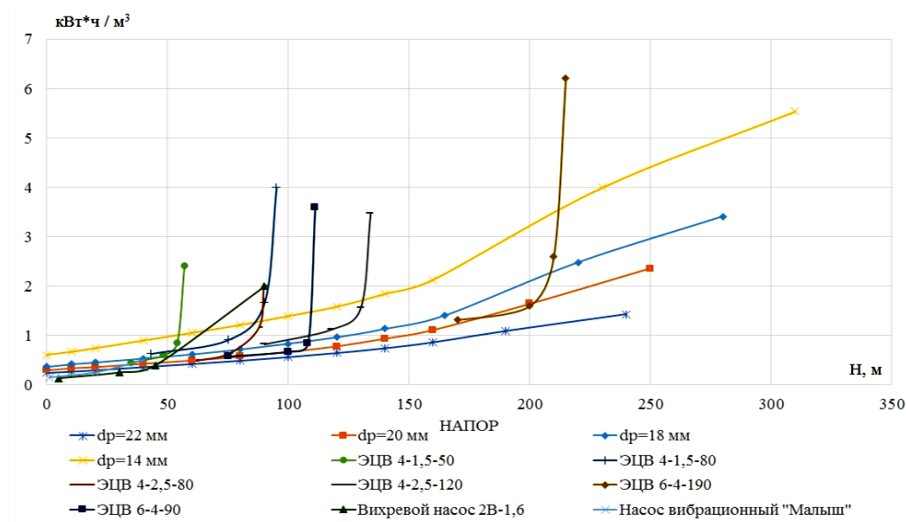


Рисунок 5 Эффективность работы скважинного плунжерного насоса

Анализ полученных результатов показал, что более эффективным насосом при подъеме воды с глубины менее 50 м является вихревой и вибрационный насос, для обеспечения напора более 50 м их эффективность резко ухудшается. При напоре 50...100 м уровень эффективности выше у центробежных насосов. В диапазоне же 100...300 м более эффективными являются предлагаемый скважинный плунжерный насос с ЦЛАД в режиме коммутации одной фазы.

Список литературы

1. Аипов Р.С. Математическая модель плунжерного насоса с цилиндрическим линейным асинхронным двигателем в приводе [Электронный ресурс] / Р.С. Аипов, Д.Е. Валишин, Д.С. Леонтьев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №02(096). Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/02/pdf/40.pdf>, 0,688 у.п.л.
2. Аипов Р.С. Линейные электрические машины и приводы на их основе [Текст] / Р.С. Аипов. – Уфа: БГАУ, 2003. – 201 с.
3. Аипов, Р.С. Математическая модель колебательного электропривода измельчителя листостебельных кормов. / Р.С. Аипов, Я.Д. Осипов, В.В. Эбингер//Вестник Башкирского ГАУ. -2013. -№ 1(25). -С. 71 -75.
4. Валишин Д.Е. Несимметричные режимы работы цилиндрического линейного асинхронного двигателя в приводе плунжерного насоса [Текст] / Д.Е. Валишин // Аграрная наука в инновационном развитии АПК : материалы международной научно-практической конференции в рамках XXV Между-народной специализированной выставки «Агрокомплекс–2015». Часть III. – Уфа : Башкирский ГАУ, 2015. – 252 с.
5. Гейер В.Г. Гидравлика и гидропривод [Текст] / В.Г. Гейер, В.С. Дулин, А.Н. Заря: Учебник для вузов. – М.: Недра, 1991. – 331 с.
6. Линенко А.В. Энергетические показатели линейного электропривода решетного стана зерноочистительной машины [Текст] /А.В. Линенко, С.В. Акчурин, М.Ф. Туктаров // Электротехнические и информационные комплексы и системы, 2014. Т. 10. № 1. С. 28-32.

7. Нугуманов Р.Р. Исследование работы жерновой мельницы с линейным асинхронным двигателем [Текст] /Р.С. Аипов, Р.Р. Нугуманов//Механизация и электрификация сельского хозяйства. -2014. -№5. -С.28 -30.

8. Патент № 2578746, Российская Федерация, МПК F04B47/06 Насосная установка [Текст] /Р.С. Аипов, Д.С. Леонтьев, Д.Е. Валишин (RU). – № 2015106455/06; заявл. 25.02.2015; опубл. 27.03.2016, Бюл. № 9. – 7 с.

УДК 631.171: 621.31: 633/635

С.В. Вендин

Белгородский ГАУ, г. Белгород, Россия

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ПРЕДПОСЕВНОЙ СВЧ ОБРАБОТКЕ СЕМЯН ЛЮПИНА

Использование электромагнитных полей сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ) в процессах подготовки к посеву и для борьбы с болезнями и вредителями семян широко известно в научной литературе [1-15]. Одной из особенностей реализации СВЧ обработки семян является то, что для достижения эффекта обработки необходимо строгое соблюдение величины воздействующих факторов, которые могут быть определены на основе эксперимента с последующим регрессионным анализом результатов.

Ниже представлены результаты экспериментальных исследований предпосевной СВЧ обработки семян люпина. СВЧ обработка семян осуществлялась на установке непрерывного излучения с СВЧ мощностью 0,5 кВт и частотой излучения 2450 ± 50 МГц. Обработка семян проводилась в соответствии с планом Коно для 2-х факторного эксперимента. Интервал варьирования воздействующих факторов по удельной мощности СВЧ воздействия составлял от 0,83 до 1,17 кВт/кг, а по времени воздействия – от 40 до 60 с. Контролируемым параметром эффективности обработки служила всхожесть семян (%). В результате обработки показателей всхожести семян получено регрессионное уравнение влияния удельной мощности СВЧ воздействия (X_1) и времени воздействия (X_2) на всхожесть семян люпина (Y).

Уравнение в кодированных переменных имеет вид

$$Y = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + B_{12} X_1 X_2 + B_{11} X_1^2 + B_{22} X_2^2, \quad (1)$$

где $B_0 = 86,56$; $B_1 = 0,50$; $B_2 = 0,58$; $B_{12} = 0,50$; $B_{11} = 0,33$; $B_{22} = 0,42$.

Анализ уравнения регрессии позволил получить линии уровня для реализации различных режимов СВЧ обработки. Наибольший отклик у семян

люпина на СВЧ воздействие был получен при удельной мощности СВЧ воздействия от 1,0 до 1,17 кВт/кг и времени воздействия от 60 до 50 с. Всхожесть семян люпина при этом составляла от 87,5 до 88 % при 86% на контроле (семена без обработки). На рисунке 1 представлены расчетные линии уровня для различных значений всхожести после СВЧ обработки.

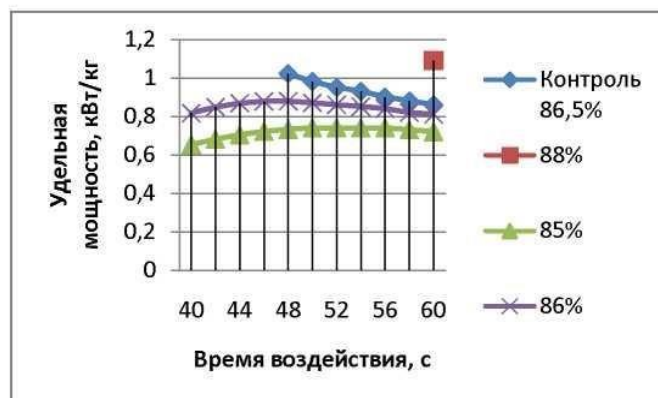


Рисунок 1 - Расчетные линии уровня для различных значений всхожести после СВЧ обработки

Далее была проведена обработка экспериментальных данных, где в качестве воздействующих факторов рассматривались конечная температура и скорость СВЧ нагрева семян. Интервал варьирования воздействующих факторов по конечной температуре СВЧ нагрева составлял от 34°С до 54°С, а по скорости СВЧ нагрева – от 0,34°С/с до 0,59°С/ с. Контролируемым параметром эффективности обработки также служила всхожесть семян (%).

В результате обработки показателей всхожести семян получено регрессионное уравнение влияния конечной температуры СВЧ нагрева (X_3) и скорости СВЧ нагрева (X_4) на всхожесть семян люпина (Y). Уравнение в натуральных переменных имеет вид

$$Y = C_0 + C_1 X_3 + C_2 X_4 + C_{12} X_3 X_4, \quad (2)$$

где $C_0 = 77,22$; $C_1 = 0,18$; $C_2 = 12,49$; $C_{12} = -0,22$.

Анализ уравнения регрессии позволил получить линии уровня для реализации различных режимов СВЧ обработки. На рисунке 2 представлена граничная линия уровня между конечной температурой и скоростью СВЧ нагрева для значений всхожести 87%.



Рисунок 2 - Расчетная линия уровня для различных значений всхожести после СВЧ обработки

Согласно полученным результатам при СВЧ обработке семян с увеличением скорости нагрева от 0,34°C/с до 0,59°C/с конечную температуру нагрева следует снижать с 52,5 °С до 48 °С. При этом всхожесть семян люпина составляет 87,5 - 88 % при 86% на контроле (семена без обработки).

Полученные результаты позволяют осуществлять контроль процесса СВЧ обработки семян люпина по температурным параметрам.

Список литературы

1. Вендин С.В. СВЧ дезинсекция семян бобовых: автореф. дис... канд. техн. наук/ МИИСП им. В.П.Горячкина. Москва, 1990.
2. Бородин И.Ф., Вендин С.В., Горин А.Д. Изменение всхожести семян зерновых культур под влиянием СВЧ обработки// Российская сельскохозяйственная наука. 1993. № 2. С. 92.
3. Вендин С.В. Обработка семян электромагнитным полем: автореф. дис... док. техн. наук / Москва, 1994.
4. Вендин С.В., Горин А.Д. Воздействие температурных факторов на всхожесть семян зерновых при их обработке в электромагнитном поле СВЧ//Российская сельскохозяйственная наука. 1994. № 3. С. 21.
5. Вендин С.В. Исследование напряженности электрического поля в семени при СВЧ дезинсекции зерна//Электричество. -1994. -№ 3. -С. 54-59.
6. Вендин С.В. Экспериментальные исследования предпосевной обработки семян пшеницы электромагнитным полем// Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2014. № 1. С. 4-10. 7. Вендин С.В. Электромагнитная обработка семян//Сельский механизатор. 2014. № 12. С. 32-33. 8. Вендин С.В. Теория и математические методы анализа электродинамики процессов СВЧ обработки семян. Монография.- М.: ЦКБ «Бибком», 2015. – 137 с. ISBN-online 978-5905563-38-6.
9. Вендин С.В. Регрессионный анализ влияния удельной СВЧ мощности и экспозиции, скорости и конечной температуры нагрева на предпосевную обработку семян пшеницы//Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2015. № 2 (6). С. 9-13.
10. Вендин С.В. Результаты экспериментальных исследований по предпосевной обработке семян пшеницы электромагнитным полем СВЧ/ Инновации в сельском хозяйстве. 2016. № 1(16). С.73-77.

12. Вендин С.В. Теория и математические методы анализа тепловых процессов при СВЧ обработке семян. Монография. - М. : ЦКБ «Бибком», 2016. – 143 с. ISBN 978-5-90556356-0.

13. Вендин С.В. Технологические приемы СВЧ обработки семян в слое// Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2016. №2(10). С.3-11.

14. Вендин С.В. Технологические особенности СВЧ обработки семян/ В сборнике: «Электротехнологии, оптические излучения и электрооборудование в АПК», материалы международной научно-практической конференции, посвященной памяти ведущего электротехнолога России академика Ивана Фёдоровича Бородина. 2016. С. 46-50.

15. Вендин С.В., Щербинин И.А. К расчету распространения электромагнитного импульса при СВЧ обработке диэлектрических сред/ Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 2. С. 204-206.

УДК 621.311.182

С.В. Вендин, А.Ю. Мамонтов

ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина» 308503, Белгородская область, Белгородский район, п. Майский

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ И НАГРЕВА БИОМАССЫ В МНОГОКАМЕРНОМ БИОГАЗОВОМ РЕАКТОРЕ НЕПРЕРЫВНОЙ ЗАГРУЗКИ СЫРЬЯ

Многокамерный биогазовый реактор непрерывной загрузки сырья (МБРНЗС) является перспективным решением для получения биогаза, так как конструкционные особенности реактора позволяют проводить полный цикл анаэробного сбраживания практически в любых удобных условиях перемешивания и обогрева. Имеется возможность проверить эффективность выхода биогаза при раннем и позднем интенсивном перемешивании или при щадящем и критическом обогреве. МБРНЗС – идеальное решение для проведения лабораторных исследований по наблюдению за изменением состояния нагрева и перемешивания сбраживаемой биомассы в ходе движения от камеры к камере. Более того, при интеграции в МБРНЗС электрооборудования и микроконтроллера, появляется возможность не только нагревать и перемешивать сбраживаемую биомассу от ее поступления до слива удобрений, но и полностью автоматизировать технологические процессы сбраживания.

Проведенные исследования показали, что устройства на базе микроконтроллеров, управляющими электрооборудованием, могут работать с предложенным биогазовым реактором при заданных параметрах. Предложены варианты электрооборудования, исходя из физических и химических свойств биомассы, подходящие под условия плотности, теплоемкости и энергоэффективности. Дана схема коммутации устройств и микроконтроллера с

выбором предустановленных параметров функционирования обогрева и перемешивания.

По результатам работы представлено обоснование экономии энергоресурсов и повышение выхода биогаза по сравнению со стандартным реактором с одинарной механической мешалкой, а также указаны рекомендации по использованию и выбору типа электрооборудования для биогазовых реакторов.

Список литературы

1. Вендин, С.В. Обоснование параметров терморегуляции и перемешивания при анаэробном сбраживании [Текст] / С.В. Вендин, А.Ю. Мамонтов // Сельский механизатор – 2016. – №7. – С. 20-22.
2. Вендин, С.В. Электрооборудование в многокамерном биогазовом реакторе непрерывной загрузки сырья [Текст] / С.В. Вендин, А.Ю. Мамонтов // Сельский механизатор – 2017. – №5.
3. Вендин С.В. Мероприятия повышения надежности оборудования автоматизированного технологического управления в электросетевом комплексе [Текст] / Вендин С.В., Мамонтов А.Ю., Шаршуков Н.О. // Надежность. 2017;17(1):11-16. DOI:10.21683/1729-2646-2017-17-1-11-16
4. Мамонтов А.Ю. Программа расчета параметров газгольдера и реактора биоэнергетической станции [Текст] / Виноградов А.А., Мамонтов А.Ю., Каплин А.В. // Вестник Мичуринского аграрного университета – 2015, №4 С. 186-193.
5. Мамонтов, А.Ю. Математическая модель системы «Животноводческий комплекс биостанция» [Текст] / А.Ю. Мамонтов, Г.С. Мулява, А.А. Виноградов, В.И. Идельчик // Энергобезопасность и энергосбережение – 2015. – №5. – С. 30-34.
6. Мамонтов, А.Ю. Компьютерная программа расчета параметров животноводческой фермы с биостанцией [Текст] / А.А. Виноградов, А.Ю. Мамонтов, А.В. Каплин // Промышленная энергетика – 2016. – №5. – С. 46-49.
7. Нестеров, А.М. Обзор возможности строительства ВЛ 35 кВ в габаритах ВЛ 10 кВ в Белгородской области [Текст] / А.М. Нестеров, С.В. Вендин // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. №6. С. 200-203.
8. Вендин, С.В. Параметры анаэробного сбраживания для терморегуляции и перемешивания в многокамерном реакторе [Текст] / Вендин С.В., Мамонтов А.Ю. // Проблемы и перспективы инновационного развития агротехнологий Материалы XX Международной научно-производственной конференции. 2016. С. 17-18.
9. Вендин, С.В. Автоматизация механических и тепловых процессов в многокамерном биогазовом реакторе непрерывной загрузки сырья [Текст] / Вендин С.В., Мамонтов А.Ю. // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. 2016. № 4 (74). С. 55-60. 10. Вендин, С.В. Расчет стоимости материалов биостанции [Текст] / С.В. Вендин, А.Ю. Мамонтов // Сельский механизатор – 2016. – №6. – С. 28-29
11. Вендин С.В. Программа расчета геометрических и конструкционных параметров биогазового реактора [Текст] / Вендин С.В., Мамонтов А.Ю., Каплин А.В. // Промышленная энергетика – 2017. – №3. – С. 51-55.

А.В. Волгин, О.В. Логачёва, С.А. Королев, А.А. Мизунов

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

ЕМКОСТНЫЕ НАКОПИТЕЛИ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ МАШИНЫ УДАРНОГО ДЕЙСТВИЯ

В настоящей работе рассмотрены особенности применения емкостных накопителей энергии в системе электропитания электромагнитной машины ударного действия. Приведена структурная схема электрического преобразователя с емкостным накопителем энергии

Ключевые слова: электромагнитный двигатель, емкостный накопитель энергии

Применение импульсных линейных электромагнитных двигателей (ЛЭМД) в машинах ударного действия небольшой мощности (энергия воздействия 0,01...1,0 кДж), где характерен режим редких ударов (импульсные сейсмоисточники, сводообрушающие устройства бункеров сыпучих материалов) является вполне эффективным. При этом технико-экономические показатели таких машин в значительной мере определяются способностью источника питания обеспечить большую мгновенную мощность питающих импульсов в обмотке ЛЭМД [1].

Из уравнения баланса мощностей ЛЭМД, приведенного к виду

$$U \cdot i = i^2 \cdot R + L \cdot i \cdot \frac{di}{dt} + i^2 \cdot \frac{dL}{d\delta} \cdot U,$$

где u , i , R – напряжение, ток, активное сопротивление обмотки; L – индуктивность; δ , U – перемещение и скорость якоря; следует, что скорость изменения энергии в обмотке двигателя определяет эффективность энергопреобразования и на этапе $t_{тр}$ трогания (второе слагаемое) и на этапе $t_{дв}$ движения (второе и третье слагаемое) якоря. Для повышения эффективности следует обеспечить на интервале $t_{тр}$ возможно большие значения и тока $i(t)$, и скорости di/dt его изменения, т.е. форсированное накопление магнитной энергии в индуктивности машины, а на этапе движения – возможное постоянство значений $i(t)$, при прочих равных условиях (R , L).

Для выполнения этих условий источник питания должен сформировать на обмотке ЛЭМД импульс напряжения с крутым фронтом $dU/dt \rightarrow \infty$ на этапе $t_{тр}$ и не уменьшать существенно значение $U(t)$ на интервале $t_{дв}$ движения якоря.

Импульсы выпрямленного напряжения сети переменного тока, обычно используемые для питания ЛЭМД, во многом не удовлетворяют этим требованиям, особенно при однофазном однополупериодном питании. Это существенно ухудшает достижимые силовые и энергетические показатели машин ударного действия с ЛЭМД. Их улучшение искусственным увеличением интервала $t_{тр}$ удержанием якоря, дается усложнением и снижением надежности

конструкции двигателя, увеличенной нагрузкой на источник питания, дополнительным шумом в работе.

Применение промежуточных накопителей энергии в системах электропитания редкоударных ЛЭМД позволяет легко получить большие мгновенные мощности, форсированное энергопреобразование и повысить показатели машины. Хорошими удельными показателями при запасаемой энергии $W \leq 10^4$ Дж обладают емкостные накопители (ЕН). Энергией конденсаторов, определяемой емкостью C и напряжением U , легко управлять и на этапе заряда, и на этапе вывода энергии в ЛЭМД [2].

Обобщенная структурная схема системы с накопителем показана на рисунке 1. Секции накопителя ЕН соединены с обмоткой ЛЭМД тиристорными разрядниками VS , последовательность включения которых определяет управляющее устройство УУ. Заряд конденсаторов ЕН до необходимого напряжения производится либо непосредственно от аккумуляторного источника АИП, когда $U_{АИП} = U_{ЕН}$, либо через конвертер от АИП с меньшим числом батарей, когда $U_{ЕН} = (2 \div 3)U_{АИП}$.

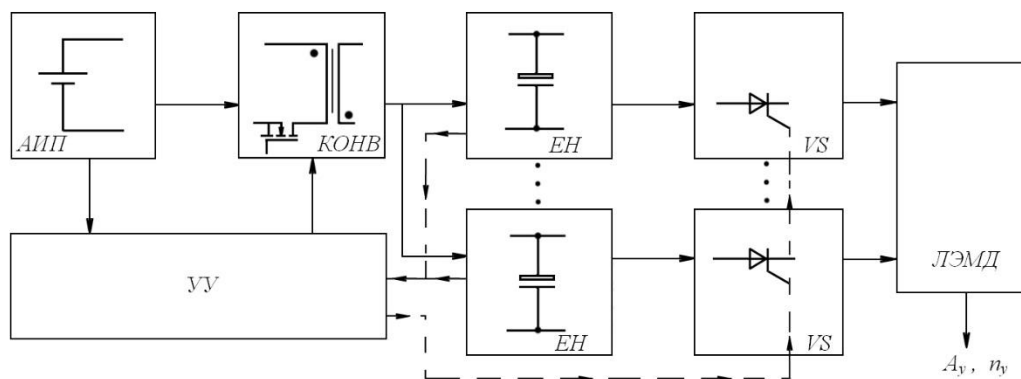


Рис.1 Структурная схема преобразователя с ЕН

Так как частота зарядно-разрядных циклов невелика, а время вывода энергии из ЕН, определяемое интервалом рабочего хода якоря значительно (20...150мс), целесообразен накопитель большой ёмкости (до 1Ф или более) с относительно малым напряжением заряда ($\leq 100В$). Поскольку напряжение аккумуляторного источника меньше напряжения заряжаемого ЕН, а в интенсивной зарядке накопителя необходимости нет, в системе применим сравнительно маломощный транзисторный конвертер с высокой частотой переключения силовых элементов.

Список литературы

1. Усанов К.М., Каргин В.А., Перетяшко А.В. Электрические преобразователи с емкостными накопителями энергии для управления дискретными электромагнитными машинами / тенденции развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения. материалы международной научно-практической конференции. под ред. Ф.К. Абдразакова, ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова. 2016. С. 254-258.

2. Нейман В.Ю., Усанов К.М., Угаров Г.Г. Рабочий цикл одноударной электромагнитной машины с конденсаторным питанием / Электротехника, электромеханика и электротехнологии—2005 материалы второй научно-технической конференции с международным участием. 2005. С. 39-41.

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СИСТЕМЕ ОСВЕЩЕНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СОЛНЕЧНЫХ СВЕТОВОДОВ

Развитие современных систем освещения связано с применением энергосберегающих технологий. Использование естественного света в помещении приводит к снижению времени использования светильников или ограничению их мощности. Традиционные световые проемы (окна, фонари) не всегда могут обеспечить равномерное освещение, особенно в помещениях большой площади. Альтернативой могут послужить солнечные световоды [1].

Цель исследования: определение экономии энергопотребления в системе освещения при установке солнечных световодов для светоклиматических условий Южного Урала.

Мощность источника искусственного света выбирается так, чтобы в помещении обеспечивалась освещенность, соответствующая нормативным документам $E_{вн}$, которая также зависит от естественного света, проникающего в помещения через световые проемы, например, солнечный световод. $E_{вн}$, лк, определяется по формуле [2]:

$$E_{вн} = 0,01 \cdot \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot k_1 \cdot k_2 \frac{e^{tg\theta \cdot \ln\rho \cdot l/D}}{(1 - tg\theta \cdot \ln\rho \cdot l/D)^{0.5}} E_{г} \cdot e \quad (1)$$

где $E_{г}$ – наружная освещенность горизонтальной поверхности, лк; e – геометрический коэффициент естественной освещенности (КЕО); τ_1 , τ_2 – коэффициенты пропускания купола и светорассеивающего плафона световода; k_1 – коэффициент концентрации солнечных лучей в световоде; k_2 – коэффициент эксплуатации; θ – угол входа лучей в световод; град; ρ – коэффициент отражения светоотражающего канала; l , D – длина и диаметр светового канала, м.

Анализ формулы показывает, что в течение суток освещенность в помещении непостоянна, в связи с изменением наружной освещенности, поэтому не всегда можно обеспечить освещенность, указанную в нормативных документах. Например, для обеспечения нормируемых 150 лк в коридоре, освещаемом солнечными световодами, возникает необходимость включения светильников. Но при использовании светодиодных ламп с возможностью регулирования светового потока, можно добиться значительной экономии в темное время суток и в условиях сплошной облачности (табл. 1).

Таблица 1 – Потребление электроэнергии светильниками при недостатке освещения от солнечных световодов (для условий сплошной облачности, март 2017 г.)

Время суток, ч	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Наружн. освещен., клк	5	7	8,5	10	10,5	10,2	9	7	5,2	3	0,8
Внутрен. освещен., лк	62	86	105	123	129	125	110	86	64	37	10
Требуемая освещенн., лк	88	64	45	27	21	25	40	64	86	113	140
Потребл. мощность, Вт	15	10	8	5	3	4	7	10	15	20	24

Вывод. В результате теоретических исследований, проведенных в течение года для условий широт Южного Урала с учетом того, что 144 дня в году считаются облачными, а остальные ясными, экономия электроэнергии при естественном освещении солнечными световодами может достигать 65%, в сравнении с помещением без светопроемов.

Список литературы

1. Kirpichnikova I.M., Volkova O.S., Maliugina A.A. Using solar optical fibers for public buildings illumination in the South Urals // Original Research Article Procedia Engineering, Volume 129, 2015. – С. 195–200.
2. Соловьев А.К. Научные основы повышения энергоэффективности систем верхнего естественного освещения промышленных зданий с применением теории светового поля: дис. ... доктора техн. наук. – Москва, 2011. – 251 с.

УДК 621.313.333.2

К. Г. Головкин

Национальный исследовательский томский политехнический университет, г. Томск.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗГОНА И ТОРМОЖЕНИЯ ЧАСТОТНОГО АССИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ЛИФТА

Выберем для исследования асинхронный двигатель АИР160S8.

Таблица 1 – Параметры АИР160S8

$P_{\text{ном}}$, кВт	$n_{\text{ном}}$, об/мин	КПД, %	$\cos \varphi$	$I_{\text{ном}}$, А	$I_{\text{пуск}}/I_{\text{ном}}$	$M_{\text{пуск}}/M_{\text{ном}}$	$M_{\text{макс}}/M_{\text{ном}}$	$M_{\text{мин}}/M_{\text{ном}}$	Масса, кг
7,5	720	86	0,72	18	5,5	1,7	2,3	1,5	86,9

Рассчитаем параметры необходимые для моделирования по Т-образной схеме замещения и внесем их в программу MATLAB R2013a. Необходимые параметры представлены на рисунке 1.

```

%Параметры двигателя
f=50;
Rs=0.642;
Rr=0.622;
Ls_=1.348/(2*pi*f);
Lr_=1.803/(2*pi*f);
Lm=29.92/(2*pi*f);
p=8;
J=0.12;
Ls=Ls_+Lm;
Lr=Lr_+Lm;
zp=p/2;
Kr=Lm/Lr;
Re=Rs+Rr*Kr^2;
Le=Ls-Lm^2/Lr;
Uamp=220*sqrt(2);
Ar=Rr/Lr;
Wref=2*pi*f;

h=0.0001;

```

Рисунок 1 – Необходимые параметры АИР160S8

Собираем имитационную модель (Рисунок 2) в программе MATLAB R2013a, которая позволяет делать плавный пуск и остановку асинхронного двигателя.

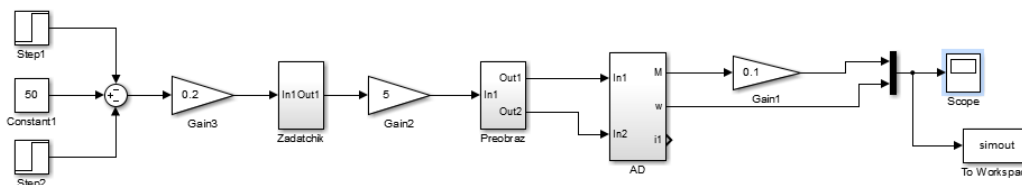


Рисунок 2 – Имитационная модель электропривода с плавным пуском и остановкой в программе MATLAB R2013a

Блок AD представляет собой модель представленную на рисунке 3.

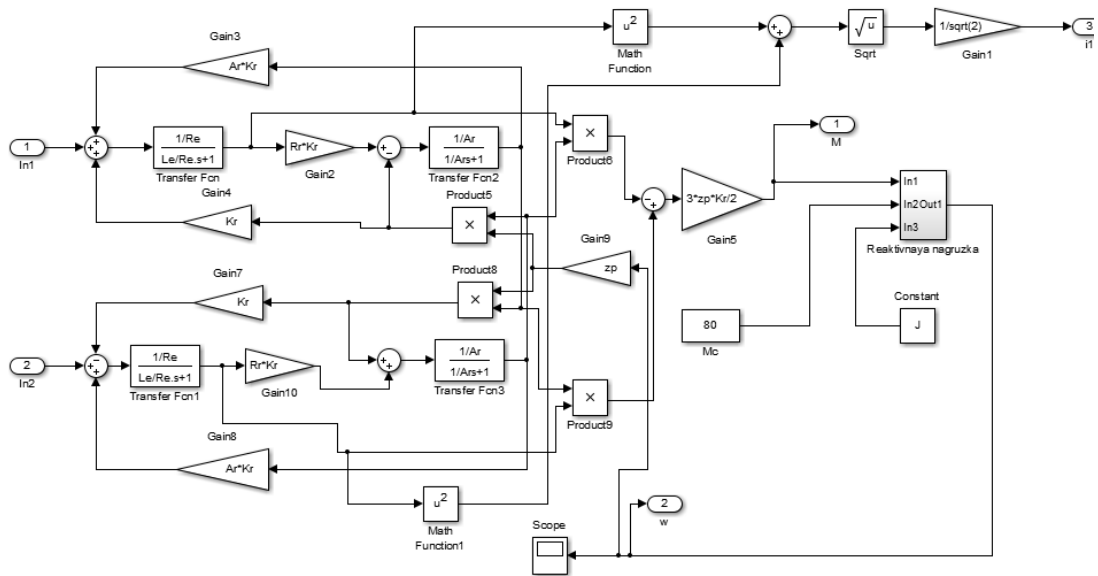


Рисунок 3 – Имитационная модель блока АД

Получаем кривую плавного разгона ротора до номинальной скорости и плавного торможения до 10 Гц, а затем до полной остановки (Рисунок 4).

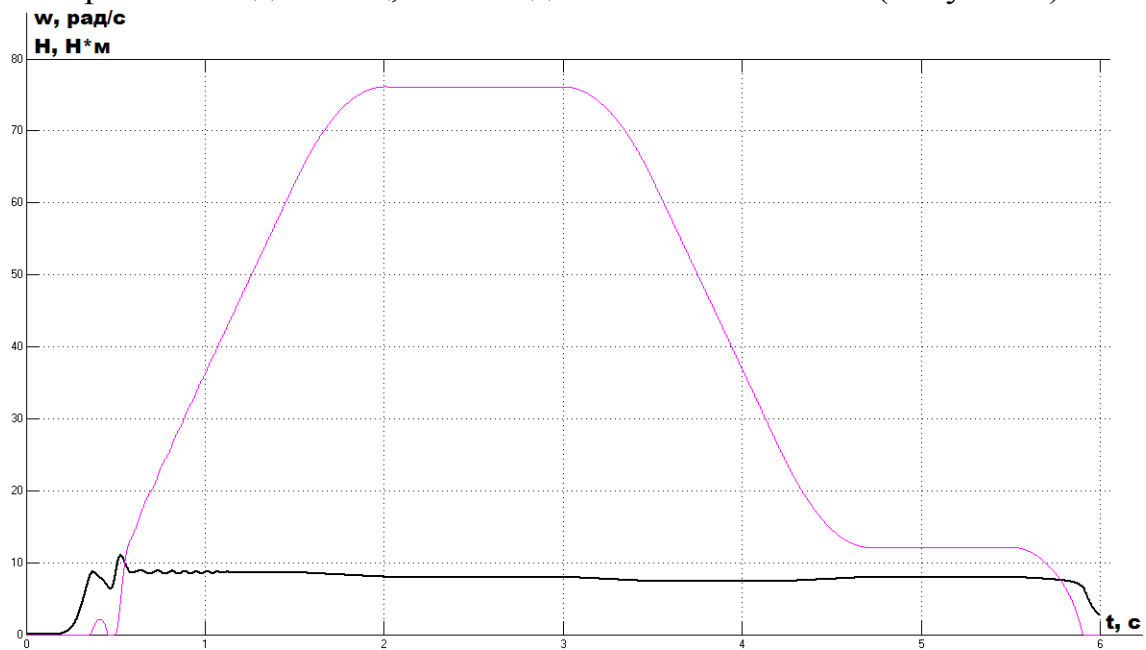


Рисунок 4 – Кривая плавного разгона/торможения и крутящего момента АД.

Н.В. Гусева, С.В. Новичков, Р.А. Долгов

Саратовский государственный технический университет имени Ю. А. Гагарина

ОСОБЕННОСТИ БИЗНЕС-ПЛАНИРОВАНИЯ ПРИ ВНЕДРЕНИИ СВЧ-ТЕХНОЛОГИЙ В АПК

В условиях рыночной экономики при проектировании технологического оборудования следует учитывать экономические факторы. Это в полной мере относится и к электротермии – области науки и техники, связанной с нагревом и расплавлением материалов теплом, выделяющимся при протекании по проводникам электрического тока. Термообработка, нагрев или сушка почти всегда входят в состав технологической обработки различных видов продукции.

Агропромышленный комплекс (АПК) – это совокупность отраслей экономики страны, включающая сельское хозяйство и отрасли промышленности, тесно связанные с сельскохозяйственным производством, осуществляющие перевозку, хранение, переработку сельскохозяйственной продукции. Предприятия АПК широко используют СВЧ-технологии для тепловой обработки своей продукции.

Только экономически обоснованный выбор конструкции СВЧ установок позволит технически более эффективной конструкции электротермического оборудования выйти на рынок. Для того чтобы проектирование СВЧ электротехнологических установок для нужд АПК было успешным, необходимо грамотно провести анализ инвестиционного проекта. Наилучшим инструментом для решения данной задачи является бизнес-план. Бизнес-план позволяет показать выгодность предполагаемого проекта и привлечь возможных контрагентов, потенциальных финансовых партнеров. Бизнес-план описывает все основные аспекты проекта, анализирует проблемы, с которыми можно столкнуться при его реализации и определяет способы решения этих проблем. В его состав входят следующие разделы:

- краткое описание продукта – в этом разделе дается краткое описание изделия, его технико-эксплуатационные показатели, отличие разрабатываемого изделия от аналогов, источники финансирования;

- описание рынка – в этом разделе должны быть даны оценки существующей ситуации (конъюнктуры) и прогноза развития рынка;

- существо проекта – в этом разделе необходимо привести сведения о патентах, торговый знак, указать наличие опыта производства данного товара;

- производственный план – в этом разделе даётся схема производственного процесса, указываются специфические требования к организации производства; 5) стратегия маркетинга – в этом разделе должно быть показано, что реализация товара не вызовет серьёзных проблем; указываются факторы, от которых зависит спрос на товар;

- организационный план – в этом разделе указывается форма собственности и правовой статус организации;

- риск проекта – в этом разделе необходимо дать характеристику экономических условий, в которых работает предприятие, особенно тех, которые отрицательно сказываются на его финансовом положении.

- финансовый план – этот раздел бизнес-плана должен дать возможность оценить способность проекта обеспечивать поступление денежных средств в объеме, достаточном для обслуживания долга (или выплаты дивидендов, когда речь идет об инвестициях).

Список литературы

1. Басовский Л.Е. Маркетинг: курс лекций / Л.Е. Басовский. М.: ИНФРА – М, 1999.
2. Гусева Н.В. Основы бизнес-планирования в электротермии с примерами: учебное пособие / Н.В. Гусева, С.В. Новичков. Саратов: СГТУ, 2015. 123 с.

УДК 621.311

П.О.Гуков, Д.Ю.Кулешов

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, г. Воронеж

СПОСОБЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

Протекание тока по элементам электрической сети сопровождается потерями напряжения. В результате по мере удаления от источника питания напряжение уменьшается. В то же время для нормальной работы электроприемников подводимое к ним напряжение может только незначительно отличаться от номинального напряжения и должно находиться в допустимых пределах. Согласно ГОСТ 13109-97 [1] на качество электроэнергии для большинства электроприемников отклонение напряжения от номинального значения не должно превышать $\pm 5\%$. В послеаварийных режимах работы, длительность которых сравнительно невелика, допустимое отклонение напряжения увеличивается еще на 5% .

Обеспечить выполнение требований к отклонениям напряжений в современных ЭЭС без применения специальных мер и устройств невозможно, что наглядно демонстрируется схемой передачи электроэнергии (рис.1). Если принять, что на пути от генераторов электростанций до приемников электрическая энергия претерпевает четыре трансформации, при каждой трансформации потери напряжения составляют 5 %, а в каждой из сетей — 10 %, то суммарные потери напряжения могут составить 60 %.

Способы регулирования напряжения зависят от характера электрической сети, класса напряжения, конфигурации. В данной работе рассматривается распределительная сеть, включающая районную трансформаторную подстанцию, ЛЭП 10 кВ, потребительские КТП 10/0,4 кВ, ЛЭП 0,38 кВ.

Упрощенная однолинейная схема сети показана на рисунке 1.

Регулирование напряжения в данной сети можно как на трансформаторных подстанциях, так и в самих линиях [2].

Для выбора и настройки устройств регулирования необходимо знать параметры режима электрической сети, которые определяются различными методиками, в частности, предложенными в [3,4].

Регулирование напряжения в трансформаторах осуществляется изменением количества витков в обмотке высшего напряжения, то есть изменением коэффициента трансформации. Для этого обмотки трансформаторов снабжаются дополнительными ответвлениями.

Переключение ответвлений может происходить без возбуждения (ПБВ), т.е. после отключения всех обмоток от сети или под нагрузкой (РПН). На рисунке 2 показана схема обмоток трансформатора с ПБВ.

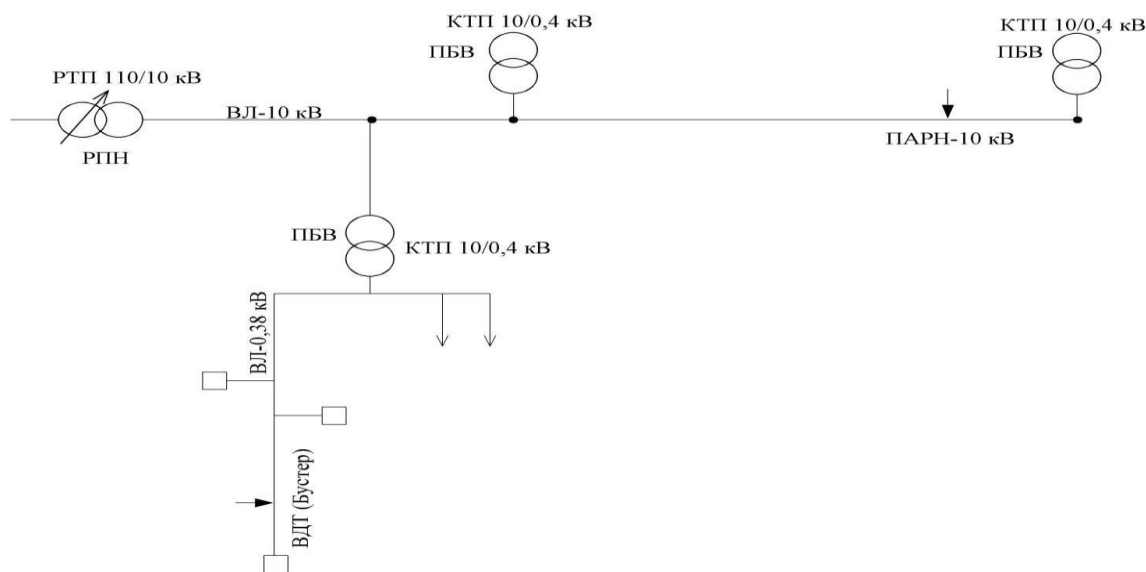


Рисунок 1. Схема распределительной электрической сети

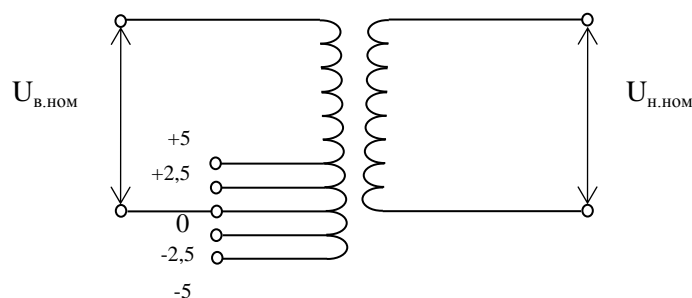


Рисунок 2. Схема обмоток трансформатора с ПБВ

Устройство ПБВ позволяет регулировать напряжение в пределах $\pm 5\%$, для чего трансформаторы небольшой мощности кроме основного вывода имеют два ответвления от обмотки высшего напряжения: $+5\%$ и -5% . Если трансформатор работал на основном выводе и необходимо повысить напряжение на вторичной стороне U_2 , то, отключив трансформатор, производят переключение на ответвление -5% , уменьшая тем самым число витков в обмотке высшего напряжения. На трансформаторах средних и больших мощностей предусматриваются четыре ответвления $\pm 2 \times 2,5\%$, переключение которых производится специальными переключателями барабанного типа, установленными отдельно для каждой фазы.

Устройство ПБВ не позволяет регулировать напряжение в течение суток, так как это потребовало бы частого отключения трансформатора для производства переключений, что по условиям эксплуатации практически недопустимо. Как правило, устройство ПБВ используется для сезонных переключений несколько раз в год.

Регулирование под нагрузкой (РПН) позволяет переключать ответвления обмотки трансформатора без разрыва цепи. Устройство РПН предусматривает регулирование напряжения в различных пределах в зависимости от мощности и напряжения трансформатора (от ± 10 до $\pm 16\%$ ступенями приблизительно по $1,5\%$). Как правило, устройство РПН устанавливается на трансформаторах районных подстанций и позволяет осуществлять различные режимы регулирования. Наиболее гибким является режим встречного регулирования, при котором изменение напряжения устройством РПН зависит от нагрузки сети.

Регулирование напряжения в трансформаторах с помощью устройств ПБВ или РПН является групповым, то есть увеличение или уменьшение напряжения для всех отходящих линий является одинаковым. В некоторых случаях для отдельных потребителей такое регулирование не позволяет выполнить требования ГОСТ 13109-97. В первую очередь это касается наиболее удаленных от центра питания потребителей. В этом случае можно устанавливать регулирующие устройства непосредственно в линиях электропередачи 10 кВ и $0,38$ кВ.

В линиях 6-10 кВ можно устанавливать, например, пункты автоматического регулирования напряжения серии ПАРН ВДТ/VR32, которые позволяют: увеличить пропускную способность существующих линий для подключения новых потребителей; передачу электроэнергии по линиям 6 и 10 кВ на большие расстояния; обеспечить качество электроэнергии, в том числе устранение несимметрии напряжений в линиях. Основным элементом ПАРН является вольтодобавочный трансформатор.

Разработаны аналогичные устройства и для регулирования напряжения в линиях 0,38 кВ, например вольтодобавочный трансформатор Magtech (ВТМ)[5]. Часто такие устройства называются бустерами. Для обеспечения номинального напряжения у потребителей на первом этапе проводится оценка потерь напряжения в сети. Для этого разработана программа в среде Excel. Составляется модель для программы оценки с указанием характеристик потребителей, параметров участков линии электропередач и местом установки ВТМ. Кроме того выпускаются ВТМ с компенсирующей обмоткой, которые позволяют снизить несимметрию фазных напряжений, которая существует в сети 0,38 кВ из-за наличия однофазных потребителей. Еще одним положительным влиянием включения ВТМ в линию 0,38 кВ является увеличение тока однофазного замыкания в поврежденной фазе, что повышает надежность срабатывания защиты. Кроме того, при однофазном коротком замыкании уменьшаются броски напряжения в неповрежденных фазах.

Наиболее вероятные места установки ВДТ в линии 10 КкВ и 0,38 кВ показаны стрелками на рисунке 1.

Рассмотренные в данной работе регулирующие устройства являются основными и наиболее часто используемыми на практике и не исчерпывают все способы и средства регулирования напряжения в распределительных сетях. Однако применение и этих устройств и различных их комбинаций позволит обеспечить необходимые показатели качества электроэнергии у потребителей.

Список литературы

1. ГОСТ 13109-97 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электроэнергии в системах электроснабжения общего назначения».
2. Герасименко А.А. Передача и распределение электроэнергии / А.А. Герасименко, В.Т. Федин. – Ростов на Дону: Феникс, 2008. – 715 с.
3. Гуков П.О. Модель расчета распределительной электрической сети / Гуков П.О., Картавцев В.В. //Современные тенденции развития науки и технологий: сб. науч. трудов по материалам VIII Международной научно-практической конференции.- Белгород: ИП Ткачева Е.П., 2015.- №8, с.40-44.
4. Картавцев В.В. Метод расчета режима распределительной электрической сети /
5. Картавцев В.В., Гуков П.О., Помогаев Ю.М.//Научное обозрение.-2016.-№10.-С.98-104.
6. Странд Франк, Хауге Эспен, Тьелдхорн Рейдар. Система стабилизации напряжения линий электроснабжения. Евразийский патент №007309, 25.08.06

А.С. Должикова, С.Ф. Степанов

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
г. Саратов

СИСТЕМА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И МОНИТОРИНГА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Одной из важных задач на современном этапе развития энергетики страны является разработка, внедрение и развитие современных систем диагностики и мониторинга дорогостоящего электротехнического оборудования. Данные системы, выполненные на современной микропроцессорной базе, предназначены как для контроля, так и для диагностики.

Использование микропроцессорных систем позволяет достоверно оценить техническое состояние электротехнического оборудования и таким образом снизить финансовые расходы на его ремонт за счет перехода на обслуживание по фактическому состоянию и отказа от регламентного обслуживания, а также повысить надежность электроснабжения.

Блок-схема разработанной системы диагностирования и мониторинга электротехнического комплекса представлена на рисунке 1. Она представлена непосредственно электротехническим комплексом (объект исследования), состоящим из одного или нескольких трансформаторов, преобразователей, активной нагрузки (насосы, компрессоры и прочее). К нему подключается система датчиков для оценки различных параметров, таких как температура, влажность, газосодержание, давление, вибрация, запыленность и т.д. Все данные от системы датчиков поступают в микроконтроллер для выявления рабочих, предаварийных и аварийных состояний электротехнического комплекса, влияющих на наработку на отказ. От микроконтроллера преобразованные данные поступают в персональный компьютер, где представляются с помощью человеко-машинного интерфейса. Эти данные позволяют оперативному персоналу принять решение о внесении корректировки в работу электротехнического комплекса в ручном режиме через устройства блока коррекции, либо, используя автоматический режим, выполнить диагностику состояний оборудования электротехнического комплекса с мониторингом данных экспертной системы.

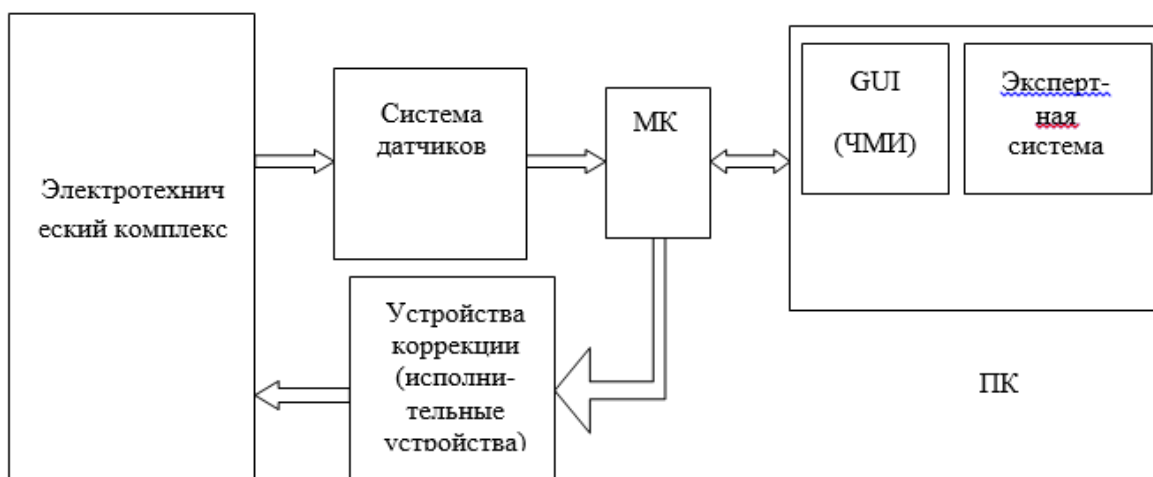


Рисунок 1 – Блок-схема системы диагностирования и мониторинга электротехнического комплекса

Система диагностики и мониторинга выполняет контроль различных характеристик электротехнического комплекса (температура верхних и нижних слоев масла трансформатора, температура обмотки трансформатора, уровня масла, влаго- и газосодержания масла, температура, влажность и запыленность преобразователя, электрических параметров, уровень вибрации трансформатора и преобразователя, работа газовой защиты трансформатора, работа РПН и другие). Система сигнализирует о неисправности оборудования и о выходе значений контролируемых параметров за установленные технологические пределы. Также система управляет устройствами коррекции состояния электротехнического комплекса (система охлаждения трансформатора, система вентиляторов и т.д.), проводит диагностирование технического состояния трансформатора и его систем по комплексу измеренных параметров; архивирует данные и событий на энергонезависимом носителе (электронный паспорт).

УДК 51.74

А.И. Данилушкин, Н.М. Давыдова, Д.А. Животягин

Самарский государственный технический университет, г. Самара

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕНТИЛЯЦИОННОГО АППАРАТА КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ

Для вентиляции помещений, приготовления воздуха в системах общеобменной вентиляции используются вентиляционные установки с асинхронными электроприводами. Эти установки работают в режиме, далеком

от оптимального по потреблению электроэнергии. Снижение энергозатрат за счет применения регулируемых электроприводов на вентиляционных установках большой мощности на базе существующего электрооборудования может обеспечить значительную экономию электроэнергии. Факторами, определяющими технико-экономическую эффективность применения регулируемых электроприводов, являются: исключение затрат по замене электродвигателей вентиляторов, выходящих из строя из-за перегрева при повторно-кратковременном режиме работы; значительное снижение расхода электроэнергии, потребляемой асинхронными электродвигателями, за счет выбора оптимального режима работы. Анализ работы теплообменных аппаратов показал, что существующие в настоящее время системы релейного регулирования не всегда позволяют стабилизировать регулируемые параметры с требуемой точностью. Повышение точности системы ограничивается техническими возможностями средств реализации релейных систем автоматического управления. Существенным недостатком релейного способа регулирования является необходимость частых прямых пусков электродвигателей, что приводит к увеличению непроизводительных затрат электроэнергии и значительно снижает ресурс электродвигателей, не рассчитанных на повторно-кратковременный режим работы. В то же время проведенный анализ нагрузочных характеристик электродвигателей, а так же механических и аэродинамических характеристик вентиляторов показывает, что можно устранить имеющиеся недостатки релейного способа регулирования за счет применения системы непрерывного регулирования частоты вращения вентиляторов и таким образом улучшить эксплуатационные качества электроприводов. Для выработки обоснованных решений по реализации непрерывной системы автоматического регулирования частоты вращения вентиляторов в функции температуры воздуха проведены исследования динамических свойств объекта на базе упрощенных моделей процесса в системе «электропривод – температура воздуха». В соответствии с расчетами, выполненными на основании исследований, разработаны рекомендации по определению необходимого диапазона регулирования частоты вращения вентилятора применительно к конкретной установке. На основе численного моделирования объекта и анализа полученных результатов предложена удовлетворительная аппроксимация исходной модели исследуемого процесса в форме одномерного уравнения теплообмена. В качестве управляющего воздействия рассматривается частота регулируемого источника питания. Реализация управляющего воздействия осуществляется изменением объемного расхода воздуха, подчиненного ограничению вида

$$G_{\max} \geq G_{\varepsilon}(t) \geq G_{\min},$$

определяемый скоростью воздуха и выходным сечением S вентилятора. G_B – массовый расход воздуха, $G_{\varepsilon}(t) = V_{\varepsilon}(t) \cdot S$, $V_B(t)$ – скорость потока воздуха.

Задача управления для исследуемого объекта формулируется следующим образом: для объекта «электропривод – вентилятор» требуется найти такое

управляющее воздействие $G_e(t)$, которое переводит управляемый объект из начального состояния с расходом $G_{e1}(t)$ в конечное состояние $G_{e2}(t)$ с заданной точностью при минимальных суммарных затратах энергии. В соответствии с целью управления задается критерий оптимальности, учитывающий взвешенную сумму квадратичных отклонений температуры и расхода энергии.

УДК 621.365: 621.785

В.А. Данилушкин, Н.В. Бондарева, А.В. Беспалова

Самарский государственный технический университет, г. Самара

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНДУКЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОГО НАГРЕВА ЖИДКОСТЕЙ

Для обогрева трубопроводов при транспортировке горячей воды или других жидких сред наряду с греющими кабелями широко используются индукционные нагреватели, обладающие рядом преимуществ. При высокой производительности трубопроводной системы применяются многосекционные индукторы, при этом длина многосекционной нагревательной системы может составлять несколько метров. Для стационарного процесса непрерывного косвенного индукционного нагрева жидкости актуальной является задача минимизации длины многосекционного нагревателя, решение которой обеспечивает одновременно максимальное быстродействие и минимум энергозатрат, что существенно повышает технико-экономические показатели процесса. Как показали проведенные авторами исследования динамики процесса косвенного индукционного нагрева вязкой жидкости в аппаратах непрерывного действия, для исследуемого класса объектов процесс нагрева потока вязкой жидкости внутренними источниками тепла можно рассматривать как задачу с внешним теплообменом, описываемую однородным уравнением теплопроводности для движущегося потока жидкости с управлением, вводимым в граничные условия на внешней поверхности движущегося потока жидкости. В этом случае установившийся режим теплообмена может быть представлен в виде

$$a \left(\frac{\partial^2 T(r, x)}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T(r, x)}{\partial r} \right) + \gamma \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} - V(r) \frac{\partial T(r, x)}{\partial x} = 0, \quad (1)$$

$$r \in [R_1, R], \quad x \in [0, L]$$

с граничными условиями

$$T(r, 0) = T_0; \quad \lambda \frac{\partial T(R, x)}{\partial r} = q_1(x), \quad \lambda \frac{\partial T(0, x)}{\partial r} = 0, \quad (2)$$

Здесь R – внешний радиус цилиндрической поверхности, $T(r, x)$ – температурное поле потока жидкости, $q_1(x)$ – поток тепла с поверхности трубы,

соответствующий распределенным по длине трубы источникам внутреннего тепловыделения, r , x – соответственно радиальная и осевая координаты, $V(r)$ – скорость потока жидкости, зависящая от радиальной координаты.

Проблема оптимизации длины многосекционного нагревателя непрерывного действия сводится к определению неизменного во времени оптимального распределения мощности по длине нагревательной системы, обеспечивающего выполнение условия

$$\max |T(r, L) - T_{зад}(r, L)| \leq \Delta T_{дон}, \quad (3)$$

в выходном сечении нагревателя ($x = L$).

При нагреве внешним тепловым потоком результирующее температурное поле при оптимальном процессе можно оценивать в двух предельных точках – на поверхности ($r = R$) и в центре потока жидкости. При наличии технологического ограничения на температуру поверхности вида

$$0 \leq T_{нов.}(x) \leq T_{нов.макс}(x), \quad \forall x \in [0, L] \quad (4)$$

оптимальный алгоритм распределения мощности состоит из двух участков: участка постоянства X_1 и участка $X_2 = L - X_1$ движения по ограничению и принимает вид:

$$q_{онм}(x) = \begin{cases} q_{макс}, & 0 \leq x < X_1 \\ q_0(x), & X_1 < x \leq L \end{cases} \quad (5)$$

Для определения оптимальной длины нагревателя и длин участков постоянства управляющей функции используется система уравнений

$$\begin{aligned} T(R, x) - T_{зад} &= \Delta T_{дон} \\ T(0, x) - T_{зад} &= -\Delta T_{дон} \end{aligned} \quad (6)$$

где $T(R, x)$, $T(0, x)$ – температура в предельных точках, значение которой находится подстановкой в решение (1), (2) значений $q_{макс}$, $\forall x \in (0, X_1)$; и $q_{опт}$, $\forall x \in (X_1, L)$. В результате решения системы [6] с учетом (4), (5) находится длина участков индуктора. Как следует из анализа полученных зависимостей, источники тепла распределены неравномерно по длине нагревателя, что вносит существенные осложнения в конструкцию нагревателя. На участке движения по ограничению зависимость теплового потока от координаты представляет собой экспоненциальную функцию, практическая реализация которой предполагает создание устройства, обеспечивающего непрерывное изменение теплового потока по длине этого участка, т. е. требует изготовления длинного индуктора с существенно неравномерным шагом намотки, что усложняет задачу практической реализации нагревателя. Более простым в реализации является приближенное кусочно-постоянное представление алгоритма пространственного распределения мощности на участке движения по ограничению:

$$q_n(x) = q_n, \quad \forall x \in (x_{n-1}, x_n), \quad (7)$$

где n – число интервалов постоянства теплового потока на участке движения по ограничению. При заданном числе интервалов постоянства уровень теплового потока и длина каждого интервала определяются из решения системы уравнений

$$\begin{aligned} T(R, X_n, q_n) - T_{зад} &= \Delta T_{дон} \\ T(R, X_{n0}, q_n) - T_{зад} &= -\Delta T_{дон}, \\ \frac{\partial T(R, X_{n0}, q_n)}{\partial x} &= 0 \end{aligned} \quad (8)$$

где X_{n0} – промежуточная в пределах интервала постоянства координата, в которой достигается минимально допустимое значение температуры поверхности. Система (8) решается относительно трех неизвестных: уровня удельной поверхностной мощности, выходной координаты X_n и промежуточной координаты X_{kn} . В результате решения этой системы находят мощность и длину каждого участка нагревателя с точностью, ограничиваемой лишь погрешностями вычисления при расчете температурного поля.

УДК 621.365

А.И. Данилушкин, Ю.А. Борисова, Д.А. Тимошкин

Самарский государственный технический университет, г. Самара

ИНДУКЦИОННАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПЛАВКИ БИТУМА

В дорожном, промышленно-гражданском строительстве широкое применение нашли битумы для получения кровельных, гидроизоляционных материалов, асфальтобетона, асфальтораствора, уплотняющих материалов. Органические вяжущие хорошо совмещаются с резиной и полимерами, что позволяет значительно улучшить качество битумных материалов в соответствии с требованиями современного строительства.

Применяемые подогреватели для получения жидкого битума используют энергию пара или сжигаемого в специальных печах жидкого или газообразного топлива. Наиболее широко применяемые в настоящее время огневые подогреватели, работающие на газе или нефти, являются источником повышенной пожаро- и взрывоопасности. Огневые печи являются источником эмиссии углекислого газа и других вредных для здоровья человека выбросов, т.е. представляют определенную экологическую опасность. Повысить экономическую эффективность, надежность работы систем и улучшить экологическую обстановку позволит замена огневых нагревателей на установки с индукционным нагревом, обладающие известными преимуществами, такими, как, например, постоянная готовность к работе, высокое быстродействие, простота и плавность регулирования, компактность, экологическая чистота и удобство обслуживания. Индукционная установка для плавки битума

представляет собой цилиндрическую ёмкость, выполненную из ферромагнитной стали. Ёмкость размещена внутри катушки индуктора, выполненного из медной шинки. При индукционном нагреве имеют место два вида преобразования энергии: энергия источника питания преобразуется в энергию магнитного поля, затем она преобразуется в джоулево тепло, поглощаясь проводящей стенкой резервуара с исходным сырьем.

Индукционные установки, используемые для нагрева неэлектропроводных жидкостей, имеют ряд особенностей, выделяющих их в отдельный класс объектов. Специфические свойства нагреваемых жидкостей, такие, как низкая теплопроводность, высокая вязкость, существенно зависящие от температуры, а так же принципиальные особенности способа индукционного нагрева обусловили необходимость применения численных методов расчета.

Численный расчет электромагнитных полей в сложной составной структуре тел, содержащей ферромагнитные участки магнитной цепи, стальные конструктивные элементы и ферромагнитную загрузку, производился с помощью программного комплекса ELCUT 5.7 Professional.

Процесс непрерывного индукционного нагрева описывается нелинейной взаимосвязанной системой уравнений Максвелла и Фурье соответственно для электромагнитного и теплового полей с соответствующими краевыми условиями. Первым этапом в решении поставленной задачи является исследование закономерностей распределения внутренних источников тепла при изменении электро и теплофизических характеристик объекта.

Принимая во внимание осевую симметрию и квазистационарность исследуемого электромагнитного поля, уравнение Максвелла может быть представлено для комплексной амплитуды векторного потенциала в виде [1]:

$$\frac{\partial}{\partial z} \left[\frac{1}{\mu_a(r, z)} \cdot \frac{\partial \dot{\mathbf{A}}(r, z)}{\partial z} \right] + \frac{\partial}{\partial r} \left[\frac{1}{\mu_a(r, z)} \cdot \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial r \dot{\mathbf{A}}(r, z)}{\partial r} \right] - j\omega\gamma \dot{\mathbf{A}}(r, z) - J_0(r, z) = 0.$$

Здесь $\dot{\mathbf{A}}$ – векторный магнитный потенциал, $\dot{\mathbf{J}}$ – вектор плотности тока.

В качестве граничных условий для определенности задачи принимаются наиболее общие условия – равенство нулю векторного потенциала на границе расчетной области, находящейся в бесконечности. Основными расчетными параметрами являются изменяющиеся во времени магнитный потенциал, магнитная индукция, напряженность поля, токи, энергия магнитного поля, моменты, собственные и взаимные индуктивности и потокосцепление. Полученная в ходе решения электромагнитной задачи информация позволяет получить пространственное распределение плотности тока и удельной мощности в стенке цилиндра, на основании которого рассчитываются температурные поля в стенке цилиндра и в жидкости. Вторым этапом исследования является разработка математической модели тепловых процессов в системе «цилиндр–жидкость». Математическая формулировка задачи может быть представлена в виде линейного дифференциального уравнения теплопроводности Фурье [2]

$$\frac{\partial T_{1,2}(r, x, t)}{\partial t} = a \left(\frac{\partial^2 T_{1,2}(r, x, t)}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T_{1,2}(r, x, t)}{\partial r} \right) + \gamma \frac{\partial^2 T_{1,2}(r, x, t)}{\partial x^2} + \Pi \cdot W_1(r, x, t).$$

Здесь $T_{1,2}(r, x, t)$, –соответственно температурные поля стенки трубы и жидкости, $W_1(r, x, t)$ источники внутреннего тепловыделения, r , x – соответственно радиальная и осевая координаты, R_1 – внутренний радиус, R_2 – внешний радиус, $\Pi = 1$ для стенки цилиндра, $\Pi = 0$ для битума.

В качестве основного варианта принимаются краевые условия второго рода и условия сопряжения четвертого рода на поверхности контакта жидкости и стенки трубы. На основании полученных результатов предложен упрощенный последовательный алгоритм расчета внутренних источников тепла и температуры. Исследования, выполненные с помощью предложенной модели, позволили оценить влияние различных параметров нагревателя на процесс нагрева и выделить среди них наиболее существенные. Показано, что постоянные времени стенки трубы значительно меньше, чем постоянные времени нагреваемой жидкости, что позволяет в дальнейших исследованиях пренебречь инерционностью звена внутреннего тепловыделения.

Список литературы

1. Немков, В.С. Теория и расчет устройств индукционного нагрева / В.С. Немков, В.Б. Демидович - Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отд-ние, 1988. – 280 с.
2. Лыков А.В. Теплообмен (Справочник) М.: Энергия, 1978 –480 с.

УДК 628.884

О.В. Данилина

Самарский государственный технический университет, г.Самара

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ МИКРОКЛИМАТА ПОМЕЩЕНИЙ

В основе создания оптимальных параметров микроклимата жилых помещений, с длительным пребыванием людей [1-4], лежит постоянное поддержание комфортных условий, а именно температуры, влажности, подвижности воздуха [1-4].

В веке технологий, существует множество компьютерных программ для проведения теплофизических экспериментов. Они в свою очередь позволяют избежать дорогостоящих и длительных циклов проектирования, изготовления и испытаний. Для данного эксперимента был использован программный продукт Code_Saturne [6], который находится в свободном доступе для всех пользователей [3].

Проверка математической модели проводилась путем сравнения с результатами исследований [2]. Процесс работы конвектора рассматривался на примере жилой комнаты. Исходные данные для моделирования [2]: - габариты внутреннего объема помещения - $3 \times 6 \times 2.56$ м (а×b×h); - размеры оконного проема – 1.5×1.5 м; - температура наружного воздуха – -26°C ; - начальная температура в помещении - 15°C ; - сопротивление теплопередаче наружной стены [5] – 3.1 ($\text{m}^2 \cdot \text{K}$)/Вт; - сопротивление теплопередаче наружной стены [5] – 0.51 ($\text{m}^2 \cdot \text{K}$)/Вт; - теплообмен со смежными помещениями – не учитывался; - поступление приточного воздуха осуществляется – приточными клапанами; - расход приточного воздуха – 46 м³/ч; - габариты конвектора – $0.1 \times 0.74 \times 0.35$ м (а×b×h); - тепловой поток отопительного прибора – 1374 Вт; - удаление приточного воздуха – через дверную щель.

Основываясь на геометрические параметры расчетной области, в программе SALOME [7] была создана расчетная сетка (рис. 1), состоящая из 123760 ячеек, которая показана на рис.1.

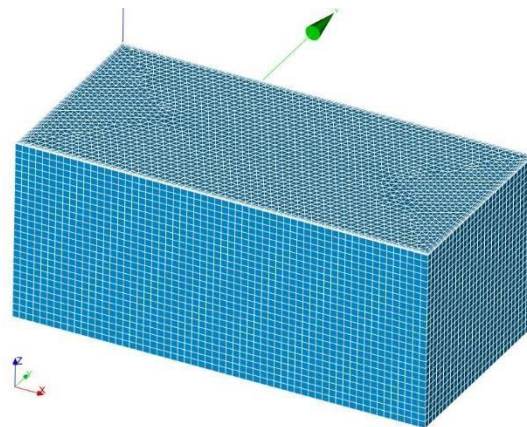


Рисунок 1. - Расчетная сетка

При построении сетки были использованы следующие алгоритмы с параметрами:

3D Extrusion (3D)

Wire Discretisation (1D) → Max Size (размер 0.1 м)

Netgen 1D-2D (2D) - для потолка → Netgen 2D Parameters (диапазон размеров $0.001 \div 0.1$ м, средняя) → Viscous layers (слои вязкости). ($\delta = 0.1$ м, 5 слоев, коэффициент растяжения 1.3, метод отступа от поверхности)

Projection 1D-2D (2D) - для пола → Source Face_1

При импортировании расчетной сетки в Code_Saturne дефекты не обнаружены.

В Code_Saturne начальные и граничные условия были определены исходя из исходных данных. Термофизические свойства (плотность, молекулярная вязкость, изобарная теплоемкость, теплопроводность) воздуха принимались при 15°C . Объекты моделирования (окно, клапаны, конвектор, дверная щель) задавались при помощи координат.

Учитывая удовлетворительное качество сетки, градиенты рассчитывались итерационным методом с учетом неортогональностей. Для стабилизации решения был активирован алгоритм учета градиентов и дивергенции при решении уравнения сохранения импульса. Так как задача решается в нестационарной постановке была использована релаксация ($R = 0.5$). Использован полунявный метод решения уравнений Навье-Стокса (SIMPLEC).

Для ускорения решения были введены пороговые значения точности (10^{-6}) и количества субитераций (10000) при решении линейных уравнений.

Уравнения движения решалось методом дискретизации первого порядка (Upwind) без учета деградации. Поскольку в расчете была использована неортогональная сетка, проводилась корректировка баланса.

Продолжительность численного эксперимента составляет $\tau = 3000\text{с}$, временной шаг был принят - 0.1с . Общее количество итераций составило 30000. Результаты моделирования представлены на рисунках 2 и 3.

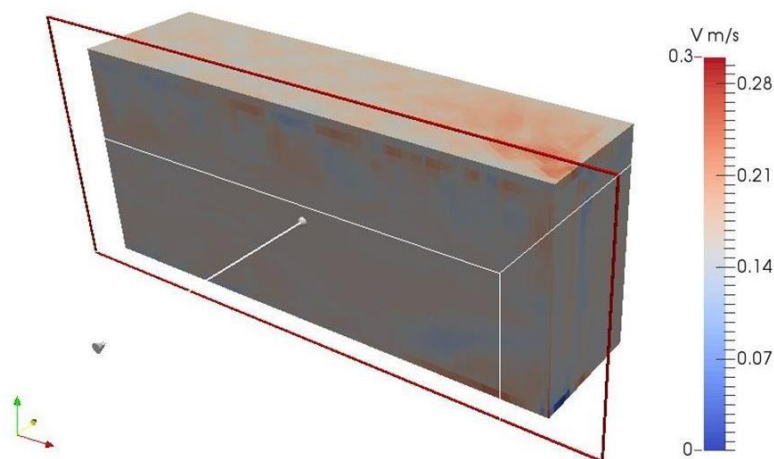


Рисунок 2. - Подвижность воздуха в продольном сечении по центру комнаты

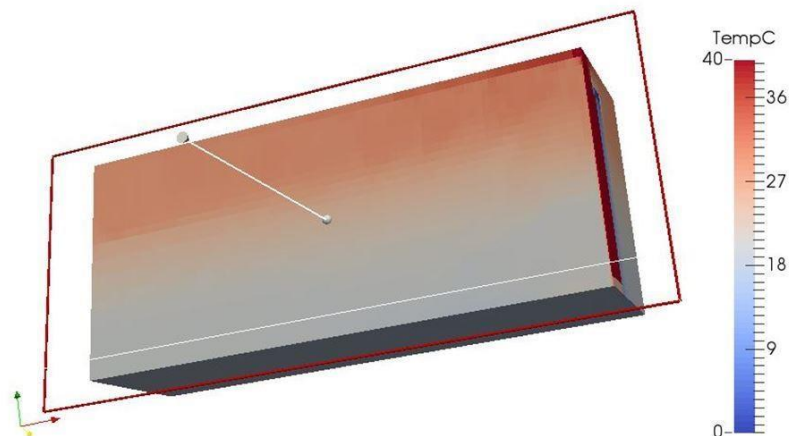


Рисунок 3. - Температура воздуха в продольном сечении по центру комнаты

По данным результатов, средняя температура составляет 23°C , скорость воздуха – 0.17 м/с . При сравнении с тестовым экспериментом [2] можно сказать, что погрешность расчета по скорости не превышает 11%, а по температуре – 4%,

что меньше инструментальной погрешности измерения. Данные результаты соответствуют нормативным требованиям [1]. Можно сделать вывод о том, что эксперимент удовлетворяет всем требованиям, а значит данные алгоритмы, параметры и настройки, которые были заданы при расчете, допустимо использовать для подобных экспериментов с жилыми помещениями.

Список литературы

1. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях: Утв. приказом Росстандарта от 12.07.2012 №191-ст; введ. в действие с 01.01.2013. – М., 2013.

2. Дацюк, Т.А. Моделирование микроклимата жилых помещений /Т.А. Дацюк, В.Р. Таурит // Вестник гражданских инженеров. – СПб.: СПбГАСУ, 2012. – № 4. – С. 196-198.

3. Цынаева, А. А. Моделирование задач теплообмена и гидрогазодинамики с помощью свободного программного обеспечения/ Цынаева А.А., Цынаева Е.А.// Вестник УлГТУ. Ульяновск, УлГТУ, 2014. №4. с. 42-45

4. Цынаева, Е.А. Эффективность автоматизированных систем управления теплотреблением зданий/ Е.А. Цынаева, А.А. Цынаева// Материалы II Международной молодежной научной конференции «Гражданская авиация: 21 век». – Ульяновск, 2010. Ульяновск. 2010 – с. 46-47.

5. СНиП 2.01.28-85. Тепловая защита зданий: Утв. Пост. Госстроя РФ от 26.06.03 №113; введ. в действие с 01.10.2003. – М., 2004.

6. Code_Saturne Software: Home [Электронный ресурс]. URL: <http://www.code-saturne.org/cms/> (дата обращения: 24.01.2017).

7. SALOME CFD Software: Home [Электронный ресурс]. 2005-2017. URL: <http://www.salome-platform.org> (дата обращения: 24.01.2017).

УДК 535-31 : 631.53.02

А.А. Дмитриев, И.Л. Мальгина, О.В. Скоморощенко, В.И. Горбунков
Омский государственный технический университет, г. Омск, РФ

ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН

Аннотация: В докладе представлены данные о новом подходе к предпосевной УФобработке семян с использованием оптико-электронной системы предпосевной обработки посевного материала. Для обеспечения повторяемости результатов процедуры облучения использован дозатор оптического излучения. Проведены первичные испытания системы на семенах пшеницы.

Ключевые слова: ультрафиолетовое излучение, предпосевная обработка семян, доза излучения.

Повышение посевных качеств семян является эффективным способом влияния на урожайность сельскохозяйственных культур. Помимо

совершенствования технологий выращивания, увеличения всхожести и энергии прорастания семян можно добиться за счет предпосевной подготовки посевного материала [1-3]. В настоящее время наибольший интерес представляют физические способы воздействия на семена, обладающие широким спектром действия с относительно небольшими энергетическими затратами. К таким способам относится предпосевная обработка семян ультрафиолетовым излучением (УФИ). Для этих целей широко используются ртутные лампы различных типов, плазмотроны и плазменные облучательные установки [4], эксилампы барьерного разряда [2,5].

УФИ представляет собой мощный фактор воздействия на растительные организмы, так как его квантовая эффективность намного превосходит эффективность лучей видимого и инфракрасного спектра [6]. Наличие большого числа органических соединений, активно поглощающих энергию ультрафиолета, позволяет влиять на митотическую активность в меристеме корешков, синтез белка и нуклеиновых кислот. Семена после обработки имеют большой биоэнергетический потенциал, в них происходят структурнофункциональные перестройки мембранных образований, что приводит к стимуляции начальных ростовых процессов.

Степень этих изменений определяется дозой энергии, полученной растительным материалом при процедуре облучения. Ряд факторов, таких как нестабильность сетевого напряжения питания, падение с течением времени мощности излучения лампы вследствие деградации рабочей газовой смеси, изменение внешней температуры оказывают негативное воздействие на обработку посевного материала [1,7].

Для достижения оптимального режима облучения необходимо применение оптико-электронной системы биостимулирующего воздействия УФИ на семена растений с возможностью выбора дозы облучения. В основе этой системы лежит дозатор, датчики которого регистрируют интенсивность излучения источника. Полагая, что датчик и семена являются спектральными приемниками, в которых под действием излучения происходят определенные характерные фотохимические реакции, имеющие равноэнергетические формы, при помощи микроконтроллера, можно произвести расчет энергии излучения. При достижении требуемого значения дозы происходит отключение источника УФИ, что позволяет добиться ожидаемого эффекта. Величина дозы задается в цифровой форме с управляющей клавиатуры.

Первичное экспериментальное испытание системы [5] показало, что дозирование лучевой энергии с высокой точностью обеспечивает воспроизведение и повторяемость результатов процедуры облучения семян. При этом погрешность регистрации дозы не превышала значение $2,45 \times 10^{-7}$ Дж.

Таким образом, реализуемый метод предпосевной обработки посевного материала с использованием оптико-электронной системы позволяет

эффективно дозировать лучевую энергию УФИ, определять и управлять степенью энергетического воздействия на растительный материал.

Список литературы

1. Беляков, М. В. Влияние оптического излучения на прорастание семян / М. В. Беляков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2005. - №12. – С. 11-13.
2. Eduard A. Sosnin, Yulia V. Chudinova, Irina A. Victorova, Ivan I. Volotko. Application of excilamps in agriculture and animal breeding (Review) // *Proc. SPIE* 9810, International Conference on Atomic and Molecular Pulsed Lasers XII, 98101K.
3. Гаджимусиева Н.Т., Асварова Т.А., Абдулаева А.С. Эффект воздействия инфракрасного и лазерного излучения на всхожесть семян пшеницы // *Фундаментальные исследования*. – 2014. - № 11. – С. 1939-1943.
4. Гордеев Ю.А., Юлдашев Р.З. Биоактивация семян культурных растений ультрафиолетовыми и плазменными облучателями // *Известия С.-Петербургского государственного аграрного университета (СПбГАУ)*. 2011. № 24. С. 343-348.
5. Горбунков В.И., Воронкова Н.А., Э.А. Соснин, П.А. Гольцова и др. Предпосевная обработка семян ультрафиолетовым излучением: новый подход / В.И. Горбунков и др. // *Проблемы и перспективы развития отечественной светотехники, электротехники и энергетики: материалы XIII Всероссийской научно-технической конференции с международным участием (Саранск, 15-16 марта 2017 г.)* – Саранск, 2017. С. 67-70.
6. Дубов А.П. Действие ультрафиолетовой радиации на растения. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 124 с.
7. Дмитриев А.А. Температурная зависимость характеристик излучения коаксиальной эксилампы на молекулах ХеСl* / А.А. Дмитриев и др. // *Россия молодая: передовые технологии – в промышленность: материалы VII Всероссийской научно-технической конференции (Омск, 11-13 апреля 2017 г.)*. В 2 т. Т. 1. – Омск, 2017. С. 328-331.

УДК 621.365

Т.Ю. Дунаева

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

АЛГОРИТМ ТЕРМООБРАБОТКИ ДИЭЛЕКТРИКОВ В СВЧ ЭТУ

Аннотация. В статье приведены результаты исследования феноменологической модели СВЧ термообработки диэлектриков. Предложено использование модели для создания системы адаптивного управления СВЧ ЭТУ.

Ключевые слова: термообработка диэлектриков, феноменология, СВЧ установка, адаптивное управление.

На современном этапе развития СВЧ сушильных установок особый интерес представляют методы, которые позволили бы повысить энергоэффективность таких установок без значительных капиталовложений. Одним из таких способов является оптимизация режима работы установки – создание алгоритма процесса сушки, который позволил бы эффективно комбинировать СВЧ и конвективные составляющие процесса и тем самым снизить расход электроэнергии установкой при сохранении высокого качества продукции без снижения производительности. Такой алгоритм можно разработать, используя математическое моделирование технологического процесса.

Использование феноменологического метода [1] представляется перспективным для построения системы адаптивного управления процессом СВЧ сушки с обратными связями по температуре и влагосодержанию, позволяющей оптимизировать процесс с целью снижения энергопотребления[2].

Для получения качественной продукции СВЧ комплекс должен отслеживать изменения влагосодержания и температуры объекта и достаточно быстро автоматически подстраиваться. В процессе СВЧ обработки должно осуществляться такое управление длительностью и амплитудой импульсов, подаваемых на анод магнетронов, в результате которого будет достигнуто и будет поддерживаться требуемый режим сушки.

Обобщенная структурная схема СВЧ установки с адаптивным управлением может иметь вид, показанный на рис.1.

В состав такой системы входят:

1. СВЧ рабочая камера (она может быть открытого или закрытого типа, в виде отрезка прямоугольного или цилиндрического волновода, заполненного диэлектриком полностью или частично и т.д.);

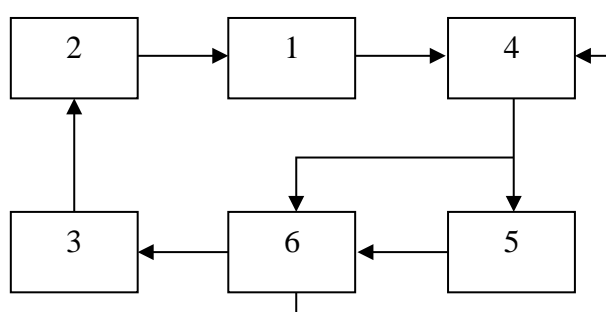


Рисунок 1 – Обобщенная структурная схема СВЧ установки с адаптивным управлением.

2. блок излучателей электромагнитного поля (электромагнитное поле в камере СВЧ нагрева может быть создано системой щелевых, рупорных или штыревых излучателей и др.);

3. блок питания камеры СВЧ обработки (источник питания, магнетрон, работающий в непрерывном или импульсном режиме и линия передачи);

4. блок контроля параметров диэлектрика (температуры, влагосодержания и др.) и электромагнитного поля;

5. блок математического моделирования (вычислительный блок, в котором осуществляется расчет температуры диэлектрика по выбранной математической модели и измеренным значениям параметров диэлектрика, параметрам камеры СВЧ нагрева и параметрам электромагнитного поля);

6. блок сравнения (осуществляет на основе определенного критерия рассогласования формирование команды на переход от процесса управления к процессу коррекции параметров математической модели по результатам измерения параметров диэлектрика и параметров электромагнитного поля).
Общая схема работы подобного алгоритма приведена на рис. 2.

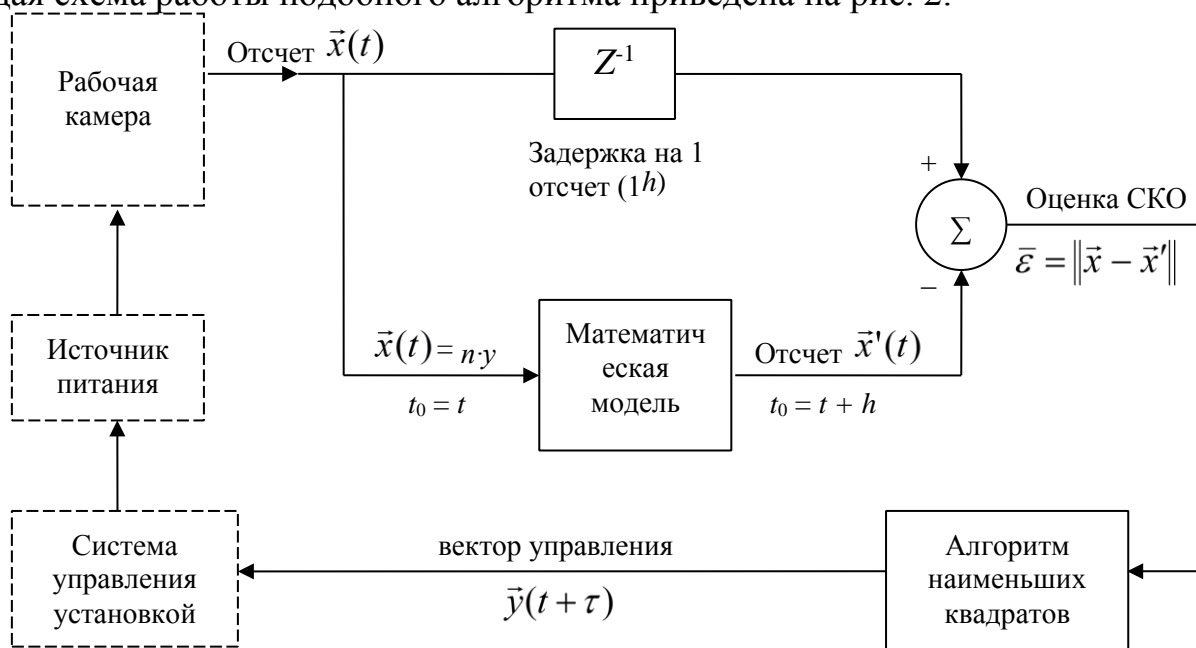


Рисунок 2 – Общий алгоритм управления СВЧ электротермической установкой с адаптивным управлением

Здесь $x(t)$ - интересующий нас параметр (температура либо влагосодержание), h – временной шаг отсчета.

При реализации этого алгоритма работа СВЧ комплекса будет носить циклический характер, при котором будут чередоваться циклы управления и циклы коррекции параметров и структуры математической модели.

Реализация подобной схемы управления на базе имеющихся на сегодняшний день средств термовлагодетекции, автоматики и управления представляется не требующей значительных капиталовложений, а, следовательно, не приведет к значительному удорожанию установки.

Список литературы

1. Дунаева, Т. Ю. Использование феноменологического подхода для математического моделирования процессов СВЧ термообработки / Т. Ю. Дунаева, А. О. Мантуров // Успехи современной электротехнологии : тр. Междунар. науч.-техн. конф., г. Саратов, 20-25 окт. 2009 г. / СГТУ. - Саратов, 2009. - С. 42-45.

2. Анфиногентов В.И. Микроволновой технологический комплекс с адаптивным управлением / В.И. Анфиногентов, Г.А. Морозов // Успехи современной электротехнологии: материалы международной науч.-техн. конф. / СГТУ. – Саратов, 2009. – С.34-38.

ALGORITHM OF DIELECTRIC HEAT TREATMENT IN MICROWAVE ELECTROTECHNOLOGICAL FACILITIES

T.Yu. Dunaeva

Yuri Gagarin Saratov state technical university of Saratov. Russia, Saratov d_t_y@mail.ru

Annotation. The article presents results of the phenomenological model of dielectrics microwave heat treatment study. It is proposed to use this model for create the adaptive control system of microwave facility.

Keywords: dielectric heat treatment, phenomenological, microwave facility, adaptive control.

УДК 621.3.027.6 : 631.9

Д.П. Евстафьев, А.Ю. Здобнов

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

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СХЕМЫ ИМПУЛЬСНОГО ТРАНСФОРМАТОРА МЕМБРАННОГО ГАЗОРАЗДЕЛИТЕЛЯ ДЛЯ ОЧИЩЕНИЯ БИОГАЗА ОТ ПРИМЕСЕЙ

Аннотация. При значительной удаленности мелких хозяйств от централизованных систем энергоснабжения необходимо создавать системы локальных энергетических сетей на базе маломощных энергетических установок, использующих ВИЭ [1]. В последние годы анаэробная технология переработки биоотходов в биогазовых установках (БГУ) находит широкое распространение среди сельхозтоваропроизводителей. Но до сих пор остается нерешенная проблема, связанная с очисткой производимого биогаза от содержащихся в нем вредных примесей [2]. Данная работа показывает один из вариантов решения задачи очистки биогаза с помощью электротехнологии.

Ключевые слова: биогаз, примеси, трансформатор, газоразделитель.

Наиболее вредными компонентами, содержащимися в биогазе, являются хлор и сероводород, которые негативно влияют как на газопроводы, так и на абонентов. В газопроводе сероводород превращается в кислоту, которая постепенно разъедает его стенки, и приводит к возникновению местных утечек

газа на ГТС. Для абонентов наиболее вредным является хлор, который, попадая в организм человека, преимущественно через дыхательные пути, вызывает удушье, и впоследствии может привести к летальному исходу.

Среди множества вариантов очистки биогаза таких, как фильтрация и осушение, существует мембранный метод очистки биогаза [2, 3]. Суть метода заключается в том, что биогаз, выходя из метантенка, накапливается в газгольдере низкого давления, а затем поступает в газгольдер высокого давления. Далее биогаз под давлением проходит через специальный газоразделитель, стенки которого представляют собой мембрану, при прохождении которого вредные примеси оседают на них. Среди многих преимуществ данного метода, одним из существенных недостатков является необходимость повышения давления, что сказывается на коэффициенте энергетической эффективности производимого биогаза, что экономически эффективно лишь для много тоннажных БГУ при больших удельных выходах биогаза, и, соответственно, большом потребительском спросе абонентов.

Известно, что воздействие повышенного напряжения на биогаз позволяет его ионизировать, что, в свою очередь, способствует разделению компонентов на фракции содержащихся в биогазе газов, тем самым повышает эффективность применения мембраны. Одним из вариантов решения проблемы очистки биогаза, производимого на мало тоннажных БГУ, с точки зрения электротехнологии, может служить воздействие повышенного напряжения около 30–40 кВ на стенки диэлектрического газоразделителя, которое ускорит разложение биогаза на компоненты. Преимуществом данного метода, является то, что отсутствует необходимость, создавать большое давление в системе, то есть процесс происходит в нормальных условиях. Это дает возможность избавиться от повышающих давление газгольдеров, которые в разы снижают коэффициент энергетической эффективности.

Основываясь на известной схеме [4], в её низковольтной части пересчитана RC -цепочка задающего генератора, что позволило поднять частоту работы генератора сигналов $NE555$ до более высоких частот, что позволило получить более высокий КПД. В высоковольтной части второй трансформатор, в целях экономии меди и прочих дорогостоящих составляющих, заменен симметричным умножителем напряжения на высоковольтных диодах и конденсаторах, что также позволило получить более высокий КПД схемы в целом. Нагрузка, потребляемая газоразделителем, не более 5 Вт. Благодаря разработанной схеме повышения напряжения, которая выполнена на импульсном трансформаторе, КПД преобразователя повысился до 95 % (рис.1).

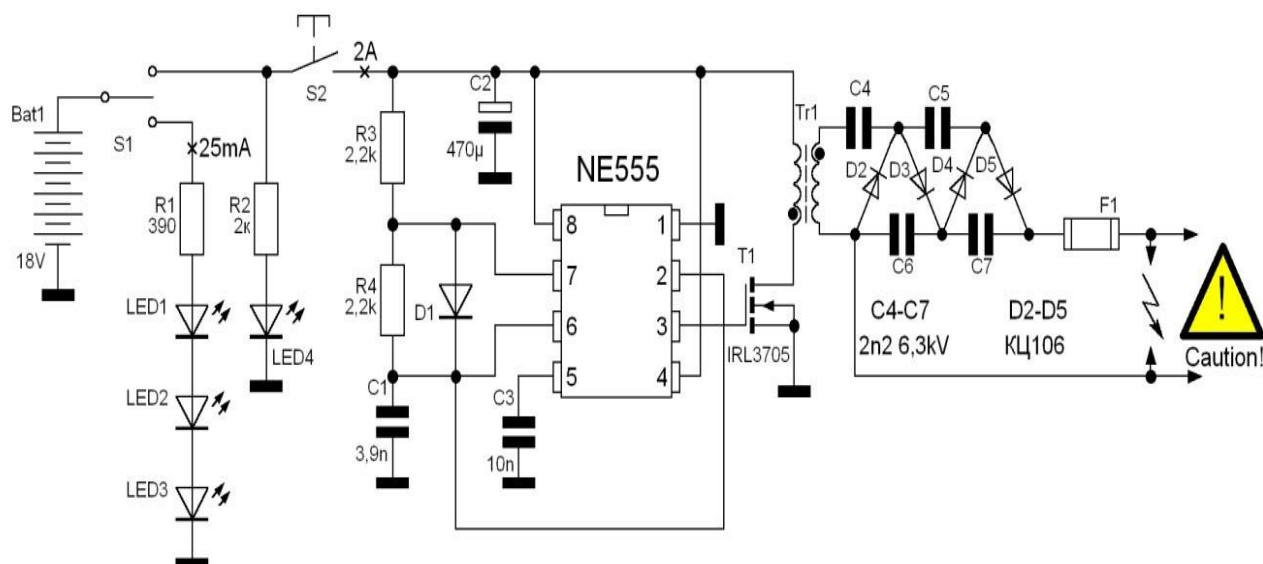


Рисунок 1 – Схема импульсного трансформатора мембранного газоразделителя

Благодаря усовершенствованной схеме, процесс очистки биогаза, теоретически занимает меньше времени, и является более экономичным, по сравнению с предыдущей версией газоразделителя [4].

Вывод. Рентабельность очистки биогаза до качества природного газа оправдывает себя лишь при его большом расходе, и смешении очищенного биогаза с природным в ГТС. Применение же высоковольтного мембранного газоразделителя актуально для абонентов с небольшим газоразбором и не критичными требованиями к качеству топлива, перспективно для локальных маломощных ВИЭ, эксплуатирующих БГУ.

Список литературы

1. Efendiev, A.M. Opportunities of supply of farm holding on the basis of small-scale renewable energy sources / A.M. Efendiev, D.P. Evstaf'ev, Y.E. Nikolaev // Thermal engineering. – 2016. – Vol. 63. – P. 114-121.
2. Друзьянова, В.П. Цеолит и перспективы его использования при очистке биогаза / В.П. Друзьянова, Н.В. Петров // Техн. науки - от теории к практике: сб. ст. по матер. XVIII междунар. науч.-практ. конф.. – Новосиб.: СибАК, – 2013.
3. Воротынцев, В.М. Глубокая очистка газов методом диффузии через полимерные мембраны / В.М. Воротынцев // Мембраны и мембранные технологии. – 2015, – Т.5 № 1. - С. 3. DOI: 10.1134/S2218117215010101. Режим доступа - <http://www.findpatent.ru/patent/209/2098191.html>.

М.Д. Елисеев, Г.Г. Угаров

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
г. Саратов

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЕ ПОДЗЕМНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Известно, что при защите от почвенной электрохимической коррозии подземных энергетических сооружений 25-30% от общего энергопотребления приходится на долю станций катодной защиты (СКЗ). [1] Поэтому повышение энергосбережения в СКЗ является одной из актуальных проблем энергосбережения в топливно-энергетическом комплексе.

Причинами высокого энергопотребления СКЗ являются потери, связанные с неэффективным использованием номинальной мощности СКЗ, потери в дренажных кабелях, потери мощности, связанные с высоким сопротивлением растекания анодных заземлителей, потери мощности, связанные с увеличением выходного тока и напряжения СКЗ при ухудшении качества изоляционного покрытия газопровода, низкая загрузка СКЗ в начальный период эксплуатации подземного сооружения. [1]

Существует несколько путей повышения энергосбережения в электрохимической защите подземных энергетических сооружений, связанных непосредственно с эксплуатацией СКЗ:

1) Рациональный выбор типа и паспортной мощности СКЗ

2) Применение модульных СКЗ, которые введу наличия нескольких параллельно включенных модулей меньшей мощности сможет обеспечить изменение выходных параметров под изменяемую в периоде эксплуатации потребность.

3) Применение адаптивных систем управления параметрами СКЗ в течении всего периода эксплуатации приведет не только к устранению потерь электроэнергии, но и повышению эффективности использования станции катодной защиты.

4) Замена трансформаторах СКЗ на инверторные и импульсные.

Наиболее эффективным путем повышения энергосбережения в электрохимической защите (ЭХЗ) подземных сооружений является применение модульной структуры катодной станции с адаптивным изменением количества модулей в зависимости от влияния внешних воздействий на защищаемый объект [2].

Энергоэффективность в этом случае достигается тем, что СКЗ автоматически определяет оптимальное для данного сооружения и условий его эксплуатации количество входящих в нее модулей.

Список литературы

1. Егоров Ю.Б., Луньков О.Л. Повышение энергоэффективности и надежности станций катодной защиты [Текст] / Ю.Б. Егоров, О.Л. Луньков // «Коррозия территория НЕФТЕГАЗ» - 2012-№23-80-81с.

2. Анашкин А.А., Угаров Г.Г. Адаптивная энергосберегающая система электрохимической защиты подземных трубопроводов [Текст] / А.А. Анашкин, Г.Г. Угаров // «Научное обозрение» - 2016-№23 МВ - 100-105 с.

УДК 631.363:631.223.2:637.16.5

О.Б. Забродина, Е.Н. Таран, М.Ю. Матвейкин

Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, г. Зерноград

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ УСТРОЙСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОТКЛОНЕНИЙ СОДЕРЖАНИЯ ЖИРА В МОЛОКЕ В ПОТОКЕ

В современных экономических отношениях качество продукта определяет его цену, особенно это актуально при производстве продукции животноводства и, особенно, молока. Качество молока может быть снижено на любом этапе его продвижения до конечного потребителя [1]. И если молоко, извлекаемое из вымени коровы, имеет отклонения от установленных стандартов, то это как правило свидетельствует о проблемах физиологии, содержания или кормления коровы [2]. Постоянный экспресс-контроль показателей качества молока, с использованием компьютерных технологий позволяет учитывать биологические особенности животных и принимать необходимые меры по изменению хода производства молока.

Однако на рынке нет простых и дешевых устройств контроля отклонений жирности молока в процессе доения, а предложенное устройство для контроля отклонений жирности молока [3] нуждается в доработке – обосновании параметров и режимов работы, что невозможно без проведения экспериментальных исследований.

Целью настоящей работы являлось создание экспериментальной установки в соответствии с программой проведения экспериментов по исследованию влияния параметров и режимов работы первичного емкостного преобразователя устройства на погрешность оценки содержания жира в молоке в потоке.

В соответствии с этим в программу экспериментальных исследований входили:

–оценка емкостного метода контроля содержания жира в молоке [4], т.е. определение зависимости амплитудно-частотных и фазо-частотных характеристик выходного напряжения емкостного преобразователя от содержания жира в молоке, находящемся между обкладками емкостного преобразователя в диапазоне частот напряжения питания 150 кГц - 3 МГц;

–подтверждение полученных теоретических зависимостей;

–проверка влияния конструктивных параметров и режимов работы устройства, температуры и расхода молока, степени заполнения емкостного преобразователя на результат оценки.

Для лабораторных исследований создана экспериментальная установка для исследования параметров и режимов работы измерительной ячейки устройства контроля отклонения жирности молока, схема которой и вид общий представлены соответственно на рисунках 1 и 2.

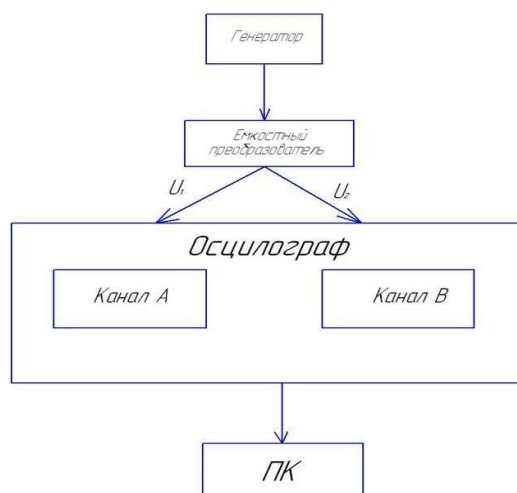


Рисунок 1 - Принципиальная схема экспериментальной установки по исследованию параметров и режимов работы измерительной ячейки устройства контроля отклонения жирности молока

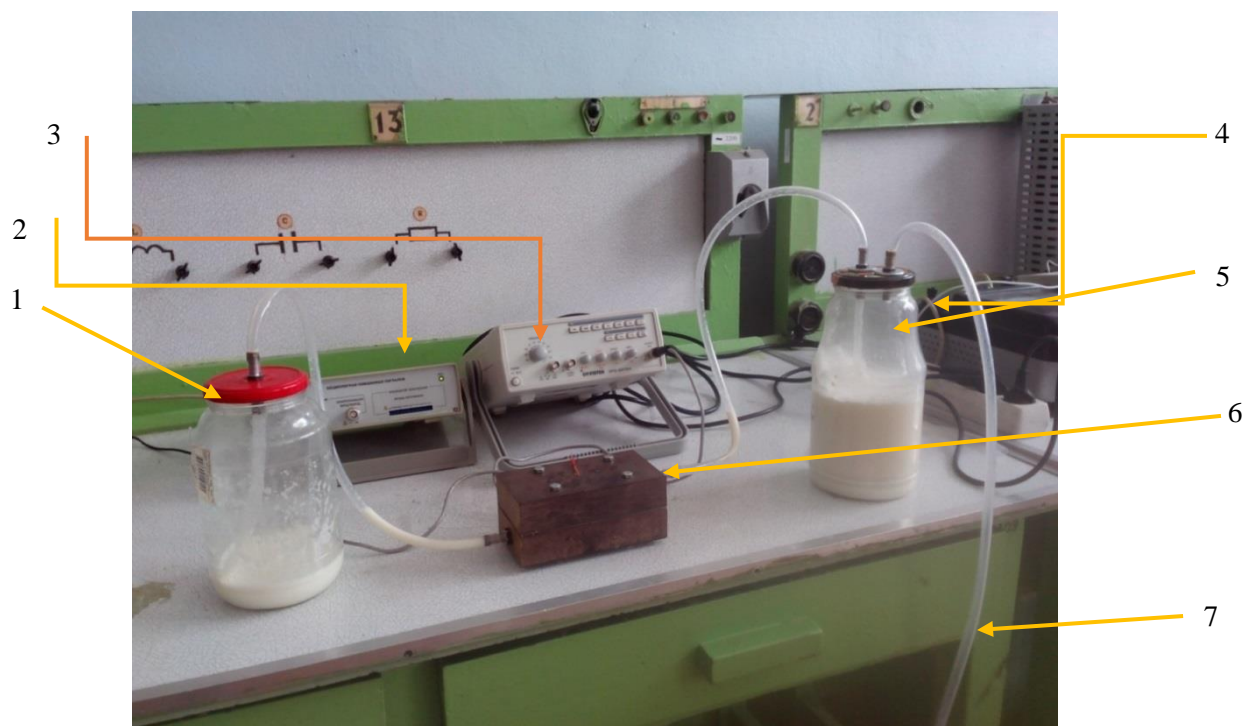


Рисунок 2 - Вид общей установки по исследованию параметров и режимов работы измерительной ячейки устройства контроля отклонения содержания жира в молоке:

1 - емкость для забора молока; 2 - цифровой осциллограф Актаком 4166; 3 - генератор сигналов фиксированной частоты GW INSTRON; 4 - регулируемый клапан вакуума, соединенный с вакуум-насосом; 5 - приемная емкость для молока; 6 - модель измерительной ячейки; 7 - аппарат индивидуального доения

Расход молока может быть изменен от 1 до 100 мл/с путем подачи воздуха в емкость с молоком. Молоковоздушная смесь создана путем подсоса воздуха в поток молока регулируемым дросселем.

Разрежение создается вакуум-насосом от агрегата индивидуального доения АИД-1. С помощью манометра осуществляется контроль за вакуумметрическим давлением.

Продольный и поперечный разрезы емкостного преобразователя для контроля содержания жира в молоке, протекающем между обкладками емкостного преобразователя, изображены на рисунке 3.9.

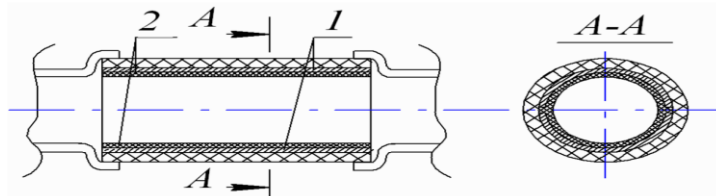


Рисунок 3 – Емкостный преобразователь:
1 – электроды, 2 – слой фторопластового лака

Емкостный преобразователь установлен в разрез трубопровода молочного шланга, соединяющего емкости для молока. Предусмотрена возможность

изменять площадь и форму его пластин. Сверху пластины покрыты слоем фторопластового лака. Диаметр трубки, на которую наклеены пластины, выбран не менее 8 мм, то есть таким, какой имеют доильные шланги, соединяющие доильные стаканы с коллектором доильного аппарата, чтобы не создавать дополнительных гидравлических сопротивлений движению молоковоздушной смеси на участке включения емкостного преобразователя.

Генератор, формирует задающий электромагнитный высокочастотный сигнал и подает его на вход емкостного преобразователя, последовательно включенного с активным сопротивлением. Амплитуда задающего сигнала составляет 10 В. Форма сигнала может быть задана синусоидальной, прямоугольной, пилообразной с частотой основной гармоники 150 кГц – 3 МГц и скважностью равной 2.

Осциллограф АКТАКОМ-4166 позволяет кроме записи сигнала производить его обработку, а также импортировать данные в MS Excel. Одновременно возможна запись выходных сигналов датчика по двум каналам – напряжение на активном сопротивлении и напряжение на емкости. Частота опроса принята 1000 Гц в соответствии с рекомендациями [5].

Содержание жира в молоке определяется ультразвуковым прибором ЛАКТАН 1-4.

Предварительные эксперименты показали, что экспериментальная установка обеспечивает проведение многофакторного эксперимента по обоснованию параметров и режимов работы устройства для контроля отклонений содержания жира в потоке молока.

Список литературы

1. Организационно-технологический проект системы устойчивого производства питьевого молока в санаторно-курортных зонах Кабардино-Балкарии на основе модернизации доения. \ И.К. Винников, И.Н. Краснов, И.А. Хозяев, Б.Я. Барагунов, М.М. Шахмурзов, А.Г. Фиапшев, А.Б. Барагунов, Ю.Н. Рудая / Нальчик, 2014. – 60 с.
2. Забродина О.Б. Емкостный измерительный преобразователь для системы контроля отклонений содержания жира в потоке молока \ Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы V Международной научно-практической конференции / под ред. В.А. Трушкина. \ О.Б. Забродина, Е.Н. Таран, М.Ю. Матвейкин // Саратов. - Буква, 2014. с. 117-121.
3. Забродина О.Б. Алгоритм контроля функции вымени коров для автоматизированного мониторинга предприятия по производству молока / О.Б. Забродина, Е.Н. Таран // Вестник МичГАУ. Юбилейный выпуск, 2011, том 1, с. 179-181.
4. Забродина О.Б. Использование несинусоидальных высокочастотных периодических электромагнитных колебаний для определения содержания жира в молоке / Забродина О.Б., Таран Е.Н. // Вестник МичГАУ. Юбилейный выпуск, 2011, том 1, с. 201-203.
5. Моренко С.А. Результаты исследования бесконтактного датчика количества молока / О.Б. Забродина, С.А. Моренко // Сборник научных трудов, АЧГАА, Зерноград 2006.– с.95–101.

О.Б. Забродина, А.А. Машлякевич

Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ,
г. Зерноград

ПРИМЕНЕНИЕ ЕМКОСТНОГО ДАТЧИКА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ МЕМБРАНЫ РЕГУЛЯТОРА ВАКУУМА В ДОИЛЬНОМ СТАКАНЕ

Одним из основных элементов регулятора вакуума в доильном стакане, используемого для адаптивного автоматизированного доения коров, является мембрана, разделяющая молочную и управляющую камеры регулятора [1, 2]. При экспериментальных исследованиях режимов работы регулятора возникла задача контроля положения мембраны в зависимости от уровня и частоты управляющего сигнала и интенсивности потока молока, проходящего через молочную камеру в процессе доения. Анализ различных типов датчиков показал, что наиболее подходящим для решения поставленной задачи является ёмкостный преобразователь перемещения его обкладок в электрический сигнал. Основным преимуществом данных датчиков является простота конструкции, использование недорогих материалов для производства, малые габариты и масса, низкое потребление энергии, высокая чувствительность, долгий срок эксплуатации.

Целью работы является оценка возможности использования такого емкостного датчика для контроля положения мембраны регулятора вакуума в доильном стакане.

Принципиальная схема регулятора с емкостным преобразователем, размещенным в управляющей камере, и схема подключения емкостного преобразователя представлены на рисунке 1.

Одна обкладка преобразователя неподвижно закреплена, а другая обкладка – подвижная, является жёстким центром мембраны и соединена с молочным клапаном.

Положение мембраны, а, следовательно, и подвижной обкладки емкостного преобразователя зависит от разности вакуумметрических давлений (далее «вакуума») в управляющей 3, так и молочной 4 камерах. В свою очередь, вакуум в молочной камере зависит от интенсивности потока молока из доли вымени при доении [2].

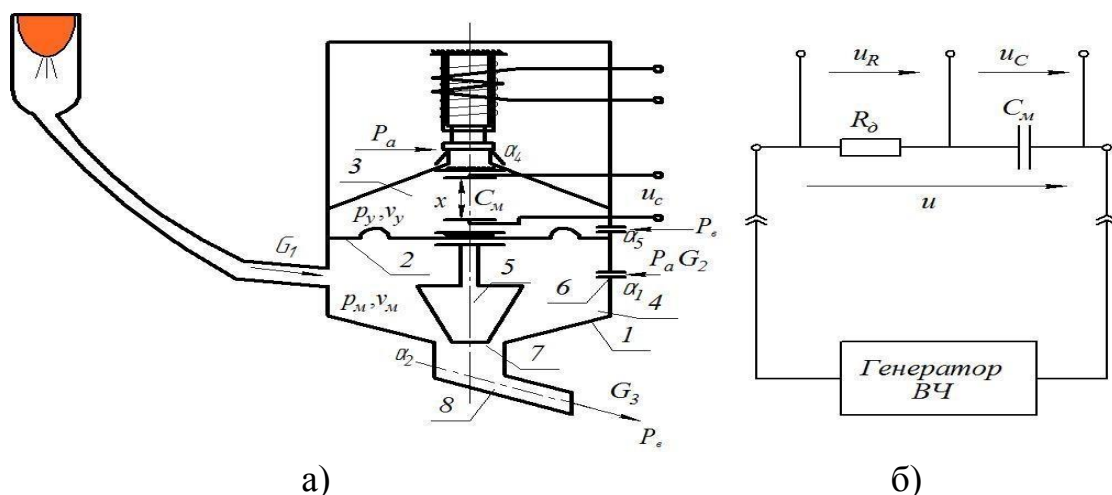


Рисунок 1 – Регулятор вакуума (а – принципиальная схема, б – схема подключения емкостного преобразователя к генератору высоких частот):

1 – корпус регулятора; 2 – мембрана; 3 – управляющая камера; 4 – молочная камера; 5 – молочный клапан; 6 – жиклёр молочной камеры; 7 – зазор между молочным клапаном и сливным патрубком молочной камеры; 8 – патрубок

На основании анализа баланса расходов воздуха и молоковоздушной смеси в камерах регулятора вакуума с учетом принятых допущений [3] о том, что пневматические дроссели (жиклёр подсоса воздуха α_1 в молочную камеру и пневматическое сопротивление α_2 - зазор 7 между молочным клапаном 5 и молочным патрубком 8) являются турбулентными получено уравнение

На основании анализа баланса расходов воздуха и молоковоздушной смеси в камерах регулятора вакуума с учетом принятых допущений [3] о том, что пневматические дроссели (жиклёр подсоса воздуха α_1 в молочную камеру и пневматическое сопротивление α_2 - зазор 7 между молочным клапаном 5 и молочным патрубком 8) являются турбулентными получено уравнение

$$\frac{p_m \cdot (V_{m0} + \Delta x \cdot S_{эф})}{R \cdot T} = G_1 + \alpha_1 \cdot \sqrt{P_a - p_m} - \alpha_2 (\Delta x) \cdot \sqrt{p_m - P_b}, \quad (1)$$

где p_m – давление разреженного воздуха в молочной камере;

P_a, P_b – атмосферное давление и разрежение в молокопроводе;

V_{m0} – начальный объём молочной камеры;

$S_{эф}$ – эффективная площадь мембраны;

R – универсальная газовая постоянная;

T – абсолютная температура, полагаем в процессе доения $T = const$;

α_1, α_2 – коэффициенты истечения дросселей 6 и 7;

G_1 – интенсивность потока молока.

При допущении о линейной зависимости проводимости дросселя α_2 от перемещения мембраны $\alpha_2(x) = k_x \cdot x$, после дифференцирования и последующей линеаризации уравнения (1) получено дифференциальное уравнение, описывающее динамику регулятора

$$T_1 \cdot \frac{d\Delta x}{dt} + \Delta x = k_G \cdot G_1(t) - T_2 \cdot \frac{dp_M}{dt} + k_p \cdot p_M, \quad (2)$$

где T_1, T_2, k_G, k_p – коэффициенты дифференциального уравнения, определяемые параметрами регулятора, и вычисляемые по уравнениям:

$$\begin{cases} T_5 = \frac{S_{эф}}{k_x \cdot R \cdot T \cdot \sqrt{P_{M0} - P_B}}; & T_6 = \frac{V_{M0}}{k_x \cdot R \cdot T \cdot \sqrt{P_{M0} - P_B}}; \\ k_G = \frac{1}{\sqrt{P_{M0} - P_B}}; & k_p = \frac{x_0}{2 \cdot k_x \cdot (P_{M0} - P_B)} - \frac{\alpha_2}{2 \cdot k_x \cdot \sqrt{P_a - P_{M0}} \cdot \sqrt{P_{M0} - P_B}}, \end{cases} \quad (3)$$

где P_{M0} – начальное значение давления в молочной камере;

x_0 – начальное положение мембраны.

Из уравнения (2) видно, что перемещение мембраны линейно зависит от интенсивности потока молока, а также определяется вакуумом в молочной камере регулятора, значение которого повторяет значение вакуума в молочной камере [1].

Емкость C преобразователя зависит от расстояния между обкладками и от краевых эффектов и для плоского конденсатора с пластинами в форме диска радиусом r может быть определена по формуле

$$C = \frac{\varepsilon_s \cdot \varepsilon_0 \cdot \pi \cdot r^2}{x} \cdot \left(1 + \frac{x}{4r} + \frac{x}{\pi r} \ln \frac{r}{x} \right), \quad (4)$$

При экспериментальных исследованиях ёмкостной преобразователь перемещения мембраны подключали к генератору частоты, используя сигнал синусоидальной формы частотой 3 МГц. Сигнал с выхода ёмкостного преобразователя подавали на осциллограф АКТАКОМ с программным обеспечением и далее в память компьютера (рисунок 2).

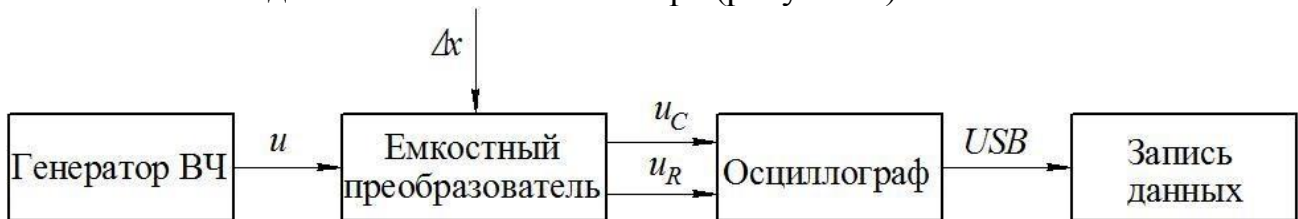


Рисунок 2 – Функциональная схема подключения ёмкостного преобразователя

По результатам обработки осциллограмм установлены зависимости положения мембраны устройства от интенсивности потока молока G_1 , $x = \varphi(G_1)$ (рисунок 3а) и выходного напряжения на обкладках ёмкостного преобразователя от расхода молока G , $U_C = \varphi(G_1)$ (рисунок 3б).

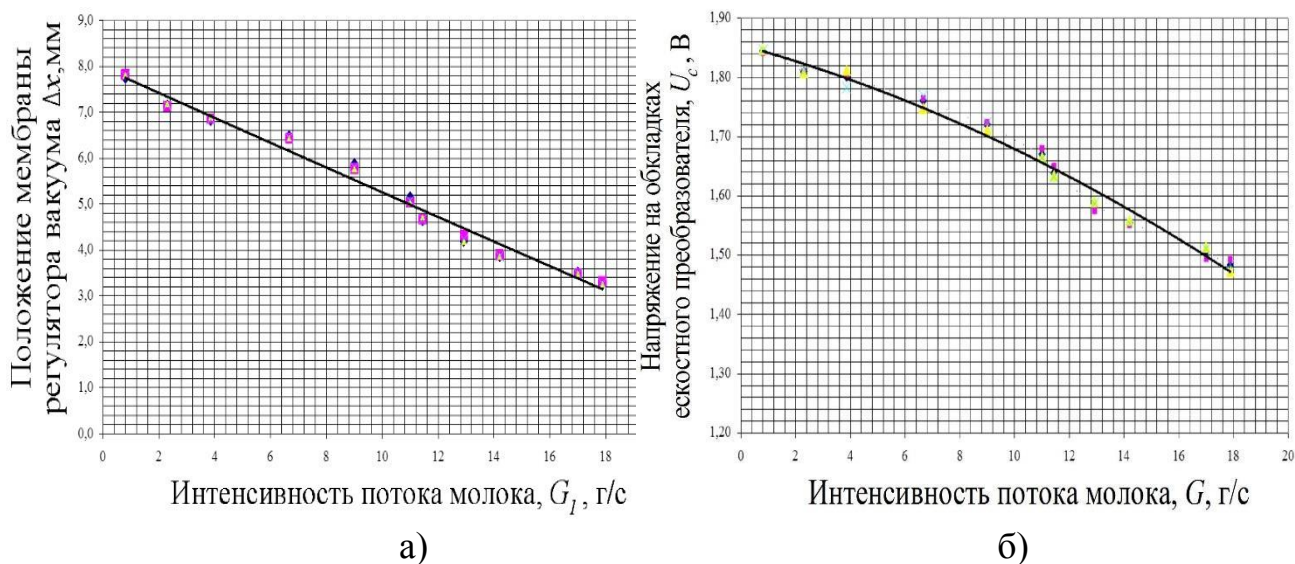


Рисунок 3 Экспериментальные зависимости положения мембраны от интенсивности потока молока (а) и напряжения на обкладках емкостного датчика от интенсивности потока молока (б)

Перемещение мембраны имеет линейную зависимость от расхода молока G_1 и описывается уравнением регрессии $x = -0,2695G_1 + 7,9571$.

Напряжение U_C имеет квадратичную зависимость от расхода молока G_1 и описывается уравнением регрессии $U_C = -0,0005G_1^2 - 0,0127G_1 + 1,8547$.

Таким образом, теоретически и экспериментально обосновано, что для бесконтактного контроля отклонений положения мембраны с жестким центром, разделяющей молочную и управляющую камеры устройства, можно использовать емкостный преобразователь. Установлено также, что изменение положения мембраны линейно зависит от интенсивности потока молока в рабочем диапазоне от 0,4 до 13 г/с (коэффициент детерминации $R^2=0,983$), а напряжение на выходе емкостного преобразователя имеет квадратичную зависимость от интенсивности потока молока (индекс детерминации $\rho^2_{xy}=0,986$).

Список литературы

1. Забродина О.Б., Машлякевич А.А. Устройство для регулирования глубины вакуума подсосового пространства доильного стакана // Инновационные технологии в производстве сельскохозяйственной продукции: сборник научных статей Международной научно-практической конференции. Минск, 2-3 июня 2015 г. / под ред. В. Б. Ловкиса. – Минск : БГАТУ, 2015. – С. 606–613.
2. Забродина О.Б., Мартыненко О.И. Математическое описание динамики регулятора вакуума в подсосовом пространстве доильного стакана // Физико-технические проблемы создания новых экологически чистых технологий в агропромышленном комплексе: сборник научных трудов по материалам V Российской науч. практ. Конференции. – Ставрополь: АГРУС, 2009. С.148-153.
3. Винников И.К. Технологии, системы и установки для комплексной механизации и автоматизации доения коров / И. К. Винников, О. Б. Забродина, Л.П. Кормановский: Под ред. Л.П. Кормановского. – Зерноград, 2001. – 354 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТОПИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПЛЕНОЧНЫХ ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЕЙ

Излучение – перенос тепла от более нагретого тела, в том числе и человека, к менее нагретому. За счет излучения человек теряет до 50 % тепла. Если увеличить среднюю температуру окружающих предметов, в том числе, и строительных конструкций, то теплопотери человеческого тела излучением уменьшаются, и без увеличения температуры окружающего воздуха появится ощущение тепла. Каждое нагретое тело излучает электромагнитную энергию в виде волн, часть из которых, попадая на препятствия, отражаются от них, преобразовываясь в тепловую энергию[1]. Человеку, находящемуся в помещении, если генерируемое тепло содержит компонент излучения, по ощущению кажется, что температура среды выше, чем, если бы такое же количество полезного тепла передавалось только конвективным способом.

При конвективном отоплении потери тепла происходят:

- в котельной в зависимости от КПД котлов и состояния теплоизоляции теплопроводов;

- в тепловых сетях. В городских тепловых сетях принятые нормы допускают максимальные теплопотери 13 %. Такие теплопотери должны быть подтверждены соответствующими измерениями. Во многих случаях теплопроизводители декларируют потери в сетях до 20 %, а иногда и выше, достоверно не обосновывая эту величину. В последние годы снизилось теплопотребление от централизованных источников, и при сохранении существующих диаметров теплосетей значительно возросла их удельная металломатериальная характеристика, а значит, и потери тепла их счет;

- в теплообменниках, установленных в помещениях (радиаторах, регистрах, конвекторах), в зависимости от их КПД;

- через ограждающие конструкции. Чем выше их теплотехнические характеристики, тем меньше теряется тепла через них и, следовательно, необходимо меньше потребность тепла на отопление;

- за счет кратности воздухообмена. Чем выше кратность воздухообмена, тем больше потери тепла с удаленным из помещения при вентиляции воздухом[2].

Таким образом, для того, чтобы иметь в отапливаемых помещениях необходимую по нормам температуру воздуха, нужно возместить все перечисленные потери тепла.[3] КПД теплогенерирующего оборудования в теплогенераторных и котельных, а также потери в тепловых сетях характеризуются коэффициентом использования тепловой энергии в системе централизованного теплоснабжения – η_t , который при КПД оборудования в котельной 88 % и потерях в тепловых сетях 10 %, рассчитывается по формуле (1)

$$\eta_t = 0,9 * 0,88 = 0,79. \quad (1)$$

Результат расчета показывает, что в отапливаемые помещения поступает лишь 79 % произведенной в котельной тепловой энергии, то есть для отопления помещения при таких условиях должно быть произведено 126,6 % тепла, необходимого для отопления и вентиляции помещения. В соответствии с действующими нормами расчетные тепловые потери Q_1 (кВт), рассчитываются по формуле (2)

$$Q_1 = (Q_0 + Q_{\varepsilon}), \quad (2)$$

где:

Q_0 , – тепловой поток через ограждающие конструкции, кВт;

Q_{ε} , – потери теплоты на нагревание вентиляционного воздуха, кВт.

Тепловой поток Q_0 для каждого элемента ограждающей конструкции рассчитывается по формуле (3)

$$Q_0 = \left(A + \frac{1}{R} \right) * (t_{\varepsilon} - t_{p.o.}) * \left(1 + \sum \beta \right) * n * 10 - 3, \quad (3)$$

где:

A – расчетная площадь ограждающей конструкции, м²;

R – сопротивление теплопередачи ограждающей конструкции, м² * °С/Вт;

t_{ε} – расчетная температура внутреннего воздуха, °С; принимается по соответствующим нормам;

$t_{p.o.}$ – расчетная температура наружного воздуха для расчета отопления, °С;

β – добавочные потери теплоты в долях от основных;

n – коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху и принимаемый по СНиП II-3-79**.

При однократном воздухообмене потери теплоты Q_{ε} при естественной приточно-вытяжной вентиляции, рассчитываются для каждого отапливаемого помещения, имеющего окна, по формуле (4)

$$Q_0 = 0,337 * A_n * h * (t_s - t_{p.o.}) * 10 - 3. \quad (4)$$

Система отопления с использованием лучистых излучателей состоит из инфракрасных источников энергии, и приемника энергии, которыми являются элементы здания (пол, стены), мебель и предметы быта, и сам человек. Поглощенная волновая энергия на элементах преобразуется в тепловую энергию, а согретые элементы здания, нагревают воздух.[4] При этом температура теплоощущения человека всегда будет выше температуры воздуха в помещении, так как часть энергии человек получает непосредственно от излучения. Данный процесс описывается формулой (5)

$$t_{\text{зф}} = t_s + t_{\text{л}}, \quad (5)$$

где:

$t_{\text{зф}}$ – температура теплоощущения человека, °С;

t_s – температура воздуха, °С;

$t_{\text{л}}$ – добавка к температуре t_s , образованная лучистым потоком, рассчитываемая по формуле (6)

$$t = I_n * 0,0716, \quad (6)$$

где:

I_n – интенсивность потока;

0,0716 – константа, полученная опытным путем. Подставив формулу (6) в (5), получим формулу (7)

$$t_{\text{ф}} = t_s + I_n * 0,0716. \quad (7)$$

Согласно равенству (7), лучистый поток с интенсивностью 100 Вт/м² образует добавку температуры от излучателя в размере 7,16 °С. А это значит, что для результирующей комфортной температуры 18 °С при лучистом потоке 100 Вт/м² достаточно иметь температуру воздуха 10,84 °С ($t_s = 18 - 7,16 = 10,84$ °С). Из формулы (7) следует, что, изменяя интенсивность облучения площадей, можно получать различные температуры теплоощущения в различных частях здания. Это позволяет создавать зоны и локальные места с температурой выше, чем в остальных частях помещения.[5]

В настоящее время появилась лучистая система отопления на основе пленочных лучистых электронагревателей, в которой плотность облучения поверхности располагается в пределах 100-140 Вт/м², а длина волны 9 мкм. Такие

лучистые инфракрасные излучатели можно применять в жилых помещениях, а также в учреждениях и организациях с постоянным в течение смены пребыванием людей. Инфракрасные пленочные лучистые электронагреватели пленочный электронагреватель – является наиболее современным рациональным средством обогрева жилых и нежилых помещений. Система обогрева на основе пленочного электронагревателя надежно обеспечивает требуемую температуру воздуха в помещениях, где она смонтирована, при минимальном потреблении электроэнергии.

Излучение пленочного электронагревателя – это тепловое излучение длинноволнового инфракрасного диапазона, длина волны которого близка к диапазону излучения тела человека. В таблице 1 приведены длины волн теплового излучения и температуры на поверхности средств и элементов, принимающих участие в процессе теплопередачи[6].

Таблица 1 – Основные характеристики элементов, участвующих в процессе теплопередачи

Наименование элемента	Максимальная температура на поверхности, °С	Длина волны, λ в мкм
Батарея конвективного отопления, конвектор, труба в системе водяного отопления	+90	7,9
Тело человека	+36,6	9,35
Потолок комнаты при температуре воздуха на уровне головы человека ($t = 22$ °С)	+30	9,48
Стены помещения при той же температуре воздуха на уровне головы человека ($t = 22$ °С)	+22	9,7
Пленочный лучистый электронагреватель (ПЛЭН)	+50	9,0

Одной из последних запатентованных разработок в данной области в ЮУрГАУ является новая полезная модель пленочного электронагревателя [7]. Целью данной полезной модели является упрощение конструкции электронагревателя, снижение затрат на его изготовление за счет отказа от использования дорогостоящего прецизионного материала, расширение функциональных возможностей электронагревателя за счет варьирования толщины резистивного слоя.

Поставленная цель достигается тем, что в пленочном электронагревателе, включающем резистивный нагревающий и излучающий элемент, расположенный между двумя внешними гибкими термостойкими электроизоляционными пленками и снабженный выводами для подключения к электрической сети, в отличие от прототипа в качестве резистивного нагревающего и излучающего элемента используют термостойкую электроизоляционную пленку с нанесенным на всю её поверхность слоем резистивного материала – нихрома. Причем нанесение слоя резистивного

материала осуществляют путем резистивного напыления в вакууме. Выводы для подключения электрической сети к резистивному нагревающему и излучающему элементу присоединены к плоским контактам, примыкающим к поверхности слоя резистивного материала и выполненным из медной фольги. Напыление в вакууме позволяет получить резистивный слой, имеющий одинаковую толщину по всей поверхности, все точки поверхности резистивного нагревающего элемента нагреваются до одинаковой температуры, представляя собой равномерно излучающую поверхность, для создания которой в прототипе используется алюминиевая фольга. Предлагаемое техническое решение позволяет исключить из конструкции нагревателя слой алюминиевой фольги и слой электроизолирующей пленки, отделяющей её от резистивного нагревающего и излучающего элемента. Возможность варьирования толщины резистивного слоя позволяет создавать нагреватель требуемой мощности в широких пределах заданных геометрических размеров электронагревателя и напряжений электрического тока.

Выводы

Приведенный анализ свидетельствует об эффективности использования пленочных электрообогревателей для отопления жилых помещений. Но внедрение такого отопления зависит от наличия необходимых электрических мощностей у электроснабжающих организаций и от приемлемых, при наличии таких мощностей, технических условий, выдаваемых потребителю поставщиком электроэнергии.

Список литературы

1. Алексеев Г. Ф., Дрепин В. В., Яковлева И. Г. Оценка параметров системы обогрева с «трубчатыми» линейными (трубными) нагревателями. Изв. вузов. Строительство. 2012. № 1–2. С. 79–83.
2. Бухмиров В.В., Крупенников С.А., Солнышкова Ю.С. Алгоритм расчета систем лучистого отопления помещений //Вестник Ивановского государственного энергетического университета. 2010. № 4. С. 23-25.
3. ГОСТ Р. 50571.25-2001. Электроустановки зданий. Часть 7. требования к специальным электроустановкам. пункт 9.2
4. Николаев Н. А., Зиганшин Б. М. Эффективность систем инфракрасного отопления в промышленности и энергетике. Труды Академэнерго. Казань. – 2009. – №3. – С. 38–48.
5. Патент на полезную модель № 100353 Н 05/в3/36, Полевой Борис Григорьевич, Попов Виталий Матвеевич.
6. Попов В. М., Афонькина В. А., Вахрушева С. Ю. Возможность использования энергии возобновляемых источников при эксплуатации пленочных ик-нагревателей в различных сферах АПК. //В сборнике: Достижения науки агропромышленному производству. Материалы ЛII международной научно-технической конференции. 2013. С. 232-237
7. Толстова А.С. Лучистое отопление и его особенности //Новая наука: Теоретический и практический взгляд. 2016. № 6-2 (87). С. 158-161.

Л.С. Зимин, А.С. Егиазарян, А.Ю. Леснов

Самарский государственный технический университет, г. Самара

ПРОБЛЕМА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В АПК

Энергетическая стратегия России определяет ряд мер из которых самым дешёвым и поэтому приоритетным является **энергосбережение**. Через все указы и постановления, изданные за последние годы, красной нитью проходит – «Энергосбережение – высший приоритет энергетической политики на всю обозримую перспективу». Здесь сразу надо отметить, что хотя понятие «энергосбережение» является общепринятым, более технически чётким является понятие «энергоэффективность», которая характеризуется энергетической интенсивностью, равной отношению энергопотребления к общей сумме товаров и услуг.

В этом случае нам не грозит абсурд в погоне за энергосбережением, как, например, вырубка виноградников при борьбе за трезвость. Именно энергоэффективность, а не просто энергосбережение — неизбежная задача, которую на этом пути предстоит решать России. У нас нет дефицита энергоресурсов, поэтому проблема эффективного использования энергии — это проблема не физического а экономического выживания России. Менее трети всех потребляемых внутри страны энергоресурсов идет, в конечном итоге, на прямые и косвенные энергетические услуги нашему населению. Еще одна треть — уходит на безвозвратные потери при добыче, транспортировке, переработке и использовании энергоресурсов. А остальное расходуется в «самоедской» экономике, когда сырье используется для производства металла, металл — для производства машин, с помощью которых добывается новая порции сырья. Человеку от этого — ни тепло, ни светло. Основная задача — снизить энергоёмкость ВВП, товаров и услуг, ибо наша энергоёмкая продукция в сочетании с её низкими потребительскими свойствами не конкурентно способна не только на мировом, но и на внутреннем рынке. Главная цель энергетической и экономической политики государства - максимально эффективно использовать природные ресурсы, человеческий и технологический потенциал для повышения качества жизни граждан России, понимая под качеством не только тепло и свет в достаточном количестве, не только рост материального благосостояния, но и сохранение природной среды, развитие социальных и духовных атрибутов жизни. Электровооруженность труда в с/х на одного работающего в 2,5 раза ниже, чем в промышленности. Анализ технологий и структуры энергопотребления показывает, что агропромышленный комплекс России обладает большим не использованным в настоящее время потенциалом энергосбережения. К

первоочередным энергосберегающим мерам можно отнести: переход на более легкие машино-тракторные агрегаты; улучшение теплозащитных характеристик с/х помещений; автоматизация с/х процессов; структурная перестройка топливно-энергетического баланса с/х производства с повышением использования электроэнергии, газа, нетрадиционных возобновляемых источников энергии для автономных и децентрализованных потребителей. Успешная энергосберегающая политика в регионе возможна лишь при чётком взаимодействии трёх независимых организаций: «администрация - технический университет – территориальное управление Госэнергонадзора». Именно такая триада была создана в Самарской области совместным соглашением Минтопэнерго, Минобразования и Администрации Самарской области, в котором Самарскому государственному техническому университету (СамГТУ) отводилась основная роль по разработке и реализации программ обучения и переподготовки кадров в сфере энергосбережения. Выбор СамГТУ не случаен, поскольку на базе электротехнического факультета этого университета в 1995 – 96 г.г. консорциум из трёх фирм – Ramboll (Бельгия), Danish Energy Analysis (Дания), АО «ВТИ» (Россия) – осуществлял выполнение проекта Tacis «Энергосбережение в Самарской области». Существенно изменяется подход к технико-экономическим расчётам. И дело не только в несопоставимости цен для разных интервалов времени. Само понятие о народнохозяйственной эффективности для частника и самостоятельного предприятия не имеет смысла: речь идёт о возможной прибыли, об окупаемости и надёжности капитальных вложений.

УДК 537.311.4

А.Ю.Здобнов, В.М. Райгородский

Саратовский государственный аграрный университет имени Н.В Вавилова

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ

Назначение солнечных батарей (панелей) заключается в преобразовании световой (солнечной) энергии в электрическую. Толчком для их разработки и совершенствования явилось развитие космической техники и технологии, где солнечные батареи являются по сути единственным источником электрической энергии. Со временем полупроводниковые фотопреобразователи нашли применение для решения энергообеспечения земных объектов – от бытовых до промышленных.

Солнечные батареи (панели), будучи альтернативными и автономными источниками электрической энергии, в настоящее время прочно вошли в нашу жизнь. Их часто встраивают в автономные фонари, уличные светильники, нагреватели воды и многие другие привычные для нас в быту приборы.

Основным физическим явлением, используемым в солнечной батарее, является вентильный фотоэффект, заключающийся в образовании электрических зарядов (электронов и дырок) в р-п переходе под действием электромагнитного излучения. Такая панель напрямую преобразует электромагнитное излучение в электрическую энергию. В наибольшей степени для преобразования подходит ультрафиолетовое излучение, поскольку его энергия фотона соответствует ширине запрещенной зоны полупроводника.

Солнечные батареи имеют важные преимущества по сравнению с другими источниками электрической энергии. К их основным достоинствам можно отнести малый вес, возможность изготовления под любые мощности, получение постоянного тока без дополнительных затрат на преобразование. Одновременно с неоспоримыми преимуществами солнечные батареи имеют существенные недостатки, основным из которых является относительно низкий коэффициент полезного действия (КПД). Пониженный КПД солнечной батареи связан в первую очередь с ее принципом работы, обуславливающим неполный переход световой энергии в электрическую - часть энергии переходит в тепло. Помимо того, малый КПД солнечной батареи обусловлен рядом причин, связанных с условиями их эксплуатации: изменением угла падения солнца в течении светового дня, фильтрацией ультрафиолетового излучения в атмосфере, а также конструктивными особенностями изготовления самой панели, не позволяющими использовать ее площадь в полном объеме.

Целью данной работы явилось определение коэффициента полезного действия солнечной батареи, а также изучение его зависимости от условий работы батареи, в частности, от длины волны падающего излучения.

Для проведения эксперимента по расчету КПД солнечной батареи была выбрана батарея от стандартного дачного светильника с внешней (выносной) солнечной панелью.

Основные характеристики данной батареи:

- фотоактивный материал - кремний (Si);
- заявленная мощность солнечной батареи – 2 Вт;
- емкость встроенного в светильник аккумулятора – 900 мА·ч;
- время работы от аккумулятора – 8 ч;
- активная площадь солнечной батареи $10 \cdot 5 = 50 \text{ см}^2$.

Источником излучения для солнечной батареи служила газоразрядная лампа низкого давления, создающая мощный поток ультрафиолетового излучения. Расстояние между лампой и солнечной батареей изменяли в процессе исследования, что позволило изучить изменение КПД для различных условий ее эксплуатации. Мощность излучения лампы для разных расстояний до батареи находили по зависимости плотности мощности излучения от расстояния, приведенного в паспорте на лампу (рис. 1). Во внешней цепи солнечной батареи устанавливали нагрузочное сопротивление, на котором измеряли ток и напряжение. Сопротивление нагрузки выбирали, исходя из вольтамперной

характеристики идеального вентильного фотоэлемента [1] (см. рис. 2). Для получения максимальной выходной мощности, нагрузочное сопротивление должно составлять от 15 до 25 Ом. Исходя из этого нами было выбрано $R = 20$ Ом.

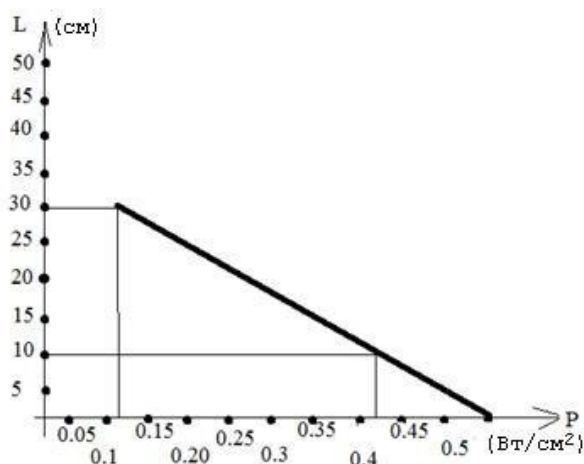


Рисунок 1. Зависимость плотности характеристика идеального вентильного

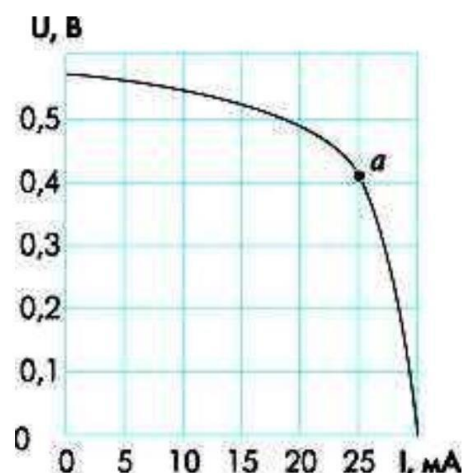


Рисунок 2. Вольтамперная мощность излучения газоразрядной лампы от расстояния до нее фотоэлемента [1]

Измерение электрических параметров работы солнечной батареи проводили для трех расстояний от источника излучения: 10, 30 и 50 см. Результаты измерений и расчет КПД приведены в таблице 1.

Как видно из таблицы КПД батареи мало меняется с расстоянием до лампы, оставаясь в пределах 18.5 - 20.0 %. Некоторое увеличение КПД при $L = 50$ см можно объяснить ростом погрешности в определении плотности мощности лампы для больших расстояний.

Таблица 1.-Результаты расчета коэффициента полезного действия солнечной батареи в зависимости от расстояния до источника L

Наименование показателя	$L = 10$ см	$L = 30$ см	$L = 50$ см
Мощность светового излучения, падающего на солнечную батарею (W); w - плотность мощности газоразрядной лампы; S - площадь солнечной батареи; k - коэффициент пропускания УФ светофильтра	$W = w \cdot S \cdot k =$ $= 0.42 \cdot 50 \cdot 0.9 =$ $= 18.90$ (Вт)	$W = w \cdot S \cdot k =$ $= 0.12 \cdot 50 \cdot 0.9 =$ $= 5.40$ (Вт)	$W = w \cdot S \cdot k =$ $= 0.03 \cdot 50 \cdot 0.9 =$ $= 1.35$ (Вт)
Электрическая мощность, снимаемая с батареи (P); I и U - ток и напряжение в цепи.	$P = I \cdot U = 0.4 \cdot 9.0 =$ $= 3.6$ (Вт)	$P = I \cdot U = 0.2 \cdot 5.0 =$ $= 1.0$ (Вт)	$P = I \cdot U = 0.09 \cdot 3.0 =$ $= 0.27$ (Вт)
Коэффициент полезного действия батареи	КПД=19.0 %	КПД=18.5 %	КПД=20.0 %

Для выяснения зависимости КПД солнечной батареи от длины волны (энергии) падающего излучения были проведены эксперименты с использованием ультрафиолетовых светофильтров, имеющих максимальное пропускание света в различных зонах ультрафиолетового спектра: длинноволновой (300-400 нм), средневолновой (200-300 нм) и коротковолновой (100-200 нм). Расчеты КПД были проведены с учетом коэффициентов поглощения светофильтров и представлены на рис. 3.

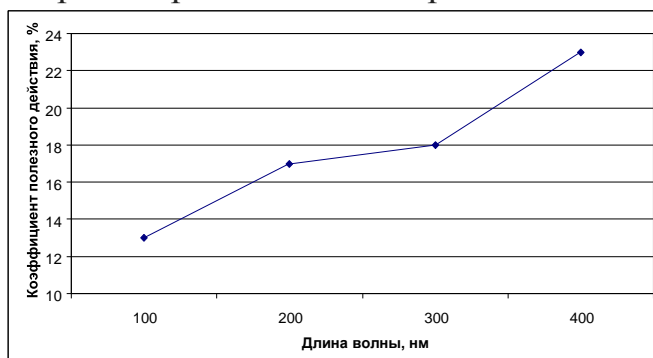


Рисунок 3. Зависимость КПД солнечной батареи от длины волны падающего излучения

В результате оказалось, что КПД батареи увеличивается с ростом длины волны. Данный факт не совсем согласуется с теорией поглощения электромагнитного излучения и может быть объяснен, в частности, неравномерностью спектральных характеристик светофильтров, их зависимостью коэффициента пропускания от длины волны.

Список литературы

1. Мейтин, М. Фотовольтаика: материалы, технологии, перспективы [Электронный ресурс] / М. Мейтин. 2008. Режим доступа: <http://www.mobipower.ru/modules.php?name=Pages&pa=showpage&pid=1>, свободный.

УДК 631.22:628.9

Г.П. Ерошенко, И.Ю. Лошкарев, О.В. Логачева, Д.В. Ульянов, Н.В. Шевчук
Саратовский государственный аграрный университет им.Н.И. Вавилова, г. Саратов

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЬНЫМ УСТАНОВКАМ ДЛЯ СИСТЕМ МИКРОКЛИМАТА

Приведены требования к электронагревательным установкам, необходимые для систем микроклимата

Сельскохозяйственное производство России нуждается в неотложных решениях многих экономических, организационных и технических задач, важнейшей из которых является увеличение валового и товарного объема дешевой высококачественной продукции, за счет использования новых технологий и технических средств механизации и электрификации производства[5,6,8, 10].

Электронагревательные установки должны удовлетворять общим требованиям безотказности и экономичности, предъявляемым к электрооборудованию, а также повышенным, специальным требованиям технологического объекта и источника.

Специальные требования технологического объекта обусловлены зоогигиеническими закономерностями ведения животноводства на промышленной основе. Различают два принципа создания микроклимата в животноводческом помещении: жизнеобеспечения и жизнестимулирования. В соответствии с первым, ставится цель создания таких условий в помещении, которые соответствуют зоне термонеutralи (комфорта) на естественной характеристике терморегулирования организма (достигается его наименьшая теплогенерация). В соответствии со вторым принципом, микроклимат должен отличаться от естественного по одному или нескольким параметрам и стимулировать биологические процессы в организме животного, повышая его продуктивность. Примером служит широко применяемое на практике регулирование деятельности светового дня в птицеводстве.

Важные преимущества второго принципа выдвигают его в ряд прогрессивных приемов выращивания молодняка крупного рогатого скота. Обзор исследований по выращиванию телят позволил установить, что для создания стимулирующего микроклимата ЭНУ должны удовлетворять следующим специальным зоогигиеническим требованиям[1,5,6, 10]:

обеспечивать оптимальную результирующую температуру зоны обитания животных, а не только нормируемую температуру воздуха помещений, т.е. необходимо учитывать температуру воздуха и ограждений;

обеспечивать превышение температуры ограждений над температурой воздуха;

стабилизировать параметры микроклимата в залах новорожденных телят до 20-ти дневного возраста на оптимальном уровне с точностью $\pm 10\%$;

создавать динамический температурный режим в залах доразривания с суточной цикличностью, обеспечивая превышение результирующей температуры в период отдыха (ночью) над результирующей температурой в период кормления и бодрствования (днем);

непрерывно изменять параметры микроклимата в залах доразривания в соответствии с возрастом телят, снижая средние значения параметров по мере их роста.

Выполнение этих требований позволяет обеспечить не только наилучшую продуктивность животных, но и сократить затраты энергии на создание микроклимата, так как годовое и суточное регулирование снижает среднюю за отопительный сезон температуру воздуха в помещении, а следовательно и средний расход электроэнергии.

Специальные требования источника состоят в том, чтобы ЭНУ, наряду с использованием по прямому назначению, обеспечивали выравнивание графика нагрузок энергосистемы за счет потребления электроэнергии только в часы наименьших нагрузок – ночью и в обеденный перерыв. Следовательно, ЭНУ должны работать не по свободному режиму включения, а по принужденному – в режиме потребителя – регулятора графика нагрузок. В период работы они должны не только обогревать животных, но и запасать (аккумулировать) такое количество теплоты, которое необходимо для обогрева в период отключенного состояния, т.е. необходимо иметь теплоаккумулирующие электронагревательные установки (ТЭНУ).

Важность этих требований обусловлена следующими особенностями сельской электрификации. Свободный режим работы ЭНУ резко увеличивает максимум графика нагрузок, поэтому внедрение электронагрева связано с увеличением в 2 – 4 раза пропускной способности сетей сельского электроснабжения. Реконструкция таких разветвлений сетей из-за внедрения электрообогрева нецелесообразна: в связи с сезонным характером тепловых нагрузок сети используются неинтенсивно и не достигается отдача средств, вкладываемых в капиталоемкую (и без того) систему сельского электроснабжения. Свободный режим работы признается неэффективным.

Таким образом, при оптимизации эксплуатационных свойств ЭНУ для систем микроклимата состав исходных данных дополняется специальными требованиями. Энергетической основой расчетов должны быть уравнения теплового режима животного, а не теплотеря помещения [1,5,6,9, 10].

Список литературы

1. Редников В.Л. Организация и управление производством: Метод. указ. - Ижевск: РИО Ижевская ГСХА, 2004. – 40 с.
2. Правила устройств электроустановок. Версия 1.1. 191. 2007.
3. Благова В. Такой свет нужен птице. //Птицеводство. – 2000, №5. - с.43.
4. Валеев Ф.Н. Устройство для управления освещением. //Птицеводство. – 1998, №2. – с.26.
5. Ерошенко Г.П. Эксплуатационные свойства электрооборудования./Саратов, 1983.
6. Ерошенко Г.П., Лошкарев И.Ю., Шестаков И.В., Лошкарев В.И. Электроемкость продукции промышленного птицеводства. Аграрный научный журнал.2016.№ 2. С 48-50.
7. Лошкарев И.Ю. Диагностирование контактных соединений сельских электроустановок способом эксплуатационных тестов. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук/ Саратов, 1996.
8. Лошкарев И.Ю. Диагностирование контактных соединений сельских электроустановок способом эксплуатационных тестов. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/ Саратов, 1996.

9. Львицын А.В., Волгин А.В., Каргин В.А., Лошкарев И.Ю. Обоснование конструкции и расчет параметров линейного электромагнитного двигателя сводообрушителя. Аграрный научный журнал, 2015. № 8. С.48-59.
10. Ерошенко Г.П., Лошкарев И.Ю. Рациональные варианты теплоснабжения животноводческих помещений. Научное обозрение. 2017. №3. С.38-46.

УДК 621.384.3.

Е.С. Зудин, В.М. Попов, В.А. Афонькина

Южно-Уральский государственный аграрный университет, г. Троицк

К ВОПРОСУ ОБ ИНФРАКРАСНОЙ СУШКЕ МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Проведен анализ Российского рынка макаронных изделий, рассмотрены этапы их производства. Рассмотрены основные методы сушки. Цель исследования – повышение эффективности сушки макаронных изделий, посредством применения инфракрасных пленочных нагревателей. Приведены данные предварительного эксперимента

Ключевые слова: макаронные изделия, сушка, ИК-излучение, пленочный электронагреватель.

Макаронные изделия – очень популярный продукт среди населения нашей страны. При этом большее предпочтение население отдает макаронам из твердых сортов пшеницы, что соответствует общемировым тенденциям. Это основная тенденция российского рынка макаронных изделий, которую эксперты наблюдали на протяжении последних лет. Самый главный критерий выбора макарон – качество продукта. В России в конце прошлого столетия выработка макаронных изделий по некоторым данным составляла 680...800 тыс. т в год при потреблении на душу населения до 7 кг в год (в 1997 году – только 473,128 тыс.

т). В 2011 г. производство макаронных изделий в России достигло 1077 тыс. т, в 2013 г. рост мощностей составил не менее 1053 тыс. т. За 2015 г. в России произведено порядка 1188 тыс. т макаронных изделий. По данным на май 2016 года, производство макаронных изделий составило 467 тыс. т, что свидетельствует о постоянном росте производства. [7].

Макаронные изделия, благодаря их низкой влажности, высокой механической прочности, отсутствию в их составе скоропортящихся добавок и веществ, обладающих повышенной гигроскопичностью, могут сохраняться более года без заметных изменений или ухудшений вкусовых и питательных свойств, поэтому их принято называть «консервом теста».

Основные достоинства макаронных изделий как продукта питания:

- способность к длительному хранению (более года) без изменения свойств: макаронные изделия совершенно не подвержены черствению, менее

гигроскопичны, чем сухари, печенье и зерновые сухие завтраки, хорошо переносят транспортирование;

- быстрота и простота приготовления (продолжительность варки в зависимости от ассортимента составляет от 3 до 20 мин);
- незначительные потери с варочной водой. Макароны изделия обладают сравнительно высокой водопоглотительной способностью (они поглощают более 2,5-кратного количества воды к своей массе) и, тем не менее, лишь около 4...7 % сухих веществ переходит в варочную воду;
- относительно высокая пищевая ценность: блюдо, приготовленное из 100 г сухих макаронных изделий, на 10...15 % удовлетворяет суточную потребность человека в белках и углеводах;
- высокая усвояемость основных питательных веществ макаронных изделий – белков и углеводов (98 %);
- благодаря применению для производства макаронных изделий высококачественных мучных продуктов, они обладают высокой калорийностью – около 350 ккал на 100 г изделий.

Особенности производства макаронных изделий.

Процесс производства макаронных изделий состоит из следующих основных операций: подготовки сырья, замеса макаронного теста, его прессования (или раскатки), резания технологического полуфабриката, резки полуфабриката макаронных изделий, его обдувки и раскладки (или развешивания), сушки, стабилизации, охлаждения высушенных изделий, отбраковки и упаковывания готовых изделий.

Сушка является основной операцией при производстве и сопровождается удалением большей части влаги из продукта, если не удалить из него влагу, то будут развиваться микробиологические, биохимические и другие процессы, которые быстро приведут к порче продукта. Макаронное тесто при высушивании крайне медленно отдает влагу. Для управления процессом обезвоживания необходимо учитывать всю совокупность свойств макаронного теста.

В настоящее время на практике макаронных изделий наибольшее распространение, получили сушильные установки конвективного типа, отличающиеся простотой конструкции и эксплуатации, возможностью работы от различных источников энергии. Вместе с тем они имеют ряд недостатков, в числе которых значительные потери тепла с отходящим отработанным воздухом, зависимость эффективности работы сушилки от влажности атмосферного воздуха, негативное влияние горячего воздуха на качество готового продукта. Указанные недостатки конвекционной сушки обусловлены спецификой взаимодействия горячего воздуха с высушиваемыми объектами на различных этапах процесса сушки. На начальном этапе сушильного процесса взаимодействие протекает достаточно эффективно, энергоёмкость процесса мала, а скорость сушки достаточно высока. Однако по мере высыхания продукта

и связанного с этим снижения его тепло- и массо- проводящих характеристик, всё большая доля тепловой энергии не расходуется эффективно. Энергоёмкость процесса возрастает, время сушки многократно увеличивается, возникают локальные перегревы продукта. Это напрямую отражается на качестве готовой продукции. Так, для пищевых продуктов увеличение времени и температуры процесса сушки приводит к потере пищевой ценности продукта (снижению сохранности содержащихся в нём полезных веществ и витаминов, повышается зольность продукта), ухудшению его органолептических характеристик (локальным изменениям цвета, слипанию отдельных частиц, появлению на их поверхности трещин либо пузырьков, при появлении которых продукт теряет прочность и товарный вид).

При сушке макаронных изделий в конвективных сушильных установках при пониженных температурах теплоносителя резко снижается сушильный потенциал процесса, увеличивается продолжительность сушки, снижается производительность установки.

Близкие по сущности проблемы возникают при использовании менее распространенных, но имеющих подобные недостатки технологий сушки в псевдокипящем слое и других, основанных (как и конвекционная сушка) на поверхностном обогреве высушиваемых продуктов.

И в данном случае весьма перспективно использование ИК-сушки, ввиду ряда важных отличий от классических методов нагрева. Во-первых, не требуется наличия теплоносителя, способствующего загрязнению обрабатываемого материала. Во-вторых, материал не перегревается вблизи теплопередающей стенки, тепловыделение происходит в объеме материала, и его температура выше, чем температура стенок аппарата. В-третьих, интенсивность нагрева не зависит от агрегатного состояния материала, а только от его оптических, диэлектрических свойств. При использовании ИК-нагрева интенсификация сушки увеличивается в 1,5-2,0 раза при снижении энергозатрат в 1,5 раза [6].

Использование ИК-лучей интенсифицирует проникновение теплового излучения на определённую глубину обезвоживаемого материала. Основные решения, которые необходимо решать для реализации этого способа с технической и технологической точки зрения: определенное размещение ИКизлучателей относительно продукта; обеспечения переменного режима ИКизлучения, поддержание высокой плотности потока и заданной длине волны.

Для сушки макаронных изделий с применением ИК-излучения, в качестве ИК-генератора весьма перспективно использовать низкотемпературный пленочный электронагреватель, имеющие степень черноты 0,98 [3,6].

Основываясь на вышеперечисленные аспекты, проведен предварительный эксперимент, с использованием инфракрасного низкотемпературного пленочного электронагревателя маркировки НЭП [2].

Для проведения эксперимента было взято 0,3 кг муки хлебопекарной высшего сорта с принятой влажностью 14,5% по ГОСТ 9404 14,5%. После чего муку смешали с водой в пропорции рассчитанной по формуле

$$B = M \cdot (Wm - W_M) / (100 - Wm),$$

где M – дозировка муки, кг;

Wm и W_M – влажность соответственно теста и муки, %.

Из этого уравнения получаем массу воды 0,12 л. для получения мягкого замеса с влажностью 33-34%. После чего раскатываем тесто в лепешку 1-2 мм и нарезаем полосками от 2 до 5 мм с длиной до 15 мм помещаем полуфобрикат в прогретую установку. Сушка продолжалась 45 минут. Выход готового продукта составил 0,29 кг. Деформации, растрескивания и потемнения теста после окончания сушки не произошло. Органолептическая оценка по всем показателям «отлично».

Таким образом, результаты приведенных исследований показали, что применение инфракрасных пленочных электронагревателей для сушки макаронных изделий позволяет избежать отрицательных последствий таких как растрескивание, деформация продукта за счет применения инфракрасного низкотемпературного пленочного электронагревателя. Исследования в области сушки макаронных изделий с применением инфракрасных пленочных электронагревателей являются перспективными и нуждаются в дальнейшей проработке, проведении дополнительных экспериментов и анализа полученных данных.

Список литература

1. Чернышов С. Разработка и научное обоснование технологии сушеных томатов. Диссертация на соискание ученой степени доктора тех. наук// Кишенев – 2011- С.16 - 28.
2. Полевой Б.Г., Попов В.М. Патент 100353 RU Н05В 3/36 «Пленочный электронагреватель» - №2010115793, заявленный 20.04.2010, опубликованный 10.12.2010. Бюл. №34.
3. Афонькина В.А. Теоретические аспекты обоснования выбора пленочных ИК – излучателей для сушки термолабильных культур.// Вестник ЧГАА. – 2012. - Том 62. – С. 5-9.
4. Осипова Г.А. Технология макаронного производства: учебное пособие для вузов Орел: ОрелГТУ, 2009. – 152 с.
5. Попов В.М., Афонькина В.А., Левинский В.Н. К вопросу об инфракрасной сушки томатов // Материалы LV международной научно-технической конференции «Достижения науки – агропромышленному производству». Часть III. Челябинск – 2016. – С. 267-274.
6. Левинский В.Н., Попов В.М., Афонькина В.А. Разработка сушильной установки высоковлажного биологического сырья с применением пленочных электронагревателей // Материалы научно-практической конференции в рамках XXVI международной специализированной выставки «Агрокомплекс-2016» Часть III. Уфа – 2016. – С.34-39
7. <http://www.indexbox.ru/news/rost-proizvodstva-makaronnyih-isdelyiy-v-rossii-vyanvare-maye-2016-goda-smenilsya-padeniem/>

Ю.В. Иванкина, М.А. Левин, Д.Д. Акишин

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

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Аннотация: Статья посвящена оценке надежности эксплуатации работы асинхронных электродвигателей в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: электрооборудование, асинхронный электродвигатель, надежность, вероятность безотказной работы, интенсивность отказов, эксплуатация

Основу всего энергооборудования, используемого в сельском хозяйстве, составляют асинхронные двигатели (АД). Выход из строя электродвигателя приводит не только к затратам на его восстановление, но и к нарушению производственных процессов и технологическому ущербу, который во много раз превышает стоимость самого АД.

Одним из важнейших показателей качества АД является их надежность. Надёжность электрооборудования – это свойство изделия выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах. Это комплексный показатель, который включает в себя: безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость.

Цель работы – оценить надежность асинхронных двигателей, применяемых в сельском хозяйстве. Исследование надежности электродвигателей и составляющих её свойств проведем по данным эксплуатации на типовом сельхозпредприятии. При этом исходными данными для анализа надёжности является наработка и число отказов асинхронных электродвигателей.

Структура аварийных ситуаций асинхронных электродвигателей в сельском хозяйстве приведена на рисунке 1.

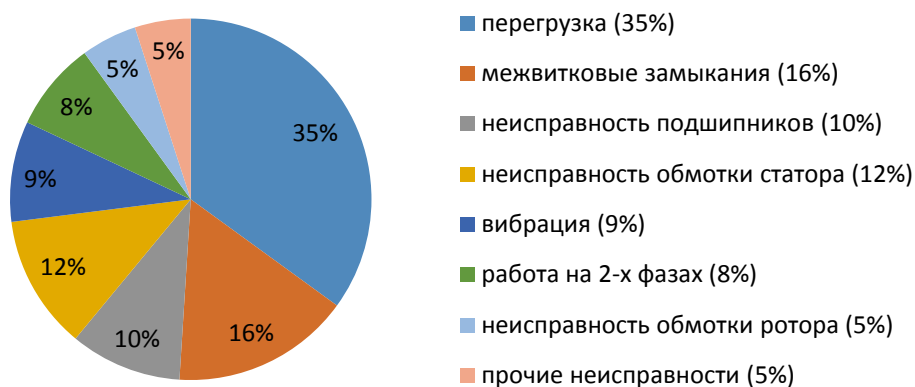


Рисунок 1 – Анализ аварийных ситуаций АД в сельском хозяйстве

Основное оборудование на нашем сельскохозяйственном предприятии представлено асинхронными электродвигателями с короткозамкнутым ротором. Проведенные исследования показали, что в данных электродвигателях отказы вызваны в основном из-за перегрузки, различных неисправностях обмоток статора и ротора, неисправностях подшипников и других. В таблице приведены статистические данные отказов электродвигателей за 2016 год при наработке каждого АД $t=1000$ час/год.

Таблица 1 – Количественная оценка отказов АД

Причина отказа	Кол-во, шт.	%
Перегрузка	105	35
Межвитковые замыкания	48	16
Неисправности обмотки статора	36	12
Работа на 2-х фазах	24	8
Неисправности обмотки ротора	15	5
Вибрация	27	9
Неисправности подшипников	30	10
Прочие ситуации	15	5

Оценим полученные в ходе эксплуатации данные с позиции теории надёжности. Имея данные о числе отказов (табл.1) за какой-то календарный промежуток времени (один год) при средней наработке $t=1000$ час/год определим вероятностные характеристики надёжности: вероятность безотказной работы $P(t)$ и интенсивность отказов $\lambda(t)$:

$$P(t) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0} \quad (1)$$

$$\lambda(t) = \frac{n(t)}{N(t) \cdot \Delta t} \quad (2)$$

$$P(t) = e^{-\lambda t} \quad (3)$$

$$\lambda(t) = \frac{\sum_{i=1}^n n(t)}{N_0 \cdot \Delta t} \quad (4)$$

где $n(t)$ – число отказов электрооборудования в промежуток времени Δt , полученные по статистическим данным; N_0 – общее количество электрооборудования на объекте; $N(t)$ – количество исправно работающего оборудования в интервале времени Δt .

Выражения (1) и (2) используем для определения характеристик надежности для невозстанавливаемого оборудования, а выражения (3) и (4) – для ремонтпригодного электрооборудования. Данные расчета приведем в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты оценки показателей надежности

Наработка, час	Вероятность безотказной работы	Интенсивность отказов, ч ⁻¹
0	1,0	0,0
100	0,995	$0,5 \cdot 10^{-4}$
200	0,990	$0,5 \cdot 10^{-4}$
300	0,981	$0,6 \cdot 10^{-4}$
400	0,975	$0,625 \cdot 10^{-4}$
500	0,97	$0,6 \cdot 10^{-4}$
600	0,96	$0,67 \cdot 10^{-4}$
700	0,95	$0,714 \cdot 10^{-4}$
800	0,93	$0,875 \cdot 10^{-4}$
900	0,9	$1,1 \cdot 10^{-4}$
1000	0,89	$1,1 \cdot 10^{-4}$

По результатам расчета построим зависимости вероятности безотказной работы и интенсивности отказов от времени работы электрооборудования.

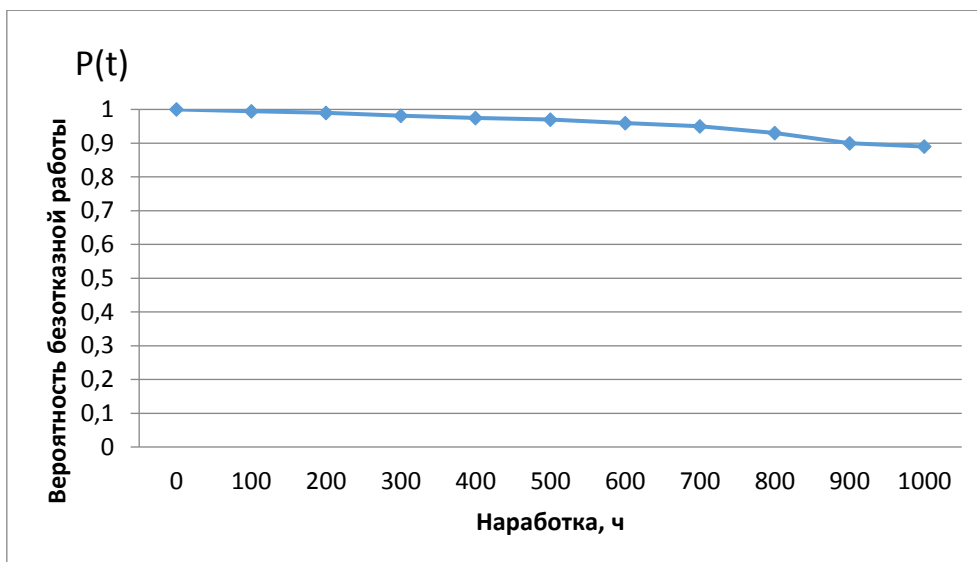


Рисунок 2 – Зависимость вероятности безотказной работы от времени

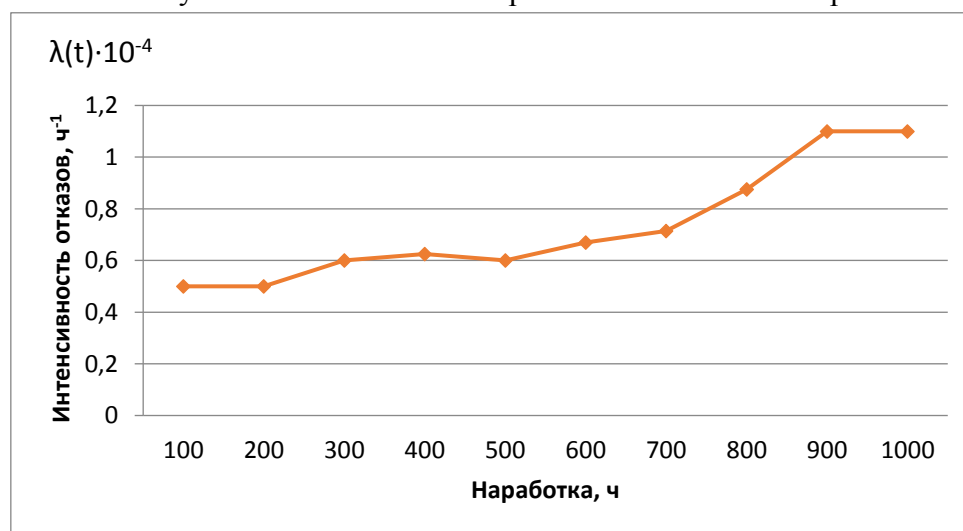


Рисунок 3 – Зависимость интенсивности отказов от времени

Как видно из графиков, с течением времени эксплуатации электрооборудования вероятность безотказной работы уменьшается, а интенсивность отказов возрастает. Обработка эксплуатационных данных отказов электрооборудования методом теории надежности позволяет прогнозировать наступление момента предельного состояния электродвигателей и своевременно выводить их в ремонт, что увеличивает их срок службы.

Список литературы

1. Петушков М.Ю. Повышение ресурсоэффективности эксплуатации высоковольтных асинхронных электроприводов / Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук, 2015 г.
2. Трушкин В.А., Спиридонов А.А., Иванкина Ю.В. Оценка надежности электрических систем в условиях эксплуатации / Аграрный научный журнал, № 5, Саратов, 2015. С. 55-58.
3. Левин М.А., Иванкина Ю.В., Чурляева О.Н. Влияние коэффициента нагрузки на надежность электродвигателей насосных станций / Научное обозрение, № 8, Москва, 2015. С. 111-113.

4. Спиридонов А.А., Логачёва О.В. Прогнозирование технического состояния электрооборудования / В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК. Под редакцией Трушкина В.А., Саратов, 2016. С. 222-223.

5. Левин М.А., Иванкина Ю.В., Чурляева О.Н. Влияние коэффициента нагрузки на надежность электродвигателей насосных станций / Научное обозрение, № 8, Саратов, 2015. С. 111-113.

УДК 621. 311

Ю.В.Иванкина, М.А.Левин

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

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПРОПИТКИ ОБМОТОК АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

***Аннотация:** В процессе эксплуатации свойства изоляции обмоток статора асинхронных двигателей ухудшаются. Одним из способов восстановления свойств изоляции является её пропитка. В настоящий момент в условиях АПК наиболее применимыми способами пропитки являются пропитка погружением, капельная и ультразвуковая пропитка. В статье проводится сравнение данных способов пропитки.*

***Ключевые слова:** электродвигатель, надежность, пропитка, обмотка, статор.*

В процессе использования электродвигателей необратимо ухудшаются его эксплуатационные показатели, характеризующие параметры надежности и срок службы. Наиболее подверженным дестабилизирующим внешним воздействиям элементом электродвигателя является обмотка статора. Свойства обмотки необратимо ухудшаются под действием температуры, влажности, вибрации и времени дестабилизирующего воздействия. В соответствии с нормативными документами (ПУЭ, ПТЭЭП), одним из свойств, характеризующих качество обмоток является сопротивление изоляции, выполненной чаще всего из лака или компаундов.

В настоящее время наиболее применимым способом восстановления неудовлетворительных свойств изоляции обмоток статора является его пропитка лаком. Способ пропитки выбирается исходя от типа обмотки статора и применимого пропиточного материала. Наиболее распространенными способами пропитки является вакуумно-нагнетательная, пропитка компаундированием, пропитка погружением, струйная пропитка и капельная. В условиях сельскохозяйственного производства вследствие универсальности применения используются только последние три. В последнее время появились предпосылки и исследования применения ультразвука при пропитке статорных обмоток электрических машин. Сравним два наиболее перспективных, на взгляд

авторов, направления пропитки: капельную и ультразвуковую, с традиционной для сельского хозяйства пропиткой погружением.

К факторам, оценивающие эффективность способа относят время пропитки, зависящее от скорости движения лака в пазу, качеством пропитки, характеризующие сопротивление изоляции и степень заполнения паза. Сравнительный анализ проведем в таблице 1.

Таблица 1 – Анализ способов пропитки изоляции обмоток асинхронных двигателей

N _{пп}	Показатель	Пропитка погружением	Капельный способ	Ультразвуковой способ
1.	Расход пропиточного состава	1	в 4 раза меньше, чем погружением	1
2.	Качество пропитки: - влагостойкость	1	в 1,7 раза выше, чем погружением	-
	- электрическая прочность	1	в 1,8 раза выше, чем погружением	1,2
	- сопротивление изоляции	0,5 МОм	0,5 МОм	0,5 МОм
3.	Качество заполнения пустот	92%	99%	99%
4.	Трудоемкость процесса	высокая	на 40% меньше, чем погружением	на 15% меньше, чем погружением
5.	Время пропитки	2,5-3 часа	35-40 мин.	2 мин.

По первому критерию капельная пропитка имеет очевидные преимущества, так как подается непосредственно в паза статора, что позволяет экономить пропиточный состав в 4 раза по сравнению с пропиткой погружением.

Качество заполнения пустот пропиточным составом у капельного способа и ультразвукового одинаковы, но достигаются разными путями. В капельном способе лак подается непосредственно в паза статора дозированно и, стекая по пустотам пазов, равномерно и эффективно заполняет их. В ультразвуковом способе пропитки звуковые волны определенной частоты воздействуют на лак и многократно усиливают капиллярный эффект, что позволяет быстро и с высоким качеством осуществить пропитку. Качество пропитки получается выше, чем у пропитки погружением: у капельного способа – в 1,75 раза, а у ультразвукового – в 1,2 раза.

Трудоёмкость процесса пропитки у пропитки погружением самая высокая, так как используется много ручного труда при очистке статора после пропитки. У капельного способа этот недостаток устранен, что сократило трудоемкость процесса на 40%. В основе ультразвукового способа лежит пропитка погружением интенсифицированная пропусканием ультразвуковых волн через

пропиточный состав. Но и в этом способе трудоемкость ниже, чем у пропитки погружением на 15% за счет сокращения циклов пропитки.

Время пропитки у ультразвукового способа самое низкое, у капельного способа – среднее, а у способа погружением – самое большое.

Рассмотрев три наиболее распространенных в сельском хозяйстве способа можно сделать следующие выводы:

- традиционный способ погружением – устарел и отстаёт по показателям эффективности от новых способов пропитки обмоток;

- по показателям эффективности капельный способ и ультразвуковой способ имеют примерно одинаковое качество изоляции, но они достигаются разными способами;

- по времени ультразвуковая пропитка имеет неоспоримое преимущество, а по трудоемкости процесса – лидирующие позиции занимает капельная пропитка.

По мнению авторов, было бы целесообразно объединить капельную и ультразвуковую пропитки.

Список литературы

1. Иванкина Ю.В. Повышение качества изоляции асинхронных двигателей сельскохозяйственных электроприводов за счет капельной пропитки обмоток при ремонте / автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова. Саратов, 2005 г.
2. Иванкина Ю.В. Повышение качества изоляции асинхронных двигателей сельскохозяйственных электроприводов за счет капельной пропитки обмоток при ремонте / диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Саратов, 2005 г.
3. Ерошенко Г.П., Левин М.А., Иванкина Ю.В. Обоснование капельного способа пропитки обмоток асинхронных двигателей / Научное обозрение, № 9, Москва, 2016. С. 84-88.
4. Трушкин В.А., Спиридонов А.А., Иванкина Ю.В. Оценка надежности электрических систем в условиях эксплуатации / Аграрный научный журнал, № 5, Саратов, 2015. С. 55-58.
5. Иванкина Ю.В. Модернизированная установка для капельной пропитки статорных обмоток асинхронных двигателей / В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК. VI Международная научно-практическая конференция. Под редакцией Трушкина В.А.. 2015. С. 70-72.
6. Иванкина Ю.В. Общий анализ способов пропитки изоляции электродвигателей / В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК. Материалы Международной научно-практической конференции. Под редакцией А.В. Павлова. 2010. С. 156-158.
7. Негметова Д.А., Степанов С.Ф. Ультразвуковая пропитка обмоток электрических машин / В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК материалы VII международной научно-практической конференции. Под редакцией Трушкина В.А., Саратов, 2016. С. 159-160.

З.И. Иванова, Е.С. Антошина

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

ИННОВАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ОБРАЗОВАНИИ: ПРИКЛАДНОЙ АСПЕКТ

***Аннотация.** В статье обосновывается необходимость воспитания и обучения на основе универсального знания. В соответствии с вызовами информационной культуры с целью преодоления кризиса в образовании представлены этапы реформирования. Авторы с точки зрения продуктивного образования рассматривают организацию самостоятельной исследовательской деятельности обучающихся в виде выполнения индивидуального проекта. Представлена авторская классификация принципов реализации образовательного проекта – реферата по итогам учебного курса.*

***Ключевые слова:** инновации в образовании, универсальные знания, индивидуальный проект в обучении, продуктивное обучение, использование исследовательского метода обучения в реферате.*

Современной информационной культуре, в которой актуализирован навык универсальности синтетичности (в отличие от специализированности и профилирования, характеризовавших культуру), необходим человек-универсал (универсально, глобально, рефлексивно мыслящий), воспитать которого можно на основе универсального знания. Возникает необходимость преобразования системы образования для успешного преодоления кризиса и приведения ее в соответствие с вызовом информационной культуры [2. с. 295]. Суть этапов реформирования сводилась к поиску, оформлению и практической реализации новой образовательной парадигмы, соответствующей культуре постиндустриализма.

Сегодня уже признано, что одним из наиболее активно развивающихся явлений в мировом пространстве образования является продуктивное обучение. Феномен так называемой «продуктивной педагогики» закрываются интенсивно обсуждается теоретиками и практиками как отечественного, так и зарубежного образования.

Современный этап развития характеризуется нарастанием темпов жизнедеятельности, расширением их форм и видов, порождающим неоднородность социальности. Легализуется всё больше «ниш» человеческого бытия, расширяется социально допустимый репертуар стратегий и сценариев человеческой жизни. Формируется ценностный плюрализм, и одной из важнейших ценностей становятся индивидуальность. Приверженцы глобальноисторических идей говорят об ориентированности на становление

общепланетарного мышления, освоение общечеловеческих ценностей и формирование и ментальности XXI века.

Мы стоим на пороге создания такой модели образования, которая будет конгруэнтна реалиям информационной культуры. То есть будет основана не на абсолютизации рационалистических идей (инструментальный позитивизм), а на отказе от установок на овладение и покорения в отношении природы, отказе от тоталитарных форм организации – в отношении общества, а также на преодолении взглядов на человека в полной автономии и самозамкнутости индивида.

Одним из средств решения поставленной задачи, по нашему мнению, является организация самостоятельной исследовательской деятельности обучающихся в виде выполнения индивидуального проекта, реферата по итогам учебного курса. По этому поводу Н.Б. Крылова пишет, что в продуктивном обучении мерой реального продукта становятся ученик со своими интересами, опытом и образовательными целями. Единственный сценарий – творческий продукт деятельности конкретного ученика, его культурное достижение на данном образовательном уровне.

Использование исследовательского метода обучения в реферате как индивидуальном проекте обучающегося обусловлено его функциями. Он реализует творческий поиск и применение знаний, обеспечивает овладение азами научного познания в процессе деятельности по их поиску, является путем формирования интереса, потребности в творческой деятельности, в преобразовании. Для реализации реферата как образовательного проекта продуктивного обучения, мы руководствовались следующими принципами: реферат как проект должен соответствовать индивидуальным образовательным потребностям участника; данный проект должен строить образовательную деятельность участников на основе их личного опыта; организация проекта должна быть нацелена на передачу культурных основ, обеспечивая приобретение этого опыта в деятельности участников; при реализации самостоятельной познавательно-исследовательской деятельности реально использовать методы индивидуального консультирования и групповой работы, с ориентацией на каждого участника и его тему; основой достижения индивидуального образовательного успеха должна стать публичная защита собственного проекта; корректировать ход проекта регулярно и периодически.

Нами была разработана последовательность основных этапов выполнения рефератов по итогам учебного курса (программы) в соответствии с алгоритмом научных исследований и основными принципами продуктивного обучения. *Общая структура реферата* соответствовала основам научных исследований.

В ходе реализации эксперимента (на базе саратовского государственного аграрного университета) было осуществлено наблюдение, которое показало, что

при осуществлении учебно-исследовательской работы исследователь приобретает следующие навыки:

- ориентируется в выбранной области исследования, в том числе в степени изученности отдельных вопросов, нерешенных проблемах, а значит, может четко оценивать и формулировать актуальность темы;

- владеет методиками исследования;

- теоретически моделирует содержание и структуру работы;

- формулирует задачи исследования в соответствии с уточненной целью;

- разрабатывает план исследования по выявленным проблемам, по содержанию работы;

- сравнивает свой проект с имеющимся информационным фондом;

- анализирует результаты своей работы.

Реализуя самостоятельную исследовательскую деятельность обучающихся в виде выполнения реферата по итогам учебного процесса, соблюдалось требование гибкости проекта и его адаптации к склонностям и способностям обучающихся. Добавив к этому факторы, мотивирующие продуктивную деятельность участника проекта, каждый воспитанник имел: уважение, одобрение и признание *результатов* его работы, предоставление ему *свободы* в выборе содержания, средств и ресурсов для организации познавательной-исследовательской деятельности; успех его самостоятельной работы; приобретение практических *лично значимых* для него навыков; развитие его индивидуальных способностей; осознание его *роли* в социуме.

Список литературы

1. Иванова З.И. Образование на рубеже индустриального и постиндустриального миров. В кн. Философия, человек, цивилизация: новые горизонты XXI века. – Саратов: ООО Изд-во «Научная книга», 2004. Ч. 2. С. 295.

2. Иванова З.И. Качество образования: сущность, классификации / Профессионализм как ресурс развития человека и общества: Сб. науч. ст. / Под ред. проф. Ю.Г. Голуба. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2010. – 192 с. С. 132-140.

3. Иванова З.И. Структурирование курса физики в техническом вузе / З.И. Иванова, Кузнецов В.А. / В сборнике: Актуальные вопросы психологии и образования. Сборник научных трудов по итогам III международной научно-практической конференции. 2016. С.130-132.

4. Антошина Е.С. Современные модели организации обучения. Межвузовский сборник научно-технических статей. Выпуск 31. Вольск: ВФ ВА МТО, 2012. – 279 с. Сост. Антошина Е.С., Иванова З.И., Самышин А.В.

И.В. Капинус

ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Белгородская обл., Россия

РАСЧЕТ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ СВЧ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СЕМЯН С РАБОЧЕЙ КАМЕРОЙ ШНЕКОВОГО ТИПА

Электрофизический метод обработки семян перед посевом сверхвысокими частотами электромагнитного поля позволяет не только отказаться от применения химических препаратов, но так же снизить энергоёмкость процесса, обеспечивая требуемую степень обеззараживания посевного материала и снятия покоя семян непосредственно перед посевом, обеспечивая более быстрые всходы [1-16].

Для СВЧ обработки семян предлагается конструкция установки, которая выполнена из нескольких металлических и диэлектрических цилиндров. Внутри цилиндров установлен диэлектрический шнек.

Принцип работы установки заключается в том, что материал, проходя по трубам установки, попадает в СВЧ камеру, где получая определенную дозу облучения, транспортируется по камере при помощи шнека к отводящей трубе, где на выходе уже облученный материал подвергают фасовки и дальнейшей транспортировки.

Предложена расчетная модель для определения конструктивных параметров СВЧ камеры, которой учитываются непосредственно параметры СВЧ воздействия (СВЧ доза обработки, удельная мощность и время воздействия), а также параметры определяющие производительность шнекового питателя.

Расчеты показывают, что для обеспечения дозы облучения в 60 кДж/кг при увеличении длины шнека от 0,45 м до 1 м, а также с увеличением шага шнека необходимо повысить скорость вращения шнека от 0,1 об/мин до 0,8 об/мин. Кроме того для обеспечения заданной дозы обработки с увеличением удельной мощности воздействия и частоты вращения шнека уменьшается время обработки.

В целом можно заключить, что при большой удельной мощности СВЧ обработки семян требуется большая скорость прохождения семян через камеру и чем длиннее шнек, тем выше частота вращения шнека.

Список литературы

1. Вендин С.В. СВЧ дезинсекция семян бобовых: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Московский ордена Трудового Красного Знамени институт инженеров сельскохозяйственного производства имени В.П.Горячкина. Москва, 1990.
2. Бородин И.Ф., Вендин С.В., Горин А.Д. Изменение всхожести семян зерновых

культур под влиянием СВЧ обработки// Российская сельскохозяйственная наука. 1993. № 2. С. 92.

3. Вендин С.В. Обработка семян электромагнитным полем: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Москва, 1994.

4. Вендин С.В., Горин А.Д. Воздействие температурных факторов на всхожесть семян зерновых при их обработке в электромагнитном поле СВЧ//Российская сельскохозяйственная наука. 1994. № 3. С. 21.

5. Вендин С.В. Исследование напряженности электрического поля в семени при СВЧ дезинсекции зерна//Электричество. -1994. -№ 3. -С. 54-59.

6. Вендин С.В. Экспериментальные исследования предпосевной обработки семян пшеницы электромагнитным полем//Иновации в АПК: проблемы и перспективы. 2014. № 1. С. 4-10.

7. Вендин С.В. Электромагнитная обработка семян//Сельский механизатор. 2014. № 12. С. 32-33.

8. Вендин С.В. Теория и математические методы анализа электродинамики процессов СВЧ обработки семян. Монография.- М.: ЦКБ «Бибком», 2015. – 137 с. ISBN-online 978-5-905563-38-6.

9. Вендин С.В. Регрессионный анализ влияния удельной СВЧ мощности и экспозиции, скорости и конечной температуры нагрева на предпосевную обработку семян пшеницы//Иновации в АПК: проблемы и перспективы. 2015. № 2 (6). С. 9-13.

10. Вендин С.В. Результаты экспериментальных исследований по предпосевной обработке семян пшеницы электромагнитным полем СВЧ/ Иновации в сельском хозяйстве. 2016. № 1(16). С.73-77.

12. Вендин С.В. Теория и математические методы анализа тепловых процессов при СВЧ обработке семян. Монография. - М. : ЦКБ «Бибком», 2016. – 143 с. ISBN 978-5-905563-56-0.

13. Вендин С.В. Технологические приемы СВЧ обработки семян в слое/ Иновации в АПК: проблемы и перспективы. Белгород, Изд-во Белгородского университета кооперации, экономики и права.: 2016, №2(10). С.3-11.

14. Вендин С.В. Технологические особенности СВЧ обработки семян/ В сборнике: «ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ, ОПТИЧЕСКИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ В АПК», материалы международной научно-практической конференции, посвященной памяти ведущего электротехнолога России академика Ивана Фёдоровича Бородина. 2016. С. 46-50.

15.Капинус И.В. Устройство для предпосевной обработки дражированных семян/ В сборнике: Проблемы и перспективы инновационного развития агротехнологий Материалы XX Международной научно-производственной конференции. 2016. С. 39-40.

16. Капинус И.В. СВЧ установка для технологической обработки семян электромагнитным полем/ В сборнике: ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ, ОПТИЧЕСКИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ В АПК материалы международной научно-практической конференции, посвященной памяти ведущего электротехнолога России академика Ивана Фёдоровича Бородина. 2016. С. 41-46.

Ю.П. Ильин, Н.Ю. Кузьмина, Н.В. Рудных
ФГБОУ ВО ЮУрГАУ

УПРАВЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫМ СОСТОЯНИЕМ РЕАКТОРОВ БГУ

Ключевые слова: биогазовая установка, уравнение теплопроводности, однородная среда, заданный температурный режим на торцевых стенках реактора.

Рассматривается задача управления нагревом сырья в горизонтальном реакторе биогазовой установки с теплоизолированной боковой поверхностью. Под управлением в данной задаче понимается задание такого краевого режима на торцах реактора, который в конечный момент времени обеспечит распределение температуры в реакторе, наиболее близкое (в смысле некоторой метрики) к желаемому распределению температур для протекания анаэробного процесса.

Одним из направлений энергетики России является использование нетрадиционных источников энергии [1...9]. Это определяет увеличение вклада биомассы в энергетический баланс, в целях анаэробного производства биогаза [9...11]. При этом одной из задач [10] является задача управления процессами теплопроводности в реакторах биогазовых установок.

Развитие и усложнение структуры производства переработки сырья в биогаз и другие компоненты приводит к тому, что необходимо стремиться минимизировать затраты сырья, временных и человеческих ресурсов, одновременно с этим повышая качество производимой продукции, в смысле близости ее показателей к установленным стандартам, а также полностью использовать все возможности оборудования в целях повышения производительности. Вследствие влияния различных факторов, снижается качество выпускаемой продукции и увеличивается количество непереработанного сырья, что приводит к необходимости разработки таких методов управления, которые бы обеспечивали наилучшее, в некотором смысле, протекание исследуемых процессов. Формально речь идет о сложных системах, состояние которых характеризуется одним или несколькими параметрами, распределенными в пространстве и времени. Из-за сложности технологических производственных процессов и особенностей физических процессов распространения тепла, возникающих в ходе производства, для математического моделирования используются краевые задачи математической физики, а управление определяется функционалом специального вида, структура которого зависит от целей управления.

Таким образом, разработка новых и усовершенствование существующих методов управления процессами теплопроводности является актуальной научной задачей.

Имеется однородное пространство реактора $0 \leq x \leq L$ с теплоизолированной боковой поверхностью (внешние источники тепла отсутствуют) и с заданным температурным режимом на его концах. Через $u = u(x, t)$ обозначим температуру реактора в точке x в момент времени t .

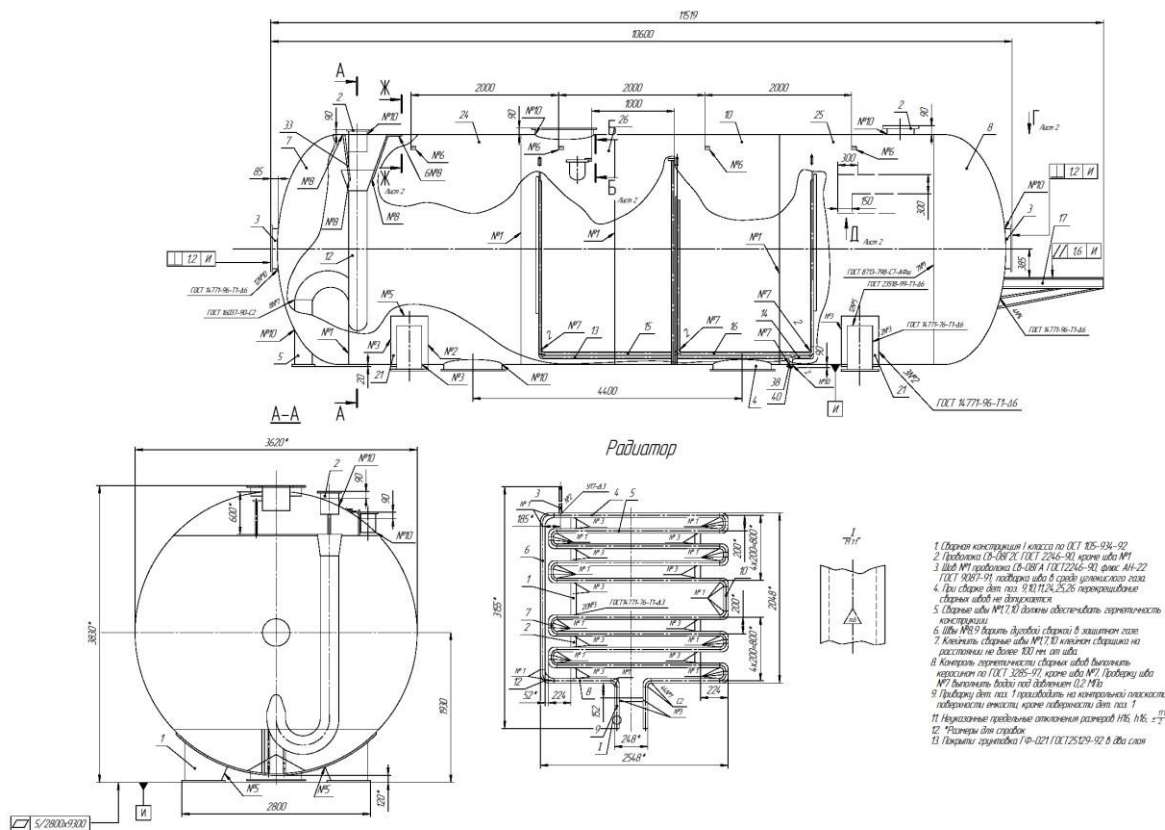


Рисунок 1. Емкость метантенка (сборочный чертеж)

При рассмотрении данного вопроса мы исходили из конструктивных особенностей биогазовой установки, которая включает несколько горизонтальных реакторов (метантенков) емкостью по 75 м^3 каждый, разделенных вертикальными перегородками на четыре секции.

Перегородки смонтированы таким образом, что загружаемая масса от первой до четвертой секции проходит по синусоиде. Трубопроводы для подогрева сбрасываемой массы смонтированы на конечных перегородках с целью создания краевых и начальных условий. Боковые поверхности реактора теплоизолированы, внешних источников тепла нет.

Система ректора характеризуется несколькими параметрами, распределенными в пространстве и времени.

P – это температура, которой нужно добиться.

$$U \in [0; T] \times \mathbb{R}^3.$$

Задана область $V \subset \mathbb{R}^3$ с границей Γ . Внутри области V задана связная область $\gamma \subset V$.

Особенностью мезофильного, термотолерантного и термофильного процессов является распространение тепла в ходе брожения навозного субстрата. Для математического моделирования используются краевые задачи математической физики, а уравнение определяется функционалом специального вида, структура которого зависит от целей управления.

$$f(x, y, z) = \begin{cases} 1, & \text{если } (x, y, z) \in \gamma \\ 0, & \text{если } (x, y, z) \notin \gamma \end{cases} \quad (1)$$

Динамика системы задается параболическим уравнением вида:

$$\frac{\partial U}{\partial t} = a^2 \left(\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial z^2} \right) + c(t)f(x, y, z) \quad (2)$$

с начальными условиями (ζ начальное распределение температур)

$$U(0, x, y, z) = \varphi(x, y, z) \quad (3)$$

и граничными условиями третьего рода (теплообмен с окружающей средой).

Управление системой $c(t)$ – из класса кусочно – постоянных на $[0; T]$ функций.

$$Y(U) = \int_0^T \int_{\Gamma} (U(t, x, y, z) - P)^2 d\sigma \cdot dt \rightarrow \min \quad (4)$$

где Γ – граница элементарного эллиптического объема.

$$x^2 + y^2 = R^2. \quad 0 < h \in h.$$

h – расстояние между перегородками.

Решением интеграла явилась зависимость:

$$\begin{aligned} & \int_0^1 \int_{\bar{A}} (U(t, x, y, z) - P)^2 d\sigma \cdot dt \rightarrow \int_0^1 \sigma \cdot (P\sigma) \cdot \int_{\bar{A}} (P - U(t, x, y, z))^2 \cdot dt \rightarrow \\ & \rightarrow \sigma \cdot \left(P^2 t + \int U(t, x, y, z)^2 - 2 \cdot P \cdot U(t, x, y, z) dt \right) \\ & \int_0^1 \sigma \cdot (P - U(t, x, y, z))^2 \cdot dt \rightarrow \int_0^1 \sigma \cdot (P - U(t, x, y, z))^2 \cdot dt \end{aligned}$$

Выводы

Предложен метод управления конечным температурным состоянием однородной среды горизонтального реактора БГУ. В предложенном методе начальная краевая задача для температуры решается аналитически и процесс

управления находится в аналитическом виде. Для выбора управляющего воздействия используются технические возможности процесса переработки субстрата сырья в реакторе БГУ. Приведена зависимость управления системой из класса кусочно – постоянных.

Список литературы

1. Антонов Ю. М. Основные аспекты энергосбережения в сельском хозяйстве// Энергосбережение в сельском хозяйстве. - М.,1998.- ч.1.-с. 44-46.
2. Чмиль А.И. Математическое моделирование и оптимизация процессов метанового сбраживания животноводческих отходов // Экотехнологии и ресурсосбережение .- 1996.- №2.с. 20-24.
3. Варфоломеев С.Д., Гуревич К.Г. Биокинетика: Практический курс.- М.: ФАИРПРЕСС, 1999.- 720с.
4. Бутковский А.Г. Теория оптимального управления системами с распределенными параметрами. М.: Наука.1965. -474 с.
5. Бутырин В.И., Фильштинский Л.А.Оптимальное управление температурным полем в стержне при программном изменении зоны управления//Прикладная механика.1976. Т. 12, №8. С. 115 – 118.
6. Вабишевич П.Н. Вычислительные методы математической физики. Обратные задачи и задачи управления. М.: Вузовская книга. 2009. 268 с
7. Васильев Ф. П. Методы оптимизации: В 2-х кн. Ч. II. Мн.: МНЦНМО. 2011 . 434с.
8. Лионс Ж.Л. Оптимальное управление системами, описываемыми уравнениями с частными производными. М.: Мир. 1972. 416 с.
9. Лисковец О.А. Вариационные методы решения неустойчивых задач. М, : Наука и техника. 1981 , 344 с.
10. Мартинсон Л.К., Малов Ю.И. Дифференциальные уравнения математической физики. 2-е изд. М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана. 2002.368 с.
11. Самарский А. А., Вабишевич П.Н. Вычислительная теплопередача. М.: Едиториал УРСС, 2003. 784 с.
12. Свешников А.Г., Боголюбов А.Н., Кравцов В.В. Лекции по математической физике. М.: Наука, 2004, 416 с.
13. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. М.: Наука. 2004. 798 с.
14. Фурсиков А.В. Оптимальное управление распределенными системами. Теория и приложения. Новосибирск: Научная книга. 1999.352 с.

В.А. Каргин, А.П. Мусеев, Сахнов М.Ю.

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

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ СТЕНДЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ МАШИН

Аннотация. В настоящей статье рассмотрены схемы экспериментальных стендов для исследования динамических характеристик импульсных машин с линейным электромагнитным двигателем.

Ключевые слова: линейный электромагнитный двигатель, экспериментальные стенды, динамические характеристики, рабочие процессы.

Экспериментальные исследования рабочих процессов импульсных линейных электромагнитных двигателей (ЛЭМД) ударных машин (УМ) проводятся с целью получения полной информации о характеристиках испытуемой машины. Изучение закономерностей работы, выработка рекомендаций по рациональному выбору отдельных конструктивных и режимных параметров позволяют обеспечить максимальную механическую энергию на выходе двигателя при возможно большем КПД [1-3].

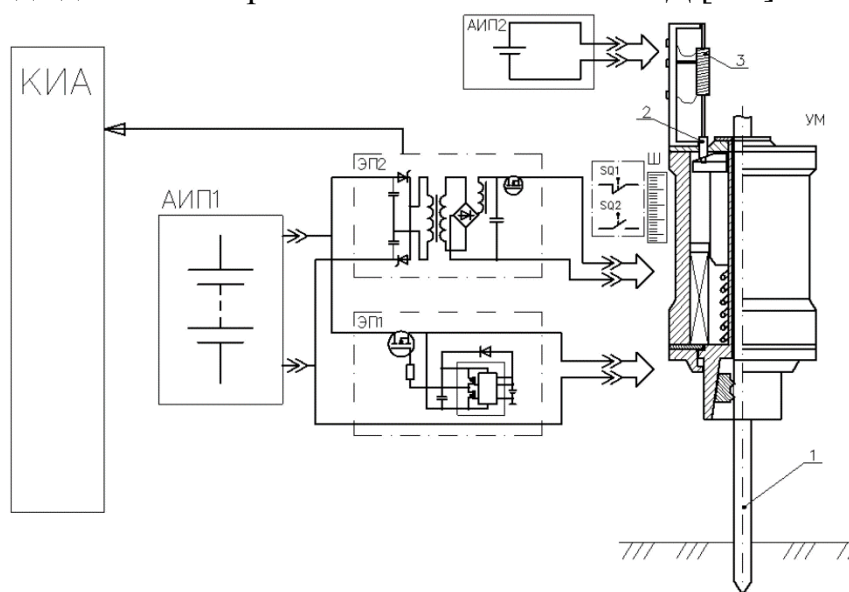


Рисунок 1 Функциональная схема стенда для исследования рабочих процессов ЛЭМД

Функциональная схема и общий вид экспериментальной установки показаны на рис.1 и 2 соответственно. Установка содержит ударную машину с линейным электромагнитным двигателем УМ; импульсные электрические преобразователи: ЭП1, подключаемый к аккумуляторному источнику питания АИП1 и ЭП2 с емкостным накопителем энергии; аккумуляторный источник питания АИП2

(рис.1). Измерение и регистрация значений интересующих физических величин производятся комплектом контрольно-измерительной аппаратуры КИА [1,3].

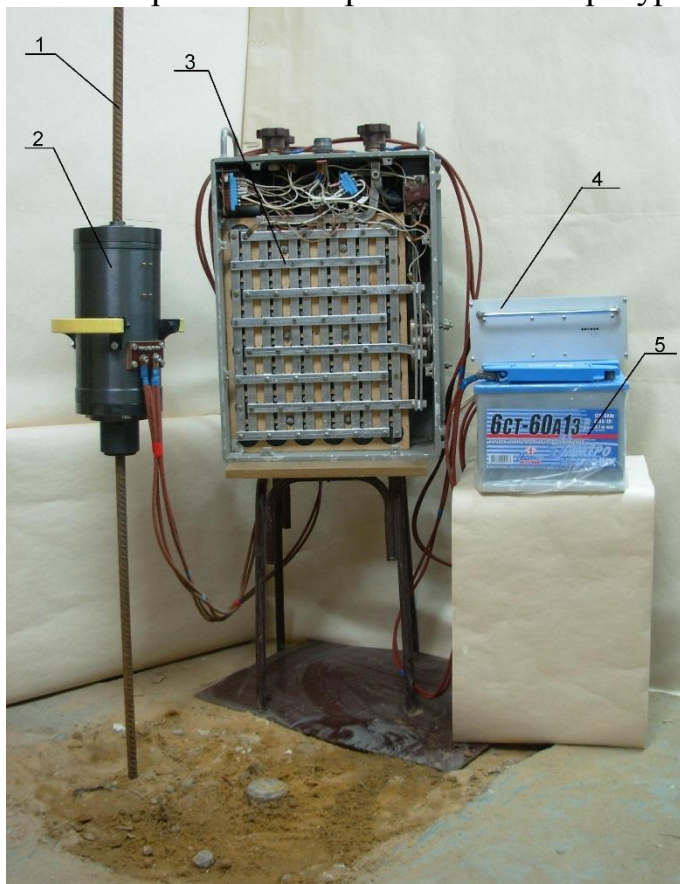


Рисунок 2 Общий вид экспериментальной установки: 1 – забиваемый стержень, 2 – электромагнитная ударная машина, 3 – электрический преобразователь с емкостным накопителем энергии, 4 – конвертор, 5 – аккумуляторный источник питания.

Ударная машина с ЛЭМД закреплена на забиваемом стержне 1, который является нагрузкой. С якорем двигателя через соединительную втулку 2 жестко связан потенциметрический датчик перемещения 3 для снятия зависимости хода якоря от времени (рис.1).

Конструкция блока датчиков $SQ1$ и $SQ2$ положения бойка, устанавливаемого непосредственно в корпусе машины и управляющего работой электрических преобразователей, обеспечивала возможность их независимого смещения в осевом направлении. Координаты датчиков относительно предельных положений бойка УМ контролируются по шкале Ш (рис.1) [1].

Набор контрольно-измерительной аппаратуры КИА включает приборы непосредственной оценки, по которым производится визуальный контроль электрических параметров: амперметры, вольтметры (использованы цифровые приборы В7-21А, В7-22А) и регистрирующее устройство – персональный компьютер с аналого-цифровым преобразователем ЛА70-М4 [3].

Электрические схемы стенда, включающие элементы систем управления ЛЭМД и измерения физических величин при питании обмотки от сетевого, емкостного и аккумуляторного импульсных преобразователей показаны на рис.3 – рис.5 [1,3-7].

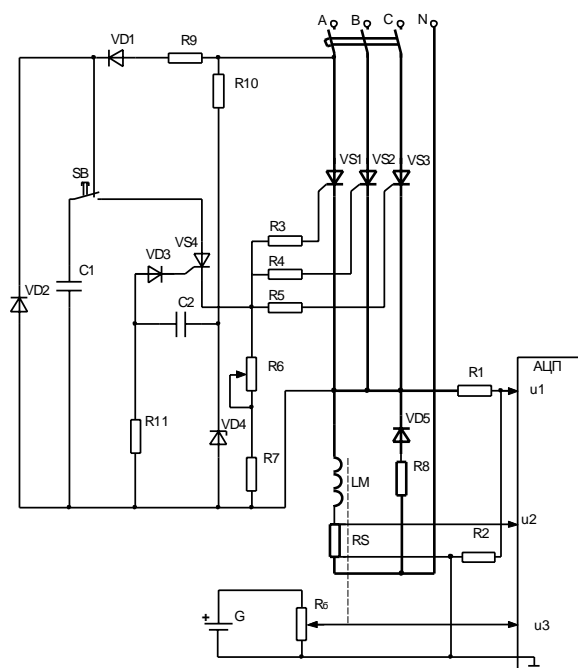


Рисунок 3 Схема регистрации динамических характеристик ЛЭМД при питании от трехфазной сети

Силовая часть электрического преобразователя, показанного на рис.5.3 представляет собой однополупериодный трехфазный управляемый выпрямитель на тиристорах $VS1 \dots VS3$, нагруженный обмоткой LM ЛЭМД [1,5,6].

Электрический преобразователь (рис.4) состоит из емкостного накопителя C_H и тиристора VS , соединенных с обмоткой LM ЛЭМД. Накопитель C_H заряжается от источника постоянного напряжения E . При нажатии на кнопку SB тиристор VS отпирается, и накопитель C_H подключается к обмотке LM двигателя, вызывая его срабатывание [1,4,7].

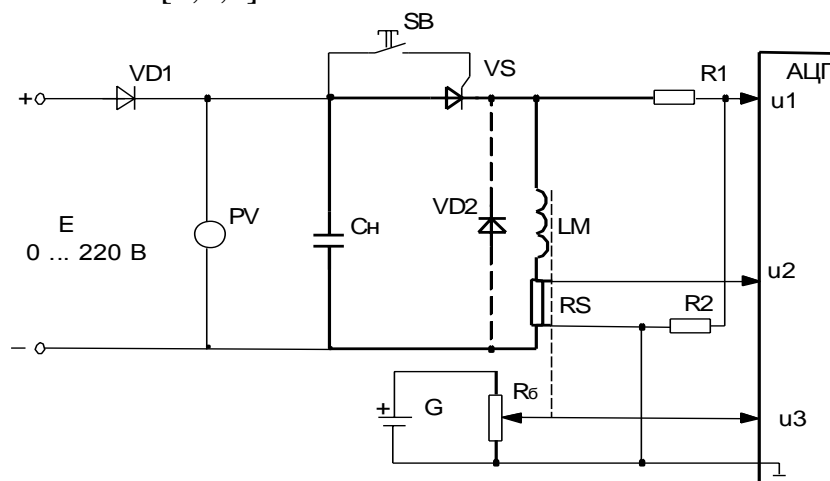


Рис.4. Схема регистрации динамических характеристик ЛЭМД при питании от однофазной сети с промежуточным накопителем энергии

Силовая часть преобразователя представленного на рис.5, состоит из аккумуляторного источника питания АИП1, прерывателя постоянного тока ППТ на транзисторе $VT1$ и обмотки LM ЛЭМД ударной машины. Управление

электромагнитной УМ производилось как в функции времени, с помощью генератора импульсов ГИ, так и в функции положения якоря ЛЭМД, посредством датчиков положения $SQ1$ и $SQ2$ [1,5,6].

Результаты исследования энергопреобразований в ЛЭМД с аккумуляторным источником питания подробно изложены в [1].

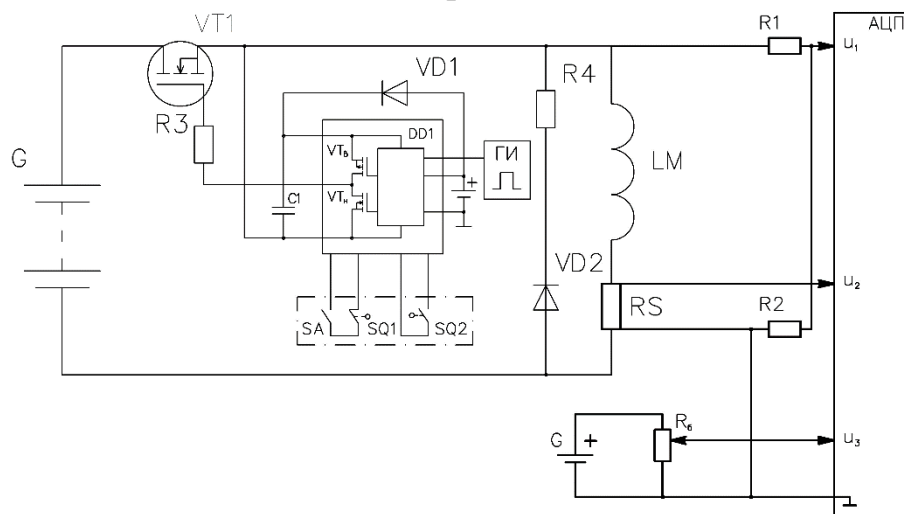


Рисунок 5 Схема регистрации динамических характеристик ударной машины с ЛЭМД при питании от аккумуляторного источника

Для детального выявления особенностей электрического взаимодействия импульсной нагрузки (ЛЭМД) с источниками и электрическими преобразователями необходима одновременная регистрация динамических характеристик исследуемого ЛЭМД: мгновенных значений напряжения $u(t)$ и тока $i(t)$, протекающего по его обмотке, а также перемещения якоря $\delta(t)$ в функции времени. Одновременная запись указанных величин может производиться на персональный компьютер, связанный с исследуемой системой через многофункциональную плату аналого-цифрового преобразователя (АЦП).

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 гос.ун-та, 2015. – 202 с.
2. Усанов, К.М. Динамическая эффективность однообмоточных электромагнитных ударных машин с различными рабочими циклами / К.М. Усанов, В.А. Каргин, И.В. Трубенкова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, № 12, 2010. – С.67–70.
3. Усанов, К.М. Методика визуализации динамических характеристик электромагнитных импульсных машин / К.М. Усанов, В.А. Каргин, А.В. Волгин // Вавиловские чтения-2009: Материалы Межд. науч.-практ. конф. – Саратов: ООО Издательство «КУБиК», 2009. – С.373–376.
4. 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

5. 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.

6. Усанов, К.М. Электрические преобразователи с емкостными накопителями энергии для управления дискретными электромагнитными машинами / К.М. Усанов, В.А. Каргин, А.В. Перетяшко // Тенденции развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения: Материалы VII Международной научно- практической конференции. Под ред. Ф.К. Абдразакова; кафедра «Строительство и теплогазоснабжение», ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова, 2016. – С.254-258.

7. Моисеев, А.П. Совершенствование электрического преобразователя электромагнитного привода кормораздаточного транспортера / А.П. Моисеев, А.В. Волгин, В.А. Каргин. // Известия Международной академии аграрного образования №31, 2016. – С.41-43.

8. Усанов, К.М. Использование линейного электромагнитного двигателя для упаковки сельскохозяйственной продукции / К.М. Усанов, В.А. Каргин, А.В. Ивченко, С.А. Ивченко // Механизация и электрификация сельского хозяйства, № 1, 2012. – С.22–23.

УДК 621.311.1.001.25

Н.К. Катаева

Южноуральский государственный аграрный университет, г. Челябинск

МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРОПОРАЖЕНИЯ В СЕТЯХ АПК С ГЛУХОЗАЗЕМЛЕННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 КВ

Основным средством защиты от поражения электрическим током при возникновении выноса потенциала на открытые токопроводящие части в условиях сельскохозяйственного производства является автоматическое отключение электрической сети с помощью устройств защитного отключения (УЗО) [1].

Нормативные документы предусматривают обязательную установку УЗО как в производственных сельскохозяйственных помещениях, так и на предприятиях, обслуживающих население (школы, детсады, магазины, бани, столовые и т.п.).

Несмотря на широкое внедрение УЗО в системах электроснабжения с глухозаземленной нейтралью до 1 кВ (особенно в административных, жилых и общественных зданиях и помещениях) наблюдаются несчастные случаи, вызванные поражением электрическим током [2].

При анализе актов расследования несчастных случаев показали, что далеко не все возможные опасные факторы электропоражения учитывались при проведении расследования. Одна из важнейших причин этого – отсутствие ложно-вероятностных моделей (ЛВМ) возникновения электроопасных ситуаций и экспериментальных методик, оценивающих условия обеспечения безопасной эксплуатации электроустановок.

Определение вероятности возникновения опасной ситуации в сети с ГЗН возможно на основании теории нечетких множеств (ТНМ) для определения отдельных событий, образующих модель электропоражения.

Один из вариантов модели представлен в работе [3].

Нами была разработана (рисунок 1) структурная схема возникновения электропоражения в сетях напряжением до кВ с глухозаземленной нейтралью.

На основании алгоритма расчета и результатов опроса специалистов, значения вероятностей состояния элементов можно представить в виде нечетких чисел, приведенных в таблице 1.

В этом случае вероятность электропоражения представляет собой нечетное число:

В этом случае вероятность электропоражения представляет собой нечетное число:

$$P(F) = 1 - (1 - P_1)(1 - P_2)(1 - P_3)(1 - P_4), \quad (1)$$

Где $P_1 = p_1[(1 - p_8)(1 - p_9)(1 - p_{11})(1 - p_{12})(1 - p_{13})]$;

$P_2 = p_2 * p_3 * p_{10}[(1 - p_5)(1 - p_6)]$;

$P_3 = p_2 * p_4 * p_7 * p_8$;

$P_4 = p_{14} * p_{15} * p_{16}$;

p_i – нечеткие вероятности элементов X_i логико-вероятностной модели электропоражения

$$P(F) = (0,111 * 10^{-4}; 3,17 * 10^{-4}; 15,4 * 10^{-4})$$

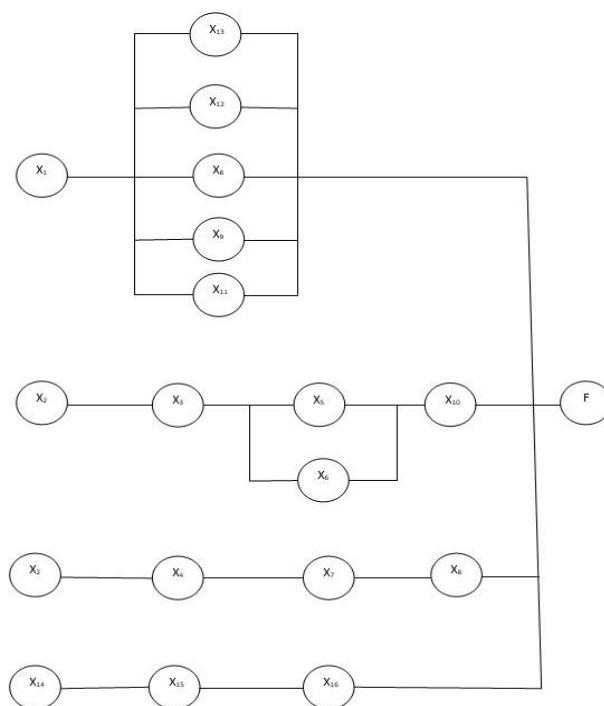


Рисунок 1. Логико-вероятностная модель возникновения опасной ситуации.

Условные обозначения:

X₁ – прикосновение человека к фазному проводу электрической сети, оснащенной УЗО;

X₂ – прикосновение человека к корпусу электроустановки;

X₃ – металлическое замыкание одной фазы на корпус электроустановки;

X₄ – замыкание одной фазы на землю;

X₅ – отказ зануления;

X₆ – отказ системы контроля непрерывности цепи зануления;

X₇ – обрыв заземления нейтрали;

X₈ – отказ УЗО;

X₉ – наличие ЭДС выбега асинхронного электродвигателя;

X₁₀ – наличие ЭДС электродвигателя номинальной мощностью от 5,5 до 30кВт;

X₁₁ – наличие симметричной статической нагрузки, подключаемой совместно с электродвигателем под общее групповое УЗО;

X₁₂ – наличие однофазной статической нагрузки, подключаемой совместно с электродвигателем под общее групповое УЗО;

X₁₃ – наличие индивидуальной компенсации реактивной мощности электродвигателя;

X₁₄ – прикосновение к корпусу электроустановки, питаемой от системы электроснабжения типа TN-S с автоматическим контролем изоляции фаз;

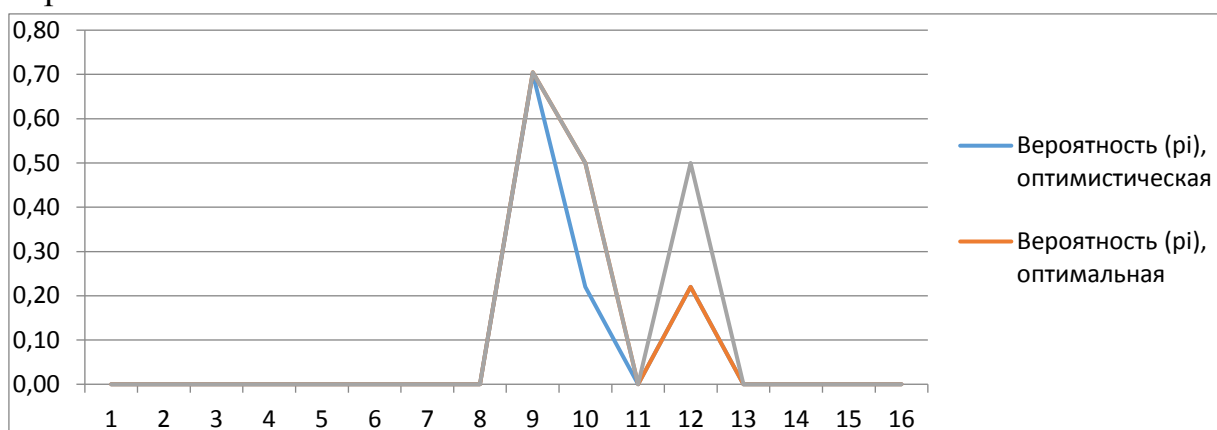
X₁₅ – наличие однофазной утечки величиной, близкой к порогу срабатывания устройства контроля изоляции (УКИ) фаз;

X₁₆ – отказ устройства автоматического контроля изоляции фаз электрической сети.

Таблица 1 . Вероятности опасного состояния элементов схемы

Обозначение события	Вероятность (p _i)
X ₁	(1,21*10 ⁻⁶ ; 1,7*10 ⁻⁶ ; 2,19*10 ⁻⁶)
X ₂	(2,9*10 ⁻² ; 3,3*10 ⁻² ; 3,7*10 ⁻²)
X ₃	(2,9*10 ⁻² ; 3,3*10 ⁻² ; 3,7*10 ⁻²)
X ₄	(0,54*10 ⁻² ; 1*10 ⁻² ; 1,46*10 ⁻²)
X ₅	(1,1*10 ⁻² ; 2*10 ⁻² ; 2,9*10 ⁻²)
X ₆	(2,2*10 ⁻² ; 5*10 ⁻² ; 7,8*10 ⁻²)
X ₇	(1,6*10 ⁻² ; 5*10 ⁻² ; 7,8*10 ⁻²)
X ₈	(1,3*10 ⁻² ; 1,8*10 ⁻² ; 2,3*10 ⁻²)
X ₉	(0,7022; 0,705; 0,7078)
X ₁₀	(0,22; 0,5; 0,78)
X ₁₁	(1,09*10 ⁻⁵ ; 1,13*10 ⁻⁵ ; 1,17*10 ⁻⁵)
X ₁₂	(0,22; 0,5; 0,78)
X ₁₃	(7,95*10 ⁻⁴ ; 8,8*10 ⁻⁴ ; 9,65*10 ⁻⁴)
X ₁₄	(2,9*10 ⁻² ; 3,3*10 ⁻² ; 3,7*10 ⁻²)
X ₁₅	(1,22*10 ⁻¹ ; 1,7*10 ⁻¹ ; 2,19*10 ⁻¹)
X ₁₆	(2,2*10 ⁻² ; 5*10 ⁻² ; 7,8*10 ⁻²)

На рисунке 2 представлена графическая интерпретация полученной вероятности.



По рисунку 2, можно определить три зоны: I – оптимистическая, II – пессимистическая, III – зона вероятностной оценки.

Вероятность возникновения опасной ситуации лежит в интервале $1,64 \cdot 10^{-4} \dots 9,29 \cdot 10^{-4}$, а сама вероятность электропоражения не превысит $15,4 \cdot 10^{-4}$.

Работа с моделью предусматривает:

- выбор электрической схемы сети;
- выбор локальной базы данных и изменение параметров сети;
- учет системы электродвигательной и обобщенной нагрузки потребителей;
- расчет параметров схем замещения электрической сети с ЗОУ;
- расчет статических характеристик потребителей;
- расчет эксплуатационных и аварийных режимов сети с элементами УЗО.

Модель позволяет определить оптимальный состав основного оборудования и главную схему соединения в процессе вычислений, а также программировать перевод сети от режима работы параллельно с системой в автономном режиме, учитывать пуски (самозапуски) электродвигателей и типовые аварийные ситуации.

Это дает возможность имитировать режим эл.сети при заданном коротком замыкании при пуске электродвигателя и внезапном отключении системы.

Список литературы

1. Автореферат диссертации Банько И.С. Токовая защита на нелинейных элементах линий электропередачи 6-10кВсельскохозяйственного назначения,-Челябинск, 2001., 59с.
2. Катаева Н.К. Моделирование работы защитно-отключающих устройств в сельских электрических сетях напряжением 0,38кВ-Электробезопасность.-2002.№1 с. 56-59
3. Номоконова О.В. Применение нечетких множеств в оценке и прогнозировании опасных ситуаций: дис.канд.тех.наук О.В. Номокинова О.В. – Челябинск, 2003-100 с.

Т.В. Карпухина, В.Н. Ковальногов, М.Г. Корныльев

Ульяновский государственный технический университет, г. Ульяновск

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОГО СОСТОЯНИЯ КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТОГО ТЕЛА В ПРОЦЕССЕ КОНВЕКТИВНОЙ СУШКИ

Эффективные методы оптимизации технологического процесса конвективной сушки должны быть основаны на достоверном и точном прогнозировании кинетики тепловлажностного состояния капиллярнопористого тела в процессе сушки с замещением натуральных испытаний вычислительным экспериментом.

В капиллярно-пористых телах процесс тепломассообмена в значительной степени усложняется в условиях изменения влагосодержания в поровом пространстве, поэтому при моделировании тепловлажностного состояния капиллярно-пористого тела учет особенностей материала, таких как размер пор, их форма, расположение необходимо выполнять интегрально через определение эффективных теплофизических свойств (плотности ρ , удельной теплоемкости c и теплопроводности λ).

Конвективная сушка капиллярно-пористых тел является наиболее энергоемкой и ответственной стадией. Технологический цикл сушки капиллярно-пористых тел отличается длительностью и энергоемкостью, что связано с необходимостью обеспечения равномерного объемного прогрева и обезвоживания, исключающих появление в изделиях дефектов в виде трещин и сколов. Необходимым условием реализации этого является достоверное и точное прогнозирование тепловлажностного состояния капиллярно-пористого тела в процессе сушки с учетом параметров сушильного агента [1, 2].

В настоящее время разработана математическая модель кинетики тепловлажностного состояния капиллярно-пористых тел в процессе конвективной сушки. Задача формулируется и решается в нестационарной трехмерной постановке. Технологические параметры сушки, тип сушильной установки и параметры сушильного агента и изделия моделируются при расчетах заданием граничных условий на каждой из поверхностей капиллярнопористого тела [1].

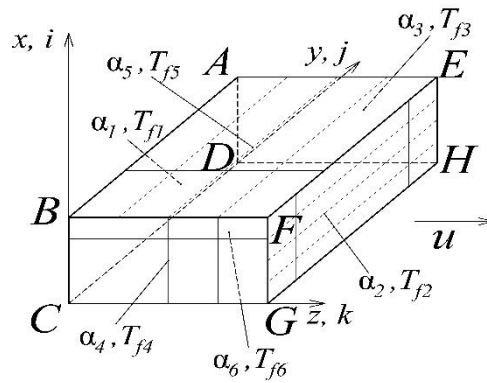


Рисунок 1. Расчетная схема капиллярно-пористого тела

Общий расход влаги с поверхности капиллярно-пористого тела находили по выражению:

$$G = \sum_{l=1}^6 G_l ,$$

где G_l – расходы влаги с каждой поверхности кирпича, кг/с.

Такие расходы влаги определяли по формулам, например для одной из поверхностей:

$$G_l = \sum_{i=2}^{n_x-1} \sum_{j=2}^{n_y-1} g_{i,j,k} \Delta x \Delta y + 0,5 \left(\sum_{i=2}^{n_x-1} g_{i,1,k} \Delta x \Delta y + \sum_{i=2}^{n_x-1} g_{i,n_y,k} \Delta x \Delta y + \sum_{j=2}^{n_y-1} g_{1,j,k} \Delta x \Delta y + \sum_{j=2}^{n_y-1} g_{n_x,j,k} \Delta x \Delta y \right) + 0,25 \Delta x \Delta y (g_{1,1,k} + g_{n_x,1,k} + g_{1,n_y,k} + g_{n_x,n_y,k})$$

где $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ – шаги интегрирования по пространственным переменным; g_k – плотность массового потока пара с поверхности кирпича в анализируемой точке, кг/(м²·с); i, j, k – номер расчетной точки; n_x, n_y, n_z – количество расчетных точек вдоль осей x, y и z соответственно.

Масса испарившейся влаги в процессе сушки:

$$M = \sum_{\tau=\Delta\tau}^{\tau_c} G \Delta \tau ,$$

где $\Delta \tau$ – шаг интегрирования по времени, с.

Тепловой поток, расходуемый на испарение влаги:

$$Q_u = Gr ,$$

где r – скрытая теплота испарения, Дж/кг.

Количество теплоты, израсходованной на испарение влаги:

$$Q_{tu} = \sum_{\tau=\Delta\tau}^{\tau_c} Q_u \Delta \tau .$$

Тепловой поток, расходуемый на нагрев капиллярно-пористого тела:

$$Q_u = \sum_{l=1}^6 Q_l .$$

Тепловые потоки к каждой поверхности капиллярно-пористого тела Q_l , Вт определяли выражением, например для одной из поверхностей:

$$q_{i,j,k} = \frac{\lambda_{i,j,k+\frac{1}{2}}}{\Delta z} (T_{i,j,k} - T_{i,j,k+1});$$

$$Q_l = \sum_{i=2}^{n_x-1} \sum_{j=2}^{n_y-1} q_{i,j,k} \Delta x \Delta y + 0,5 \left(\sum_{i=2}^{n_x-1} q_{i,1,k} \Delta x \Delta y + \sum_{i=2}^{n_x-1} q_{i,n_y,k} \Delta x \Delta y + \sum_{j=2}^{n_y-1} q_{1,j,k} \Delta x \Delta y + \sum_{j=2}^{n_y-1} q_{n_x,j,k} \Delta x \Delta y \right) + 0,25 \Delta x \Delta y (q_{1,1,k} + q_{n_x,1,k} + q_{1,n_y,k} + q_{n_x,n_y,k}),$$

где λ – эффективная теплопроводность капиллярно-пористого тела, Вт/(м·К); T – температура капиллярно-пористого тела, К.

Количество теплоты, израсходованной на нагрев капиллярно-пористого тела:

$$Q_m = \sum_{\tau=\Delta\tau}^{\tau_c} Q_u \Delta\tau.$$

Общий тепловой поток к поверхности капиллярно-пористого тела:

$$Q = Q_u + Q_m.$$

Общее количество теплоты, израсходованной на сушку капиллярно-пористого тела:

$$Q_\tau = Q_m + Q_u.$$

Во всех внутренних точках рассчитывается градиент влагосодержания:

$$\text{grad } W_{i,j,k} = 0,5 \sqrt{\left(\frac{W'_{i+1,j,k} - W'_{i-1,j,k}}{\Delta x} \right)^2 + \left(\frac{W'_{i,j+1,k} - W'_{i,j-1,k}}{\Delta y} \right)^2 + \left(\frac{W'_{i,j,k+1} - W'_{i,j,k-1}}{\Delta z} \right)^2},$$

где $W_{i,j,k}$ – влагосодержание, кг/м³;

Фиксируется номер расчетной точки и момент времени, для которых достигается максимальное значение градиента влагосодержания $\text{grad } W_{i,j,k}$.

Во всех внутренних точках рассчитывается градиент температуры:

$$\text{grad } T_{i,j,k} = 0,5 \sqrt{\left(\frac{T'_{i+1,j,k} - T'_{i-1,j,k}}{\Delta x} \right)^2 + \left(\frac{T'_{i,j+1,k} - T'_{i,j-1,k}}{\Delta y} \right)^2 + \left(\frac{T'_{i,j,k+1} - T'_{i,j,k-1}}{\Delta z} \right)^2}.$$

Фиксируется номер расчетной точки и момент времени, для которых достигается максимальное значение градиента температуры.

Таким образом, градиенты температуры и влагосодержания в изделии и некоторые другие параметры определяются с целью прогнозирования и предотвращения технологического брака.

Исследования выполнены при поддержке грантом РФФИ по проекту № 1548-02275 "Разработка принципов и моделей создания и исследования новых энергосберегающих, экологически чистых и замкнутых теплотехнологий с газодинамической температурной стратификацией рециркулируемого теплоносителя" и Стипендией Президента РФ молодым ученым и аспирантам по проекту СП-736.2015.1 "Исследование и разработка энергоэффективных технологий и техники конвективной сушки капиллярно-пористых материалов".

Список литературы

1. Ковальногов В.Н., Павловичева Т.В. Моделирование и экспериментальное исследование энергоэффективной сушки строительного кирпича // Промышленная теплотехника, 2011. № 8. С. 54 – 57.
2. Карпухина Т.В., Ковальногов В.Н. Конвективная сушка керамического кирпича: моделирование, исследование и разработка энергоэффективной технологии. – Saarbrucken, Germany: LAP Lambert Academic Publishing, 2013. – 150 p.

УДК 533.6.011.6

Т.В. Карпухина, В.Н. Ковальногов, М.Г. Корныльев

Ульяновский государственный технический университет, г. Ульяновск

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КОНВЕКТИВНОЙ СУШКИ КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ С РЕГЕНЕРАЦИЕЙ СУШИЛЬНОГО АГЕНТА

Технологический процесс сушки керамических материалов отличается энергоемкостью, длительностью и высокой вероятностью получения брака. Отработку технологий конвективной сушки в настоящее время проводят преимущественно путем экспериментальных исследований и натуральных испытаний, что является дорогостоящим, трудоемким и не всегда гарантирует оптимальный результат. Замещение натурального эксперимента вычислительным сдерживается отсутствием надежных математических моделей и проблемноориентированных программно-информационных средств для прогнозирования выходных показателей процесса сушки в зависимости от технологических параметров.

Разработана математическая модель, определяющая тепловлажностное состояние капиллярно-пористого тела на примере керамического кирпича, и алгоритм расчета его параметров в процессе сушки. Задача формулируется и решается в нестационарной трехмерной постановке [1].

Рассмотренная методика численного исследования тепловлажностного состояния реализована в оригинальном программно-информационном комплексе. Комплекс предназначен для выполнения оптимизационных расчетов процессов термической обработки капиллярно-пористого тела с определением следующих параметров: изменение во времени влагосодержания, температуры, градиента температуры во всех расчетных точках, потребное время сушки, тепловой поток, расходуемый на испарение влаги; количество теплоты, израсходованной на испарение влаги, общее количество теплоты, израсходованной на сушку, скорость объемной усадки.

Для повышения энергоэффективности процесса конвективной сушки предлагается применять регенерацию сушильного агента с использованием трубы газодинамической температурной стратификации. Газодинамический метод и устройство температурной стратификации в сверхзвуковом потоке предложены академиком РАН Леонтьевым А.И. [2]. Способ конвективной сушки керамических изделий с регенерацией сушильного агента в трубе газодинамической температурной стратификации представлен на рис. 2. Применение трубы газодинамической температурной стратификации для регенерации сушильного агента заключается в том, что отработанный сушильный агент из сушильной камеры подается в разделительную камеру трубы газодинамической температурной стратификации по [2], где он разделяется на два потока, которые направляются во внешний дозвуковой канал и внутренний сверхзвуковой канал, где происходит его осушение и нагрев.

Центрами конденсации являются дисперсные частицы, поданные навстречу потоку сушильного агента. Далее сушильный агент во внутреннем сверхзвуковом канале проходит через сверхзвуковой диффузор и направляется в выходной патрубок внутреннего сверхзвукового канала.

В свою очередь, дозвуковой дисперсный поток, проходя через внешний дозвуковой канал, направляется к выходному патрубку внешнего дозвукового канала. При этом дисперсный поток, проходящий через сверхзвуковое сопло, приобретает скорость, превышающую скорость звука. Далее сверхзвуковой дисперсный поток закручивается, проходя устройство для закрутки сверхзвукового дисперсного потока, расположенное во внутреннем сверхзвуковом канале.

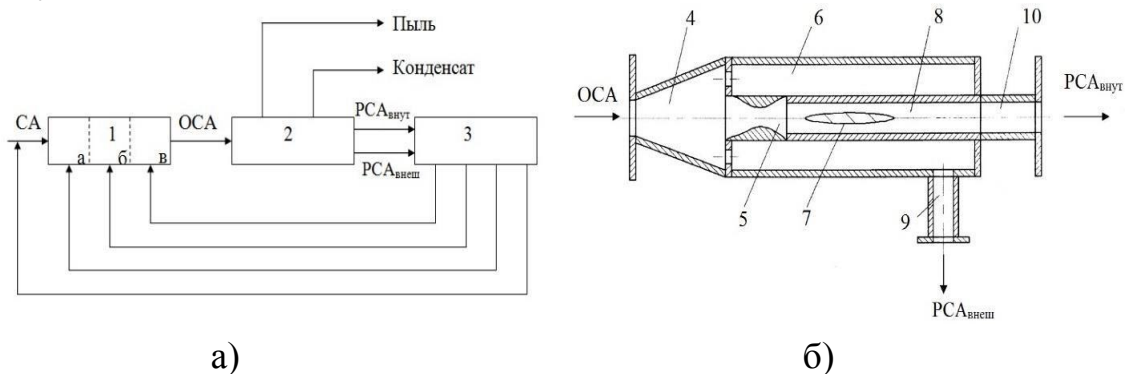


Рисунок. 1. Технологическая схема (а) реализации процесса конвективной сушки капиллярно-пористых тел с регенерацией сушильного агента и труба газодинамической температурной стратификации (б): 1 – сушильная камера, а, б, в – зоны сушильной камеры; 2 – труба газодинамической температурной стратификации; 3 – устройство подготовки и раздачи сушильного агента по зонам сушильной камеры; 4 – разделительная камера; 5 – сверхзвуковой диффузор; 6 – дозвуковой канал сверхзвуковой диффузор; 7 – устройство для закрутки сверхзвукового дисперсного потока; 8 – сверхзвуковой канал; 9 – дозвуковой канал; 10 – выходной патрубок; СА – сушильный агент; РСА_{внеш} РСА_{внут} – регенерированный сушильный агент во внешнем дозвуковом канале и во внутреннем сверхзвуковом канале соответственно; ОСА – отработанный сушильный агент

В закрученном дисперсном сверхзвуковом потоке дисперсные частицы под воздействием центробежных сил инерциально выпадают на стенку внутреннего сверхзвукового канала. Осушенный сушильный агент отбирают из внутреннего сверхзвукового канала трубы газодинамической температурной стратификации, пропускают через пылезолоуловитель, где задерживают влажную дисперсную фазу. Регенерированный таким образом сушильный агент через устройство подготовки и раздачи сушильного агента по зонам сушильной камеры возвращают в сушильную камеру.

Регенерированный в трубе газодинамической температурной стратификации сушильный агент следует подавать в зону начальной стадии сушки, что обеспечивает более «щадящий» режим сушки, минимизирующий возникновение брака изделий. Выбор оптимальных параметров режима сушки осуществляется по результатам серии имитационных расчетов с помощью проблемно-ориентированной программы для расчета тепловлажностного состояния капиллярно-пористого тела (керамического кирпича) в процессе сушки с учетом технологических условий на основе численного решения системы нелинейных дифференциальных уравнений теплопроводности и влагопереноса в соответствии с разработанной методикой.

Таким образом, обоснована возможность использовать регенерацию отработанного сушильного агента в трубе газодинамической температурной стратификации с целью повышения энергоэффективности процесса конвективной сушки капиллярно-пористого тела (керамического кирпича).

Исследования выполнены при поддержке грантом РФФИ по проекту № 1548-02275 "Разработка принципов и моделей создания и исследования новых энергосберегающих, экологически чистых и замкнутых теплотехнологий с газодинамической температурной стратификацией рециркулируемого теплоносителя" и Стипендией Президента РФ молодым ученым и аспирантам по проекту СП-736.2015.1 "Исследование и разработка энергоэффективных технологий и техники конвективной сушки капиллярно-пористых материалов".

Список литературы

1 Ковальногов В.Н., Павловичева Т.В. Моделирование и экспериментальное исследование энергоэффективной сушки строительного кирпича // Промышленная теплотехника. – 2011. – № 8. – С. 54 – 57.

2 Леонтьев А.И. Температурная стратификация сверхзвукового газового потока // Доклады академии наук. Энергетика, 1997. – Т. 354. – № 4. – С. 475-477.

3 Vladislav N. Kovalnogov, Ruslan V. Fedorov, Tamara V. Karpukhina, and Ekaterina V. Tsvetova. Numerical Analysis of the Temperature Stratification of the Disperse Flow // AIP Conference Proceedings, 1648, 850033 (2015); <http://dx.doi.org/10.1063/1.4913088>

Т.В. Карпухина, В.Н. Ковальногов, М.Г. Корныльев

Ульяновский государственный технический университет, г. Ульяновск

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОГО СОСТОЯНИЯ КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТОГО ТЕЛА В ПРОЦЕССЕ КОНВЕКТИВНОЙ СУШКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКА

При освоении новых видов сырья, присадок и внедрении новых технологических приемов технологию сушки отрабатывают, как правило, путем натуральных испытаний, дорогостоящих и не всегда гарантирующих оптимальный результат. Эффективные методы оптимизации технологического процесса конвективной сушки должны быть основаны на достоверном и точном прогнозировании кинетики тепловлажностного состояния капиллярнопористого тела в процессе сушки с замещением натуральных испытаний вычислительным экспериментом. Закономерности переноса теплоты и вещества в капиллярнопористых телах определяются структурными характеристиками тела.

В процессе сушки зачастую происходит большее сокращение объема верхних слоев, чем внутренних, что нередко приводит к растрескиванию образца при достижении им критического значения. Таким критическим значением является влажность, соответствующая нижнему пределу пластичности. В связи с этим в первые моменты сушки капиллярно-пористого тела (особенно при высоких температуре и циркуляции воздуха) главная задача заключается в том, чтобы затормозить резкое испарение влаги с поверхности.

Конвективная сушка капиллярно-пористых тел является наиболее энергоемкой и ответственной стадией. Технологический цикл сушки капиллярно-пористых тел отличается длительностью и энергоемкостью, что связано с необходимостью обеспечения равномерного объемного прогрева и обезвоживания, исключающих появление в изделиях дефектов в виде трещин и сколов. Необходимым условием реализации этого является достоверное и точное прогнозирование тепловлажностного состояния капиллярно-пористого тела в процессе сушки с учетом параметров сушильного агента [1].

Для интенсификации влагопереноса от центра капиллярно-пористого тела к периферии на него предложено накладывать ультразвуковые колебания, которые предотвращают закупоривание порового пространства паровоздушными пузырьками и многократно уменьшают вязкостный и инфекционный коэффициенты гидравлического сопротивления фильтрации влаги [2, 3].

В настоящее время разработана математическая модель кинетики тепловлажностного состояния капиллярно-пористых тел в процессе

конвективной сушки. Задача формулируется и решается в нестационарной трехмерной постановке.

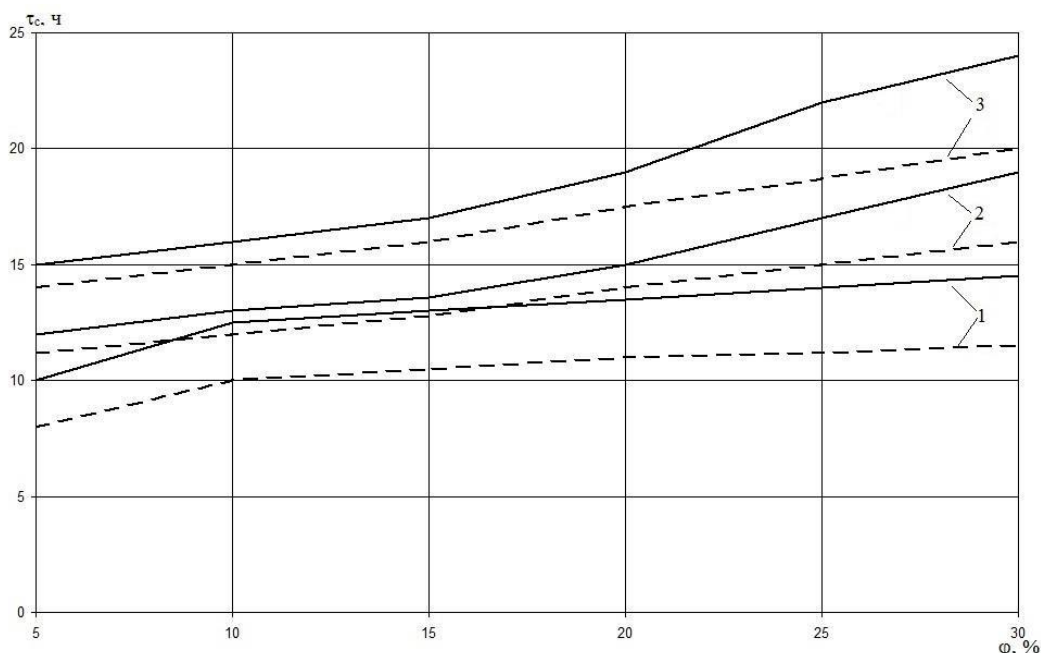


Рисунок 1. Влияние ультразвука на длительность сушки капиллярно-пористого тела: линия – сушка без применения ультразвука; --- – сушка с применением ультразвука; 1, 2, 3 – $T_f = 373; 333; 323$ К

Технологические параметры сушки, тип сушильной установки и параметры сушильного агента и изделия моделируются при расчетах заданием граничных условий на каждой из поверхностей капиллярно-пористого тела.

Учёт влияния ультразвука осуществляли опосредованно через коэффициент диффузии жидкости, который определяли экспериментально и уточняли по данным работы [2].

С использованием разработанных модели получены некоторые результаты, позволивших выявить ряд характерных особенностей протекания процесса сушки в зависимости от применения ультразвука: наложение ультразвука способствует сокращению времени сушки на 30...40 %.

Исследования выполнены при поддержке грантом РФФИ по проекту № 1548-02275 "Разработка принципов и моделей создания и исследования новых энергосберегающих, экологически чистых и замкнутых теплотехнологий с газодинамической температурной стратификацией рециркулируемого теплоносителя" и Стипендией Президента РФ молодым ученым и аспирантам по проекту СП-736.2015.1 "Исследование и разработка энергоэффективных технологий и техники конвективной сушки капиллярно-пористых материалов".

Список литературы

1. Ковальногов В.Н., Павловичева Т.В. Моделирование и экспериментальное исследование энергоэффективной сушки строительного кирпича // Промышленная теплотехника, 2011. № 8. С. 54 – 57.
2. Ковальногов В.Н. Разработка методов повышения эффективности механической обработки путем наложения модулированных ультразвуковых колебаний на смазочноохлаждающую жидкость и инструмент. – Saarbrucken, Germany: Palmarium Academic Publishing, 2012. 404 p.
3. Vladislav N. Kovalnogov, Ruslan V. Fedorov, Tamara V. Karpukhina, and Ekaterina V. Tsvetova. Numerical Analysis of the Temperature Stratification of the Disperse Flow // AIP Conference Proceedings, 1648, 850033 (2015); <http://dx.doi.org/10.1063/1.4913088>

УДК 621.313.3

В.В. Клейменов

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

ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ 3D-ПЕЧАТИ ДЛЯ ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Аннотация: в данной статье рассмотрены технологии печати 3D-моделей, приведём краткий обзор материалов для 3D-печати их свойств и назначений.

Ключевые слова: 3D-принтер, 3D печать, технологии печати FDM, материалы 3D печати.

В данный момент в России сложилась ситуация, когда многие производители по различным причинам вынуждены закупать оборудование для предприятий в зарубежных странах, в связи с этим могут возникать некоторые эксплуатационные проблемы такие как: отсутствие запасных частей для оборудования и цена в России, сроки, в течение которых они могут быть доставлены потребителю.

В настоящее время для снижения стоимости и металлоёмкости производственного оборудования, производится замена металлических деталей на пластиковые, выход из строя которых может приводить к простою оборудования, недовыпуску продукции и др. Пищевое производство не является исключением [1-3]. Так на хлебопекарном предприятии одной единицей оборудования является расстоечная камера MIWE производства Германии, которая предназначена для окончательной подготовки тестовых заготовок для их последующей выпечки в печи. Данная расстоечная камера является модульной и может быть собрана практически в любом пространстве, что удобно при

ограниченном помещении предприятия, а электроника обеспечивает поддержание параметров температуры и влажности на заданных значениях [46]. Расстоечная камера MIWE хорошо зарекомендовала себя в течение десяти лет эксплуатации, но при проведении планового осмотра выяснилось, что требует замены паровой цилиндр, в котором посредством электродов вода преобразуется в пар. Стоимость такого изделия порядка 30000 рублей, а доставка будет осуществляться в течение 30 рабочих дней. Паровой цилиндр выполнен из пластика и состоит из двух частей. Как альтернативу приобретения запасной части из-за рубежа можно рассматривать возможность местного изготовления либо в близ лежащих регионах РФ. Данный паровой цилиндр может быть изготовлен двумя способами: литьём и 3д печатью. Для того чтобы изготовить данное изделие литьём необходимо изготовить форму в которую непосредственно будет залит пластик, что потребует дополнительных расходов денежных средств и времени помимо затрат на сам пластик для изделия. При изготовлении 3д печатью исключаются затраты на изготовление формы так как сама технология создаёт форму изделия при изготовлении, что положительно влияет на скорость изготовления и является перспективным.

3д печать – это построение реального объекта по созданному на компьютере образцу 3д модели. Цифровая, трёхмерная модель сохраняется в формате STL файла, после чего 3д принтер на который выводится файл для печати, формирует реальное изделие [7].

Сам процесс печати - это ряд повторяющихся циклов, связанных с созданием трёхмерных моделей, нанесением на рабочий стол принтера слоя расходных материалов, перемещением рабочего стола вниз на уровень готового слоя и удалением с поверхности стола отходов [8]. Циклы непрерывно следуют один за другим, на первый слой материала наносится следующий, элеватор снова опускается и так до тех пор, пока на рабочем столе не окажется готовое изделие. 3д принтеры разделяются по виду использования технологий для печати 3д объектов. Рассмотрим технологию FDM печати (моделирование методом наплавления) - это технология получила широкое распространение из-за своей доступности, как оборудования, так и расходных материалов. Изделие формируется на рабочем столе постепенным наплавлением слоев материала. Нити пластика подаются в печатающую головку расположенную над рабочем столом, в которой происходит плавление материала и выдавливание его на рабочий стол где он сплавляется с предыдущим слоем образуя цельную фигуру. Печатающая головка может иметь одно сопло или несколько. 3D-Принтер имеющий одну экструзионную головку может печатать только одним выбранным цветом, у цветного будет две или более для того чтобы иметь возможность работать сразу с несколькими материалами. Все материалы для 3д печати имеют разные характеристики и назначения. В этой статье рассмотрим востребованные виды материалов для печати 3D моделей, которые активно

используются в настоящее время. Основные характеристики сведены в таблицу 1 [9,10].

Таблица 1-Материалы для 3D печати по технологии FDM

Материалы для печати на 3D принтере							
Характеристики	Наименование материала (пластика)						
	ABS	SBS	PLA	PVA	PA	FLEX	PC
Назначение	Ударопрочный термопластик: сантехнические детали, корпуса различных приборов, защитные шлемы и каски, посуда, игрушки	Плафоны для светильников, вазы, сосуды с визуальным наполнением, также может быть материалом поддержки	Недолговечный, биоразлагаемый используется для производства моделей проектов, одноразовой посуды, детских игрушек, чайных пакетиков	Материал поддержки при 3d печати FDM технологии, так как растворяется водой и легко удаляется с изделия после печати	Высокопрочный материал применяется в медицине, при производстве прототипов нового оборудования, бытовая оргтехника и т.д.	Имеет свойства резины применяется при изготовлении уплотнителей, сальников, тапочек и т.д.	Также высокопрочный не хрупкий пластик применяется при изготовлении линз, компакт дисков, в строительстве как сотовый поликарбонат
Форма выпуска	Катушка с намотанной на неё нитью диаметром:						
	1,75мм 2,85мм	1,75мм 2,85мм	1,75мм 2,85мм	1,75мм 2,85мм	1,75мм 3,00мм	1,75мм 2,85мм	1,75мм 3,00мм
	Диаметры нитей могут отличаться в зависимости от производителя						
Цвет	Не прозрачный пластик может быть практически любой цветовой гаммы	Прозрачный пластик (кроме белого и черного) может быть окрашен в любой цвет	Не прозрачный или полупрозрачный блестящий пластик имеет широкую цветовую гамму	Не прозрачный белого цвета	Не прозрачный доступен практически во всех цветах	Не прозрачный также доступен в различных цветах	Прозрачный. Других цветов не найдено
Температура плавления	200-260°C	210-230°C	173-178°C	160-175°C	220-265°C	200-210°C	260-280°C
Температура эксплуатации	От -40 до 115°C	До 95°C	До 50°C	Непригоден к длительной эксплуатации	От -45 до 150°C	От -40 до 115°C	От -40 до 120°C
Средняя цена за кг в рублях	1400	1200	1300	6000	5400	4500	4700

Низкая температура эксплуатации пластиков SBS и PLA, гибкость материала FLEX, водорастворение пластика PVA, биоразложение PLA и высокая стоимость пластиков PVA, PA, PC и FLEX не позволяют использовать данные пластики в качестве материалов для 3d печати парового цилиндра. Таким

образом, использование материала ABS для печати пластиковых деталей для производственного оборудования представляется эффективным.

Список литературы

1. Усанов, К.М. Использование линейного электромагнитного двигателя для упаковки сельскохозяйственной продукции / К.М. Усанов, В.А. Каргин, А.В. Ивченко, С.А. Ивченко // Механизация и электрификация сельского хозяйства, №1, 2012. - С. 22-23

2. Усанов, К.М. Импульсные электромагнитные двигатели в приводе оборудования пищевого производства/ К.М. Усанов, В.А. Каргин, А.В. Ивченко, С.М.Зубарев // В сборнике: Научное обеспечение агропромышленного производства Материалы Международной научно-практической конференции, 2010. – С. 228-231.

3. Усанов, К.М. Перспективы применения импульсных электромагнитных машин в приводе оборудования для вязки колбасных батонов / / К.М. Усанов, В.А. Каргин, А.В. Ивченко // В сборнике: Технология и продукты здорового питания Материалы 3 Международной научно-практической конференции . Под редакцией А.В. Голубева, 2009. – С. 152-156.

4. 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.

5. Моисеев, А.П. Совершенствование электрического преобразователя электромагнитного привода кормораздаточного транспортера / А.П. Моисеев, А.В.

Волгин, В.А. Каргин. // Известия Международной академии аграрного образования №31, 2016. – С.41-43.

6. 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.

7. <https://ru.wikipedia.org/wiki/3D-принтер> 3D-принтер

8. <http://3dcorp.ru/tehnology-3dprint.html> технологии и виды 3D печатей

9. <http://3dtoday.ru/industry/obzor-raskhodnykh-materialov-dlya-3d-printerov.html> обзор материалов для 3D печати 10. <http://www.rlocman.ru/review/article.html?di=148965> 3D принтеры: фабрика на столе.

Р.В. Козичев, Д.С.Рожков

Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова,
г. Саратов (Марковский филиал)

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Аннотация. В настоящей статье рассмотрены мероприятия, по повышению эффективности использования электроэнергии в агропромышленном секторе и снижению потерь.

Ключевые слова: энергосберегающие технологии, энергосбережение, модернизация, снижение потерь.

Сбережение энергии всех видов – эта задача все в большем объеме предстает перед человечеством. Дефицита энергии пока на планете нет, но вот последствия от процесса ее преобразования в электричество и тепло заставляют задуматься. Смог, озоновые дыры, превышение в атмосфере вредных металлов, зараженные осадки, загрязнение почвы и многое другое, – все это отражается в первую очередь на человеке, на его здоровье, на качестве и продолжительности жизни. Осознав это, люди начали использовать альтернативные ресурсы и энергосберегающие технологии, которые все шире начинают применяться в быту и в производственном процессе различных сфер экономики [1-3].

Энергосберегающие технологии признаны приоритетной задачей на уровне государственной внутренней политики во многих государствах и в России в частности. И это не простая дань моде, ведь с каждым годом дефицит ресурсов ощущается все больше. Добыча полезных ископаемых оттягивает огромное количество ресурсов – денег, времени, рабочих сил. И все вместе это крайне отрицательно сказывается на экологии.

Рассмотрим мероприятия, повышающие эффективное использование электроэнергии в агропромышленном секторе [1, 4-6].

1. Стратегия развития предприятий.

При разработке перспективных планов любое производство ориентируется в первую очередь на себестоимость, загрузку и объем мощностей. Немаловажное значение в стратегии предприятий имеет и доля капитальных вложений в модернизацию на предстоящие годы. Для многих руководителей рациональное использование электроэнергии стоит на последнем месте. Однако актуальность этой проблемы заставляет обратить на нее пристальное внимание. Модернизация технологических мощностей и эффективное использование электроэнергии должны согласовываться со стратегическим планом любого предприятия. В

противном случае может возникнуть дисбаланс в расходовании средств, что, в свою очередь, чревато невыполнением поставленных целей по объему выпуска продукции [4,6].

2. Использование электроэнергии в сельском хозяйстве.

Сегодня, как отмечают специалисты, реализация предприятиями сберегающих мер осуществляется недостаточно активно. Повышение уровня экономичности электроснабжения в сельском хозяйстве – это достаточно большая и комплексная задача. С этим вопросом тесно связаны проблемы улучшения качества и усиления надежности снабжения. Особое внимание специалисты рекомендуют уделять снижению потерь электроэнергии, а также разработке мероприятий по ее рациональному использованию. Данные задачи и способы их решения должны в обязательном порядке включаться в стратегический план любого предприятия [1,7].

Потенциальная опасность повышенных затрат предприятия может быть преодолена посредством реализации поэтапного плана энергетической и технологической модернизации производственных мощностей с заранее известными показателями издержек и объема выпуска продукции. Внедрение программы должно осуществляться с учетом особенностей товара, продолжительности существования предприятия.

3. Модернизация оборудования.

Важнейшим фактором для внедрения перспективных программ сбережения выступает разработка оптимального плана, предполагающего замену давно эксплуатируемых энергетических установок. Многие из них работают на предприятиях более 15 лет. Устаревшее оборудование, в особенности котельное, отличается высокой, невостребованной сегодня мощностью. Проблема давно эксплуатируемых установок значительно замедляет развитие современной промышленности. Работа устаревшего оборудования не требует больших капитальных вложений. Но в связи с износом периодически случаются поломки. Это, в свою очередь, приводит к простоям производственного процесса. В итоге повышаются затраты на техническое обслуживание, ремонт, замену комплектующих. При этом существует мнение, что отсрочка инвестиций на модернизацию таких установок позволит сэкономить предприятию деньги. Однако, как практика показывает, в итоге расходы не только не сокращаются, но и заметно увеличиваются.

4. Внедрение перспективных проектов развития.

Обычно планы, предполагающие эффективное использование электроэнергии, начинают реализовываться согласно общей программы модернизации всего оборудования. Формирование необходимых условий для внедрения таких проектов происходит тогда, когда руководство предприятия в процессе планирования и расчета себестоимости выпускаемой продукции понимает действительный уровень расхода ресурсов. В частности, учитывается коэффициент использования электроэнергии. В этих случаях руководство старается найти наиболее быстрореализуемые и наименее затратные способы

сбережения. Выполнение этой задачи выступает первым этапом стратегической программы предприятия. Последующая реализация проекта обычно предусматривает деятельность по нескольким направлениям, решение новых, более сложных задач. После достижения необходимых результатов первого этапа ставятся новые цели. Они предусматривают более гибкий контроль затрат и управление затратами на использование электроэнергии. После этого ставятся и реализуются программы по замене устаревшего оборудования на более современное. Зачастую это требует серьезных финансовых вложений [1,4-8].

5. Важность проведения расчетов.

Эффективное использование электроэнергии достигается в том случае, если модернизация основного оборудования на предприятии осуществляется совместно с анализом объема и оптимизацией применения ресурсов предприятия. Необходимым элементом программы в данном случае выступает расчет энергетического коэффициента в себестоимости изготавливаемой продукции. Для каждой отрасли он разный. Так, энергетическая составляющая для черной металлургии – 40%, машиностроения – 20%, производства воды – 30% и так далее. Эта доля может быть незначительной. Однако и в этом случае грамотное использование электроэнергии в промышленности позволяет вырабатывать дополнительный объем продукции. При этом недоотпуск ресурса во много раз будет превышать его стоимость.

Основной задачей предприятия, стремящегося к модернизации, выступает снижение потерь ресурса во всех звеньях системы и в самих установках. Грамотное производство, передача и использование электроэнергии для обеспечения бесперебойного технологического процесса осуществляется по нескольким направлениям. Основными из них выступают [4-8]:

1. Оптимальное построение системы снабжения при реконструкции. Данный подход включает в себя использование:

- рациональных напряжений;
- общего количества трансформаций;
- места расположения ПС;
- числа и мощности трансформаторов на подстанциях;
- компенсации реактивных мощностей;
- схемы электроснабжения и так далее.

2. Снижение потерь в действующих системах. Оно включает в себя:

- регулирование напряжения;
- управление и контроль над режимами электропотребления; - снижение холостого хода приемников;
- модернизацию имеющегося и применение более современного, экономичного и надежного электрического и технологического оборудования;
- применение оптимальных способов регулирования режимов работы вентиляционных и насосных установок;
- установку автоматического управления освещением на протяжении суток;

- увеличение качества электроэнергии;
- применение наиболее оптимального режима функционирования силовых трансформаторов.

3. Нормирование электропотребления, выработка научно-обоснованных стандартов удельного расхода энергии на единицу продукции. Для реализации данной задачи на предприятии должна действовать единая система контроля и учета [1,6].

4. Составление балансов, в соответствии с которыми осуществляются производство, передача и использование электроэнергии. Их разрабатывают сначала на отдельные установки и агрегаты, переходя постепенно к цехам, а затем в целом ко всему предприятию.

5. Организационно-технические меры. Их разработка осуществляется с учетом специфики того или иного предприятия.

Все установки, которые включены в систему снабжения, в том числе трансформаторы и линии, отличаются активными сопротивлениями. Вследствие этого производство и использование электроэнергии осуществляется с ее потерями. Подавляющая их часть происходит в трансформаторах и на линиях. Практические расчеты обычно осуществляются с учетом потерь именно в этих элементах системы. Потери в трансформаторных обмотках, проводах и кабелях пропорциональны квадрату тока нагрузки, протекающему по ним, что обуславливает их название – нагрузочные. Их также часто именуют переменными. Это связано с тем, что ток нагрузки обычно изменяется во времени.

По мере увеличения потребления и присоединения к сети новых установок возрастают и потери. На электроэнергетических предприятиях осуществляются систематические расчеты. По их результатам при необходимости выполняют мероприятия, способствующие снижению потерь. К основным из них относят [4-8]:

- поддержание на шинах 10 кВ и 0,38 кВ на трансформаторных подстанциях или пунктах 10/0,4 кВ, РТП 110...35/10 кВ оптимального уровня напряжения;
- выравнивание фазовых нагрузок в сетях с напряжением в 0,38 кВ;
- выбор оптимальных участков размыкания ВЛ (воздушных линий) с напряжением 10...35 кВ с двухсторонним питанием;
- отключение одного трансформатора в режиме малых нагрузок на двухтрансформаторных подстанциях, а также на ПС с сезонной нагрузкой;
- сниженное использование электроэнергии для собственных нужд ПС;
- уменьшение сроков технического обслуживания и ремонта распределительных устройств, линий и трансформаторов.

Организационные меры, а также методы усовершенствования систем учета обычно не требуют существенных первоначальных расходов. В связи с этим их всегда целесообразно проводить. С техническими же мероприятиями

дело обстоит несколько иначе. Они связаны с дополнительными инвестициями. Среди основных технических мероприятий следует выделить следующие [6,8]:

- установка статических конденсаторов, батарей, оснащенных автоматической регулировкой мощности;
- замена перегруженных и недогруженных трансформаторов на потребительских подстанциях;
- установка на РТП оборудования с регулировкой напряжения под нагрузкой;
- замена на перегруженных линиях проводов, в том числе ответвлений от воздушных линий к зданиям;
- перевод сетей на повышенное номинальное напряжение;
- рациональное использование электроэнергии.

Компенсация реактивных мощностей считается наиболее эффективным способом повышения эффективности использования электроэнергии. Принцип этой компенсации конденсаторами, включаемыми параллельно, заключен в следующем: часть мощности, которая передается по линии, реактивной, в частности, не затрачивается на механическую работу либо теплоту. Она выступает только в качестве меры энергии, которой магнитные поля приемника и источника обмениваются между собой. Но при этом ток, который соответствует реактивной мощности, проходя по линии передачи, провоцирует потери. Данная проблема, однако, может быть решена. В целях обеспечения максимально высокой экономической эффективности конденсаторные батареи в сетях с напряжением в 0,38 кВ должны иметь такую мощность, чтобы в периоды наивысшей реактивной нагрузки, показатель которой не должен быть выше 0,33, у потребителей коэффициент мощности составлял бы не меньше 0,95 [4-8].

Установка трансформаторов с РПН на подстанциях 110...35/10 кВ обеспечивает использование электроэнергии в промышленности не только с минимальными потерями, но и соблюдение на выходе к потребителям нормированных отклонений в напряжении. Вследствие несовпадения расчетных и фактических мощностей некоторые трансформаторы, включенные в эксплуатируемую сеть, могут недогружаться. При этом усиление нагрузки для этих установок маловероятно, если только кто-либо не решится на незаконное использование электроэнергии, подключившись к ним. Такие трансформаторы целесообразно заменять менее мощными устройствами. При этом потеря холостого хода будет снижена, а в обмотках – увеличена. Учитывая данное обстоятельство, можно рассчитать предельную загрузку включенного в сеть трансформатора, при которой замена на менее мощное устройство будет целесообразна.

Увеличение пропускной способности сети осуществляют посредством сооружения новых подстанций и линий. Также в комплекс мероприятий входит замена всех перегруженных проводов в ходе развития сети в соответствии со специальными проектами. Перевод сельских электрических сетей на повышенное номинальное напряжение состоит только в проведении линий с

напряжением в 10 кВ вместо 6 кВ. Грамотное использование электроэнергии в первую очередь предполагает улучшение функционирования приемников. Необходимые технические расчеты должны осуществляться для всей системы снабжения. То есть они должны касаться и производства, и передачи, и использования электроэнергии [1,4-8].

Нормирование также имеет немаловажное значение. Данная мера предусматривает установление норм для удельного расхода ресурса. Обеспечение существенной экономии электроэнергии возможно не только за счет разработки прогрессивных, научно-обоснованных стандартов. Особое значение в данном случае имеет и установление систем материального вознаграждения за выполнение и перевыполнение норм. Правила использования электроэнергии необходимо периодически пересматривать и совершенствовать по мере изменения технологических процессов, повышения квалификации сотрудников, применения современного оборудования на предприятиях. Данная деятельность входит в обязанности работников соответствующего подразделения. Удельные нормы по расходу электроэнергии, которые получены в ходе расчетов, необходимо в обязательном порядке проверить для данного предприятия. Это осуществляется при помощи замеров в течение определенного периода (сезона работы, года и т.д.) в условиях нормальной эксплуатации предприятия. Нормирование может реализовываться только при налаженном учете расхода энергии на предприятии [6,7].

Без графика нагрузки грамотное использование электроэнергии невозможно. Определение пропускной способности трансформаторов, проводов и прочих сетей осуществляется в соответствии с наивысшей расчетной нагрузкой. Чем больше тока будет проходить по указанным элементам системы на протяжении года, суток или иного периода, тем больше они будут задействованы. Соответственно, экономичность электроснабжения будет выше. На практике действительный график отличается от идеального всегда тем, что в течение большей части времени нагрузка ниже расчетной.

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 гос.ун-та, 2015. – 202 с.
2. 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.
3. Моисеев, А.П. Совершенствование электрического преобразователя электромагнитного привода кормораздаточного транспортера / А.П. Моисеев, А.В. Волгин, В.А. Каргин. // Известия Международной академии аграрного образования №31, 2016. – С.41-43.
4. Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" (в редакции, актуальной с 4 июля 2016 г.);

5. Распоряжение Правительства РФ от 27 декабря 2010 г. №2446-р Государственная программа Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года»;

6. Чернова В.Э., Шмулевич Т.В. Актуальность энергосбережения. Государственная политика в области повышения эффективности использования энергии: учебное пособие / СПбГТУРП. СПб., 2014 г.

7. Государственная информационная система в области энергосбережения и энергетической эффективности. Экспертный портал по вопросам энергосбережения.- http://gisee.ru/bussiness/actual_articles/

8. Энергосбережение и энергоэффективность. Сайт министерства энергетики Российской Федерации.- <http://minenergo.gov.ru/activity/>

УДК 628.81-628.83

В.А. Кокарева

Самарский технический университет, г. Самара

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЯ ЗДАНИЙ

На данный момент времени к более распространенным методам решения поставленных задач относится математическое моделирование, что является менее затратным и громоздким [1-4]. Рассматриваемыми программами были приняты Salome [6] и Code_Saturne [5], так как данные продукты обладают мощными средствами анализа, что позволяет обнаружить неточности.

Для определения достоверности результатов, полученных в использованных программах, была проведена верификация с исследованиями в работе Д.М. Денисихина [7,8].

В данной работе ставится задача по созданию эффективной схемы воздухораспределения. Для этого рассматривается три способа подачи воздуха: подача настилающей на потолок струей с помощью решетки АМН 300x150, подача закрученной струей с помощью вихревого диффузора OD-11-200 и подача динамический потоком с помощью воздухораспределителя ВГК 400x200.

Перечисленные выше методы для поддержания микроклимата были применены в помещении с температурой воздуха $T = 21$ °С и параметрами 6м x 6м x 3,5м, в котором располагаются 4 человека. Тепловыделения от людей составляют 300 Вт [7,8]. При проведении верификации была построена геометрия помещения (рис.1).

Следующим шагом стало построение сетки в Salome. (рис.1) и проведение расчетов в программе Code_Saturne.

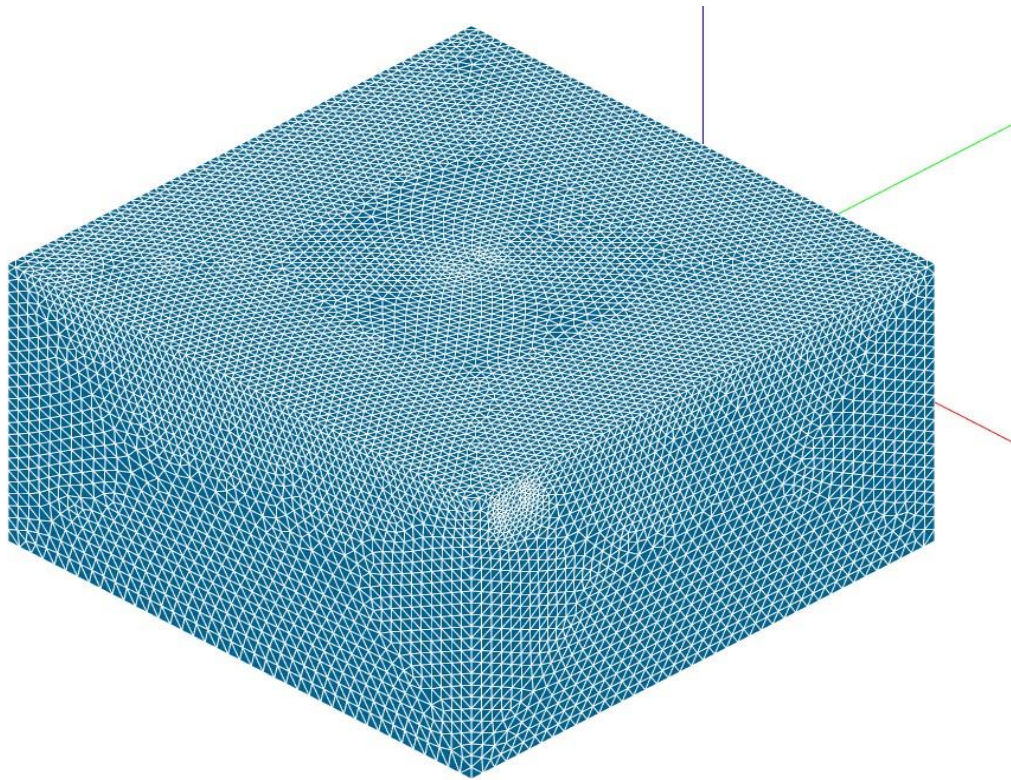


Рисунок 1. Расчетная сетка

На рис.2. представлено вертикальное продольное сечение, в характерных точках которого температура воздуха составляет на входе 21°C и в точке вблизи человека 24.8°C . Сравнивая полученные значения со значениями в тестовой модели [8] (на входе 21°C , вблизи человека 24.5°C) получаем погрешность равную 1.2%.

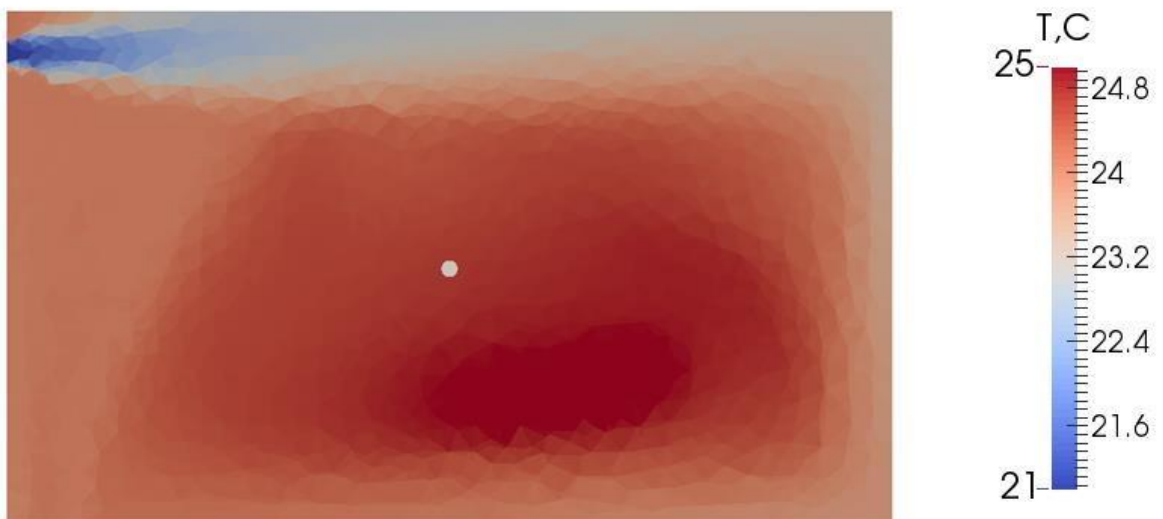


Рисунок 2. Продольное сечение

На рис.3. проиллюстрировано горизонтальное продольное сечение, на котором мы видим расположение людей в четырех точках. Сравнивая значения

в характерных точках, в которых располагаются люди, со значениями точек по тестовой модели [8], мы видим, что температура воздуха вблизи людей равна 24.8 °С, а в тестовой работе 25 °С. Погрешность данных значений будет составлять 0.8%.

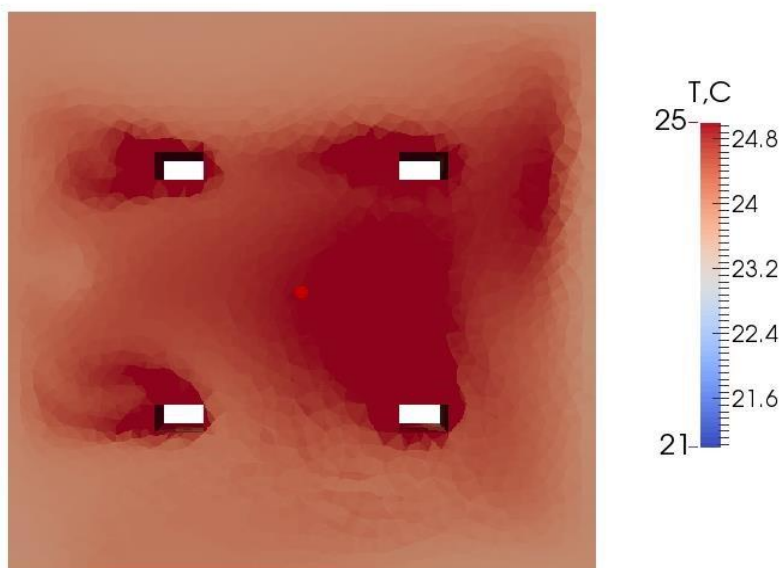


Рисунок 3. Продольное сечение

Сравнив величины теплофизических параметров, можно сказать что инструментальная погрешность полученных результатов очень мала, следовательно, верификация модели пройдена, поэтому возможно использование программных средств Salome и Code_Saturne, а также модель турбулентности k-omega SST для исследования.

Список литературы

1. Цынаева, А.А. Применение энергосберегающих технологий в системах газоснабжения при регулировании давления газа/ А.А. Цынаева // Тезисы докладов Всероссийской шк.-сем. молодых ученых “Физика неравновесных процессов в энергетике и наноиндустрии” Новосибирск: Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе, 8-12 октября 2007. с.133-134.
2. Цынаева, Е.А. Анализ автоматизированных систем управления теплоснабжением зданий / Е.А. Цынаева, А.А. Цынаева// Материалы I Междуна-родной молодежной научной конференции «Гражданская авиация: 21 век». – Ульяновск, 2009. – С.46-47
3. Цынаева, Е.А. Эффективность автоматизированных систем управления теплоснабжением зданий/ Е.А. Цынаева, А.А. Цынаева// Материалы II Международной молодежной научной конференции «Гражданская авиация: 21 век». – Ульяновск, 2010. Ульяновск. 2010 – с. 46-47.
4. Tsynaeva, A.A. Numerical study of temperature stratification and isothermal gas pressure regulator on its basis// Proceeding «14th Turbulence European Conference (ETC14)», Lyon: ENS-Lyon, 2013. <http://etc14.ens-lyon.fr/etc-14-proceedings/posters/>

5. <http://code-saturne.org/cms/>
6. <http://www.salome-platform.org/downloads/previous-versions/salome-v7.6.0>
7. Денисихина Д.М. Конвективно-радиационный теплообмен человека в
8. задачах математического моделирования распределенных параметров микроклимата в помещениях/ Д.М. Денисихина// Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2014. № 38. - с. 143-150.
9. Денисихина Д.М. Оценка теплового комфорта в помещениях на основе анализа результатов математического моделирования/ Д.М. Денисихина// Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2015. №3 - Томск, 2014 - с. 143150.

УДК 339.13.012

Р.И. Коннов, А.И. Щелоков

Самарский Государственный Технический Университет

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ

Современная жизнь человечества в значительной степени зависит от электричества. Более того, развитие производства и других сфер жизнедеятельности человека влекут за собой новые требования по энергоснабжению, среди которых - стабильное качество и независимость от внешних факторов. Длительные перебои в электрообеспечении приводят не только к финансовым потерям, но и могут угрожать жизни человека, если аварии или отключения случаются в медицинских учреждениях или на опасных производствах. К независимым источникам энергоснабжения сегодня стремятся как частные заказчики, так и крупные промышленные предприятия, а так же изза проблем с качеством электроэнергии и трудностями с подключением к централизованным электросетям спрос на автономные источники электроснабжения повышается с каждым годом. Автономное газоснабжение позволяет решить вопрос теплоснабжения помещений и производственных объектов, таких как промышленные предприятия, различные отрасли экономики. Это решение применимо как для частных домов так и для промышленных предприятий, складов, посёлков, коттеджей. Система автономного газоснабжения надёжна и долговечна, не имеет перепадов давления газа, а также отсутствия лимитов газа. Это выгодное вложение, поскольку система, в т.ч. мероприятия по её установке, быстро себя окупают.

Их основным преимуществом является независимость от поставщиков электроэнергии и бесперебойная работа оборудования. Независимые электростанции обладают длительным ресурсом и при невысокой стоимости

топлива их применение экономически выгодно. Автономные источники электроэнергии могут использоваться как основной так и резервный источник питания. Широкое применение такие устройства находят в торговых центрах, на производственных предприятиях, в аэропортах, больницах, телекоммуникационных компаниях и иных учреждениях с целью обеспечения непрерывного и стабильного снабжения электроэнергией. В зависимости от используемого топлива, автономные источники электроэнергии – генераторы, делятся на **дизельные, газовые и бензиновые**.

Природный газ уже получил титул топлива XXI века, поскольку его запасы по сравнению с запасами нефти достаточно велики, и 40% из них находится в месторождениях на территории России. Однако практически все новые газовые месторождения расположены в районах, чья географическая удаленность от мест потребления газового топлива делает нецелесообразным строительство магистральных трубопроводов, – Штокмановское месторождение на шельфе Баренцева моря, месторождения Ямала, Обско-Тазовской губы и острова Сахалин. Поэтому все большее внимание специалисты уделяют возможностям производства сжиженного природного газа. Бесперебойность функционирования любой системы энергоснабжения может быть обеспечена только наличием резервного топлива.

Использование сжиженного углеводородного газа (пропана или пропанбутана) в качестве резервного топлива целесообразно по многим причинам. К числу несомненных преимуществ данного вида топлива относится его экологическая чистота, удобство транспортировки и хранения, стабильность цен на СУГ. С технической точки зрения, недостатком пропан-бутана как резервного топлива является его отличие от природного газа по физико-химическим свойствам, из-за чего оборудование, предназначенное для работы на природном газе, не может быть «напрямую» переведено на использование пропан-бутана. Однако данная проблема имеет эффективное технологическое решение. Оптимальные свойства, практически аналогичные свойствам природного газа, пропан приобретает в смеси с воздухом. Типовой состав такой смеси — около 57% пропана и около 43% воздуха [<http://fas.su/page-321>].

Однородная пропано-воздушная смесь благодаря своим характеристикам может использоваться как прямой заменитель природного газа, без доработки или замены газового оборудования. В этом состоит главное преимущество, получаемое от ее использования в качестве резервного источника тепла. В некоторых источниках смесь пропана с воздухом называют «искусственным природным газом» (synthetic natural gas, SNG).

Автономные мини-ТЭС позволяют добиться независимости от центральных тепло- и электросетей, что сокращает, тем самым, расходы на электроснабжение объектов, в целом. Наиболее распространенным видом топлива для мини-электростанций является природный газ, который по себестоимости способен

реально конкурировать с традиционным центральным электроснабжением. Кроме традиционного природного газа, применяются также и другие виды топлива (попутный коксовый и нефтяной газы, торф, нефть, уголь и т.д.). По большому счету, основным критерием выбора того или иного вида топлива является его доступность в регионе установки автономных источников теплоснабжения [<http://www.ngenergo.ru/blog/avtonomnyi-istochnikteplosnabzhenie/>].

Современные автономные источники теплоснабжения создаются на базе генераторов. Среди нашего ассортимента газовых генераторов, есть генераторы российского производства. Речь идёт о генераторах под брендом REG и Honda от 2 до 10 кВт для резервного электроснабжения, а также питерские генераторы FAS с вазовскими двигателями. Московский производитель REG делает газовые генераторы по отработанной с 2007 года технологии переделки бензиновых генераторов из Китая и Вьетнама на работу от сжиженного и магистрального газа. К этим генераторам разработаны функциональные блоки автозапуска. Что касается газовых генераторов FAS, следует отметить, что в производстве используется российский двигатель ВАЗ с жидкостным охлаждением в диапазоне мощностей от 10 до 32 кВт.

Газовые генераторы обычно применяются при устройстве автономных систем энергоснабжения для крупных инфраструктурных объектов, промышленных предприятий. Отличаются высокой стоимостью и большими габаритами. Имеют немало преимуществ перед другими типами автономных электростанций. Главный плюс газовых генераторов – низкая себестоимость энергии. Кроме того, газовые генераторы имеют более длительный, в сравнении с другими типами электростанций, срок службы, а также простота в обслуживании.

В последние годы широкое применение получила технология «Propane – air», позволяющая применять для газоснабжения производств сжиженный газ пропан–бутановых фракций, как в качестве основного топлива, так и резервного. Особенность такой организации сжигания сжиженных углеводородных фракций состоит в том, что горючие свойства образовавшейся смеси, не уступают свойствам природного газа. Это весьма важное условие для практической реализации газоснабжения объекта, т.к. элементы контроля и автоматики, а также газовой обвязки, не требуют замены [1].

Основные принципы построения систем «Propane-Air».

Стандартная технологическая схема системы вторичного топливообеспечения, основанной на технологии «Propane-Air», включает следующие основные компоненты:

- резервуар для сжиженного газа (в большинстве современных проектов принято подземное размещение хранилища СУГ);
- насос для подачи сжиженного газа в испаритель;

- испаритель СУГ (установка для перевода пропана или пропан-бутана из жидкой фазы в газовую перед подачей на вход смесительной установки);
- воздушный компрессор (для смесительных установок, работающих на сжатом воздухе);

- пропано-воздушную смесительную установку (propane-air mixer). Использование пропано-воздушной смесительной установки позволяет избежать простоев и затрат, связанных с переводом газового оборудования на другой вид топлива. Производительность таких систем варьируется в широких пределах. Спектр их возможных применений ограничен только доступностью пропан-бутана, а также специфическим характером ряда производственных процессов, не допускающих использования газа с примесью азота.

За счет невысокого содержания в сжиженном газе сернистых соединений и постоянства его подачи, все оборудование системы автономного газоснабжения работает долго, стабильно и эффективно. Сжиженный газ будет обеспечивать работу самого разного оборудования: электрогенератора, кухонной плиты, отопительного котла, а значит, он поможет стать вашему дому полностью энергонезависимым.

Таким образом, применение технологии «Propane–air» в условиях отсутствия централизованного снабжения природным газом объектов промышленного назначения позволяет обеспечить высоко-температурные технологические процессы различных отраслей экономики, исключив дорогостоящий электронагрев.

Список литературы

1. В.П. Михеев, Ю.П. Медников. «Сжигание Природного Газа» Л., «Недра», 1975. 391 С.

УДК 621.313.

А.С. Коробец, А.Г. Пияйкина, С.Ф. Степанов, В.В. Коваленко

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., г. Саратов

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ В МАЛОЙ АВТОНОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ С ВНЕШНИМ ПОДВОДОМ ТЕПЛА

Существует множество перспективных разработок электростанций с использованием энергии низкопотенциальных источников тепла. На данный момент неutilizированное тепло, которые мы могли бы использовать для выработки электроэнергии рассеивается в атмосфере.

Наиболее популярными низкопотенциальными источниками тепла являются: теплота продуктов сгорания различного рода топлива, теплота сгорания попутного газа, энергия биологического топлива, энергия сжигания производственных отходов, энергия Земли [1].

Принцип работы автономной электростанции основан на использовании в качестве рабочего тела, низкокипящего теплоносителя – фреон и термодинамического цикла Ренкина. Преимущества использования фреона R245f в качестве рабочего тела, основываются на его низкой температуре кипения при атмосферном давлении – 15 °С, а при температуре 250 градусов по Цельсию, можно получить давление в 4,6 МПа, которое можно использовать для получения электрической энергии путём вращения роторного двигателя Тверского со встроенным электрогенератором [2].

На Рис.1 роторный двигатель со встроенным синхронным генератором на постоянных магнитах изображен под цифрой 1 [3]. Преимущества данного исполнения являются: 1) герметичное исполнение расширительной машины – роторного двигателя Тверского и синхронного генератора, что позволит увеличить срок эксплуатации; 2) тепловые потери генератора, пойдут на полезную работу расширительной машины; 3) отсутствие щеточно – коллекторного узла и кривошипно – шатунного механизма.

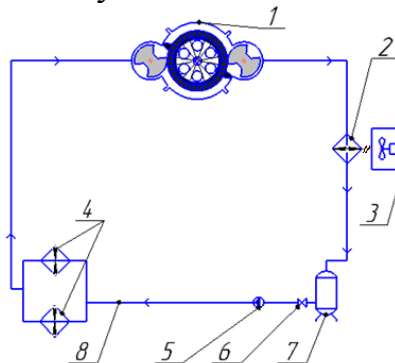


Рисунок 1 – Структурная схема основных узлов автономной электростанции с использованием энергии низкопотенциальных источников тепла

Список литературы

1. Ибрагимов У.Х., Камилова Н.А. Использование низкопотенциальной тепловой энергии в промышленности // Молодой ученый. — 2015. — №4. — С. 198-200.
2. Коробец, А.С. Автономная электростанция с внешним подводом тепла на основе роторного двигателя Тверского со встроенным электрогенератором [Текст] / А.С. Коробец, С.Ф. Степанов // Инновационные технологии в обучении и производстве: материалы X всероссийской научно-практической конференции. - Камышин, 2015: в 2 т.; ВолгГТУ. – Волгоград, 2016. – С. 86 – 87. – Т. 1.
3. Коробец, А.С. Малая автономная электростанция с внешним подводом тепла на основе роторного двигателя Тверского со встроенным электрогенератором [Текст] / А.С. Коробец // Интеллектуальные энергосистемы: труды III Междунар. Молод. форума. – Томск, 2015: в 3 т.; ТПУ. – Томск, 2015. – С. 280 – 282. – Т. 1.

В.А. Лаврентьев; А.А. Богословский

Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина,
г. Саратов

ЭЛЕКТРОХНОЛОГИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ОЧИСТКИ ОТРАБОТАННЫХ СИНТЕТИЧЕСКИХ МОТОРНЫХ МАСЕЛ

В настоящее время очистка моторного масла достаточно актуальная задача, так как ежегодно происходит увеличение автомобильного парка. Больше автомобилей – больше моторного масла, которое нужно или утилизировать, или же очистить, восстановив его свойства для дальнейшего использования по назначению. Утилизация — удовольствие недешевое и постоянно связана с решением проблем, связанных с экологией. Поэтому рассмотрим современные подходы к очистке моторных масел.

Промышленная очистка и регенерация моторных масел подразумевает сильное воздействие на них высоких температур, кислот и щелочей. Оборудование, которое при этом используется, характеризуется достаточным уровнем сложности. Кроме того, приведенные явления кроме полезных очищающих свойств могут также оказывать и негативное воздействие на основу масла. Чтобы нейтрализовать подобные последствия после основной обработки проводят еще и дополнительную, доводя регенерированный продукт до требований нормативно-технической документации путем введения в него специальных присадок [1-4].

Специалистами отмечается, что отработанные моторные масла в большинстве случаев обладают достаточным запасом свойств для возможности их повторного использования в узлах и агрегатах технологических машин, работающих под меньшими нагрузками. Необходимым условием для начала регенерации и дальнейшего использования является бережный сбор отработанных моторных масел с исключением возможного попадания в них воды, воздушной и почвенной пыли, моющих жидкостей, а также жидкостей не нефтяного происхождения. Очистка использованного моторного масла позволяет существенно улучшить его свойства (обводненность, загрязненность, щелочное число, вязкость и пр.).

Утилизация отработанного масла сама по себе требует финансовых затрат, но еще более неэкономичным оказывается одноразовое использование смазочных масел, стоимость которых может быть очень высока в связи со сложностью их производства. Экономичнее проводить регенерацию смазочных масел, при которой из них удаляются скопившиеся загрязнители, и оно может быть использовано повторно и возвращено в систему смазки.

Все методы очистки масел принято делить на три общих группы (рис.1):

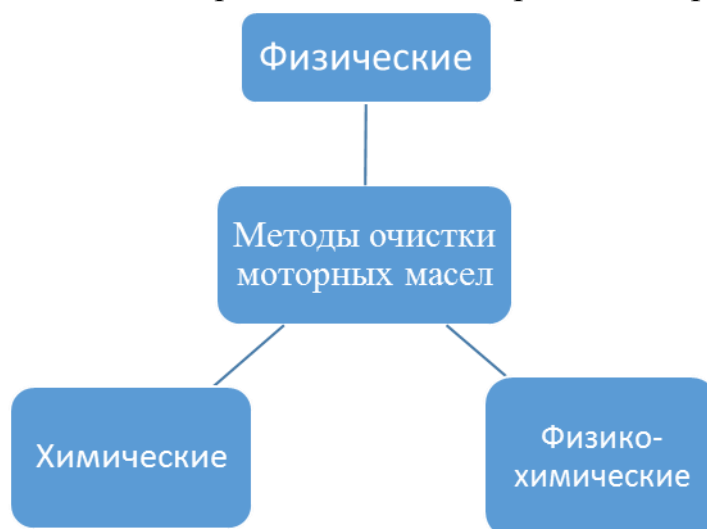


Рисунок 1. – Методы очистки моторных масел

Конкретный метод очистки выбирается исходя из характера загрязнения, общего состава масла и требуемой степени очистки [1-4].

Нами рассматривается очистка моторного масла методом сепарации, т.е. процесс центрифугирования масла, благодаря которому происходит осаждение под действием центробежных сил твердые или жидкие включения. К этому методу мы решили применить СВЧ электромагнитные колебания для выпаривания влаги из отработанного масла и уменьшения его вязкости.

Технологический процесс очистки отработанного моторного масла в проектированной установке планируется проводить по нижеприведенной схеме (рис.2).



Рисунок 2. – Схема процесса очистки отработанного масла

Процесс ведется в несколько стадий: сначала происходит нагрев отработанного моторного масла с помощью СВЧ электромагнитного поля для уменьшения его вязкости. Далее оно поступает в установку для сепарации, где под действием центробежной силы происходит осаждение твердых и жидких включений в фильтрующем материале. Затем, уже очищенное масло, стекает в бак для отработанного моторного масла и через кран сливается из установки.

Схема узла механической очистки масла выглядит следующим образом как представлено на рис. 3.: на сварной станине 1 крепится электродвигатель 2 и элементы, обеспечивающие его запуск и надежную работу; бак для очищенного масла 4 представляет собой ёмкость с коническим выпуклым дном, в центральной части которого имеется отверстие для выхода вала электродвигателя, данный бак осуществляет функцию кожуха, закрывающего электродвигатель; в нижней части бака врезан кран 3 для слива очищенного масла; на валу электродвигателя крепится бак для фильтрации отработанного масла 6.

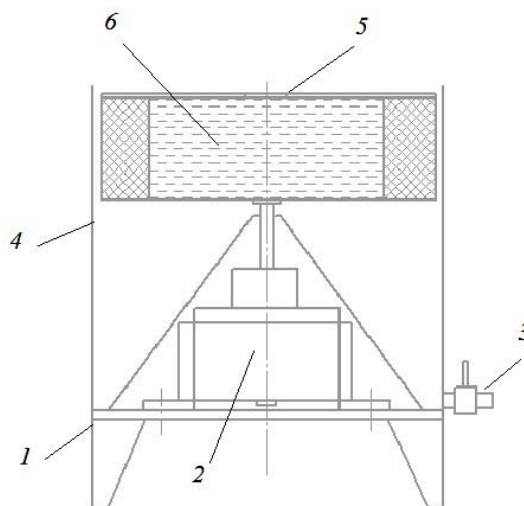


Рисунок 3. – Узел механической очистки масла

Следует отметить, что масло планируется подаваться в бак сверху по центру в приёмное отверстие крышки бака 5. Конструкция бака для фильтрации отработанного масла по боковой стенке предусматривает наличие мелких выпускных отверстий для очищенного масла, само масло проходит через фильтрующие слои, расположенные у боковой стенки бака.

В процессе работы установки, при необходимости, возможен вариант повторных стадий очистки до требуемых параметров масла, путём зацикливания уже имеющегося объёма масла с его повторной подачей через насос.

Список литературы

1. http://www.intech-gmbh.ru/exhaust_oil_cleaning.php.
2. Рылякин Е. Г., Волошин А. И. Очистка и восстановление отработанных масел // Молодой ученый. — 2015. — №1. — С. 92-94.

3. Прокопьев В.Н., Синянская Р.И., Мищенко Е.В. и др. Способ регенерации отработанного смазочного масла. Пат. 2076898 Россия, МПК6 С 10 М 175/02. – 93026982/04.

4. Ахметкалиев Р.Б. Способ очистки отработанного моторного масла от суспензированных механических примесей и воды. Пат. 2015160 Россия, МПК6 С10 М 175/02. – 5012692/04.

УДК 621.3.089.5

М.А. Левин, А.Д. Драгун

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

ИЗМЕНЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ ГОДОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ТИПОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Аннотация: В статье приведен анализ изменения трудоёмкости выполнения типовых работ по ТР и КР основного электрооборудования. В результате выяснилось, что для отдельных групп она снижалась, а для силовых трансформаторов осталась неизменной.

Ключевые слова: трудоёмкость, норма, годовой фонд, УЕЭ, у.е.э., электромонтёр, эксплуатация типовых работ, текущий ремонт, капитальный ремонт, асинхронный двигатель, кабельные линии, силовой трансформатор.

В 60-70 года прошлого столетия активно развивалась отрасль электроэнергетики в сельскохозяйственном производстве. Внедрялось новое оборудование, вводились в эксплуатацию новые мощности. Вместе с этим внедрились методики организации эксплуатации, сроки и трудоёмкость обслуживания ЭО(электрооборудования), нормы трудоёмкости оборудования и нагрузки на электромонтёров.

Формированием методики организации эксплуатации занимались такие учёные, как Г.П. Ерошенко, Н.И. Сырых, Ю.А. Медведько, М.А. Таранов. В это время сформировались базовые (эталонные) комплекты электротребований для укрупнённых расчетов трудоёмкости работ – условная единица электрооборудования (УЕЭ) - это усредненные годовые затраты труда на техническую эксплуатацию комплекта электрооборудования электропривода с электродвигателем мощностью 10 кВт и выше, снабженного приборами автоматического управления. Она составляет 18,6 чел-ч/год.

На первом этапе годовой фонд трудоёмкости на одного электромонтёра составлял 70 у.е.э. Между тем прогресс не стоял на месте, и к 1990 годам, учёные пересчитали эту норму она составила уже 100 у.е.э. Но прошло уже более двадцати лет, менялись подходы и принципы производства, прошло обновление и усовершенствование техники. То есть обслуживание и ремонт стало гораздо проще и быстрее производиться, следственно, и норма трудоёмкости работы

электромонтёра в год должна была возрасти. Но, несмотря на всё это, её не кто централизованно не пересчитал. И сейчас берётся устаревший показатель, это 100 у.е.э. на одного электромонтёра.

По известным данным [1, 2] мы рассчитали динамику изменения трудоёмкости типовых работ, взяв для примера три типа размера трансформаторов, асинхронных электродвигателей, ПЗА, кабельных линий и свели в таблицу 1, на примере текущего ремонта и капитального ремонта.

Таблица 1. - Динамика изменения трудоёмкости типовых работ по годам исследования

Вид \ Год	1979	1979	2006	2006	2017	2017	Динамика
Трансформатор 25 кВА 40 кВА 160 кВА	ТР 13 17 30	КР 65 86 150	ТР 13 17 30	КР 65 86 150	ТР ? ? ?	КР ? ? ?	0%
Асинхронный Электро-двигатель 0,81-1,5 кВт 1,6-3 кВт 3,1-5,5 кВт	ТР 2 3 3	КР 12 13 17	ТР 2 3 3	КР 9 12 15	ТР ? ? ?	КР ? ? ?	10%
ПЗА Магнитный пускатель до 5 кВт	ТР 1,3	КР 4	ТР 1	КР 3	ТР ?	КР ?	20%
Кабельные линии (по кирпичным и бетонным основаниям) 16-35 мм ²	ТР 18	КР 60	ТР 17	КР 57	ТР ?	КР ?	6%

Из данных таблицы 1 видно, что трудоёмкость типовых работ понижается, следственно и показатель эффективности работ на электромонтёра возрос. Этот показатель не изменился только у трансформаторов, т.к. парк трансформаторов не поменялся.

Сильнее всего снижение трудоёмкости заметно для пускозащитной и контактной аппаратуры. Это произошло из-за увеличения их подвижности и модульной компании.

В настоящий момент из уже полученных данных, можно судить, что годовая нагрузка на 1 электромонтёра в УЕЭ увеличивается, то есть, за один и тот же годовой фонд рабочего времени он сможет провести эксплуатационных мероприятий для большего количества оборудования. По усреднённым данным **таблицы 1** это примерно 8-10%. Задачей дальнейшего исследования является

хронометраж по типовым работам базового актуального оборудования. После чего и будет возможно реальное увеличение работ в год.

Список литературы

1. Ерошенко Г.П., Медведько, Ю.А., Таранов, М.А. Эксплуатация энергооборудования сельскохозяйственных предприятий / Г.П. Ерошенко, Ю.А. Медведько, М.А. Таранов.– Ростов-наДону, НПК «Гефест», 2005. – 255 с.
2. Ящура А.И. Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования. Справочник. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006. – 504 с. ил.
3. Ерошенко Г. П. Дипломное и курсовое проектирование электроремонтных предприятий. Саратов: Издательство СХИ, 1979. - 44 с.
4. Ерошенко Г. П., Трушкин В.А. Курсовое и дипломное проектирование по эксплуатации электрооборудования. – Саратов:, 2005.
5. Ерошенко Г. П., Бакиров С. М., Левин М. А. Вопросы построения электротехнической службы. Научное обозрение. 2015. № 6. С. 342-344.
6. Ерошенко Г. П., Левин М. А., Иванкина Ю. В. Обоснование капельного способа пропитки обмоток асинхронных электродвигателей. Научное обозрение. 2016. № 9. С. 84-88

УДК 621.384.3.

В.Н. Левинский

Южно-уральский государственный аграрный университет, г. Троицк

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ИК-ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ

Предложена методика для исследования пропускания потока излучения инфракрасных электронагревателей через различные материалы.

Ключевые слова: электронагреватель, инфракрасный, поток излучения, коэффициент пропускания.

Технологические процессы с применением электронагрева давно получили широкое распространение в различных отраслях промышленности. В стране создана мощная производственная база, выпускающая разнообразные электропечи сопротивления, дуговые, индукционные, плазменные, электронно-лучевые и печи других видов нагрева. Однако заводы электротермического оборудования до недавнего времени изготавливали оборудование для высокотемпературных процессов, главным образом для плавки, термообработки, нагрева и спекания. Но с приходом потребностей применения низкотемпературного электронагрева в сельском и коммунальном хозяйствах, строительстве, транспорте, легкой и пищевой промышленности, были приняты меры по организации и развитию производства устройств данного типа.

Под низкотемпературным нагревом понимаем такой нагрев среды, материалов или изделий, при котором их температура не превышает 400°C. Температура до 400°C обычно требуется для нагрева воздуха, воды, масел, смол, сушки после пропитки, прогрева бетона, обогрева помещений животных, тепловой обработки пищевых продуктов и других аналогичных операций.

Для низкотемпературных электротермических процессов наиболее широко применяется электронагрев, основанный на выделении тепловой энергии в проводнике (сопротивлении) при прохождении по нему тока [1].

Для исследований из огромного разнообразия выбрано 3 вида низкотемпературных инфракрасных электронагревателей, характеристики которых указаны в таблице 1 [2,3].

Таблица 1 – Номинальные характеристики инфракрасных электронагревателей

Тип электронагревателя	Напряжение, В	Мощность, Вт	Температура поверхности излучателя, °С	Габаритные размеры, мм
1. Пленочный электронагреватель (НЭП);	220	200	55	510x1400
2. Кварцевый трубчатый нагреватель;	220	600	200	1000x13.
3. Керамический нагреватель (FTE U-образный).	220	250	300	245x60x31

Разработав и создав лабораторную экспериментальную установку (рис.1) для исследования потока излучения различных электронагревателей через различные светопропускаемые материалы, с применением оптического инфракрасного датчика, принцип действия которого основан на оценке вольтовой интегральной чувствительности продукта проведены ряд экспериментов для каждого из электронагревателей[4,5].

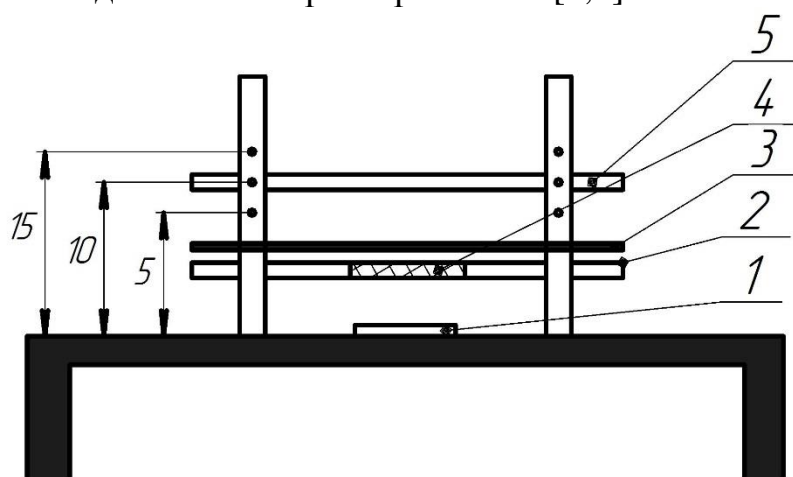


Рисунок 1. – Лабораторная экспериментальная установка, где:
1 – оптический датчик; 2 – изоляционный материал; 3 – светопропускаемый материал; 4 – окно в изоляционном материале; 5 – планка для установки электронагревателя.

В процессе экспериментов изменялась высота подвеса планки (50, 100, 150 мм) и светопроницаемый материал (листовое стекло, полотно транспортной ленты, либо его отсутствие).

У всех выбранных излучателей разные площади поверхностей излучения, разная мощность, соответственно разная удельная мощность на единицу площади поверхности излучения, поэтому значения потока излучения будут отличаться, это объясняется тем, что излучатели работают с разной температурой поверхности излучения, то есть с разной длиной волны излучения. И чтобы привести данные исследования к одному значению для сравнения по пропусканию потока излучения, предложено рассчитать **коэффициент пропускания** через светопроницаемое полотно для всех излучателей по выражению (1):

$$K_{n.m} = \frac{\Phi_{n.m}}{\Phi_{n.1}} \quad (1)$$

где индексы n – обозначает порядковый номер излучателя, m – обозначает порядковый номер светопроницаемого материала; $\Phi_{n.1}$ – максимальный поток излучения излучателя.

Результаты расчетов коэффициента пропускания по выражению (1) представлены в таблице №2

Таблица 2 – Коэффициент пропускания исследуемых инфракрасных электронагревателей

Светопроницаемый материал	Полотно транспортной ленты (соткано из лески)			Листовое стекло (толщина - 1,5мм)		
	50	100	150	50	100	150
4. Пленочный электронагреватель (НЭП);	0,71	0,44	0,45	0,15	0,05	0,09
5. Кварцевый трубчатый нагреватель;	0,53	0,4	0,33	0,35	0,24	0,09
6. Керамический нагреватель (FTE U-образный).	Начала плавиться	0,35	0,56	0,18	0,18	0,17

По результатам экспериментов - для светопроницаемого материала (полотно транспортной ленты), лучшим результатом пропускания потока излучения обладает пленочный электронагреватель на высоте подвеса 50мм. Получен максимальный коэффициент пропускания – 0,71, однако с увеличением высоты подвеса коэффициент становится меньше и не меняется для высоты подвеса 100мм и 150мм. Для кварцевого трубчатого нагревателя коэффициент пропускания на высоте подвеса 50мм, составляет половину от максимально возможного, а с увеличением высоты подвеса линейно уменьшается. Для керамического нагревателя для высоты подвеса 50мм результата получить не удалось, так как полотно начало плавиться, однако с увеличением высоты подвеса видна зависимость увеличения коэффициента пропускания, так для высоты

подвеса 150мм среди всех излучателей был получен лучший результат пропускания потока излучения – 0,56.

Результаты эксперимента для светопропускаемого материала (стекло) не получили высоких результатов, стоит отметить что наилучший коэффициент пропускания получил кварцевый трубчатый нагреватель – 0,35.

Таким образом, по результатам экспериментов, во-первых, получены результаты, которые в дальнейшем будут полезны для проектирования сельскохозяйственных и бытовых установок электронагрева различного рода назначения (сушилки, инкубаторы, логова, брудера и т.д.), во-вторых, разработана методика для исследования пропускания потока излучения инфракрасных электронагревателей через различные материалы.

Список литературы:

4 Альтгаузен А.П., Гутман М.Б., Малышев С.А., Пронько М.Г., Свечанский А.Д. Низкотемпературный электронагрев. //Москва – 1978. – С.5-6

5 Мелякова О.А. Энергоэкономические режимы сушки овощей в конвективно-радиационной сушилке. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук// Тюмень – 2001. - С.80-82.

6 Попов В.М., Афонькина В.А., Левинский В.Н. К вопросу об инфракрасной сушки томатов // Материалы LV международной научно-технической конференции «Достижения науки – агропромышленному производству». Часть III. Челябинск – 2016. – С. 267-274.

7 Попов В.М., Афонькина В.А. Использование пленочных электронагревателей (ПЛЭН) в технологическом процессе сушки растительного и дикорастущего сырья // Вестник КрасГАУ. 2011. - № 12. – С. 216-218.

8 Афонькина В.А. Инфракрасная сушка термолабильного сырья на примере зеленных культур. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук// Челябинск – 2014. - С.48-61.

УДК 631.33.92

В.В. Лифатов

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

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ СУБСТРАТА

Аннотация. В статье дано описание экспериментальной установки для измельчения субстрата. Приведена методика и результаты экспериментальных исследований. Получены уравнения регрессии в кодированном и раскодированном видах, которые адекватно описывают выбранный критерий оптимизации – среднюю длину частиц измельченного субстрата. Получены оптимальные значения режимно-технологических параметров исследуемого измельчителя субстрата.

Ключевые слова: вермикультивирование, субстрат, измельчитель, ножи, критерий оптимизации.

В процессе вермикультивирования субстрат является кормом и средой обитания для компостных червей. Для получения субстрата широко используется ферментированный навоз и птичий помет с добавлением отходов растениеводства [1,2].

Одним из основных условий при вермикультивировании является наличие в субстрате воздуха и его однородность. Измельчение компонентов субстрата позволяет обеспечить выравнивание смеси по плотности, влажности и питательности, тем самым создать благоприятные условия для жизнедеятельности вермикультуры. В настоящее время промышленность выпускает измельчителей, отвечающих требованиям вермикультивирования.

Для измельчения субстрата была разработана и изготовлена экспериментальная установка (рисунок 1) [2].

Она содержит раму 1, шасси 2, бункер 3 с расположенным в нем подающим горизонтальным транспортером 4, на котором для исключения обрушения бурта установлена задняя стенка 5, опирающаяся на верхнюю часть бункера опорными роликами 6, а в нижней части закреплена фиксирующими элементами в виде цепей 7. На выходе субстрата из бункера 3 установлены измельчающие барабаны 8 и 9 с режущими элементами в виде плоских ножей с лепестками 10, отогнутыми от режущей части на угол 90° - 130° . В нижней части ножа имеется отверстие для крепления его в проушинах приваренных на барабанах 8 и 9. Для удержания ножа 10 в вертикальном положении в нижней части ножа две опорные ножки, которые при критических нагрузках могут деформироваться, тогда нож будет отклоняться от вертикального положения. Режущая часть ножа заточена под углом 8° - 10° .

Для повышения степени измельчения субстрата над верхним измельчающим барабаном 9 установлен противорез 13 с режущими элементами плоского сечения, режущий угол которых выбран в интервале $8 - 10^{\circ}$. В задней части бункера 3 расположена выгрузная камера 15. В нижней части выгрузной камерой 15 установлен выгрузной транспортёр 16.

Для исследования влияния частоты вращения режущих барабанов и скорости движения подающего транспортёра на процесс измельчения субстрата используются два независимых привода. Привод режущих барабанов осуществляется от электродвигателя 18 $P=7,5\text{кВт}$, $n=750\text{ мин}^{-1}$ через ременную передачу 12. Привод подающего транспортёра и выгрузного транспортёра осуществляется от мотор-редуктора 17 4МЦ2С-63-56-1.5 через червячный редуктор -19 РЧ-80, закрепленного на платформе 20.

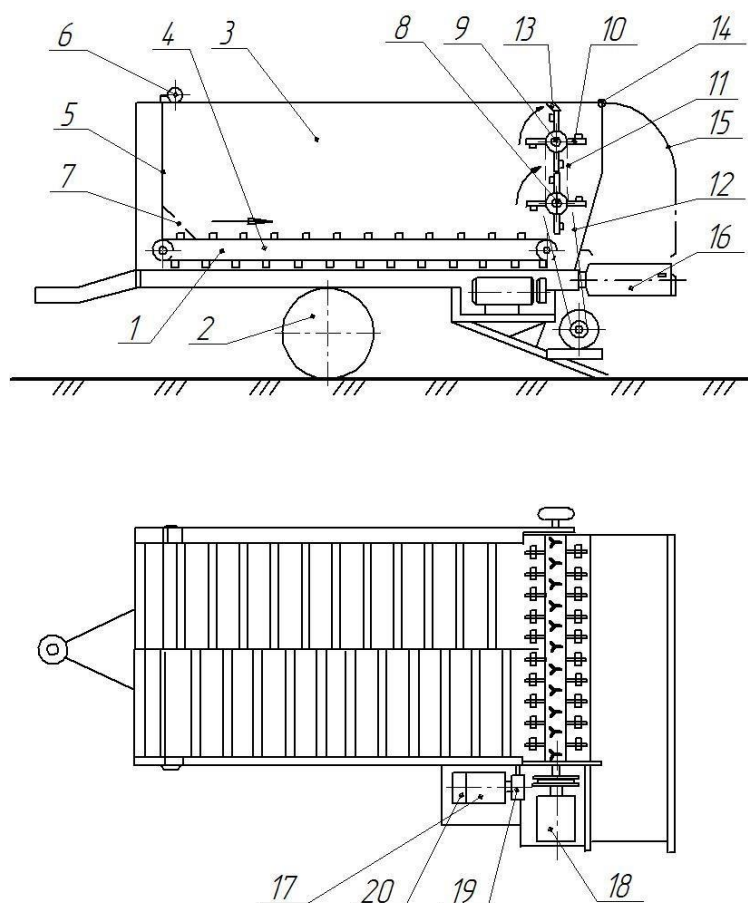


Рисунок 1. Экспериментальная установка для измельчения субстрата:

1-рама , 2- шасси ,3- бункер ,4- подающий горизонтальный транспортер, 5- задняя стенка,6- опорные ролики ,7-фиксирующие элементы, 8,9- измельчающие барабаны ,10- лепестковые ножи ,11- цепная передача, 12- ременная передача, 13- противорез, 14-шарнир, 15-выгрузная камера, 16-транспортер выгрузной, 17-мотор-редуктор для привода подающего и выгрузного транспортеров, 18-электродвигатель привода измельчающих барабанов, 19-червячный редуктор, 20-платформа.

Технологический процесс измельчения субстрата осуществлялся следующим образом. Исследуемый материал загружался в бункер и равномерно распределялся по всему объему. Затем одновременно включались электродвигатель 18 для вращения измельчающих барабанов 8, 9 и электродвигатель 17 для привода подающего транспортера 4 и выгрузного транспортера 16. Подаваемая масса цепочно-планчатый транспортером 4, измельчалась и отбиралась от бурта режущими элементами барабанов 8, 9 и направлялась на выгрузной транспортер 16.

Для проведения экспериментальных исследований использовался ферментированный подстилочный навоз крупного рогатого скота. Навоз брался из буртов через 4-5 месяцев при горячем способе хранения. В качестве подстилки использовалась измельчённая солома озимой пшеницы. Влажность навоза составляла 60...70%.

Исходная влажность субстрата определялась по стандартной методике, высушиванием навески в сушильном шкафу ШС – 150 [3]. Влажность навоза определялась по формуле.

$$W = [(m_1 - m_2) \cdot 100] / (m_1 - m), \quad (1)$$

где m_1 и m_2 – соответственно масса бюкса с навеской до и после высушивания и охлаждения, г;

m – масса бюкса, г.

На основе теоретических и предварительных экспериментальных исследований, были определены основные факторы и уровни их варьирования, которые представлены в таблице 1. За критерий оптимизации была выбрана средняя длина измельченных частиц субстрата - l_{cp} .

Таблица 1.-Факторы, уровни и интервалы варьирования

Факторы	Кодовое обозначение	Интервалы варьирования	Уровни варьирования		
			основной 0	верхний +1	нижний -1
1	2	3	4	5	6
n_b – частота вращения измельчающего барабана, мин ⁻¹ .	X ₁	100	300	400	200
v – скорость подачи субстрата, м/с	X ₂	0,01	0,03	0,04	0,02
α – угол отклонения лепестков от лезвия ножа, град.	X ₃	25	115	140	90

Изменение частоты вращения измельчающих барабанов, скорости подачи субстрата проводилась изменением частоты вращения асинхронных двигателей привода измельчающих барабанов и подающего транспортёра с помощью частотных регуляторов ES026-04-0170A/U, ES026-04-0037A/U без изменения механической схемы приводов. Скорость вращения, потребляемая мощность выводилась на дисплей частотного регулятора.

Изменение угла отклонения лепестков от лезвия ножа проводилась путем замены ножами с соответствующим углом отклонения лепестков.

Средний размер измельченных частиц субстрата определялся с помощью ситового анализа. Порцию субстрата массой 1,0 кг помещали в систему расположенных друг над другом сит, размер отверстий которых уменьшался от верхних к нижнему. Сита брались с отверстиями диаметром 50, 20, 14, 10 и 5 мм. Сита подвергались встряхиванию в течение заданного времени. Остаток

субстрата на ситах взвешивался, и определялось по массе количество субстрата, задержавшееся на каждом из сит.

Вычисление среднего взвешенного размера измельченных частиц l_{cp} проводилось по формуле [3]:

$$l_{cp} = \frac{l_1 \cdot m_1 + l_2 \cdot m_2 + \dots + l_n \cdot m_n}{M}, \quad (2)$$

где l_1, l_2, \dots, l_n - размер частиц на каждом решете, мм;

m_1, m_2, \dots, m_n - соответственно масса частиц субстрата на каждом решете, кг;

M - масса навески, кг.

Опыты проводились с трехкратной повторностью.

При проведении исследований устройства для измельчения субстрата использовался некомпозиционный 3-х факторный план Бокса-Бенкина, который дает возможность описать выбранный критерий оптимизации уравнением (полиномом) второй степени [4].

Полученное уравнение регрессии имеет вид:

$$y = 12,2 - 1,062x_1 - 1,3x_2 + 1,987x_3 + 0,25x_1x_2 + 0,275x_1x_3 + 0,25x_2x_3 + 2,038x_1^2 + 1,612x_2^2 + 1,137x_3^2, \quad (3)$$

где факторы приведены в кодированной форме.

После перехода к именованным величинам уравнение регрессии (3) получим в следующем виде:

$$l_{cp} = 184,1 - 0,144n_{\sigma} - 1,222v - 0,142\alpha + 0,25n_{\sigma}v + 0,0009n_{\sigma}\alpha + 0,833v\alpha + 0,0002n_{\sigma}^2 + 16,12v^2 - 0,0013\alpha^2 \quad (4)$$

Для определения оптимальных значений изучаемых факторов была решена система дифференциальных уравнений, представляющих частные производные по каждому из трех факторов приравняв их к нулю. Оптимальные значения факторов приведены в таблице 2.

Таблица 2.-Оптимальные значения факторов

Факторы	Значение фактора	
	кодированное	раскодированное
1	2	3
Частота вращения измельчающего барабана, мин ⁻¹ .	$x_1 = 0,298$	$n_{\sigma} = 329,8$
Скорость подачи субстрата, м/с.	$x_2 = 0,454$	$v = 0,035$
Угол отклонения лепестков от лезвия ножа, град.	$x_3 = -0,06$	$\alpha = 123,2$

При оптимальных значениях режимно-технологических параметров устройства были определены его производительность и мощность.

Производительность устройства в процессе измельчения субстрата составила $Q = 25$ т/ч. Суммарная мощность, затрачиваемая на процесс измельчения субстрата измельчающими барабанами составила $N_{\Sigma} = 6.5$ кВт .

Список литературы

1. Спевак Н. В., Павлов П. И., Спевак В. Я. Механико-технологические основы процессов приготовления субстрата для вермикультивирования. – Саратов : Изд-во Приволж. межрегион. Фил. ФГБУ «ВНИИ охраны и экономики труда» Минтруда России, 2012. – 128 с.

2. Устройство для измельчения субстрата и формования гряд при производстве вермикомпоста: Пат. на полезную модель Рос. Федерация / Спевак Н.В., Спевак В.Я., Юханов П.В., Медведев Р.М., Лифатов В.В.-№144533; опубл.27.08.2014, Бюл.№24

3. ВИСХОМ. Физико-механические свойства растений почв удобрений (методы исследований, приборы, характеристика) – М.: Колос, 1970. – 423 с.

4. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий– М. :Наука, 1976. – 279 с.

Лифатов Владислав Васильевич, соискатель степени к.т.н, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова»: Россия, 410012, г. Саратов, Театральная пл., 1.

А.И. Лобеев

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

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА С ПОМОЩЬЮ ГЕЛИОТРЕКЕРА

В последнее время более интенсивным становится освоение нетрадиционных возобновляемых источников энергии, так как затраты на использование основных источников – ежегодно увеличиваются.

Одним из таких источников является солнце. Интенсивность солнечного излучения в свободном пространстве на удалении, равном среднему расстоянию между Землей и Солнцем, называется солнечной постоянной. Ее величина — 1353 Вт/м². [1]. Эту энергию можно преобразовать в электрическую или тепловую для подогрева теплоносителя,- воды.

Устройство, которое преобразует солнечную энергию в тепловую называется солнечный коллектор. В настоящее время использование солнечного коллектора все более актуально. Плоские коллекторы характеризуются

максимальной простотой и надёжностью конструкции, срок их эксплуатации достигает 50 лет.

На эффективность работы солнечного коллектора влияет продолжительность и интенсивность световых дней в регионе, в котором устройство установлено, а также угол падения солнечных лучей на плоскость коллектора. Максимальный КПД солнечного коллектора будет в том случае, когда угол падения солнечных лучей будет перпендикулярен плоскости коллектора т.е. 90° . [2].

Чтобы повысить эффективность использования солнечного коллектора рассмотрим им устройство которое называется гелиотрекер, ориентирующий солнечный коллектор в пространстве.

Основная задача гелиотрекера – направлять солнечный коллектор перпендикулярно лучам солнца. Это весьма важно для концентрирующего коллектора, чтобы обеспечить максимальную эффективность его работы.

Гелиотрекер состоит из фотоприемника, контроллера, обрабатывающего сигнал с фотоприемника и исполнительного механизма в виде 2-х двигателей с трансмиссией, поворачивающих собственно гелиоколлектор и укрепленный на нем фотоприемник.

Фотоприемник представляет собой небольшую плату с укрепленными на ней 4-мя фотодатчиками (фоторезисторами или фотодиодами). (Рис. 1)[3]. Все фотодатчики приспособлены воспринимать солнечный свет без выхода из строя (защищены светофильтрами). Кроме того, они все разделены между собой крестообразной перегородкой для уменьшения влияния сигнала друг на друга. При ориентации на солнце освещены все четыре фотодатчика. Солнце в процессе своего движения по небосводу изменит освещенность фотоприемника и 2 или 3 фотодатчика окажутся в тени, что немедленно отследит схема управления.

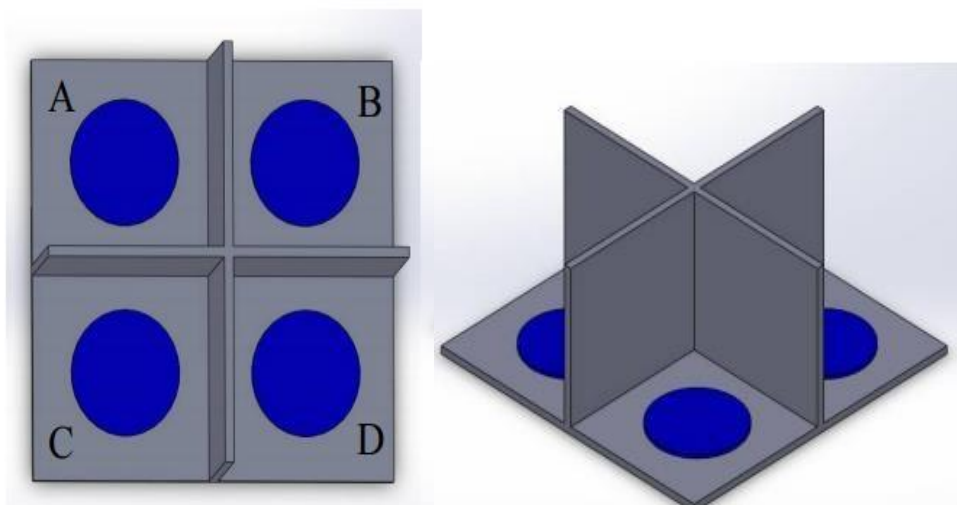


Рисунок 1.- Приемник гелиотрекера.

Всего положений фотоприемника может быть 9, соответственно и команд тоже 9. На рисунке каждый фотодатчик обозначен буквой (вид со стороны солнца).

Все возможные варианты освещения датчиков приведены в таблице 1. «1» означает, что датчик освещен, «0» - что датчик в тени перегородки, команда для двигателя расположенного сзади коллектора.

В качестве исполнительного устройства можно использовать электродвигатели низкой мощностью.

Таблица 1. Режимы работы гелиотрекера

Датчик А	1	0	1	1	0	0	0	0	1
Датчик В	0	1	1	0	0	1	0	0	1
Датчик С	0	0	0	0	1	1	1	0	1
Датчик D	0	0	0	1	0	0	1	1	1
Примечание	Солнце выше и западнее	Солнце выше и восточнее	Солнце выше	Солнце западнее	Солнце восточнее и ниже	Солнце восточнее	Солнце ниже	Солнце западнее и ниже	Точно на солнце
Вертик. Двиг.	вверх	вверх	вверх	стоять	вниз	стоять	вниз	вниз	стоять
Гориз. Двиг.	На запад	На восток	стоять	На запад	На восток	На восток	стоять	На запад	стоять

На рисунке 2 приведен пример распределение в течение года суммарной средненедневной солнечной радиации на территории России.

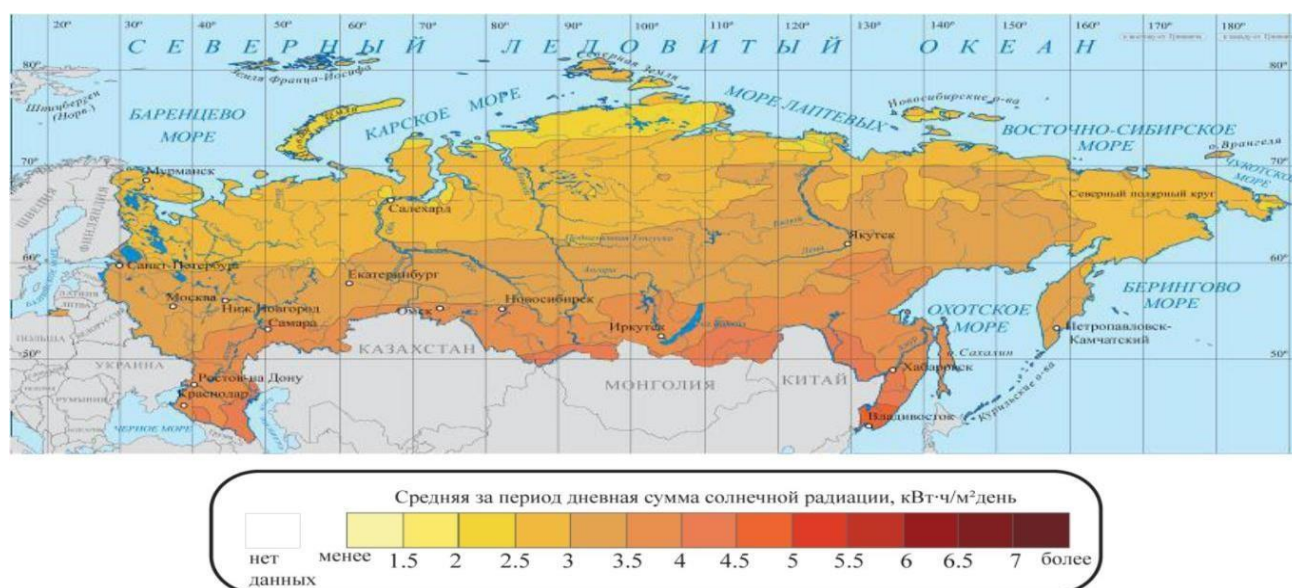


Рисунок 2. -Суммарная средненедневная солнечная радиация (год)

Как видно из рисунка 1, с севера на юг страны значение солнечной радиации изменяется от 2 до 3 кВт·ч/м²день. И в этом случае использование солнечного коллектора не эффективно.

А при использовании гелиотрекера большая часть страны стала благоприятной для использования гелиоэнергетики, исключая районы крайнего севера (Рис. 3). В период с апреля по сентябрь приходящая суммарная солнечная радиация на следящую поверхность настолько высока, что на всей территории России целесообразно использование солнечных коллекторов.

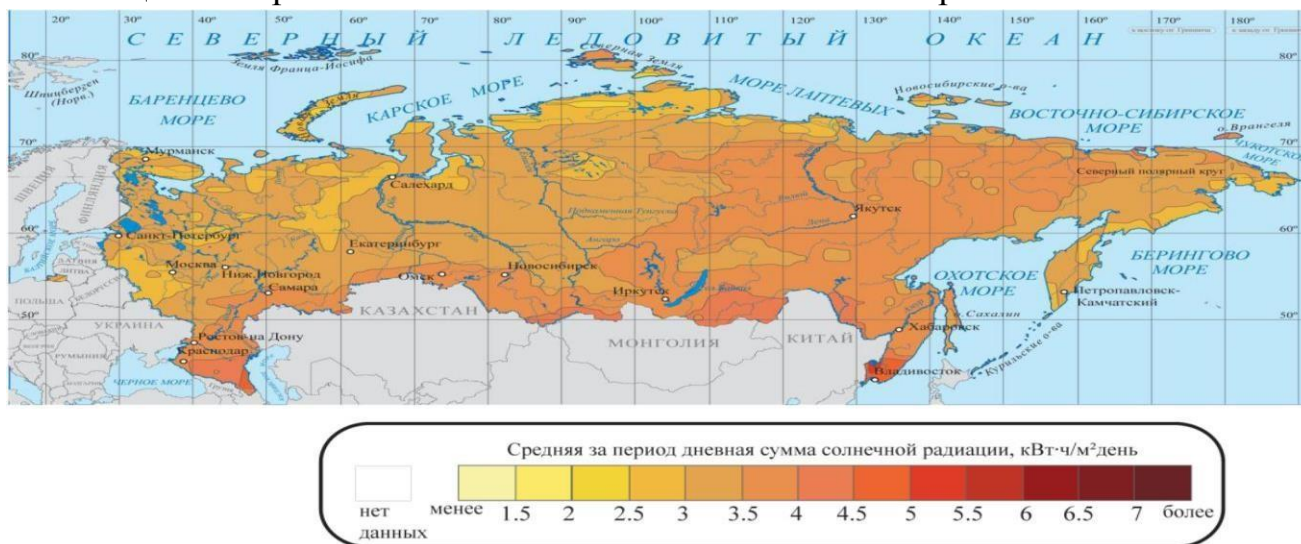


Рисунок 3. -Прямая средневенная солнечная радиация на следящую за солнцем поверхность (год).

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что использование гелиотрекера для солнечного коллектора эффективно т.к панель коллектора более длительно будет направлена на солнце под прямым углом. Благодаря этому эффективность работы солнечного коллектора возрастет до 40%, что позволит снизить его потери, увеличить КПД и удельную мощность установки.

Список литературы

1. Сибикин Ю.Д., Сибикин М. Ю. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Учебное пособие – М.: Директ - Медиа, 2014. – 229 с.
2. Баранов Н.Н. Нетрадиционные возобновляемые источники и методы преобразования их энергии – М.: Издательский дом МЭИ, -М.: 2011. – 216 с.
3. Основные и нетрадиционные способы получения электроэнергии.
<http://ref.by/refs/81/26680/1.html>
4. Трушкин В.А., Левин М.А., Иванкина Ю.В., Подшивалов Р.С. Исследование потенциала энергии ветра в арочных проемах зданий и сооружений// Аграрный научный журнал. 2015. № 8. С. 58-60.
5. Левин М.А., Иванкина Ю.В. Повышение эффективности использования роторных ветрогенераторов //Техника и оборудование для села. 2017. № 3 (237). С. 44-45.

А. С. Ломаев

Национальный исследовательский томский политехнический университет, г. Томск.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТОТНОГО РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ВЕНТИЛЯТОРА

Выберем для исследования асинхронный двигатель АИР280М8.

Таблица 1 – Параметры АИР280М8

Р _{ном} , кВт	n _{ном} , об/мин	КПД, %	Cos φ	I _{ном} , А	I _{пуск} / I _{ном}	M _{пуск} / M _{ном}	M _{макс} / M _{ном}	Масса, кг
75	750	93	0,9	141	7	1,5	2,2	790

Моделирование асинхронного двигателя осуществим с помощью программы MATLAB Simulink. Для создания имитационной модели прямого пуска асинхронного электродвигателя найдем следующие параметры двигателя:

Индуктивность фазы обмотки статора:

$$L_{1\sigma} = \frac{X_{1н}}{2 \cdot \pi \cdot f_{1н}} = \frac{0,169}{2 \cdot \pi \cdot 50} = 0,00053 \text{ Гн.}$$

Индуктивность фазы обмотки ротора:

$$L'_{2\sigma} = \frac{X'_{2н}}{2 \cdot \pi \cdot f_{1н}} = \frac{0,231}{2 \cdot \pi \cdot 50} = 0,00073 \text{ Гн.}$$

Индуктивность цепи намагничивания:

$$L_{\mu} = \frac{X_{\mu н}}{2 \cdot \pi \cdot f_{1н}} = \frac{8,2}{2 \cdot \pi \cdot 50} = 0,026 \text{ Гн.}$$

Собираем имитационную модель (Рисунок 1) в программе MATLAB R2013a, которая позволяет делать прямой пуск и наброс номинальной нагрузки.

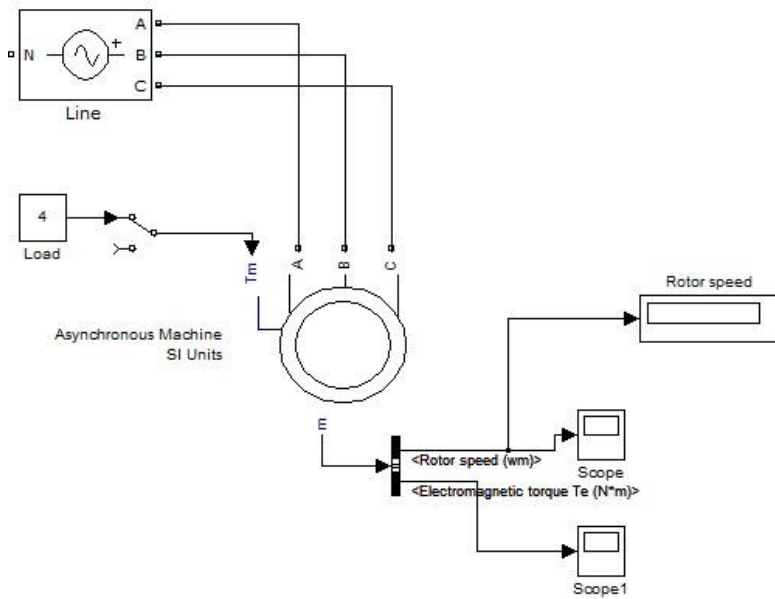


Рисунок 1 – Имитационная модель пуска асинхронного двигателя в программе MATLAB R2013a

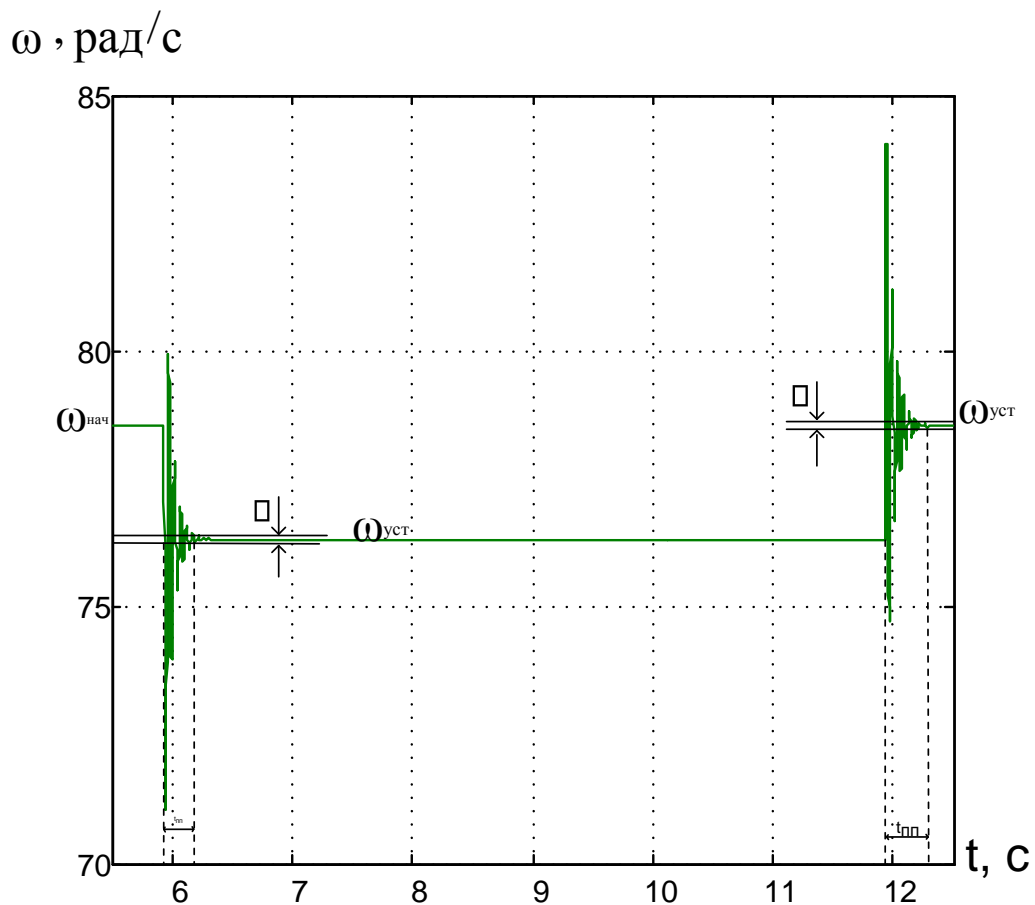


Рисунок 2 – Переходная характеристика скорости ротора АД при прямом пуске и набросе номинальной нагрузки.

И.Ю. Лошкарев, О.В. Логачёва, А.В. Волгин

Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова

СТРАТЕГИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Высокий уровень надежности асинхронных двигателей на начальном этапе эксплуатации еще не гарантирует их высокой эффективности в процессе всей эксплуатации. Это происходит по причине воздействия на них механических нагрузок, климатических факторов и агрессивных сред. С течением времени детали электрических машин подвергаются износу, а изоляция обмоток старению и разрушению. Изношенные детали и изоляционные материалы приводят к изменению параметров двигателей в целом и в итоге к отказам [1]. В связи с этим огромную важность приобретает проведение различных мероприятий для своевременного предупреждения и оперативного устранения возможных отказов и неисправностей, то есть применение эффективной стратегии технического обслуживания и ремонта, позволяющей повысить уровень надежности асинхронных двигателей на всех этапах их эксплуатации.

Под стратегией технического обслуживания и ремонта (ТО и Р) понимают совокупность принятых принципов, правил, документации, исполнителей и управляющих воздействий, влияющих на эксплуатационные свойства объектов. В настоящее время в России находится более 60 % машин и оборудования за пределами сроков амортизации [2]. Такая ситуация возникла по причине того, что в бывшем СССР план обновления основных фондов не выполнялся, а в 90-е годы 20 века замена почти полностью была приостановлена.

Итак, в практике эксплуатации электротехнического оборудования известны следующие стратегии ТО и Р: календарная, по потребности, по наработке, комбинированная, по техническому состоянию. Каждая из указанных стратегий имеет определенную организацию ТО и Р, а также определяет периодичность замены отдельных деталей и узлов [2]

Календарная стратегия ТО и Р предусматривает, что все осмотры объектов проводятся через определенные отрезки времени на протяжении всей эксплуатации, не зависящие от наработки. Преимуществом такой стратегии является ее простота и удобство планирования.

Стратегия ТО и Р, реализованная по потребности, заключается в проведении восстановительных мероприятий только после внезапного выхода объектов из строя. При проведении ремонта на месте устанавливается перечень узлов и деталей, подлежащих замене. Плановые ремонты и осмотры здесь не проводятся. Применение такой стратегии было оправдано при эксплуатации вновь разработанных асинхронных двигателей, когда отсутствовала информация об уровне их надежности.

При большом количестве отказов изношенных объектов сумма расходов на ремонт будет велика, а стратегия ТО и Р не эффективна. Использование стратегии ТО и Р по наработке предполагает для всех однотипных объектов единые объем и периодичность выполнения работ.

Определяющее значение в данной стратегии имеет наработка, которая отсчитывается от даты введения объекта в эксплуатацию, не зависимо от того, новый это объект, либо прошедший какой-либо вид ремонта.

В начале пятидесятых годов прошлого столетия при объединении ТО и Р, организованного по календарному принципу, со стратегией ТО и Р по наработке была разработана комбинированная стратегия, получившая название системы планово-предупредительного ремонта. Стратегия ППР является наиболее распространенной в России в настоящее время. Плановые ремонтные мероприятия осуществляются на основе теории предположения возможного появления отказов. Для предупреждения преждевременного и случайного выхода объектов из строя разрабатываются годовые и месячные графики поддерживающих мероприятий, которые действуют на протяжении всей эксплуатации, основой для которых служат рекомендации заводо-изготовителей, требования к техническому состоянию и безопасности эксплуатации, указанные в нормативно-технической документации на каждый конкретный тип двигателей.

Одновременно с планированием сроков ремонтных работ устанавливается их объем. При этом учитываются условия окружающей среды, выполняемые функции и возможное отклонение от номинальных режимов работы асинхронных двигателей. Такой подход позволяет заранее подготовить материально-техническую базу и свести к минимуму время остановки объектов. Своевременное обнаружение дефектов на ранней стадии их развития и замена изношенных деталей положительно сказывается на надежности объектов.

Однако наряду с достоинствами системы ППР она обладает значительным недостатком: неоправданно большим весом плановых ремонтов. Информация, полученная при дефектации двигателей во время ремонтов и их диагностике при проведении ТО, не используется в дальнейшем для корректировки разработанных графиков, что экономически не целесообразно. Планы-графики устанавливают усредненные значения межремонтных периодов, а фактическое техническое состояние каждого асинхронного двигателя остается неучтенным.

Рассмотренные выше стратегии ТО и Р относятся к так называемым «жестким» стратегиям. То есть объем и периодичность обслуживания остаются неизменными, не смотря на информацию о техническом состоянии объекта, полученную при ТО и Р. Более прогрессивной является гибкая стратегия ТО и Р по текущему состоянию. Для применения данной стратегии необходимым условием является экономическая целесообразность, так как оценка технического состояния объектов может проводиться только при периодическом или непрерывном диагностировании.

Каждое сельскохозяйственное предприятие имеет право выбрать любую стратегию ТО и Р. Из вышеприведенного анализа стратегий ТО и Р, применяемых в России следует, что:

1. Для поддержания высокого уровня надежности асинхронных двигателей на протяжении всей эксплуатации необходимо проведение различных мероприятий для своевременного предупреждения и оперативного устранения возможных отказов и неисправностей. Каждое сельскохозяйственное предприятие имеет право выбора стратегии, которая обеспечит одновременно надежность оборудования, получение максимальной прибыли и снижение эксплуатационных расходов.

2. Наиболее распространенной стратегией ТО и Р является планово-предупредительный ремонт, который гарантирует надежную эксплуатацию двигателей путем обнаружения дефектов до того, как произойдет отказ, но в то же время имеет высокий вес плановых ремонтов, зачастую проводимых необоснованно. Для перехода на стратегию ТО и Р по техническому состоянию асинхронного двигателя необходима эффективная система сбора эксплуатационной информации, подготовленный персонал, умеющий оценивать информацию и использовать ее в дальнейшем для планирования сроков и объемов технических мероприятий и наличие современных средств диагностики, позволяющих оценить техническое состояние не останавливая оборудование и не проводя разборку самих двигателей.

3. Выбор наиболее подходящей стратегии ТО и Р необходимо проводить в зависимости от назначения асинхронных двигателей, так как выполняемые ими функции, условия эксплуатации, наличие агрессивных сред, режимов работы, качество поступающей электроэнергии, качество обслуживания и ремонта оказывают основное влияние на появление отказов того или иного вида. Кроме того, возможна разработка рекомендаций по совершенствованию текущего обслуживания и ремонта, в основе которых лежит сочетание различных стратегий.

Список литературы:

1. **Ерошенко Г.П.** Эксплуатация электрооборудования сельскохозяйственных предприятий. Учебник Минобразования. М.; Колос, 2005 г.
2. **Назарычев А.Н., Андреев Д.А.** Методы и математические модели комплексной оценки технического состояния электрооборудования. – Иваново :Иван. гос. энерг. ун-т, 2005. – 224 с.

Л.А. Лягина, О.С. Морозова

Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова

КЛАССИФИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Аннотация: Классификация измельчительного оборудования разнообразна и многочисленна. В ее основу положены преимущественно различные технологические, функциональные, и другие принципы и факторы. В свою очередь каждый из принципов подразделяется на различные виды измельчения. **Ключевые слова:** Измельчение, измельчительное оборудование.

Основной целью сельскохозяйственного производства является гарантированное снабжение населения качественными натуральными продуктами и обеспечение длительного срока хранения [1-3]. Традиционные формы хранения растительного сырья имеют ограниченные сроки хранения, а большой объем, делает их хранение сложным, дорогостоящим, громоздким. При этом неизбежны потери продукта и его ценных активно действующих веществ [4-6].

Порошковый способ является наиболее перспективным, эффективным и компактным способом длительного хранения, растительного сырья. Существующие способы получения порошков состоят из двух этапов сушки и измельчения [7].

Сушка – это сложный технологический процесс, который должен обеспечивать не только сохранение полезных свойств материала, но и улучшение этих свойств [8-9].

Измельчением называют процесс уменьшения размера частиц, сопровождаемый увеличением удельной поверхности. Целью достижения необходимых параметров сыпучести, объемная плотность, сушка, растворение является изменение физических свойств измельчаемых твердых тел.

Для измельчаемых материалов органического, неорганического и искусственного происхождения стремлением служит снижение энерго- и материалопотребление процесса, которые стимулировали разработку, создание многочисленных способов и оборудования для измельчения [10].

Поэтому способ получения порошков совмещением процессов сушки и измельчения при интенсивном перемешивании в одной установке весьма актуально [10,11].

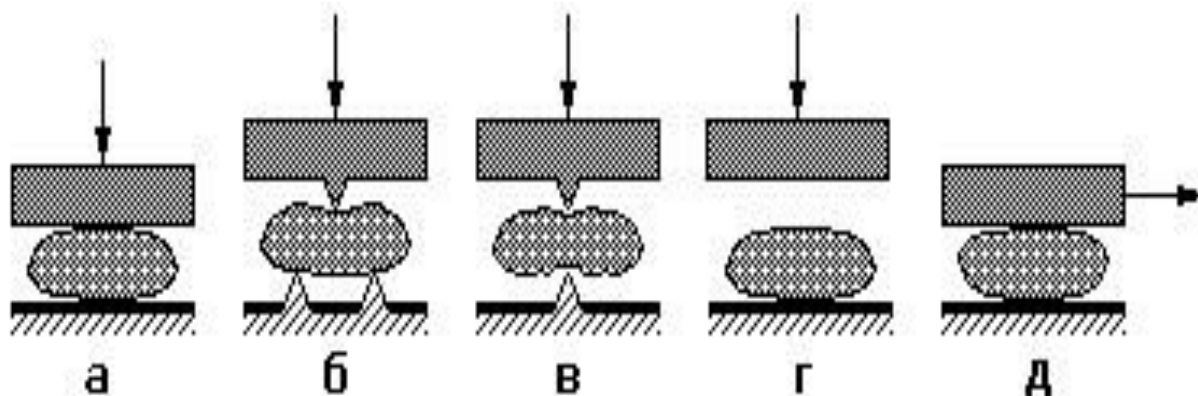
На рисунке 1 представлены способы переработки растительного сырья [10,11].

Твердый материал можно разрушить и измельчить до частиц желаемого размера раздавливанием, раскалыванием, изгибом, истиранием, ударом и различными комбинациями этих способов [10,11].



Рисунок 1.- Способы переработки растительного сырья.

Раскалывание применяют для получения кусковых материалов; разламывание обычно сопутствует другим способам при крупном, среднем и мелком измельчении, а разрезание и распиливание применяют в тех случаях, когда нужно получить куски материала определенного размера и заданной формы [10].



Способ измельчения	Раздавливание (а)	Изгиб (б)	Раскалывание (в)	Удар (г)	Истирание (д)
Вид материала	Твердый и хрупкий	Твердый и вязкий	Хрупкий средней твердости	Вязкий средней твердости	Волокнистый с клеточной структурой
Тип машины	Валковые дробилки	Траво, корнерезки	Дисковые мельницы, валки	Молотковые мельницы	Шаровые, вибрационные мельницы

Рисунок 2- Способы измельчения

Истирание применяют для тонкого измельчения мягких и вязких материалов. При этом его всегда комбинируют с раздавливанием или ударом. Истирание улучшает процесс тонкого измельчения и перемешивания материалов, но при этом увеличиваются, расход энергии и износ рабочих элементов измельчителя.

Процесс измельчения характеризуется многими факторами. Один наиболее существенный из них – затраты энергии. Чем прочнее измельчаемый материал, тем больше затраты энергии [11,12].

На основе аналитического обзора существующие технологии переработки растительного сырья в порошки подразделяются на классы измельчения, которые представлены на рисунке 3 [11,12].

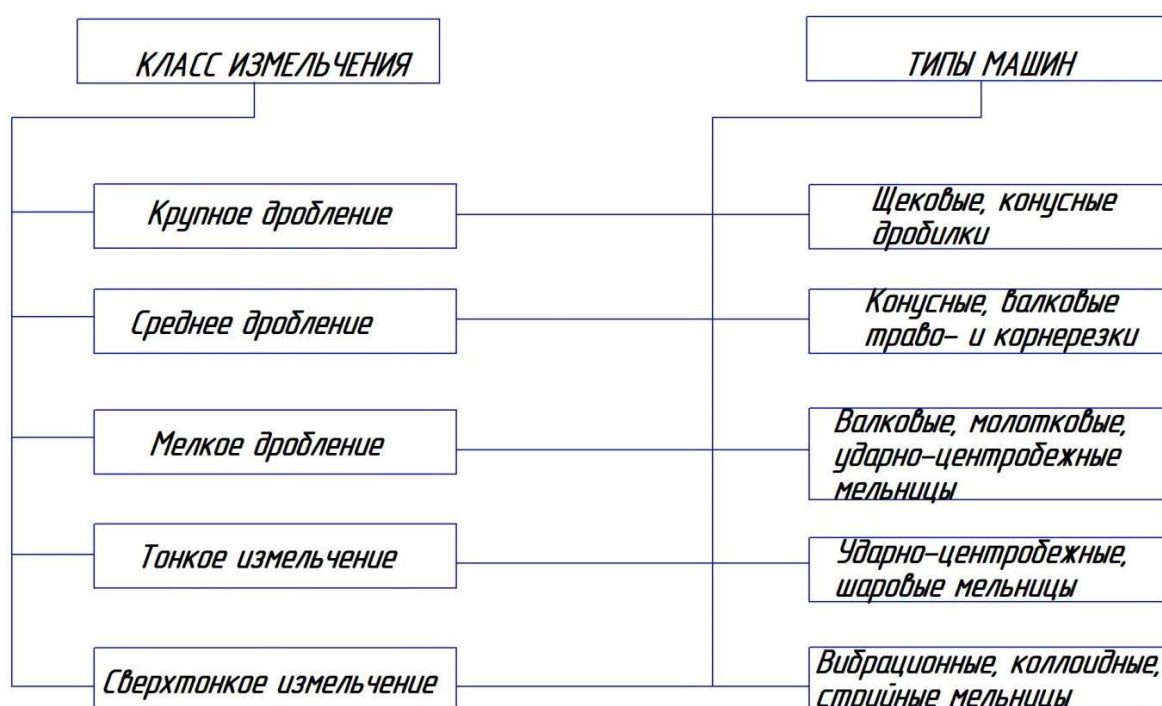


Рисунок 3.- Классы измельчения в различных типах машин

Выполнен обзор различных способов измельчения растительного сырья, показаны их преимущества и недостатки. Таким образом, наиболее перспективным, эффективным и компактным способом являются шаровые, вибрационные мельницы.

Список литературы

1. Каргин, В.А. Импульсная система с линейным электромагнитным двигателем для интенсификации разгрузки бункеров / В.А. Каргин, В.А., К.М. Усанов, А.В. Волгин.– Научное обозрение.2012, № 6. С.255-257.

2. Каргин, В.А. Использование линейного электромагнитного двигателя для упаковки сельскохозяйственной продукции/ В.А. Каргин, В.А., К.М. Усанов, А.В. Ивченко, С.А. Ивченко. – Механизация и электрификация сельского хозяйства.2012. № 1. С.22-23.

3. Каргин, В.А. Импульсные электромагнитные двигатели в приводе оборудования пищевого производства / В.А. Каргин, В.А., К.М. Усанов, А.В. Ивченко, С.М. Зубарев. В сб: «Научное обеспечение агропромышленного производства» материалы Международной научно-практ. конф. Ответственный за выпуск И.Я. Пигорев.2010.с.228-231.

4. 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.

5. Лягина, Л.А. Инфракрасно-конвективный теплообмен растительного сырья / Л.А. Лягина, В.С. Еремин, О.А. Рыбаков.– В сб. «Актуальные проблемы энергетики АПК»V международная научно-практ. конф. Под. ред. Трушкина В.А., 2014. –219-220с.

6. Любайкин, С.Н. Совершенствование способа сушки продуктов растительного происхождения / С.Н. Любайкин, Л.А. Лягина. – Аграрный научный журнал, № 5, 2010. – С.37-39

7. Абдразаков, Ф.К. Емкостной преобразователь для порционного дозирования мелкодисперсных материалов / Ф.К. Абдразаков, Т.В. Улыбина, Л.А. Лягина. – Аграрный научный журнал, № 5, 2015. – С.39-41.

8. Лягина, Л.А. Влияние скорости воздуха при обдуве на процесс сушки / Л.А. Лягина.– В сб. «Актуальные проблемы энергетики АПК» VII международная научно-практ. конф. Под. ред. Трушкина В.А., 2016. –121с.

9. Лягина, Л.А. Основные дифференциальные уравнения инфракрасной сушки растительного сырья / Л.А. Лягина, А.С. Кудрявцев.– В сб. «Актуальные проблемы энергетики АПК»VI международная научно-практ. конф. Под. ред. Трушкина В.А., 2015. –151-152с.

10. Былинская Н.А., Леенсон Г.Х. Механическое оборудование. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Колос, 2007. - 295 с.

11. Лягина, Л.А. Классификация измельчающих машин по способам измельчения / Л.А. Лягина, О.С. Морозова. – В сб. «Исследования в строительстве, теплогазоснабжении и энергообеспечении» Материалы международной научно-практ. конф. Под. ред. Ф.К. Абдразакова, 2016. –194-196с.

12. Андреев, С.Е. Дробление и измельчение растительного сырья / С.Е. Андреев, В.А. Перов, В.В. Зверевич.–М.: 3 изд., 2008.

УДК. 621.313.3

Л.А. Лягина, Д.Ю. Мельников

Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова

УРАВНЕНИЯ КИНЕТИКИ СУШКИ И ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

Аннотация: Вибрационное перемешивание при параметрах должно обеспечивать максимальный теплообмен между ИК-излучением, конвекцией и обрабатываемым материалом, который определяет интенсивность сушки в целом. В статье предложено ряд

уравнений, описывающих изменение измельчаемых материалов с течением времени измельчения.

Ключевые слова: ИК-излучение, растительное сырье, теплообмен, измельчение, кинетика измельчения.

Повышение эффективности сельскохозяйственного производства неразрывно связано с внедрением новых и совершенствованием существующих технологий и технических средств [1-6]

Основной особенностью процесса сушки растительного сырья являются ограничения по температуре и высокой тепловой нагрузке, поэтому температура в зоне сушки для растительного сырья (овощи, корнеплоды, фрукты, лекарственные травы) принимается 35-90°C для сохранения состава и качества исходного сырья. Соблюдение условий, обеспечивающих соответствие высушиваемого продукта требуемым технологическим свойствам, является одной из главных задач при выборе режимов процесса сушки [1,5,7,8].

Оптимальные параметры вибрации выбираются для обеспечения интенсивного перемешивания и измельчения материала [9,10]. Вибрационное перемешивание при этих параметрах должно обеспечивать максимальный теплообмен между ИК-излучением, конвекцией и обрабатываемым материалом, который определяет интенсивность сушки в целом. Выбранные параметры вибрации должны быть оптимальными для процесса измельчения растительного сырья, что позволяет проводить процесс в первом интенсивном периоде сушки при постоянной температуре материала [1,9].

Математическое описание процесса ИК-сушки с учетом конвективного теплообмена и кинетики измельчения представляются следующим образом [11].

Общий тепловой поток, передаваемый ИК-излучением к нагреваемому материалу рассчитывают по формуле Ньютона

$$Q = \alpha_{ик} F + \alpha_k (T_{cp} - T_m) F_{mat} \quad (1)$$

где $\alpha_{ик}$ – коэффициент теплообмена между ИК-излучением и высушиваемым растительным материалом, который будет меняться в течение процесса сушки [12]:

$$\alpha_{ик} = \frac{\sqrt{\lambda_3 \cdot \rho_3 \cdot c_3}}{\sqrt{\pi \cdot \tau}} \quad (2)$$

где c_3 – удельная теплоемкость материала, Дж/кг·°; ρ_3 – плотность загрузки, кг/м³; λ_3 – коэффициент теплопроводности загрузки, Вт/м·°; τ – время ИК-излучения.

T_{cp} – температура среды, °С; F – площадь теплообмена, м²; T_m – температура материала, °С; F_{mat} – площадь поверхности материала, м²; α_k – коэффициент теплоотдачи при конвекции, Вт/м²·°С [1,11,12]

$$F_{mat} = \frac{6(1 - \varepsilon)}{S_{уд}} \quad (3)$$

где $S_{уд}$ – удельная площадь поверхности материала, м²; ε – порозность загрузки.

Коэффициент конвективного теплообмена определяем по формуле А.В. Нестеренко [12]

$$Nu = 0,51Re^{0,61} Pr^{0,33} Gu^{0,175}, \quad (4)$$

где $Re = w_0 d / \nu$ — критерий Рейнольдса, здесь w_0 — скорость движения капли, м/с; ν — коэффициент кинематической вязкости воздуха при средней его температуре, m^2/s ; $Pr = \nu / a$ — критерий Прандтля для воздуха; $Gu = (T_c - T_m) / T_c$ — критерий Гухмана (учитывает влияние массообмена на теплообмен), где T_c и T_m — температуры воздуха по сухому и мокрому термометрам, К.

С увеличением степени измельчения работа на проведение этого процесса также увеличивается или, другими словами, уменьшается скорость измельчения и возрастает длительность получения продукта необходимой дисперсности. Для измельчаемых материалов получен ряд эмпирических соотношений связывающих продолжительность измельчения с дисперсностью получаемого продукта. Кинетика измельчения периодического действия по убыванию выглядит следующим образом [1, 12]:

$$R_\tau = R_0 \cdot \exp(-k \cdot \tau) \quad (5)$$

где R_τ — содержание материала после помола в течение времени τ ; R_0 — содержание материала в исходном растительном сырье; k — параметр, характеризующий относительную скорость измельчения.

Для приведения указанного уравнения в соответствие с результатами измельчения в установке его дополняют полуэмпирическим коэффициентом m , и тогда уравнение А.А. Товарова принимает вид:

$$R_\tau = R_0 \cdot \exp(-k \cdot \tau^m) \quad (6)$$

Коэффициент m взаимосвязан с k и характеризует изменение относительной скорости измельчения: с увеличением m величина k уменьшается. Кинетику измельчения удобно характеризовать коэффициентом размолоспособности материала, который представляет собой отношение удельного расхода энергии на измельчение эталонного материала к удельному расходу энергии на измельчение испытуемого материала при равной степени измельчения [1,11,12].

Список литературы

1. 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: Амрит, 2016.– 186с.
2. Любайкин, С.Н. Совершенствование способа сушки продуктов растительного происхождения / С.Н. Любайкин, Л.А. Лягина. – Аграрный научный журнал, № 5, 2010. – С.37-39
3. Усанов К.М. Линейные электромагнитные двигатели 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.

4. Каргин, В.А. Совершенствование технологии погружения продольно-неустойчивых стержневых элементов на объектах АПК использованием переносного импульсного электромагнитного привода /Автореферат дисс. На соискание уч. степ. канд. техн. наук /Саратов: СГАУ им. Н.И. Вавилова, 2007–18с.

5. Четвериков, Е.А. Совершенствование установки сушки расторопши за счет автоматизации процесса измерения влажности /Е.А. Четвериков, А.П. Моисеев, В.А. Каргин. – Аграрный научный журнал, № 7,2015.–С.52-54.

6. Марадудин, А.М. Оценка эффективности охлаждения линейных электромагнитных двигателей импульсных машин / А.М. Марадудин, В.А. Каргин, Д.П. Щербаков. – В сб. «Актуальные проблемы энергетики АПК»VI международная научно-практ. Конф. Под. Ред. Трушкина В.А., 2015. –75-78с.

7. Лягина, Л.А. Инфракрасно-конвективный теплообмен растительного сырья / Л.А. Лягина, В.С. Еремин, О.А. Рыбаков.– В сб. «Актуальные проблемы энергетики АПК»V международная научно-практ. конф. Под. ред. Трушкина В.А., 2014. –219-220с.

8. Лягина, Л.А. Инфракрасно-конвективная сушка растительного сырья / Л.А. Лягина, В.С. Еремин, О.А. Рыбаков.– В сб. «Актуальные проблемы энергетики АПК»V международная научно-практ. конф. Под. ред. Трушкина В.А., 2014. –217-219с.

9. Андреев, С.Е. Дробление и измельчение растительного сырья / С.Е. Андреев, В.А. Перов, В.В. Зверевич.–М .: 3 изд, 2008.

10. Лягина, Л.А. Классификация измельчающих машин по способам измельчения / Л.А. Лягина, О.С. Морозова. – В сб. «Исследования в строительстве, теплогазоснабжении и энергообеспечении» Материалы международной научно-практ. конф. Под. ред. Ф.К. Абдразакова., 2016. –194-196с.

11. Лягина, Л.А. Основные дифференциальные уравнения инфракрасной сушки растительного сырья / Л.А. Лягина, А.С. Кудрявцев.– В сб. «Актуальные проблемы энергетики АПК»VI международная научно-практ. конф. Под. ред. Трушкина В.А., 2015. –151-152с.

12. Кудинов А.А. Тепломассообмен: учебное пособие для вузов/ А.А. Кудинов. – М.: ИНФРАМ, 2012. - 374 с.

УДК 621.311

И.М. Маркин, М.А.Левин

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

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ УЛИЧНЫМ ОСВЕЩЕНИЕМ

Аннотация: В статье рассмотрен вариант управления уличным освещением с применением различных режимов и вариантов управления, с применением элементов контроля параметров энергопотребления, возможностью дистанционного контроля и управления вспомогательными системами.

Ключевые слова: Энергосбережение, энергоэффективность, уличное освещение, управление освещением, смарт технологии, люминесцентные источники.

Современная жизнь уже немыслима без ряда уже тривиальных на первый взгляд вещей – электротранспорт, электродвигатели, электрический свет. Но на первый ряд выходят задачи не только возможности применения электрической энергии, сколько её экономии или энергосбережения.

В рамках программ энергосбережения в системах освещения за последние 10 лет произошли ряд знаковых событий, главное из которых – государственные программы по энергосбережению.

Энергосбережение на данный момент становится одним из приоритетов политики любой компании, работающей в сфере производства или сервиса. И дело даже не столько в экологических требованиях, сколько во вполне прагматическом экономическом факторе – экономии энергоресурсов, а вернее экономии её в денежном эквиваленте.

Именно этот фактор привел к необходимости перехода от ламп накаливания на компактные люминесцентные лампы в быту, а затем и повсеместного применения люминесцентных источников света, в том числе и для уличного освещения.

Экономия подобных решений очевидна – светодиодные источники потребляют в 4-6 раз меньше электроэнергии чем лампы типа ДРЛ и ДНаТ или почти в 10 раз меньше чем лампы накаливания.

Дальнейшим развитием технологии энергосбережение стало применение электронной ПРА. Это позволит получить отсутствие мерцания и мигания лампы, Бесшумной работы, более низкой рабочей температуры, небольших потер мощности лампы, большой световой КПД.

На данный момент развитие энергосбережения в освещении идет по пути активного применения энергии солнца и ветра непосредственно на месте установки уличных светильников и систем активного управления освещением.

Тема управления освещением всегда оставалась на втором плане, так как не было эффективных механизмов её реализации, и чаще всего заключалась в установке реле времени, отдельных датчиков движения или составления графиков включения и отключения оператором освещения улиц и объектов.

На сегодняшний день с развитием smart технологий есть возможность реализовать все это для получения экономии электрической энергии в освещении, путем применения комплекса SHS-RICSD.

Аппаратно-программный комплекс SHS-RICSD – это автоматизированная информационно-измерительная система диспетчерского управления наружным освещением по GSM-каналам с использованием передачи данных по протоколу GPRS и с использованием SMS-сообщений.

Особенности системы:

1. Наличие 3-х режимов управления освещением:
 - а. Ручной режим – оператор диспетчерской с компьютера управляет освещением объектов.

б. Автоматический режим – освещением управляет компьютер по расписанию. Расписание составляется на год, индивидуально для каждого объекта.

с. Автономный автоматический режим - освещение управляется по расписанию, записанному непосредственно в Контроллеры Управления Освещением (далее КУО). Расписание составляется на год, индивидуально для каждого объекта.

Предусмотрена возможность оперативного переключения режимов управления освещением.

2. Возможность использования нескольких режимов освещенности (например: полный и экономичный).

3. КУО имеют две SIM-карты – основную и резервную, что позволяет работать с двумя сотовыми операторами по каналам GPRS и SMS. Это значительно повышает отказоустойчивость всей системы.

4. КУО имеют 2 шлейфа охраны, которые можно применить для охраны оборудования электроустановок и кабельных коммуникаций.

5. Получение полной оперативной информации с электронного счетчика расхода энергии.

6. Получение оперативной информации о наличии тока на фазах электропитания и величине тока и напряжения на фазах выходного напряжения.

7. Возможность гибкого программирования автоматических реакций системы на события и изменения уровня реагирования любого критичного параметра.

8. Существует возможность управлять оборудованием из любой точки, где есть Интернет. Безопасность и разграничение права доступа обеспечиваются системой паролей.

9. Парольная защита передаваемых данных

10. Возможность передачи любых системных протоколов в стандартные приложения Windows (например: Word, Excel).

Фактически применение одного комплекса позволит управлять освещением, следить за потреблением электроэнергии и избежать несанкционированных подключений, контролировать токи и напряжение по фазам, осуществлять охранные функции доступа к объектам электроснабжения и составляющим системы.

Режим энергосбережения позволяет использовать экономичный режим освещения с использованием датчиков движения, когда в экономичном режиме, к примеру, в светодиодном источнике света загорается только 1 ряд светодиодов из 4-х, а при приближении человека или автомобиля включается весь светильник. Таким образом в ночные часы, когда движение менее интенсивно экономия может составить до 60% электрической энергии!

Структура системы приведена на рис 1.

Реализовать управление светом можно и с применением датчиков открытия дверей или ворот объектов, датчиков требуемой освещенности, управление с мобильного телефона.

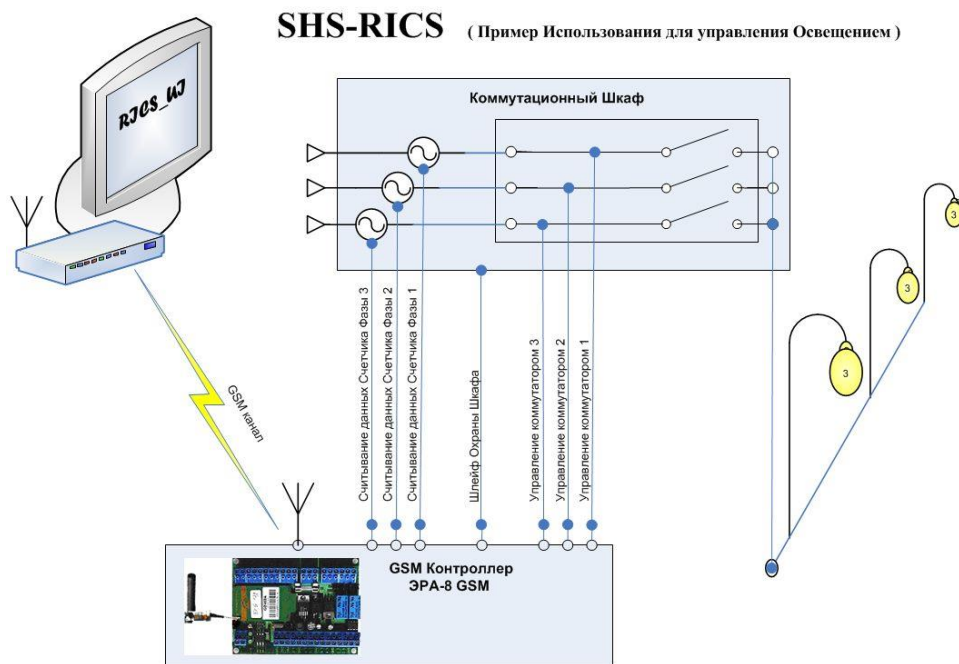


Рисунок 1- Компоновка энергосберегающего управления освещением

Применение современных комплексных подходов к экономии энергоресурсов актуально не только с целью экономии денежных средств, но и в экологических аспектах, особенно в год экологии.

Список литературы

1. Левин М.А., Иванкина Ю.В. Повышение эффективности использования роторных ветрогенераторов / Техника и оборудование для села, № 3 (237), 2017, С. 44-45.
2. Трушкин В.А., Левин М.А., Иванкина Ю.В., Подшивалов Р.С. Исследование потенциала энергии ветра в арочных проемах зданий и сооружений / Аграрный научный журнал, № 8, 2015, С. 58-60.
3. SHS-RICSD (Remoute Intelligent Control System & Dispatcher) (Интегрированная Система управления Освещением и учета Электроэнергии) - руководство по эксплуатации.
4. Левин М.А., Подшивалов Р.С. Энергия ветра – как источник питания для бытовых и технических нужд / Актуальные проблемы энергетики АПК Материалы III Международной научно-практической конференции. Под редакцией А.В. Павлова, Саратов, 2012. С. 198-201.

A.Kh. Massad¹, B.A. Kargin², A.I. Mouceev², B.C. Nikitin²

¹Head of Electrical and Mechanical Engineering Department at An-Najah University, in Palestine.

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

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ФОРМАВАТЕЛЕМ КОЛБАСНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА БАЗЕ ПРОГРАММИРУЕМОГО ЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЛЕРА

Аннотация. В настоящей статье предложена система управления формавателем колбасных изделий при помощи программируемого логического контроллера обеспечивающая необходимые требования, предъявляемые к управлению и защите данного типа оборудования.

Ключевые слова: система управления, программируемый логический контроллер, линейный электромагнитный двигатель, формователь колбасных изделий.

Линейные электромагнитные двигатели, осуществляющие дискретное потребление и преобразование электрической энергии в механическую работу, для источника питания представляют собой нагрузку импульсного характера [1-5]. Импульсное дозирование потока, передаваемой источником в ЛЭМД импульсной машины (ИМ) энергии, обеспечивается импульсным электрическим преобразователем (ИЭП), благодаря которому энергия источника поступает в обмотку двигателя в виде униполярных импульсов напряжения и тока [3-5]. Основные характеристики ЛЭМД – полезная мощность, частота рабочих ходов, КПД – в значительной степени определяются параметрами питающих импульсов напряжения: амплитудой, формой, длительностью t_n , периодом следования T [1].

Выходные параметры электромагнитной импульсной машины (механическая энергия, частота ударов, КПД) в значительной степени зависят от схемотехнических решений импульсных электрических преобразователей. Сформулируем требования к ИЭП [6]: простота, надежность, незначительные капитальные затраты; стабильность выходных параметров привода; возможность регулирования выходных параметров ИМ; автоматическое отключение привода от источника в случае его повреждения.

Наиболее полно классификация импульсных электрических преобразователей ЛЭМД импульсных машин рассмотрена в работах [1,2]. Из всего многообразия импульсных электрических преобразователей интерес, с точки зрения совершенствования существующих или разработки новых для ЛЭМД импульсной машины, например, формователя колбасных изделий [7], представляют устройства, обеспечивающие:

– возможность формирования алгоритмов управления, повышающих выходные показатели;

– возможность регулирования и стабилизации выходной энергии ИМ.

Для поддержания выходных параметров формователя с ЛЭМД (давления, скорости движения фаршевого поршня) перспективно использовать программируемые контроллеры, за счет малого времени реагирования на изменения выходных параметров, возможности управления одновременно несколькими аналоговыми величинами и др.

Контроллер представляет собой сложное электронное устройство, основными функциями которого является: хранение программ режимов работы; прием и обработка от считывателей; принятие решения от поступившей информации; управление исполнительными устройствами и средствами оповещения [8].

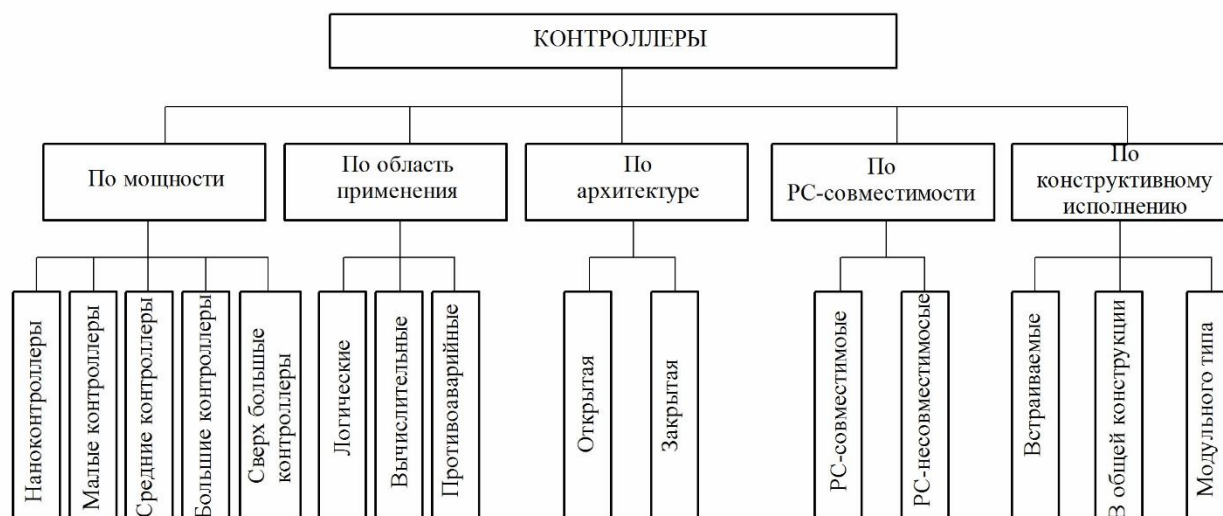


Рисунок 1 Классификация контроллеров

Контроллеры бывают однофункциональными и многофункциональными выполняемые как отдельными модулями, так и вместе со считывателями и состоят из 4-х основных частей: схемы обработки сигналов; схемы базы данных; схемы принятия решения; схемы буфера событий.

Выбор контроллеров осуществляется по ряду параметров: мощности (разрядность и быстродействие центрального процессора, объем памяти, число аналоговых и дискретных входов и выходов и др.), области применения (для реализации логической зависимости, реализующие различные вычислительные функции, противоаварийной защиты и др.), виду архитектуры (открытые и закрытые), РС – совместимость и др. Подробная классификация контроллеров представлена на рис.1.

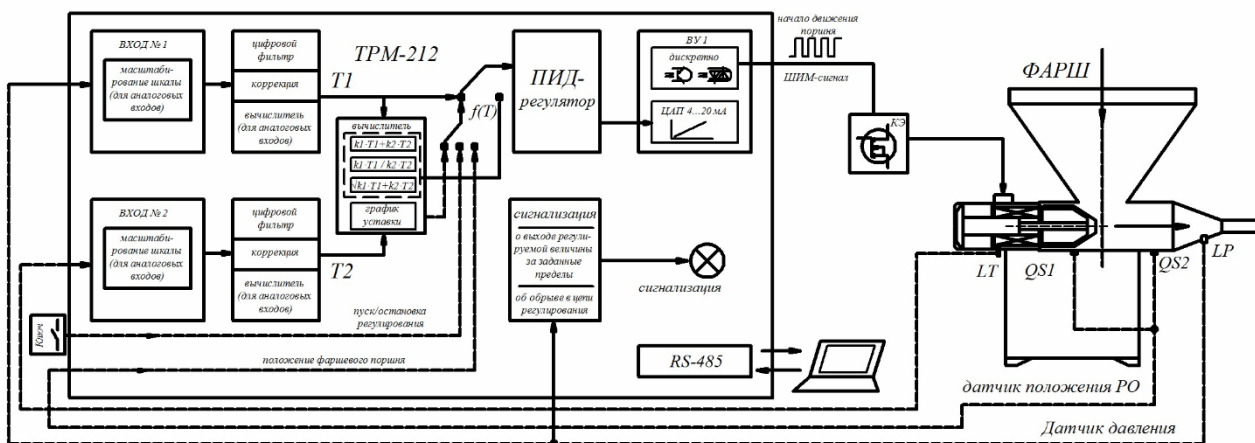


Рисунок 2 Функциональная схема системы управления шприца с ЛЭМД

Система управления формователя колбасных изделий с линейным электромагнитным двигателем (рис.2) при помощи программируемого контроллера предусматривает управление при помощи датчиков положения рабочего органа $QS1$, $QS2$ расположенных в начале и конце рабочего хода. Сигнал подается в ПИД–регулятор, который в зависимости от положения РО подает импульсы напряжения на коммутирующий элемент $КЭ$. В процессе работы формователя КИ возможно забивание цевки жилками или костями, что может привести к перегреву обмоток ЛЭМД и аварийной остановке. Для защиты от подобных ситуаций используется датчик давления LP , устанавливаемый на цевке и настроенный на определенную величину давления, и датчик температуры LT расположенный в обмотке ЛЭМД. При превышении установленного значения от датчиков поступает сигнал в ПИД–регулятор который отключает питание и подает аварийный сигнал оператору.

Применение программируемого контроллера для управления и защиты формователя КИ предпочтительно за счет высокой надежности, точности измерения (погрешность не превышает 0,15%), помехоустойчивости, высоких показателей климатического исполнения (допустимый диапазон рабочих температур -20 до $+50^{\circ}\text{C}$), широкому диапазону напряжения питания (90 – 245 В) и др.

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 гос.ун-та, 2015. – 202 с.
- 2 Усанов, К.М. Использование линейного электромагнитного двигателя для упаковки сельскохозяйственной продукции / К.М. Усанов, В.А. Каргин, А.В. Ивченко, С.А. Ивченко // Механизация и электрификация сельского хозяйства, № 1, 2012. – С.22–23.
- 3 Усанов, К.М. Динамическая эффективность однообмоточных электромагнитных ударных машин с различными рабочими циклами / К.М. Усанов, В.А. Каргин, И.В. Трубенкова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, № 12, 2010. – С.67–70.
- 4 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.

5Усанов, К.М. Электрические преобразователи с емкостными накопителями энергии для управления дискретными электромагнитными машинами / К.М. Усанов, В.А. Каргин, А.В. Перетягко // Тенденции развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения: Материалы VII Международной научно- практической конференции. Под ред. Ф.К. Абдразакова; кафедра «Строительство и теплогазоснабжение», ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова, 2016. – С.254-258.

6Моисеев, А.П. Совершенствование электрического преобразователя электромагнитного привода кормораздаточного транспортера / А.П. Моисеев, А.В. Волгин, В.А. Каргин. // Известия Международной академии аграрного образования №31, 2016. – С.41-43.

7Усанов, К.М. Импульсные электромагнитные двигатели в приводе в приводе оборудования пищевого производства / К.М. Усанов, В.А. Каргин, С.М. Зубарев, А.В. Ивченко // Научное обеспечение агропромышленного производства: Материалы Межд. науч.-практ. конф. – Курск: Изд-во Курск.гос.с.-х.ак., 2010. – С.228-231.

8Петров, И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 246 с.

УДК 621.313.3

А.М. Марадудин, В.А. Каргин, А.В. Перетягко, А.А. Леонтьев

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

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ЛЭМД С ПРИНУДИТЕЛЬНОЙ ВЕНТИЛЯЦИЕЙ

Ключевые слова: линейные электромагнитные двигатели, гидравлический расчет, принудительное охлаждение, теплопередача, вентиляция.

В статье приведен гидравлический расчет предлагаемой конструктивной схемы охлаждения ЛЭМД при помощи принудительной вентиляции.

В ряде режимов работы ЛЭМД имеют место большие потери мощности, что обязывает применять различные способы охлаждения электродвигателей [1,2,5,6,7]. Недостаточное отведение тепла приводит в итоге к увеличению временных интервалов между рабочими циклами, что отрицательно сказывается на производительности оборудования с приводом от ЛЭМД [1-4]. Таким образом, при форсированном потреблении электроэнергии оправдано использование принудительной вентиляции ЛЭМД, конструктивная схема которой рассматривалась нами ранее [8].

Подбор охлаждающего вентилятора для предлагаемой конструктивной схемы проводится по рассчитанным для конкретного ЛЭМД значениям необходимого давления $p_{тр}$ и расхода газа Q_n с помощью гидравлического расчета.

Требуемый расход газа Q_n определяется по формуле [9]:

$$Q = \frac{P_{\text{отв}}}{c\rho\theta_{\text{max}}}, \quad (1)$$

где $P_{\text{отв}}$ – потери мощности, отводимые охлаждающим потоком; c – удельная теплоемкость охлаждающего газа, Дж/(кг·°С); ρ – плотность газа, кг/м³; θ_{max} – допустимое превышение температуры охлаждающего газа для данного класса нагревостойкости изоляции машины.

Допускаем, что при помощи принудительной вентиляции отводится весь объем потерь мощности в обмотке статора ΔP , т.е. $P_{\text{отв}} = \Delta P$, где ΔP – потери мощности в обмотке [10].

$$\Delta P = I^2 R, \quad (2)$$

где I – ток в обмотке рабочего хода якоря; R – сопротивление обмотки.

Эквивалентный ток $I_{\text{экв}}$ на интервале рабочего хода будет равен [10]:

$$I_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{1}{t_{\text{рх}}} \int_0^{t_{\text{рх}}} i^2(t) dt}, \quad (3)$$

где $t_{\text{рх}}$ – время рабочего хода, $i(t)$ – функция силы тока, взятая с осциллограммы тока [10].

Тогда с учетом выражений (2) и (3) формула (1) примет вид:

$$Q_{\text{н}} = \frac{R \left(\sqrt{\frac{1}{t_{\text{рх}}} \int_0^{t_{\text{рх}}} i^2(t) dt} \right)^2}{c\rho\theta_{\text{max}}}. \quad (4)$$

Необходимое давление $p_{\text{тр}}$ найдем по закону Адкинсона [4] на основе уравнения $p_{\text{тр}} = \Delta p_{\text{м}}$, где $\Delta p_{\text{м}}$ – потери давления в системы охлаждения электрической машины:

$$p_{\text{тр}} = z_{\text{м}} \cdot Q_{\text{н}}^2, \quad (5)$$

Определим суммарное гидравлическое сопротивление вентиляционного тракта $z_{\text{м}}$ ЛЭМД с принудительной вентиляцией, для чего покажем его упрощенное изображение (рисунок 1,а) и составим эквивалентную гидравлическую схему (рисунок 1,б).

При перемещении охладителя внутри n -ного количества радиальных каналов он преодолевает в каждом из них местное сопротивление z_2 при входе, путевое сопротивление z_3 при движении вдоль канала и местное сопротивление z_4 на выходе из него.

Сопротивления, преодолеваемые охладителем в радиальном канале, соединяются последовательно, поэтому суммарное сопротивление $z_{\text{кан}}$ будет равно [4]:

$$z_{\text{кан}} = z_2 + z_3 + z_4 = \frac{\rho}{4F_2^2} \left(1 - \frac{F_2}{F_1} \right) + \frac{\xi_{\text{к}} \rho l_{\text{к}}}{2F_2^2 d_{\text{г.к}}} + \frac{\rho}{2F_2^2} \left(1 - \frac{F_2}{F_3} \right)^2;$$

$$z_{\text{кан}} = \frac{\rho}{2} \left[\frac{1}{2F_2^2} \left(1 - \frac{F_2}{F_1} \right) + \frac{\xi_{\text{к}} l_{\text{к}}}{F_2^2 d_{\text{г.к}}} + \frac{1}{F_2^2} \left(1 - \frac{F_2}{F_3} \right)^2 \right], \quad (6)$$

где F_1, F_2, F_3 – площади проходных сечений вентиляционного тракта (см. рис.1,а); $l_{\text{к}}$ и $d_{\text{г.к}}$ – длина и гидравлический диаметр радиального канала; ρ – плотность охлаждающей среды; $\xi_{\text{к}}$ – коэффициент путевых потерь на трение в канале; $\zeta_{\text{в}}$ – коэффициент местных потерь трения на выходе из машины.

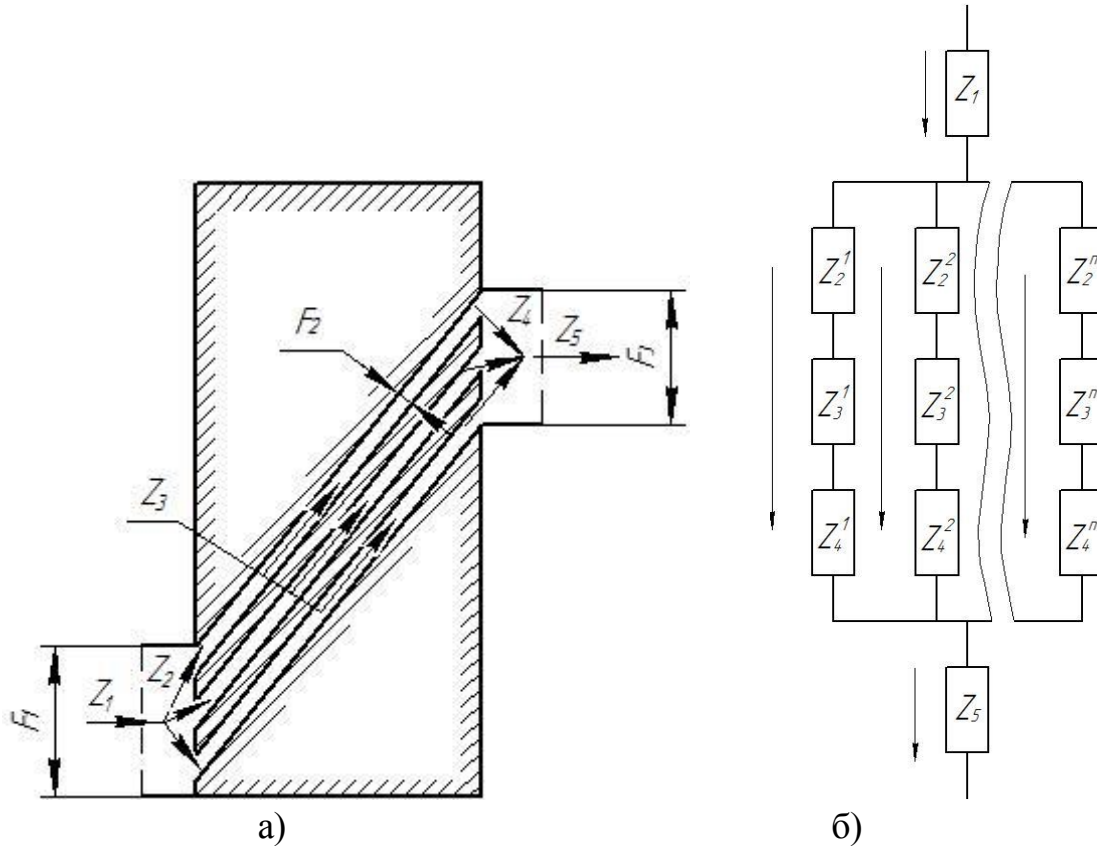


Рисунок 1. Схемы ЛЭМД с принудительной вентиляцией для гидравлического расчета: а – упрощенное изображение вентиляционного тракта; б – эквивалентная гидравлическая схема.

Охлаждающие каналы предлагается выполнить прямоугольного сечения, поэтому гидравлический диаметр канала можно найти по формуле [4]:

$$d_{\text{г.к}} = \frac{2a_{\text{к}}b_{\text{к}}}{a_{\text{к}} + b_{\text{к}}}, \quad (7)$$

где $a_{\text{к}}$ – глубина паза, м; $b_{\text{к}}$ – ширина паза по дуге, м.

Площади F_1, F_2 и F_3 определим из следующих формул:

$$F_1 = b_{\text{в}} h_{\text{в}}, \quad (8)$$

$$F_2 = a_{\text{к}} b_{\text{к}}, \quad (9)$$

$$F_3 = b_{\text{о}} h_{\text{о}}, \quad (10)$$

где $b_{\text{в}}$ и $h_{\text{в}}$ – ширина и высота устанавливаемого вентилятора соответственно, м; $b_{\text{о}}$ и $h_{\text{о}}$ – соответственно ширина и высота выпускного окна, м.

Суммарное сопротивление n -го количества каналов равно: $z_{\Sigma\text{кан}} = \frac{z_{\text{кан}}}{n^2}$ [4].

Общее гидравлическое сопротивление вентиляционного тракта ЛЭМД $z_{\text{м}}$ может быть найдено как

$$z_{\text{м}} = z_1 + z_{\Sigma\text{кан}} + z_5, \quad (11)$$

где z_1 – местное сопротивление при входе охлаждающей среды во впускное отверстие с толстыми стенками; z_5 – местное сопротивление при проходе охладителя через выпускную решетку.

Путевыми сопротивлениями при движении охладителя по впускному и выпускному отверстиям пренебрегаем вследствие их малой величины.

$$z_{\text{м}} = \frac{\zeta_{\text{вх}} \rho}{2F_1^2} + \frac{1}{n^2} \left[\frac{1}{2F_2^2} \left(1 - \frac{F_2}{F_1}\right) + \frac{\xi_{\text{к}} l_{\text{к}}}{F_2^2 d_{\text{г.к}}} + \frac{1}{F_2^2} \left(1 - \frac{F_2}{F_3}\right)^2 \right] \cdot \frac{\rho}{2} + \frac{\zeta_{\text{вых}} \rho}{2F_3^2}, \text{ или}$$

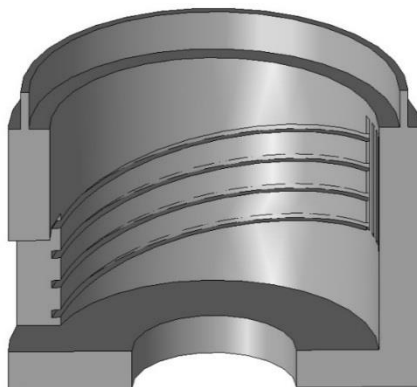
$$z_{\text{м}} = \frac{\rho}{2} \cdot \left\{ \frac{\zeta_{\text{вх}}}{F_1^2} + \frac{1}{n^2} \left[\frac{1}{2F_2^2} \left(1 - \frac{F_2}{F_1}\right) + \frac{\xi_{\text{к}} l_{\text{к}}}{F_2^2 d_{\text{г.к}}} + \frac{1}{F_2^2} \left(1 - \frac{F_2}{F_3}\right)^2 \right] + \frac{\zeta_{\text{вых}}}{F_3^2} \right\}, \quad (12)$$

где $\zeta_{\text{вх}}$ и $\zeta_{\text{вых}}$ – коэффициенты местных потерь трения на входе в машину и выходе из нее; ρ – плотность охлаждающей среды.

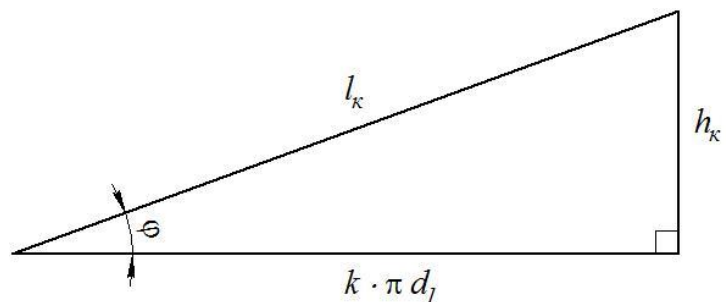
Длину радиальных каналов $l_{\text{к}}$, указанную в формуле (6) можно определить из следующей схемы (рисунок 2). В общем виде каналы выполняются по винтовой образующей (рисунок 2,а), при разворачивании которой по внутренней образующей корпуса статора (рисунок 2,б) получается прямоугольный треугольник, в котором гипотенуза – это искомая длина канала $l_{\text{к}}$, один из катетов – высота подъема канала $h_{\text{к}}$, а другой катет равен $k \cdot \pi d_1$, где k – число витков спирали, d_1 – внутренний диаметр статора в надобмоточном пространстве, м. Задаваясь углом подъема винтовой линии φ и высотой подъема канала $h_{\text{к}}$, можем определить длину канала $l_{\text{к}}$ и необходимое число витков спирали k :

$$l_{\text{к}} = \frac{h_{\text{к}}}{\sin \varphi}, \quad (13)$$

$$k = \frac{h_{\text{к}}}{\pi d_1 \tan \varphi}. \quad (14)$$



а)



б)

Рисунок 2. Радиальные вентиляционные каналы: а – 3D модель; б – развертка канала по внутренней образующей корпуса статора

Таким образом, на основании рассчитанных по предлагаемой методике значениям необходимого давления $p_{тр}$ и расхода газа Q_n можно осуществить подбор охлаждающего вентилятора в рассматриваемой конструктивной схеме для конкретного ЛЭМД

Список литературы

1. Марадудин, А.М. Оценка эффективности охлаждения линейных электромагнитных двигателей импульсных машин / А.М. Марадудин, В.А. Каргин, Д.П. Щербаков // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VI международной научно-практической конференции – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2015. – С. 157-160.
2. Каргин, В.А. Методы расчета тепловых и гидравлических процессов в ЛЭМД импульсных машин / В.А. Каргин, А.М. Марадудин, Д.П. Щербаков // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VI международной научно-практической конференции – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2015. – С. 75-78.
3. Марадудин, А.М. Оценка эффективности использования оребрения боковой поверхности корпуса в качестве системы охлаждения ЛЭМД / А.М. Марадудин, В.А. Каргин, А.В. Перетяцько, А.А. Леонтьев // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VII международной научно-практической конференции – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2016. – С. 144-147.
4. Марадудин, А.М. Гидравлический и тепловой расчет ЛЭМД с самовентиляцией / А.М. Марадудин, В.А. Каргин, А.В. Перетяцько, А.А. Леонтьев // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VII международной научно-практической конференции – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2016. – С. 151-154.
5. Волгин, А.В. Система управления линейными электромагнитными двигателями / А.В. Волгин, А.А. Леонтьев, А.П. Моисеев // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VI международной научно-практической конференции – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2015. – С. 24-26.
6. Моисеев, А.П. Силовые характеристики линейного электромагнитного двигателя с конденсаторным питанием / А.П. Моисеев, А.В. Волгин, И.Ю. Лошкарев, А.А. Леонтьев // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VI международной научно-практической конференции – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2015. – С. 181-184.
7. Моисеев, А.П. Силовые характеристики электромагнитного двигателя с осевым каналом / А.П. Моисеев, А.В. Волгин, И.Ю. Лошкарев, А.А. Леонтьев // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VI международной научно-практической конференции – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2015. – С. 179-180.
8. Марадудин, А.М. Оценка эффективности теплоотдачи в охлаждающих каналах ЛЭМД с принудительной вентиляцией / А.М. Марадудин, В.А. Каргин, А.В. Перетяцько, А.А. Леонтьев // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VII международной научно-практической конференции – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2016. – С. 147-150.
9. Сипайлов, Г.А. Тепловые, гидравлические и аэродинамические расчеты в электрических машинах: Учебник для ВУЗов по спец. «Электромеханика» / Г.А. Сипайлов, Д.И. Санников, В.А. Жадан. – М.: Высш. шк., 1989. – 239 с.

10. 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.

УДК 53.06

К.А. Мелконян¹, Е.В. Рыжова², А.М. Никитюк¹

¹ ЧОУ ЛИЕН г. Саратова

² ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ»

ОЧИСТКА ВОДЫ ОТ ИОНОВ ЖЕЛЕЗА С ПОМОЩЬЮ МАГНИТНОЙ ЖИДКОСТИ

Вода жизненно необходима. Она нужна везде – в быту, сельском хозяйстве и промышленности. Вода необходима организму в большей степени, чем все остальное, за исключением кислорода. Потребление чистой воды обеспечивает нормальную работу внутренних органов.

К наиболее распространенным загрязнителям воды (содержание компонентов превышает нормативы) можно отнести железо, марганец, сульфиды, фториды, соли кальция и магния, органические соединения и др.

Присутствие в воде железа не угрожает нашему здоровью. Однако повышенное содержание железа в воде (более 0,3 мг/л) в виде гидрокарбонатов, сульфатов, хлоридов, органических комплексных соединений или в виде высокодисперсной взвеси придает воде неприятную красно-коричневую окраску, ухудшает её вкус, вызывает развитие железобактерий. При употреблении для питья воды с содержанием железа выше норматива человек рискует приобрести различные заболевания печени, аллергические реакции и др.

Мы решили изучить различные способы очистки воды от ионов железа. В связи с этим перед собой следующие задачи: определить содержание ионов железа в воде, найти экономически выгодные способы очистки воды от ионов железа, очистить воду от ионов железа в воде с помощью магнитной жидкости, которую получили самостоятельно.

Железо попадает в питьевую воду в природных условиях, и в результате коррозии аппаратов и трубопроводов. Природное железо чаще всего встречается в составе сложных химических соединений. Существует несколько форм природного железа:

- Коллоидное железо. Это железо присутствует в воде в виде мельчайших частиц, размер которых меньше, чем 0,1 мкм. В связи с этим, частицы коллоидного железа невозможно отфильтровать механическим фильтром. Коллоидное железо похоже на суспензию и встретить его можно довольно редко.

Для удаления его сначала нужно окислить (или перевести в другое состояние), после чего отфильтровать.

- Двухвалентная форма. Находится в растворенном состоянии, иногда образует осадок.

- Трехвалентная форма. Растворяется в воде только с очень низким уровнем кислотности, придает жидкости бурый цвет.

- Бактериальная форма. Является продуктом жизнедеятельности бактерий.

- Растворимая органическая форма. Связывает химические вещества в сложнорастворимые комплексы, трудно поддается удалению.

Ржавчина очень часто встречается в водопроводной воде. Одна из основных причин - устаревшие системы водоснабжения. Пройдя очистку на муниципальных водопроводных очистных сооружениях, вода обычно содержит небольшое количество железа, укладывающиеся в медицинские нормы, но проходя до конечного потребителя через многие километры труб распределительной водопроводной сети, она подвергается вторичному загрязнению, растворяя продукты коррозии стальных труб. В результате на выходе мы вновь имеем «железистую» воду с желтоватым оттенком. Насыщенная соединениями железа вода имеет не только неприятный вид. Она портит запорную арматуру, оставляет ржавые подтеки на керамических поверхностях сантехники. Кроме того, медиками доказано, что вода с повышенным содержанием железа (свыше 0,3 мг/л) приводит к заболеваниям печени, увеличивает риск инфарктов, а также служит причиной появления аллергических реакций.

Как же определить содержание железа в воде. Мы остановились на определении содержания трехвалентного железа в воде. Для определения содержания в воде ионов железа Fe^{3+} нам потребовалось 20% раствор роданистого калия и азотная кислота HNO_3 . В первую колбу к 10 мл исследуемой воды добавила 1-2 капли HNO_3 и 4 капли 20%-ного раствора $KNCS$ и перемешала раствор до однородности. Примерное содержание железа находим по таблице 1.

Таблица 1

Окрашивание, видимое при рассмотрении пробирки сверху вниз на белом фоне	Примерное содержание ионов железа Fe^{3+}
Отсутствие	Менее 0,05 мг/л
Едва заметное желтовато-розовое	От 0,05 до 0,1 мг/л
Слабое желтовато-розовое	От 0,1 до 0,5 мг/л
Желтовато-розовое	От 0,5 до 1,0 мг/л
Желтовато-красное	От 1,0 до 2,5 мг/л
Ярко-красное	Более 2,5 мг/л

Первоначально определили содержание железа в водопроводной воде. В первую колбу налили водопроводную воду пос. Зональный г. Саратова и провели

исследование на наличие ионов железа. Окраска воды изменилась на желтоваторозовый, что соответствует содержанию железа от 0,5 до 1,0 мг/л.

Очевидно, что такая вода нуждается в очистке. Поэтому мы применили стандартный способ очистки воды с помощью фильтра, предназначенного для обезжелезивания воды (Барьер -7). После очистки провели исследование на наличие ионов железа. Окраска воды поменялась на едва заметную желтоваторозовую, что соответствует содержанию железа от 0,05 до 0,1 мг/л.

Также решили применить способ очистки воды с помощью магнитной жидкости.

Магнитные жидкости представляют собой коллоидные дисперсии магнитных материалов (ферромагнетиков: магнетита, ферритов) с частицами размером от 5 нанометров до 10 микрометров, стабилизированные в полярной (водной или спиртовой) и неполярной (углеводороды и силиконы) средах с помощью поверхностно-активных веществ или полимеров [1].

Для очистки воды от ионов железа Fe^{3+} необходимо влить магнитную жидкость в воду и поставить эту смесь на мощный магнит. В нашем предположении магнитные частицы в магнитном поле притянут к себе ионы железа, образовав прочное соединение, тем самым очистят железистую воду.

В колбу с готовой магнитной жидкостью налили исследуемую воду и поставили пробирку на магнит на 5 минут, после этого пропустили полученную смесь через фильтр. В фильтрате определили ионы железа описанным выше способом. Наблюдала едва заметное желтовато-розовое окрашивание, что соответствует содержанию ионов железа от 0,05 до 0,1 мг/л.

Одним из самых простых способов получения магнитной жидкости является ее изготовление на основе диэлектрического магнитного тонера. Диэлектрический магнитный тонер представляет собой вещество, состоящее из смолы и намагниченной окиси железа (на 50 мл магнитного тонера нужно взять 2 столовых ложки чистого растительного масла). Изготовив магнитную жидкость, мы провели исследование, что и с готовой магнитной жидкостью. Вода приобрела едва заметный желтовато-розовый оттенок, что соответствовало содержанию ионов железа от 0,05 до 0,1 мг/л.

Итак, в водопроводной воде пос. Зональный г. Саратова содержатся ионы железа Fe^{3+} . Наличие железа в питьевой воде, не прошедшей фильтры воды для обезжелезивания, ухудшает ее вкус и запах, окрашивает воду в коричневатый цвет. При регулярном употреблении такой воды возрастает опасность различных заболеваний внутренних органов – в первую очередь печени и почек. Очистить такую воду можно с помощью специального фильтра, а также с помощью магнитной жидкости.

Список литературы

1. Сенатская, И. Магнитная жидкость / И.Сенатская, Ф. Байбуртский // Наука и жизнь. - 2002. - №11. - С. 36-38.

Е.В. Мусеев

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

КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ ВЕРМИКУЛЬТИВИРОВАНИЯ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СУБСТРАТА

Аннотация: в статье приведен анализ способов вермикультивирования и технических средств для механизации технологических операций распределения субстрата и подкормки вермикультуры.

Ключевые слова: вермикультивирование, субстрат, вермикультура, вермикомпост, гряда, подкормка, формулирующее устройство.

Вермикультивирование – перспективное направление в сельском хозяйстве, осуществляемое путем переработки субстрата вермикультурой (компостные черви *Eisenia foetida*). Компонентами субстрата могут быть в основном органические отходы животноводства (ферментированный навоз и птичий помет), полеводства (измельченная солома), перерабатывающих производств (подсолнечная лузга, шелуха гречневая, древесные опилки лиственных пород деревьев и т.д.) листовой опад. [1,2]

В процессе производства вермикомпоста одними из трудоемких операций является формирование среды обитания червей из субстрата и распределения подкормки. На основе анализа литературных источников и патентной проработки разработана классификация способов вермикультивирования и технических средств для распределения субстрата (рис. 1). Вермикультивирование может осуществляться следующими способами: штабельный, стеллажный, бункерный, курганный, лотковый, грядный. По месту производства способы вермикультивирования могут осуществляться в помещениях, на открытых площадках и комбинированным способом. Для природных зон с резкоконтинентальным климатом, а также на мелких предприятиях вермикультивирование в основном осуществляется в помещениях с использованием стеллажей, штабелей из ящиков, бункеров. В последнее время широкое применение получил грядный способ, позволяющий использовать технические средства, полностью исключая ручной труд. В зонах с более мягким климатом вермикультивирование осуществляется с применением следующих способов: курганный, траншейный, лотковый и грядный. [1,2]

Комбинированный способ предусматривает производство вермикомпоста летом на открытых площадках, а в зимнее время – в закрытых помещениях. По способу распределения субстрата в штабелях, стеллажах, бункерах предусматривается в основном вертикальный. Курганный способ вермикультивирования в основном предусматривает кольцевое распределение

субстрата. Траншейный, лотковый и грядный способы вермикультивирования характеризуются продольным распределением субстрата. По мере переработки субстрата вермикультурой необходимо добавлять свежую подкормку слоем 15-17 см. [1,2]

Во всех способах вермикультивирования распределение подкормки в основном осуществляется сверху по субстрату переработанному червями. Одним из отрицательных факторов, влияющих на качество готового вермикомпоста при верхнем распределении подкормки, является его переувлажнение, что также увеличивает сроки переработки субстрата. При грядном способе можно распределять подкормку сбоку гряды, такой способ вермикультивирования называется «кочующая гряда». [3] Такой способ вермикультивирования сокращает время на сбор избыточной массы червей, а также улучшает качество вермикомпоста за счет уменьшения переувлажнения переработанного субстрата, но из-за уменьшения площади распределения подкормки плохо развивается численность вермикультуры. Для устранения перечисленных недостатков предложен комбинированный способ распределения подкормки как сверху, так и сбоку гряды. [4]

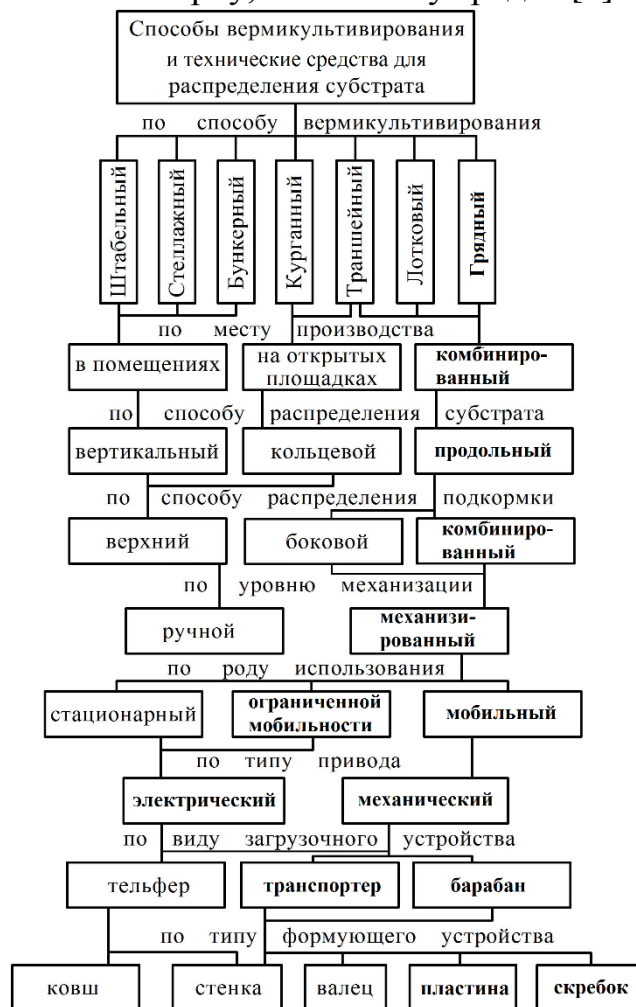


Рисунок 1. Классификация устройств для распределения субстрата.

В виду того, что промышленность на данном этапе развития вермикультивирования не выпускает специального оборудования для распределения субстрата и подкормки, то в основном эти операции осуществляются вручную или с использованием технических средств в виде ручных тележек, в лучшем случае, ленточных транспортеров, тракторных тележек или самосвалов, электротельферов и различных ковшовых погрузчиков. Перечисленные средства могут быть стационарными, ограниченной мобильности или мобильными. По типу привода они также подразделяются на электрические и механические. По виду загрузочного устройства могут быть использованы тельферы с ковшами в устройствах ограниченных стенками для загрузки субстрата под действием сил гравитации. В разработанных технических устройствах распределение субстрата осуществляется с помощью транспортеров, барабанов, пластин и скребков. [3-6] Однако, использование для формирования вальцов и пластин приводит к уплотнению субстрата в гряде, что затрудняет процесс вермикультивирования и влияет на качество вермикомпоста.

На основе анализа данной классификации можно сделать вывод, что для промышленного вермикультивирования целесообразно использовать грядный способ с частично верхним и боковым распределением подкормки, т.е. комбинированный способ. Для механизации данного процесса следует разработать техническое устройство, обеспечивающее формирование гряды с помощью боковых пластин и трансформируемого скребка, который бы обеспечивал распределение подкормки как сверху, так и сбоку гряды, что позволит эффективно осуществлять вермикультивирование в соответствии с технологическими требованиями (см. рис. 1).

Список литературы

1. Морев Ю.Б. Вермикультивирование, производство и применение биогумуса. УНИИСХ. Екатеринбург, 1992. – 30 с.
2. Спевак Н.В., Павлов П.И., Спевак В.Я. Механико-технологические основы процессов приготовления субстрата для вермикультивирования. – Саратов: Изд-во Поволж. межрегион. фил. ФГБУ «ВНИИ охраны и экономики труда» Минтруд России, 2012. – 128 с.
3. Спевак В.Я., Денисов Р.А., Дмитриев В.Ф., Спевак Н.В. Способ производства биогумуса и устройство для его осуществления. Патент на изобретение №2228920. Оpubл. 20.05.2004. Бюл. №14.
4. Спевак Н.В., Спевак В.Я., Медведев Р.М., Лифатов В.В., Никульникова А.А., Шарапова И.Г., Моисеев Е.В. Способ производства вермикомпоста и устройство для его осуществления. Патент на изобретение №2546893. Оpubл. 10.04.2015. Бюл. №2.
5. Спевак Н.В., Спевак В.Я. Устройство для измельчения субстрата, формирования из него гряд и переработки вермикомпоста. Патент на полезную модель №147803. Оpubл. 20.11.2014. Бюл. №32.
6. Спевак Н.В., Спевак В.Я., Ибрашов Э.А., Щеренко П.Ю. Устройство для измельчения субстрата и формирования гряд при производстве вермикомпоста. Патент на полезную модель №90650. Оpubл. 20.01.2010. Бюл. №2.

УДК 621.313.333.

Р.А. Мусин, Л. А. Садыкова

Западно – Казахстанский аграрно–технический университет им. Жангир хана, г. Уральск, Республика Казахстан.

ВНЕДРЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТИПОВ ИЗОЛЯЦИИ КАБЕЛЕЙ СРЕДНЕГО И ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Ежегодное повышение роста потребления электроэнергии по регионам Республики Казахстан в сфере промышленности, увеличение энергопотребления сельскохозяйственных угодий, а так же повышения потребление на душу населения на 3 - 5% требуют внедрения современных технологий и совершенствования промышленного производства. Это служит следствием показателя увеличения протяженности сетей электропередач. В связи с этим можно заметить тенденцию необходимости наращивания потенциала производства кабельных линий, которые являются значимой частью в системе электроснабжения Республики Казахстан.

Учитывая быстрое и широкое развитие малого и среднего бизнеса и повсеместное возникновение "малых" и "средних" промышленных предприятий, целесообразно предусматривать возможность совместного размещения ряда родственных предприятий на одной площадке. В связи с этим в условиях города необходимо учитывать и решать ряд требований:

–размещение питающих линий электропередач на максимально меньших земельных участках;

–повышенные требования к надежности, экономичности, к удобству и безопасности эксплуатации, к качеству электроэнергии, энергосбережение. [1]

Подавляющее большинство отраслей крупной производственной промышленности таких как нефтегазовая, металлургическая, горнодобывающая и т.д. относятся к первой категории потребителей электроэнергии. Поэтому повышение надежности силовых кабельных линий – одна из важнейших задач обеспечения надежного электроснабжения потребителей. [2]

Общая протяженность силовых кабельных линий 3-35 кВ в отдельных энергосистемах и на промышленных предприятиях достигает 1-5 тыс. км (ЗапКазРЭК, «АлматыЖарык» и др. Отказы кабельных линий 3-35 Кв по причине аварии составляют от 5 до 8 повреждений в год на 100 км линий. При условии увеличения протяженности и ежегодного развития кабельных сетей работы по диагностированию повреждений носят массовый характер и требуют значительных экономических затрат. На восстановление работоспособности кабельной линии 3-35 кВ требуется до 100 тыс.тг за 1 км.

Прочность кабелей рассчитывается на стадии проектировки, а конкретное значение принимает только при конечном изготовлении на заводе электротехнической промышленности. Запас прочности является показателем уровня надежности кабелей в условиях эксплуатации. Уровень надежности в режиме эксплуатации можно увеличить путем совершенствования технологии

изготовления с помощью новых изоляционных материалов, конструкции и оболочек прокладок кабелей. [3]

Общая протяженность электрических сетей в Республике Казахстан 0,4 – 110 кВ превышает 400 тыс. км, аварии в сетях напряжения 6 – 10 кВ составляют 75% нарушений электрообеспечения потребителей. На сегодняшний день кабельные сети 6 – 10 кВ состоят приблизительно на 90-95% из кабелей с бумажно-пропитанной изоляцией, а используемая на данный момент система проверки изоляции повышенным напряжением выпрямленного тока вредна и малоэффективна.

Износ кабельных линий напряжения 6-10 кВ в системе электроснабжения составляет 50-90%. И решением данной проблемы может стать постепенный переход на использование кабельных линий различного класса напряжений с новыми типами изоляции, например, из сшитого полиэтилена, срок службы которых по номинальным значениям составляет 50 лет. Но замена всех кабельных линий в течении одного или двух лет окажется слишком затратным явлением. Следовательно, замену кабельных линий необходимо производить постепенно в течение 10-15 лет. [4]

Современный тип кабелей СПЭ более совершенный и более экономичный благодаря технологии исполнения и наличию современных изоляционных материалов по сравнению с маслонеполненным типом кабелей. На западе такие кабели все более быстрыми темпами вытесняют кабели с бумажной изоляцией.

Процесс сшивания чистого полиэтилена производится химическим способом в «вулканизационной трубе» под высоким давлением и повышенной температуре с использованием нескольких реагентов один из которых называется пероксид дикумила. В случае применения высокой температуры вулканизация происходит равномерно по всей толщине изоляции без просветов и неровностей. [5]

Список литературы

1. Титков В., Дудкин С. Кабельные линии 6-10 кВ и выше. Влияние способов прокладки на температурный режим // Новости электротехники. – 2012
2. Kent H., Bucea G. Report. Waikato Wind Farm. Connection to 220 kV Main Grid. - Energy Action Pty Ltd, 2008.
3. Jung C.K., Lee J.B., and Kang J.W. Sheath circulating current analysis of a crossbonded power cable systems // Journal of Electrical Engineering & Technology. - 2007, Vol. 2. - No. 3
4. Ruiz J.R.R., Morera X.A. Circulating sheath currents in flat formation underground power lines. - International Conference on Renewable Energies and Power Quality, Sevilla, 2007.
5. Халилов Ф. Кабели с изоляцией из СПЭ как средство построения умных сетей // Кабель-NEWS. - 2011. - № 5

ЭКОНОМИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ СИСТЕМ УЛИЧНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Экономия электроэнергии в осветительных установках ОУ имеет большое значение. В России на нужды освещения расходуется около 13% всей вырабатываемой электроэнергии. Экономия электроэнергии может быть получена в результате оптимизации светотехнической части ОУ и осветительных сетей, систем управления и регулирования освещения, рациональной организации эксплуатации освещения.

Повышение эффективности использования электрической энергии можно достичь на основе модернизации уличного освещения, за счет внедрения автоматизированной системы диспетчерского управления АСДУ уличным освещением с перспективой внедрения высокоэффективных источников света на базе светодиодов.

Экономическая эффективность внедрения и эксплуатации АСДУ обусловлена следующими основными факторами: включение/отключение освещения, исходя из реального уровня естественной освещенности; экономичный режим частичного освещения во «внутренние» часы ночного времени за счет пофазного управления питанием линий освещения (отключение 1-й фазы в ночное время) либо плавного снижения мощности светового потока светодиодных уличных светильников; экономия на «ресурсе» осветительных ламп за счет уменьшения суммарного времени горения; оплата по каждому пункту учета по конкретному энергопотреблению, а не за установленную мощность и т.д.

Относительно источников света, в последнее время для уличного освещения все чаще стали использоваться светодиодные (СД) светильники. Высокий срок службы (60 тыс. ч), отличная цветность света и высокая энергоэкономичность являются основными преимуществами использования СД светильников для указанных целей.

Возможно, для уличного освещения наиболее пригодны светильники с натриевыми лампами высокого давления (ДНаТ). Эти лампы имеют высокую световую отдачу, большой срок службы (до 20 тыс. часов) и невысокую стоимость. Однако, спектр излучения ярко желтого цвета, что плохо влияет на психофизиологическое состояние водителей, в темное время суток сильно снижается видимость и контрастность приборов.

Для студенческого городка были произведены расчеты окупаемости модернизации системы уличного освещения. При расчете учитывался ежегодный рост тарифов на электрическую энергию на 15 % и замена действующих ламп на светодиодные источники света с АСДУ.

Расчет проведен при следующих исходных данных:

- количество существующих светильников в системе освещения, подлежащих замене на светодиодные - 101 шт,
- тип ламп - ДнаТ, 250 Вт,
- замена производится на светодиодные светильники мощностью 110 В,

Расчетная экономия электрической энергии за счет внедрения автоматизированной системы, полученной за счет уменьшения светового потока в ночное время, составляет 39 %.

Расчетный срок окупаемости внедрения системы диспетчерского управления уличным освещением при установке 22 шт. светодиодных источников света составляет около 8 лет. Большой срок окупаемости обусловлен малым объемом внедрения регулируемых светодиодных источников света при организации автоматизированной системы диспетчерского управления освещением.

При единовременной модернизации системы освещения с внедрением АСДУ и установкой 101 шт. светодиодных источников света на всю территорию студенческого городка срок окупаемости составляет около 5 лет.

УДК 621.313

В.Н. Овсянников¹, Г.Ж. Левина²

¹. Самарский государственный технический университет, г. Самара

². Поволжский государственный колледж, г. Самара

ОПТИМИЗАЦИЯ МОМЕНТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ

Основной задачей проектирования любого электромеханического преобразователя, в том числе и моментного двигателя (МД), является создание конкурентоспособного варианта машины, который имел бы наилучшие технические и экономические показатели [1].

Критериями выбора метода оптимизации являются его работоспособность в условиях заданного рельефа, экономичность, вероятность отыскания глобального оптимума при возможном наличии локальных экстремумов и т.д. Градиентные методы поиска оптимальных решений обладают перед методами ненаправленного поиска, главным преимуществом, заключающемся в резком сокращении количества вычислений для достижения экстремума. Для сокращения числа опытов по сравнению с “чисто” градиентным методом можно воспользоваться методом наискорейшего спуска, в котором после расчёта оценки градиента в направлении антиградиента движение продолжается до тех пор, пока спуск эффективен. Затем направление корректируется после вычисления нового значения градиента.

Наиболее удобным инструментом для вычисления оценки градиента является метод факторного эксперимента [2], заключающийся в том, что в окрестностях точки нулевого уровня строится согласно матрице планирования

эксперимента план, в вершинах которого рассчитывается значение параметра оптимизации. По этим значениям поверхность отклика в окрестностях нулевой точки заменяется аппроксимирующей плоскостью, коэффициенты наклона к осям которой дают оценку градиента в этой точке.

Первый этап – этап выбора исходной точки начала оптимизации. Обычно выбирается точка, близкая к предполагаемому экстремуму. Для проверки работоспособности алгоритма и исследования поверхности на возможные локальные экстремумы, проводят несколько серий крутых спусков с различными исходными точками.

Вторым этапом оптимизации методом наискорейшего спуска является формирование матрицы планирования эксперимента.

Как правило, область оптимума может быть достигнута после первой серии расчетов только при простейших рельефах поверхности отклика. В более сложных, подобных задаче оптимизации МД, требуется обычно несколько серий спуска с регулярной проверкой и уточнением направления антиградиента.

Исходя из требований, предъявляемых к МД с ограниченным углом поворота ротора и анализируя рельеф поверхностей отклика по различным параметрам можно утверждать, что для оптимизации МД целесообразно использовать методы направленного поиска, в частности, метод наискорейшего спуска Бокса-Уилсона, дополненный штрафными экспоненциальными функциями в зонах ограничений. Область оптимума достигается за несколько итерационных циклов, причем независимо от выбора исходной точки, что говорит о высокой вероятности достижения глобального экстремума. Метод работоспособен при дискретном изменении числа слоев обмотки и числа пар полюсов.

Список литературы

1. Овсянников В.Н., Структура математической модели моментного электродвигателя / Г.Ж. Левина, А.В. Переверзев // Актуальные проблемы энергетики АПК. Сборник материалов VII международной научно-практической конференции. Под общей редакцией Трушкина В.А., г. Саратов, 2016.- С. 171-173.
2. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1976. – 279с.

УДК 638.147.7

А.П. Остащенко

Поволжский государственный технологический университет, г. Йошкар-Ола

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ КОМПЛЕКСА ДЛЯ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ПАСЕК НА БАЗЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

Для обеспечения оптимального микроклимата внутри зимовников пасечных хозяйств в зимний период предлагается использование комплекса на базе

солнечной энергетической установки, в состав которого входят несколько типов преобразователей возобновляемой энергии (солнечный коллектор, фотоэлектрические модули), а также аккумуляторы тепловой и электрической энергии. Функциональная электрическая схема комплекса представлена на рисунке 1.

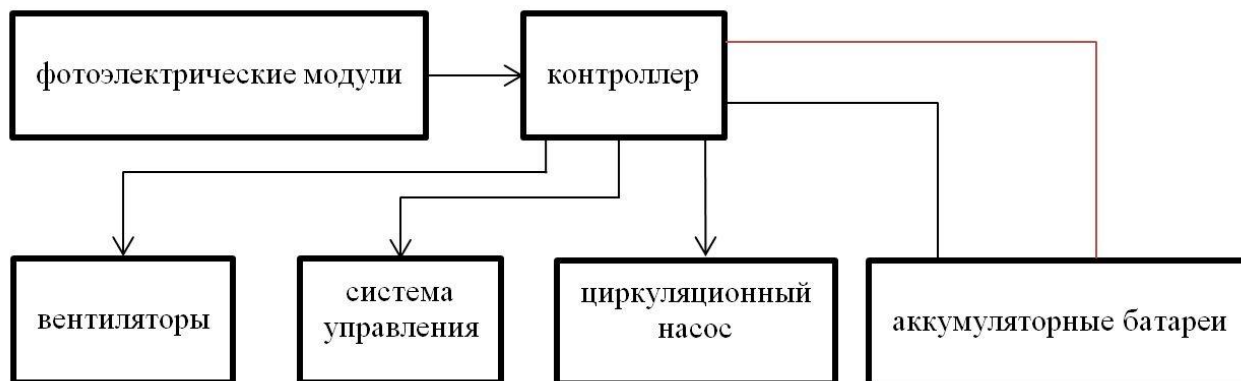


Рисунок 2 – Функциональная электрическая схема комплекса

Характерной особенностью автономных энергогенерирующих комплексов, использующих потоки возобновляемой энергии, является неуправляемость первичного источника энергии [1]. Это обуславливает применение резервирующих источников энергии, а также аккумуляторов энергии для обеспечения достаточного уровня надежности энергоснабжения. Кроме того, технические параметры отдельных элементов автономных комплексов находятся в противоречии друг с другом [2]. Так, надежное энергоснабжение может быть обеспечено как за счет увеличения емкости аккумуляторов энергии, так и за счет завышения параметров преобразователей возобновляемой энергии. Данное обстоятельство является предпосылкой к поиску оптимальных значений технических параметров отдельных изделий в составе энергогенерирующих комплексов, обеспечивающих их максимальную эффективность.

Для оценки эффективности функционирования комплекса на базе солнечной энергетической установки были выбраны два критерия: КПД установки (η) и материалоемкость (M). Целевые функции поиска оптимальных параметров комплекса в общем виде можно записать следующим образом:

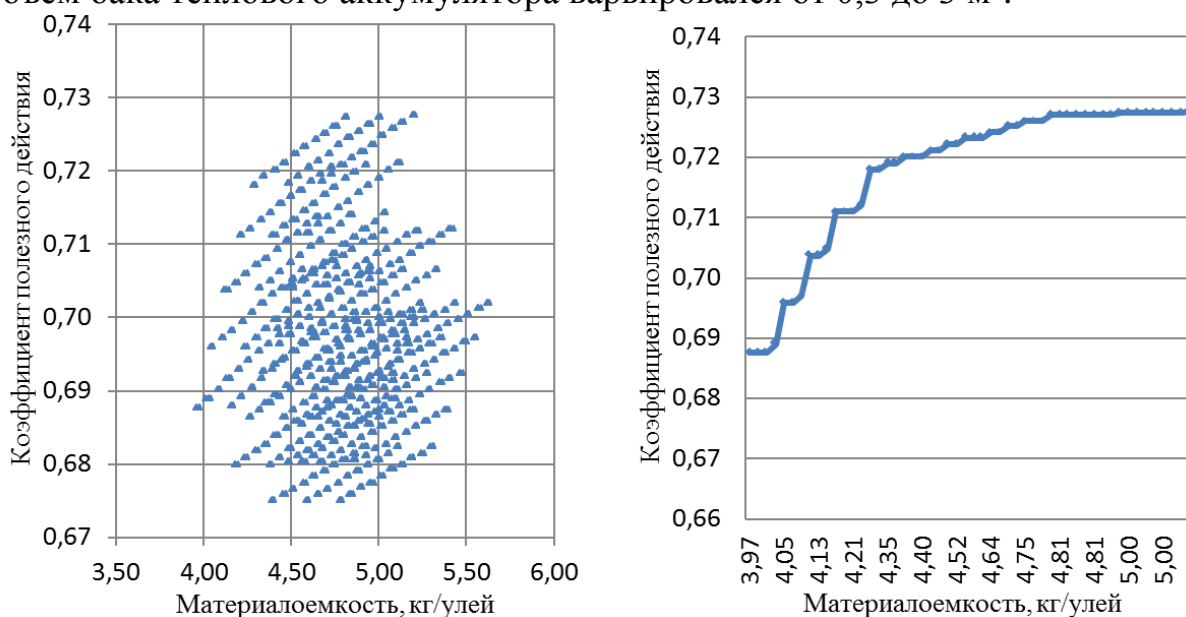
$$\eta = f(x_1, x_2 \dots x_n) \rightarrow \max; M = f(x_1, x_2 \dots x_n) \rightarrow \min.$$

Наличие нескольких целевых функций объясняется невозможностью представления в форме единственной зависимости желаемого результата, поскольку обнаруживается противоречие. Повышение качества (коэффициента полезного действия) требует повышения установленной мощности оборудования, в то время как уменьшение материалоемкости удается только в ущерб мощностных показателей комплекса [3].

В перечень оптимизируемых параметров комплекса вошли следующие параметры: суммарная площадь апертуры фотоэлектрических модулей, площадь апертуры солнечного коллектора, емкости электрического и теплового аккумуляторов.

На рисунке 2 представлены результаты оптимизации значений технических параметров комплекса на базе солнечной энергетической установки для следующих условий:

- расположение пасеки в Республике Марий Эл;
- зимовник на 250 пчелиных семей (типовой проект № 808-5-4);
- суммарная площадь фотоэлектрических модулей варьировалась от 1,3 до 13 м²;
- площадь солнечных коллекторов варьировалась от 1,9 до 11,4 м²;
- емкость аккумуляторной батареи варьировалась от 35 до 50 А·ч;
- объем бака теплового аккумулятора варьировался от 0,3 до 3 м³.



а) результаты полного перебора сочетаний значений параметров комплекса

б) множество оптимальных значений целевых функций

Рисунок 3 – Результаты оптимизации параметров комплекса

В результате анализа данных, полученных при проведении оптимизации, был сделан вывод о том, что в расчете на 250 ульев для климатических условий республики Марий Эл оптимальными параметрами комплекса являются: площадь фотоэлектрических модулей 3,891 м², площадь солнечного коллектора 5,73 м², емкость аккумуляторной батареи 35 А·ч, объем бака теплового аккумулятора 0,9 м³. Полученные сочетания значений технических параметров комплекса обеспечивают соотношение КПД и материалоемкости (КПД\М) для республики Марий Эл 0,688\3,967 кг/улей.

Список литературы

1. Безруких, П.П. Возобновляемая энергетика: методология, ресурсы, технологии / Безруких П.П., Стребков Д.С. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2005. – 264 с.
2. Коноплев, П.В. Автономная система электроснабжения для пасечного хозяйства / диссертация к.т.н. 05.20.02. – 149 с.
3. Воронин, С.М. Формирование автономных систем электроснабжения сельскохозяйственных объектов на основе возобновляемых источников энергии: дис. доктора техн. наук: 05.20.02. – Зерноград, 2009. – С. 175.

Д.А. Негметова, С.Ф. Степанов

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., г. Саратов

ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ УСТАНОВОК В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Чистота поверхности узлов и деталей очень важна в промышленности при проведении сборочных и сварочных работ. Разработанные технологии ультразвуковой очистки позволили значительно улучшить качество обработанных поверхностей и повысить экологическую безопасность рабочих мест за счет применения нетоксичных моющих растворов.

Ультразвуковая ванна – это оборудование, с помощью которого происходит очистка деталей и хрупких предметов от загрязнений.

Принцип работы ванны для ультразвуковой очистки заключается в том, что на изделие, помещенное в емкость со специальной жидкостью, воздействуют волны низкого и высокого давления, чередующиеся между собой.

Ультразвуковые колебания создают микроскопические пузырьки пара, проникающие в труднодоступные полости, мелкие отверстия и поры изделия, этот процесс называется кавитацией. Кавитация ускоряет протекание ряда физико-химических процессов и сопровождается возникновением очень высоких мгновенных гидростатических давлений, которые отрывают прилипшие к очищаемой поверхности частицы загрязнений.

Существует 2 способа отмывки предметов в ультразвуковых ваннах – прямой и непрямой. При прямом способе очищаемое изделие погружается в отмывочный раствор, которым наполнена УЗ ванна. При непрямом способе изделие погружается в ёмкость с отмывочным раствором, а затем эта ёмкость погружается в УЗ ванну, наполненную водой. Этот способ применяется при использовании кислот или других корродирующих реагентов в качестве чистящего раствора. Метод очистки с применением ультразвуковых ванн по эффективности превосходит все известные на сегодняшний день и является наиболее быстрым и бережным.

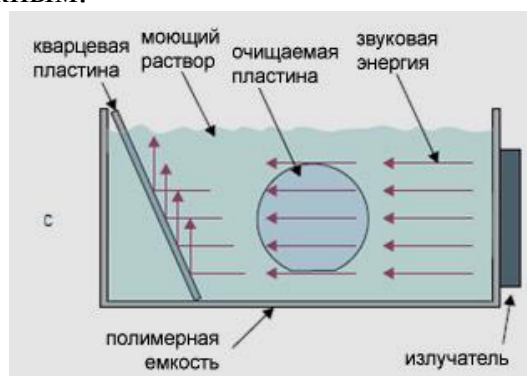


Рисунок 1 – Ультразвуковая ванна

Преимущества использования ультразвуковых установок:

- ультразвуковые колебания обеспечивают деликатную очистку предметов, исключая механические повреждения,
- эффективное удаление загрязнений,
- обеззараживание изделий без использования органических растворителей.

Ультразвуковые установки также применяются в атомной промышленности для очистки тепловыделяющих элементов (ТВЭлов) ядерных реакторов. На поверхности ТВЭлов возможны отложения в виде солей жёсткости и других загрязнений, которые могут приводить к перегреву и разгерметизации оболочек с радиационными последствиями.

Наложение ультразвуковых колебаний на трубки тепловыделяющих элементов обеспечивает значительное снижение трения при снаряжении ТВС, улучшается геометрическая форма каркаса ТВС и уменьшаются деформации ТВС при её эксплуатации.

Список литературы

1. Северденко, В.П. Применение ультразвука в промышленности /В.П. Северденко, В.В. Клубович. – Минск: Наука и техника, 1967. –280с.
2. Лебедев Н. М., Васильев А. П., Пышнограев М. П. и др. Опыт разработки и применения ультразвуковых технологий при химических эксплуатационных отмывках и изготовлении тепловыделяющих сборок атомных энергетических установок. Сборник трудов V Международной конференции «Атомэко-2011». Москва, 31 октября — 1 ноября 2011 г.

УДК 621.3

А.М. Ниязов

Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, г. Ижевск

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ КОРРЕКТОРА МОЩНОСТИ

Реализация энергосберегающих мероприятий на промышленных предприятиях является в настоящее время одной из важных инженернотехнических задач. Энергосбережение достигается за счет повышения энергоэффективности и качества энергопотребления [2].

Развитие силовой полупроводниковой техники позволяет создавать высокоэффективные технологии преобразования переменного тока. В этом случае преобразователь по отношению к сети выступает как потребитель.

При применении питания потребителей от полупроводниковых преобразователей имеющих не линейную ВАХ, нарушается электромагнитная совместимость за счёт несинусоидальности потребляемого тока из сети. При этом происходит генерирование в сеть гармонических и искажающих составляющих .

Все указанные недостатки с успехом компенсируются за счет использования активных устройств на входе системы электропривода взамен пассивных выпрямителей. Одним из наиболее перспективных является корректор коэффициента мощности [1,3].

Проведем моделирование схемы управляемого выпрямителя в Multisim [5]. Работа схемы представлена на рисунках 1 — 3.

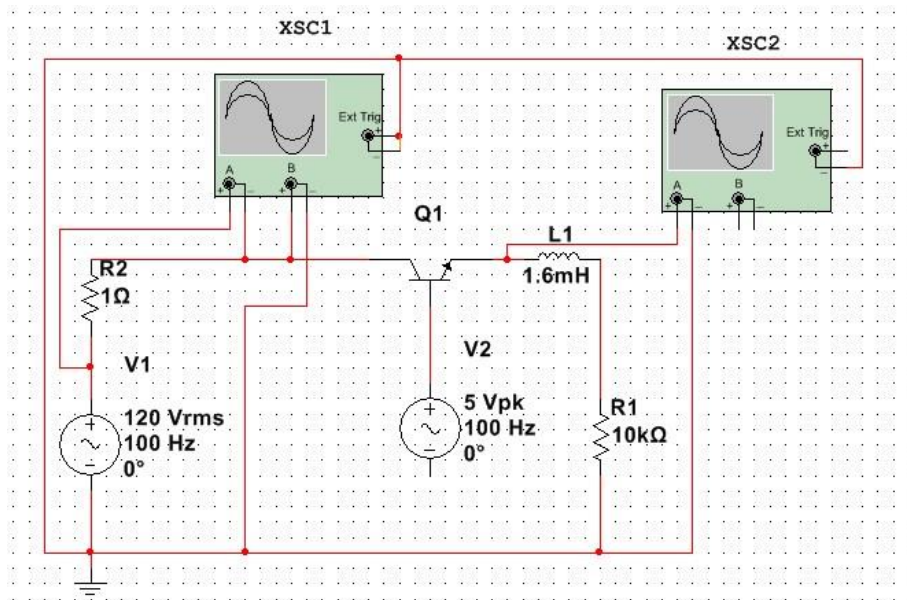


Рисунок 1 - Схема источника переменного напряжения с подключённой к нему нагрузкой через управляемый выпрямитель.

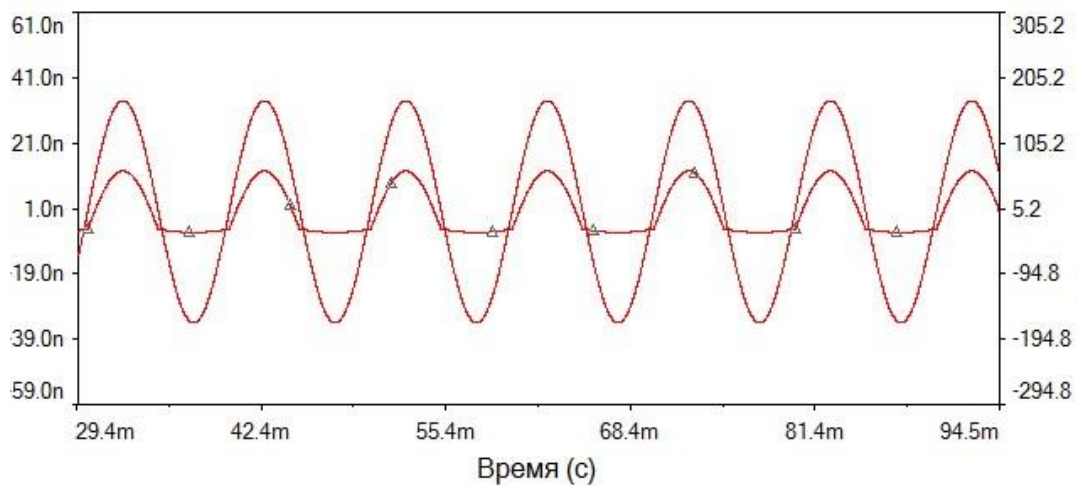


Рисунок 2 - Осциллограмма напряжения источника питания и напряжения на токовом резисторе (пропорциональное току в цепи), при работе с управляемым выпрямителем на нагрузку

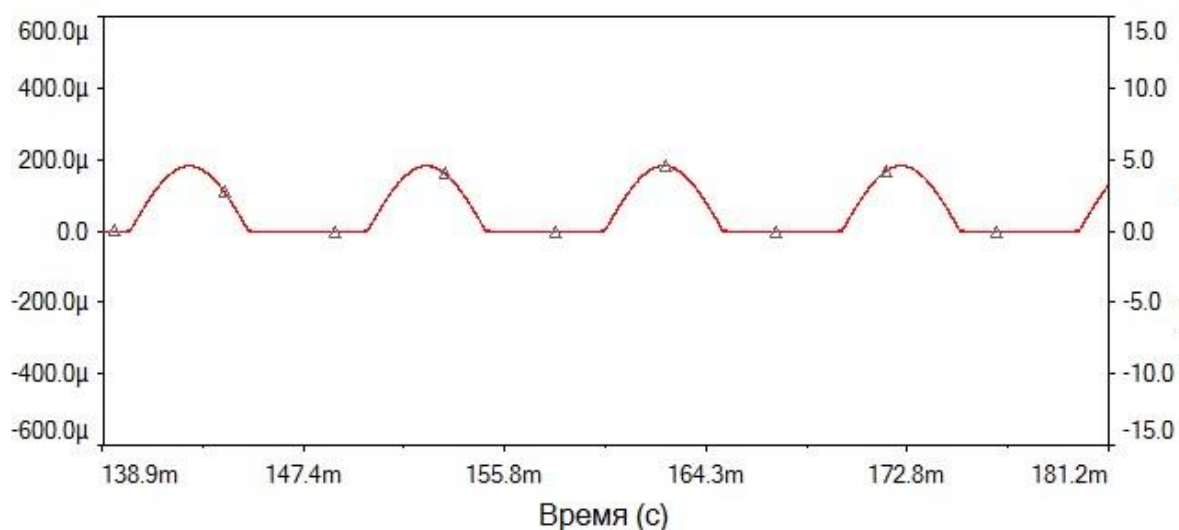


Рисунок 3 Осциллограмма напряжения на нагрузке

Моделирование схемы в Multisim даёт наглядное представление о работе управляемого выпрямителя, но возможности программы не достаточно для определения действительного влияние на питающую сеть таких устройств. В случае использования полностью управляемых вентилях встаёт вопрос об ограничении перенапряжений из-за большой скорости изменения коммутируемых токов. Поэтому, наряду с решением вопросов по созданию быстродействующих выпрямителей, необходимо решить и проблему снижения перенапряжений на вентилях при прерывании тока в цепи нагрузки

Исследования, оценивающие эффективность работы корректора коэффициента мощности, были проведены с помощью разработанной имитационной модели трехфазной сети с корректором коэффициента мощности и нагрузкой в среде инженерных расчетов Mathworks Matlab / Simulink с использованием встроенной библиотеки SimPowerSystems [4].

Модель включает в себя следующие блоки: трехфазного источника питания Three-Phase Source, задания уровня напряжения на конденсаторе, корректора коэффициента мощности, нагрузки, асинхронного двигателя, осциллографов для визуального анализа сигналов. Модели приведены на рисунке 4,5.

Блок нагрузки содержит модель асинхронного привода с инвертором и системой управления. В свою очередь блок корректора коэффициента мощности состоит из: датчиков фазных токов, датчиков фазных напряжений, дросселя L, трехфазного инвертора с IGBT-модулем, конденсатора C и блока системы управления ключами инвертора корректора.

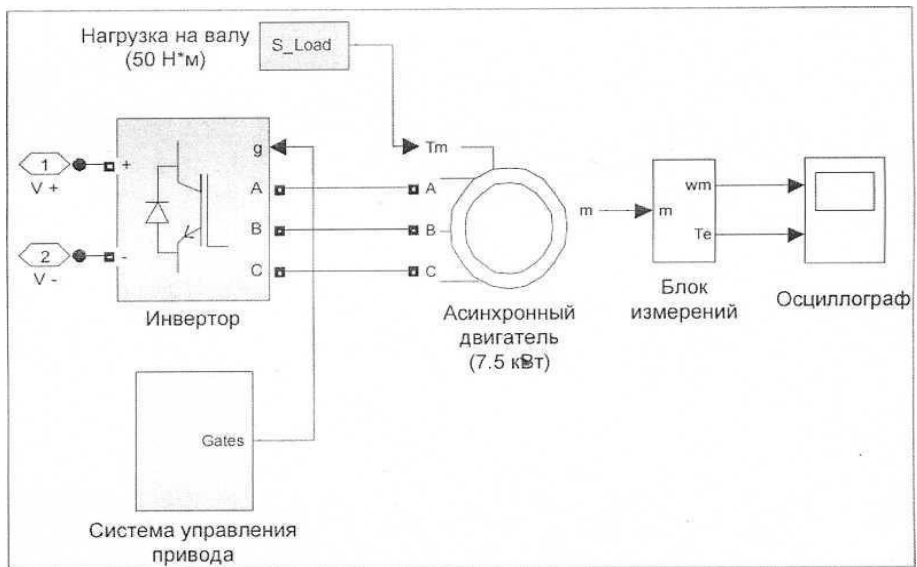


Рисунок 4. Модель нагрузки, асинхронного двигателя и осциллографов

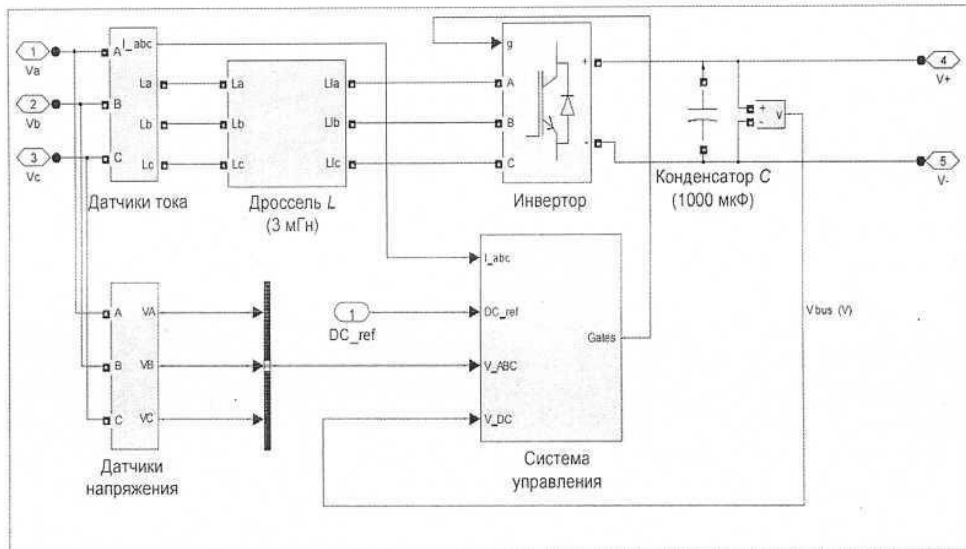


Рисунок 5. Модель корректора коэффициента мощности.

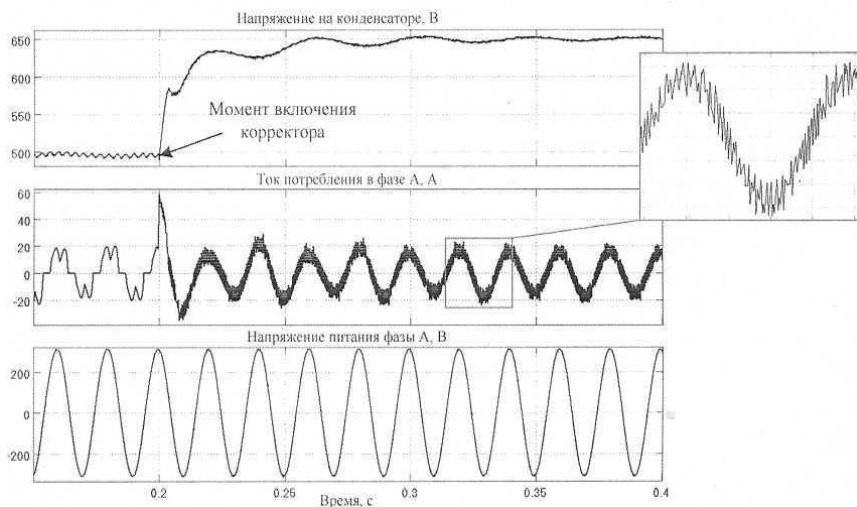


Рисунок 6. Осциллограммы снятые с конденсатора С, с токового пробника датчика тока в фазе А, входного линейного напряжения в фазе А.

Результаты моделирования сведены в таблицу 1.

Таблица 1.- Результаты моделирования.

Параметр	Без корректора мощности	С корректором мощности
Коэффициент мощности	0,71	0,998
Гармонический состав сигнала тока, А	50 Гц - 15,45 А 250 Гц - 5,15 А КГИ - 52,1 %	50 Гц - 15,08 А 250 Гц - 0,64 А КГИ - 8,9%
Напряжение на конденсаторе (процент от заданного уровня)	75,38 %	99,92 %

Моделирование работы корректора коэффициента мощности показала, что система управления ключами инвертора корректора обеспечила не только синусоидальную форму тока и отсутствие сдвига фазы тока относительно фазы напряжения, но и заданный уровень напряжения на конденсаторе.

Список литературы

1. Васильев, А. Анализ современных методов и технических средств коррекции коэффициента мощности у импульсных устройств/А. Васильев, В. Худяков, В. Хабuzов//Силовая электроника. -2004. -№ 2. -С. 72-77.
2. Кудрин Б.И. и др. Электроснабжение промышленных предприятий. Том 1. – Москва : Издво «Теплотехник», 2017. – 220 с.
3. Мелешин В.И., Транзисторная преобразовательная техника. М.: Техносфера.2005. – 627 с. 4. Основы моделирования в среде Simulink : учебное пособие для студентов, обучающихся по направлениям "Теплоэнергетика и теплотехника" и "Агроинженерия" / сост. П. Л. Лекомцев. - Ижевск : РИО ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2015. - 60 с. 5. Штин А.А. Электротехнические дисциплины в среде моделирования Multisim: лабораторный практикум : учеб. пособие для вузов. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ имени М.Т. Калашникова, 2016, - 220 с.

УДК 621.3

Н.Г. Перебаскин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Энергетический институт, кафедра Электропривода и электрооборудования

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОГРУЖНОГО НАСОСНОГО АГРЕГАТА ДЛЯ ОТКАЧКИ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА

Технология откачки попутного нефтяного газа (ПНГ), на сегодняшний день, является весьма актуальной задачей, способствующей решению проблемы утилизации ПНГ, помимо этого она позволяет понизить давление в затрубном пространстве скважины, тем самым повышая приток скважинной продукции. По данным Министерства природных ресурсов и экологии РФ, изежегодно

добываемого в России ПНГ, лишь 26% направляется в переработку, 47% идет на нужды промыслов либо списывается на технологические потери и 27% сжигается в факелах. Помимо экономических убытков, утилизация ПНГ приводит к значительным выбросам твердых загрязняющих веществ и ухудшению экологической обстановки в нефтепромысловых районах [1].

В качестве привода для откачки ПНГ в основном используют электроцентробежные насосы (УЭЦН) с погружным асинхронным маслозаполненным двигателем с короткозамкнутым ротором. На примере погружного электродвигателя ЭДСТ220117М6 произведем расчет статических характеристик, используя Т-образную схему замещения, которая представлена на рисунке 1 [2].

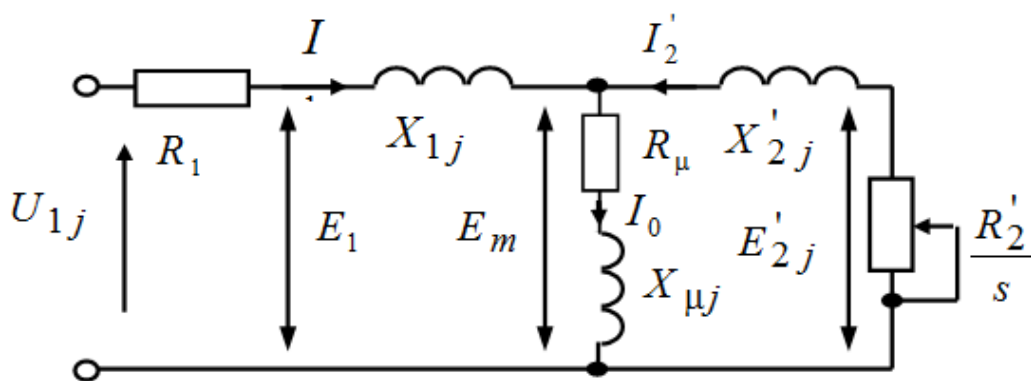


Рисунок 1 – Схема замещения АД

Исходя из расчета, выполняем построение естественных характеристик (рисунок 2) погружного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

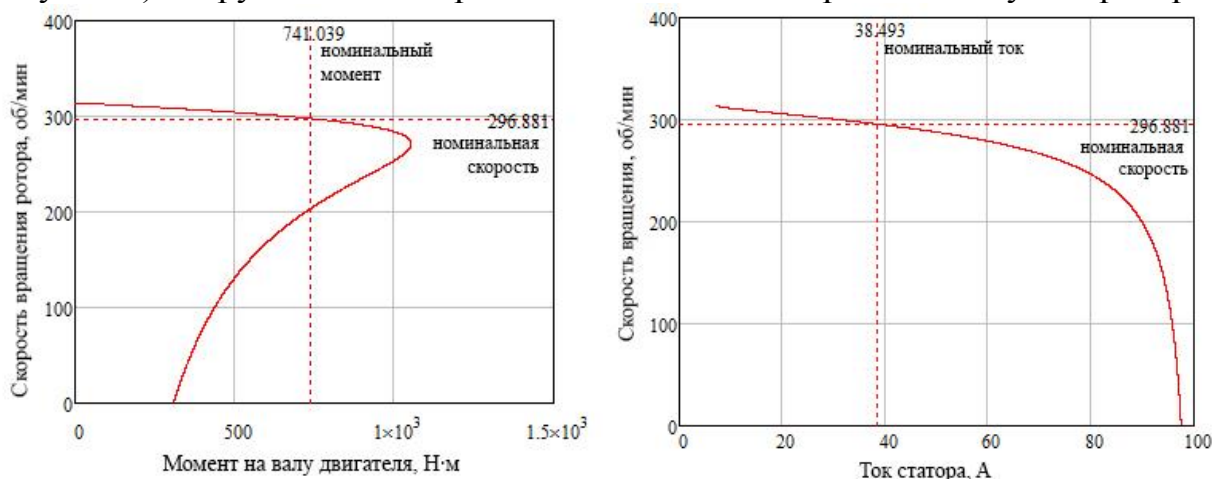


Рисунок 2 – Естественные механическая и электромеханическая характеристики погружного электродвигателя

Далее, в имитационной среде Simulink-Matlab, выполняем моделирование электропривода в стационарной системе координат (рисунок 3) [3].

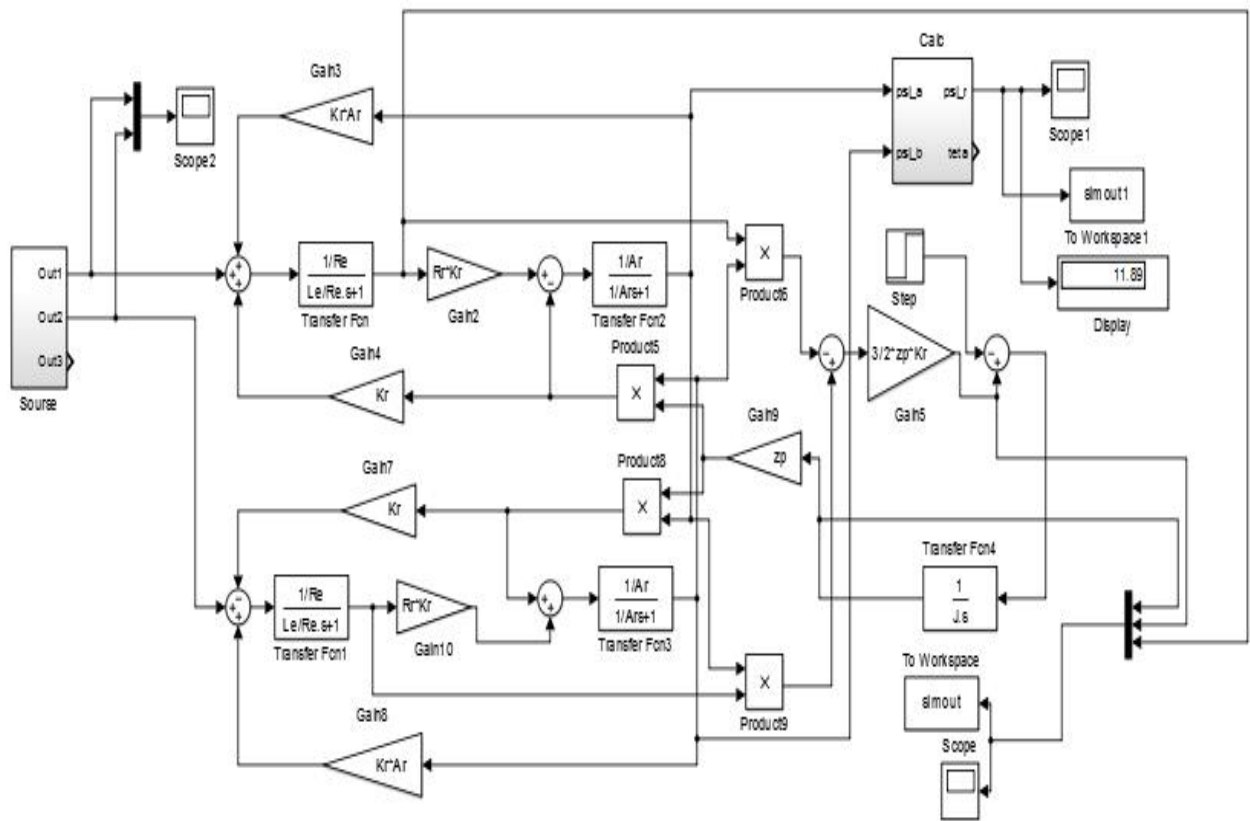


Рисунок 3 – Имитационная модель электропривода в стационарной системе координат

На рисунке 4 представлены зависимости момента, скорости вращения и тока статора от времени. В период $t = 0,5\text{с}$ происходит наброс нагрузки.

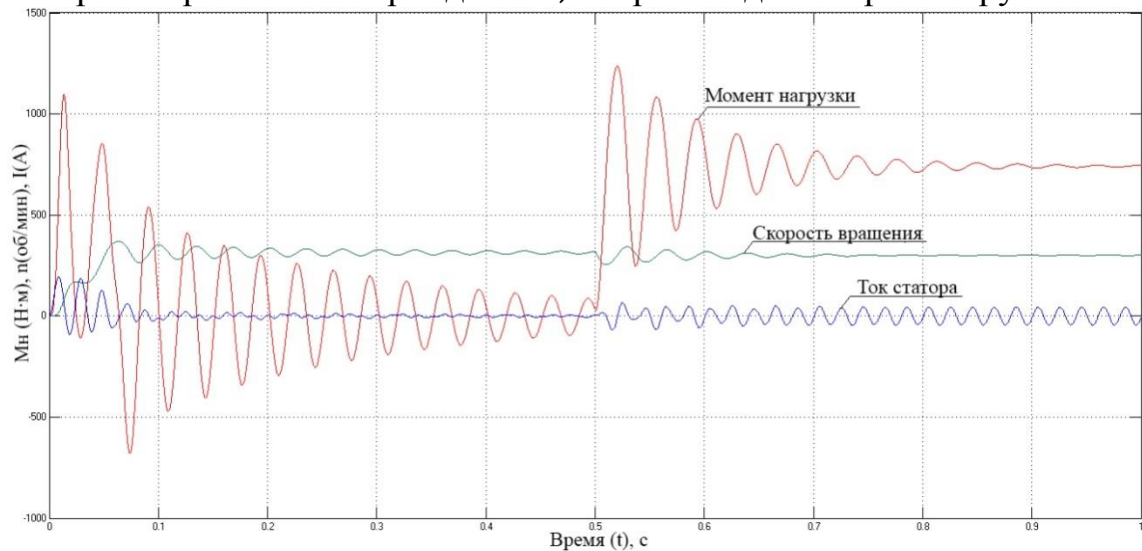


Рисунок 4 – Зависимости M_n , n , I от времени

Исходя из данных, полученных с помощью имитационной модели, можно сделать вывод о том, что модель погружного АД работает адекватно – номинальные параметры электродвигателя (рисунок 4), совпадают с номинальными параметрами естественных характеристик (рисунок 2), полученных путем математического расчета Т-образной схемы замещения.

Список литературы:

1. А.А. Долгань, Технология откачки газа из затрубного пространства добывающих скважин, Изд-во: «Нефтегазовая вертикаль» №6
2. Ю.Н. Дементьев, С.Н. Кладиев., Проектирование электроприводов производственных механизмов Часть 1, Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 159с.
3. Л.С. Удут, О.П. Мальцева, Н.В. Кояин., Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов: учебное пособие. Ч.8. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 648с.

УДК 621.313

А.В. Переверзев, В.Н. Овсянников

Самарский государственный технический университет, г. Самара

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОМЕНТНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Основные задачи при создании электроприводов и, в частности их электромеханической части – моментных двигателей, для авиационного электрооборудования сформулированы в [1] следующей последовательности:

- повышение надежности (вероятности безотказной работы в заданное время) системы;
- снижение относительной массы, уменьшение габаритов и повышение энергетических показателей электрических машин;
- повышение конкурентоспособности изделий, в том числе за счет снижения их себестоимости.

Эти задачи могут быть решены при применении системного подхода к процессу автоматизированного проектирования, заключающегося в создании адекватной математической модели машины, учитывающей массогабаритные, энергетические, стоимостные показатели, характеристики ее надежности. Моментный двигатель (МД) с органическим углом поворота ротора, конструкция которого описана в [2], из-за своих особенностей не может рассчитываться по традиционным инженерным методикам. Несмотря на относительную простоту конструкции МД, его геометрия и основные параметры не могут быть рассчитаны последовательным линейным алгоритмом. В расчете, как правило, требуется несколько итеративных циклов, которые не при всяких сочетаниях параметров являются сходящимися. Во всех вариантах методик имеется ряд основных блоков, которые определены особенностями моментных двигателей. В первую очередь это особенности, связанные с беспазовой конструкцией кольцевой обмотки статора, вынесенной в воздушный зазор.

Основной параметр системы возбуждения на основе постоянных магнитов – это расчетная высота магнита, которая при заданных величинах немагнитного зазора и коэффициента насыщения магнитной цепи, прямо зависит от расчетной индукции в зазоре и характеристик магнитов

Для обеспечения постоянства момента при неизменном потоке, линейная нагрузка на всем диапазоне рабочих углов поворота ротора должна быть строго постоянной. Это обеспечивается рядовой намоткой обмотки статора с постоянным коэффициентом линейного заполнения. Слои обмотки должны быть полностью заполнены обмоточным проводом.

Расчетная математическая модель моментного двигателя с ограниченным углом поворота ротора должна в первую очередь удовлетворять специфическим требованиям автоматизированного проектирования. Гибкость математической модели должна обеспечивать возможность подключения уточняющих подпрограмм, в частности блоков расчета магнитных полей двигателя.

В случае, если в задании на проектирование требуется, кроме минимизации массы, ещё и минимизация потребляемой мощности, задача строго не разрешима. Это типичная задача многокритериальной оптимизации и решаться она должна методом компромиссов. Например, методом построения обобщенного критерия оптимизации.

Результатами расчетов стали поверхности отклика целевых функций для различных параметров МД. На основе их были проведены оптимизационные расчеты, позволившие добиться заметного снижения массо-габаритных показателей проектируемых машин по сравнению с аналогами.

Список литературы

- 1 Столов Л.И., Афанасьев А.Ю. Моментные двигатели постоянного тока. – М. Энергоатомиздат, 1989 – 224с.
- 2 Овсянников В.Н., Макаричев Ю.А. Метод расчета коэффициента рассеяния беспазового моментного двигателя с постоянными магнитами. Изв. вузов. Электромеханика. №6, 2007. стр. 38-40.

УДК 621.314

А.А. Поворознюк, А.В. Белов

Южно-Уральский государственный аграрный университет, г. Челябинск

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕЖВИТКОВЫХ ЗАМЫКАНИЙ В ОБМОТКАХ ОДНОФАЗНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

На ранней стадии развития межвиткового замыкания ток первичной обмотки трансформатора если и увеличивается, то не намного, что не позволяет обеспечить диагностику межвитковых замыканий обычными средствами защиты. Разрабатываемые в настоящее время способы и средства защиты трансформаторов от межвитковых замыканий требуют дорогостоящей аппаратуры, что не приемлемо для условий сельского хозяйства.

Наиболее простым способом диагностики межвиткового замыкания было бы простое измерение выходного напряжения. Так, при образовании замыкания между витками, образуется короткозамкнутый виток и изменяется количество

витков обмотки (обычно первичной, т.е. обмотки высшего напряжения), что влечет за собой изменение коэффициента трансформации (рисунок 1).

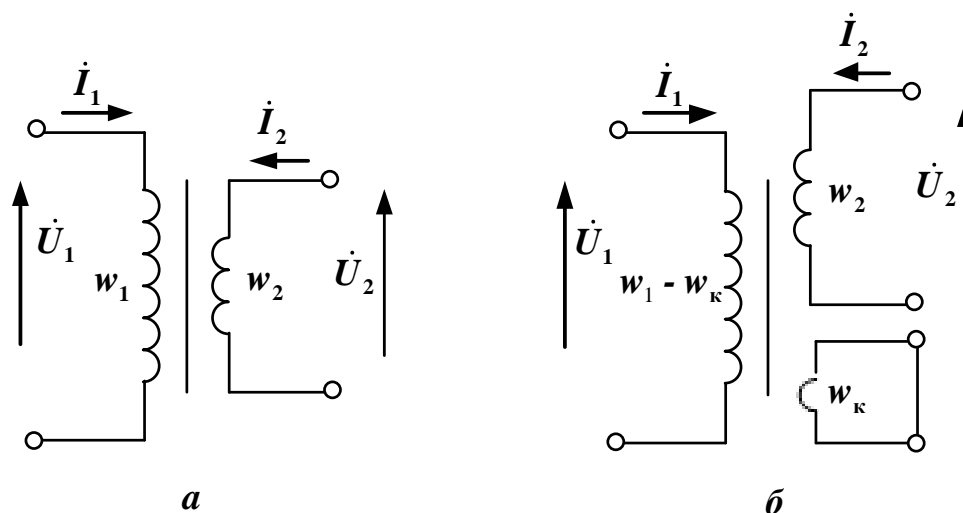


Рисунок 1 - Расчетная схема трансформатора: а) - до образования короткозамкнутого витка; б) - после образования короткозамкнутого витка

Выход из строя одного или нескольких витков первичной обмотки должен привести к повышению вторичного напряжения. Например, если имеется трансформатор с первичным напряжением $U_1=220$ В, и количеством витков первичной обмотки $w_1=482$ и вторичной $w_2=28$, то вторичное напряжение, измеренное в режиме холостого хода на неповрежденном трансформаторе будет равно:

$$U_2 = U_1 \cdot \frac{w_2}{w_1} = 220 \cdot \frac{28}{482} = 12,78 \text{ В.}$$

После образования короткозамкнутого витка:

$$U_2 = U_1 \cdot \frac{w_2}{w_1 - 1} = 220 \cdot \frac{28}{482 - 1} = 12,8 \text{ В.}$$

Возникает разница в 0,02 В, которая может быть обнаружена приборами. Однако на практике выходное напряжение при межвитковых замыканиях не только не увеличивается, но даже снижается, что объясняется тем, что короткозамкнутый виток создает дополнительную нагрузку на трансформатор.

Поэтому целью исследований было определение влияния межвитковых замыканий на выходное напряжение однофазного трансформатора.

В нашем исследовании мы использовали однофазный трансформатор типа ОСО-0,25 УХЛЗ с паспортными данными, представленными в таблице 1.

Таблица 1 – Паспортные данные трансформатора

$U_{1н}, \text{В}$	$U_{2н}, \text{В}$	$S_n, \text{кВА}$	$f, \text{Гц}$	w_1	w_2
220	12	0,25	50	482	28

В таблице 2 приведены данные опыта холостого хода и короткого замыкания неповрежденного трансформатора

Таблица 2 – Опытные данные для неповрежденного трансформатора

	$U_1, \text{В}$	$U_2, \text{В}$	$I_1, \text{А}$	$P_1, \text{Вт}$
Опыт ХХ	220	12,79	0,22	8
Опыт КЗ	29,5	–	1,14	33

Далее, по общеизвестным формулам [1], были найдены параметры Т-образной схемы замещения трансформатора: $Z_1=12,7+j2,5$; $Z'_2=12,7+j2,5$; $Z_m=152,7+j983,7$ и построена схема замещения (рисунок 2).

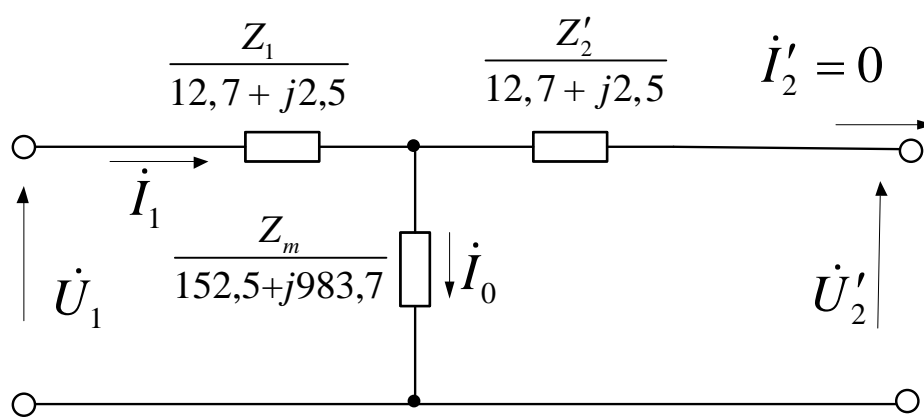


Рисунок 2 – Схема замещения неповрежденного трансформатора

При межвитковом замыкании образуется короткозамкнутый виток, образующий дополнительную вторичную обмотку (рисунок 1б). Приняв короткозамкнутый виток в качестве одной из вторичных обмоток трансформатора, с ним был проведён опыт короткого замыкания в соответствии со схемой замещения, представленной на рисунке 3.

Опыт проводился при пониженном напряжении на первичной обмотке (11,9 В) с целью исключения влияния цепи намагничивания на величину сопротивления короткого замыкания. В результате сопротивление короткого замыкания трансформатора составило $Z_k = 406,9 + j409,9$ Ом, а приведенное к первичной обмотке сопротивление короткозамкнутого витка составило:

$$Z'_{\text{кв}} = Z_k - Z_1 = (406,9 + j409,9) - (12,7 + j2,5) = 394,2 + j407,4 \text{ Ом.}$$

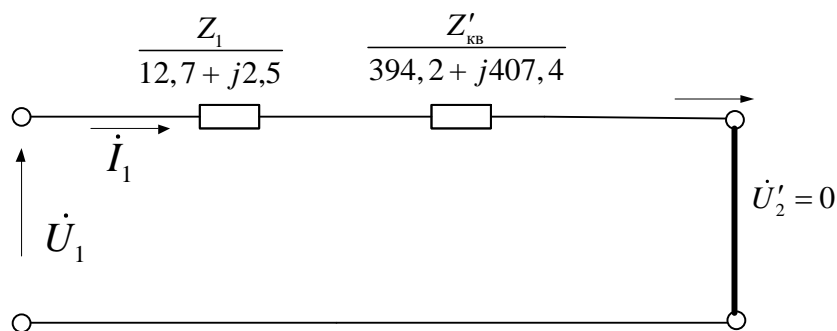


Рисунок 3 – Схема замещения трансформатора при опыте короткого замыкания с короткозамкнутым витком в качестве вторичной обмотки

Если включить трансформатор на холостом ходу (т.е. при отсутствии внешней нагрузки), но при наличии короткозамкнутого витка, то последний будет шунтировать цепь намагничивания. В этом случае схема замещения трансформатора будет иметь вид, представленный на рисунке 4.

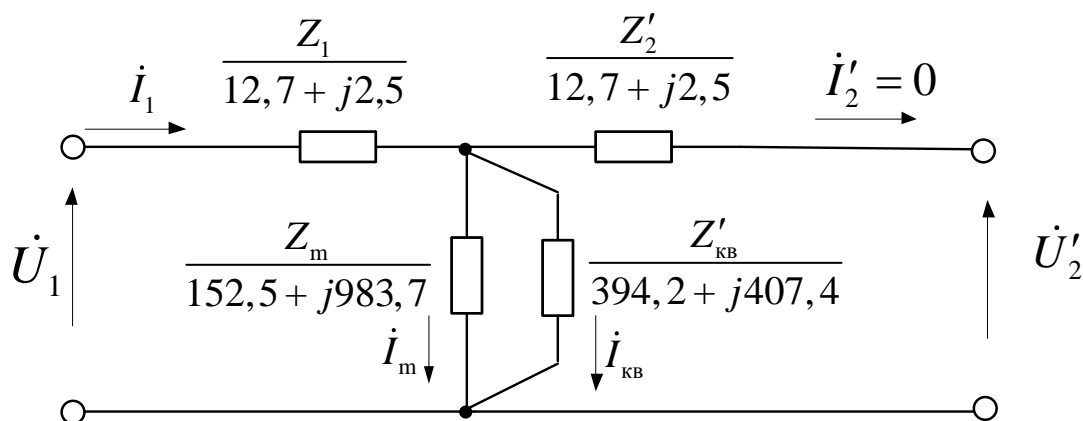


Рисунок 4 – Схема замещения трансформатора в режиме холостого хода при наличии короткозамкнутого витка

Далее из схемы замещения (рисунок 4) было определено выходное напряжение U_2 .

Для этого вначале определили сопротивление цепи холостого хода трансформатора при наличии короткозамкнутого витка:

$$Z_0 = Z_1 + \frac{Z_m \cdot Z'_{кв}}{Z_m + Z'_{кв}} = 12,7 + j2,5 + \frac{(152,5 + j983,7) \cdot (394,2 + j407,4)}{(152,5 + j983,7) + (394,2 + j407,4)} = 209,5 + j324,7 \text{ Ом.}$$

Затем определили ток холостого хода:

$$I_0 = \frac{U_1}{Z_0} = \frac{220j}{209,5 + j324,7} = 0,309 - j0,478 \text{ А.}$$

Приведенное к первичной обмотке вторичное напряжение определили как произведение тока I_0 на сопротивление параллельно соединенных ветвей намагничивания и короткозамкнутого витка:

$$U'_2 = I_0 \cdot \frac{Z_m \cdot Z'_{KB}}{Z_m + Z'_{KB}} = (0,309 - j0,478) \cdot \frac{(152,5 + j983,7) \cdot (394,2 + j407,4)}{(152,5 + j983,7) + (394,2 + j407,4)} = 214,8 + j5,3B$$

При наличии одного короткозамкнутого витка количество витков первичной обмотки уменьшится на единицу, коэффициент трансформации изменится и будет равен:

$$K' = \frac{w_1 - 1}{w_2} = \frac{482 - 1}{28} = 17,179.$$

Напряжение на вторичной обмотке трансформатора будет равно:

$$U_2 = \frac{U'_2}{K'} = \frac{214,884 + j5,304}{17,179} = 12,509 + j0,309 \text{ В.}$$

Абсолютное значение напряжения на вторичной обмотке равно $U_2 = 12,513$ В. Напряжение на вторичной обмотке неповрежденного трансформатора, измеренное на холостом ходу составляет $U_2 = 12,78$ В. Таким образом, при наличии короткозамкнутого витка в первичной обмотке напряжение на вторичной обмотке не только не увеличилось, но уменьшилось на $\Delta U_2 = 12,78 - 12,513 = 0,267$ В.

Проведенные исследования показали, что наличие межвитковых замыканий можно диагностировать по изменению напряжения на вторичной обмотке, измеренного на холостом ходу.

Для того, чтобы исключить влияние колебаний питающего напряжения на результаты измерений, предлагается параллельно исследуемому трансформатору включать эталонный, заведомо неповрежденный трансформатор с тем же коэффициентом трансформации. В этом случае при повреждении одного из трансформаторов возникнет разность напряжений вторичных обмоток, которая может быть определена с помощью приборов.

Схема устройства диагностики межвитковых замыканий, применительно к трехфазному потребительскому трансформатору 10/0,4 кВ представлена на рисунке 5. Здесь в качестве эталонного, заведомо неповрежденного трансформатора принят штатный трансформатор напряжения, входящий в комплект многих подстанций.

К фазам силового трансформатора подключены выпрямители с фильтрами. Они же подключены и к фазам согласующего трансформатора. Разница между фазными напряжениями силового и согласующего трансформаторов улавливается гальванометрами.

Опытная модель диагностирующего устройства была изготовлена и испытана [2]. Испытания показали работоспособность модели.

По результатам исследований составлена заявка на изобретение «Устройство диагностики межвитковых замыканий трансформаторов».

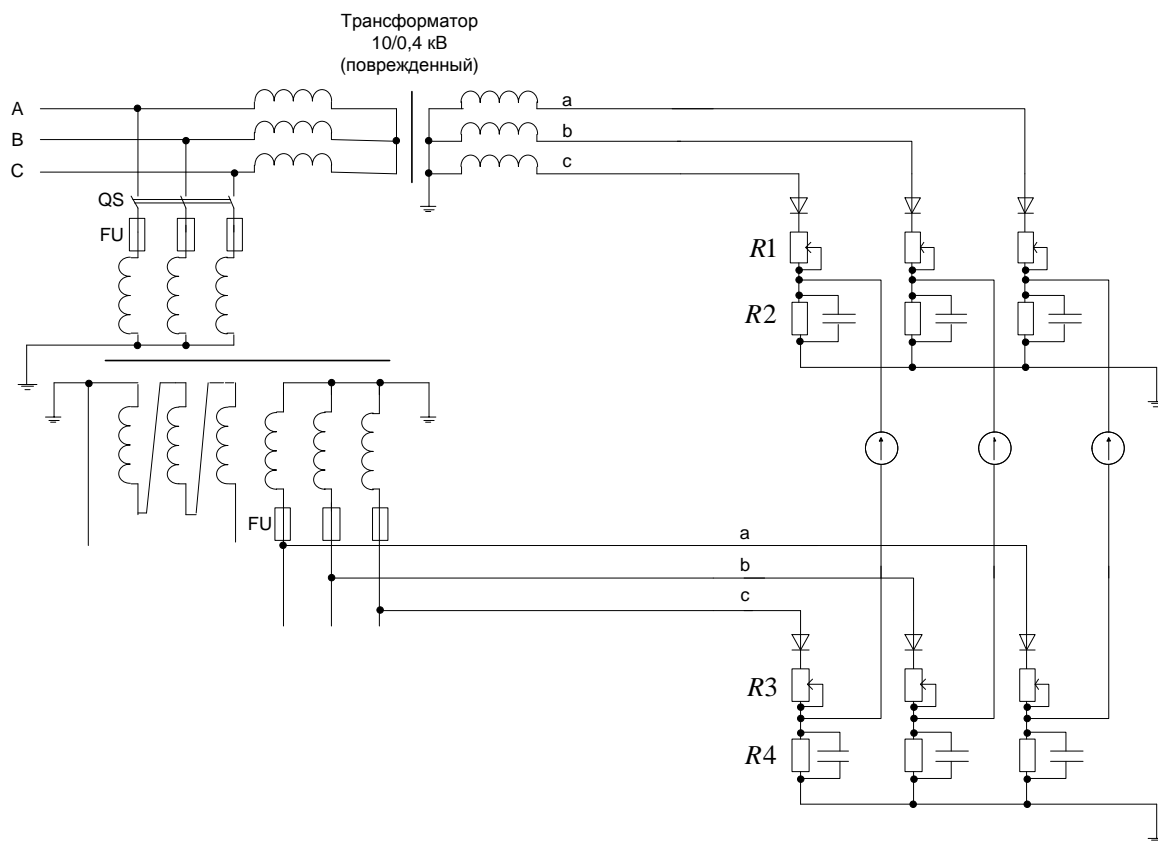


Рисунок 5 – Электрическая схема устройства диагностики межвитковых замыканий в потребительских трансформаторах

По результатам исследований были сделаны следующие выводы:

1. Расчеты показывают, что при наличии межвиткового замыкания в первичной обмотке трансформатора, напряжение на выводах вторичной обмотки не только не увеличивается, но даже несколько снижается. Это объясняется тем, что короткозамкнутый виток дает дополнительную нагрузку на трансформатор.
2. Изменение выходного напряжения трансформатора, наблюдаемое в режиме холостого хода при межвитковых замыканиях, может быть использовано для диагностики межвитковых замыканий.
3. В условиях сельского хозяйства диагностировать межвитковое замыкание потребительского трансформатора возможно, сравнивая выходное напряжение силового трансформатора на холостом ходу с выходным напряжением заведомо неповрежденного трансформатора.

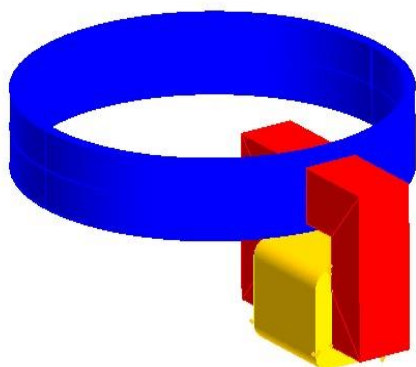
Список литературы

1. Вольдек А. И. Электрические машины. М.: Энергия, 1974 – 840 с.
2. Поворознюк А.А. Диагностика межвитковых замыканий в потребительских трансформаторах. Материалы LXVII студенческой конференции «Идеи молодых – агропромышленному комплексу», Часть 1. – Челябинск, ЮУрГАУ, 2016.

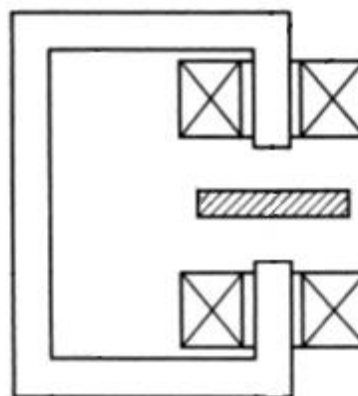
УДК 621.365.51

ИНДУКЦИОННЫЙ НАГРЕВ КОЛЬЦА ПЕРЕД ДЕФОРМАЦИЕЙ

Целью моделирования является исследование процесса нагрева металлической заготовки подшипникового кольца перед деформацией, проверка возможности использования методики Кувалдина для расчета устройства ИНФС (индукционного нагрева ферромагнитной стали). Для моделирования используется программа Flux 3D. К преимуществам данного пакета относятся возможность моделировать и рассчитывать поля различной физической природы, а также решать задачи, связанные с трехмерными объектами с меняющимися параметрами, которые обусловлены переходными процессами, протекающими при нагреве. Решение задачи осуществляется с помощью индукционного нагрева. Преимуществами данного типа нагрева является высокая скорость нагрева, формирование тепла непосредственно внутри детали, хорошая управляемость, экологичность. Представленное кольцо замкнуто, в связи с этим используется индуктор поперечного поля с С-образным сердечником. На рисунках представлены возможные типы исполнения данной конструкции.



Рассматриваемая модель объекта



*Эскиз устройства нагрева
в поперечном магнитном поле*

Представленная конструкция применима для нагрева небольших пластин и лент различной формы со стороной до 300мм и лент такой же ширины.

Для расчета устройства индукционного нагрева ферромагнитной стали использовалась методика, основанная на экспериментальном получении энергетических параметров участков системы. В отличие от других инженерных методик расчета устройств индукционного нагрева [1],[2], основанных на использовании электрических и магнитных схем замещения системы индуктор-загрузка, при котором расчет энергетических величин для разных типов систем индуктор-загрузка возможен на основе единого подхода: сначала идет расчет напряженности магнитного поля на поверхности загрузки, а затем определение

коэффициента связи (по формулам теоретического или экспериментального характера), с последующим расчетом напряженности на поверхности индуктора и расчета мощностей, данная методика основана на экспериментально полученных зависимостях для активной и реактивной мощностей в загрузке, и выбор коэффициента связи здесь не требуется [3].

В результате варьирования четырех параметров (плотность магнитного поля, температура нагрева, отношения диаметра загрузки к диаметру полюса магнитопровода и отношения толщины заготовки к зазору между полюсами магнитопровода) были получены зависимости для мощностей в загрузке [3]:

$$P_2 = -140 + 342B^{4,8} + 34,8t_2^{0,3} + 50,7\left(\frac{d_2}{d_M}\right)^{2,3} + 178\left(\frac{\delta_2}{\delta_{II}}\right)^{0,6} - 116B^{4,8}t_2^{0,3} + 186B^{4,8}\left(\frac{d_2}{d_M}\right)^{2,3} + 848B^{4,8}\left(\frac{\delta_2}{\delta_{II}}\right)^{0,6} - 11,4t_2^{0,3}\left(\frac{d_2}{d_M}\right)^{2,3} - 48,2t_2^{0,3}\left(\frac{\delta_2}{\delta_{II}}\right)^{0,6} + 62,2\left(\frac{d_2}{d_M}\right)^{2,3}\left(\frac{\delta_2}{\delta_{II}}\right)^{0,6};$$

$$Q_2 = 26,6 + 440B^{5,8} - 297t_2^{-0,55} - 77\left(\frac{d_2}{d_M}\right)^3 - 17,2B^{5,8}\left(\frac{\delta_2}{\delta_{II}}\right)^3 + 755B^{5,8}\left(\frac{\delta_2}{\delta_{II}}\right)^{1,5} + 138t_2^{-0,55}\left(\frac{d_2}{d_M}\right)^3;$$

Формула для расчета реактивной мощности учитывает мощность не только в загрузке, но и в рабочем зазоре. Данные формулы обеспечивают достаточную точность для расчетов (ошибка менее 5%).

После окончания расчетов идет сравнение активной и реактивной мощности системы с учетом мощностей в индукторе и без. При превышении данной разницы выше 5%, параметры индуктора подлежат пересмотру. Для нагрева до 500°C применима конструкция, представленная в начале, однако для более сильного нагрева не подходит, в связи с высокими значениями магнитного потока и большими полями рассеивания. Решением проблемы может стать изменение конструкции устройства, либо же увеличение количества устройств, нагревающих ферромагнитную заготовку.

Список литературы

1. Немков В.С., Демидович В.Б. Теории и расчет устройств индукционного нагрева. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. Отд-ние, 1988. – 280 с.; ил.
2. Слухоцкий А.Е. и Рыскин С.Е. Индукторы для индукционного нагрева. – Л.: «Энергия», 1974. – 264 с.; ил.
3. Кувалдин А.Б. Индукционный нагрев ферромагнитной стали. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 200 с.; ил.

Е.Н. Пугач

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, г. Томск, ЭНИН, кафедра ЭПЭО, группа 5ГМ5Б

МОДЕЛИРОВАНИЕ КРАТКОВРЕМЕННЫХ НАРУШЕНИЙ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Системы производства и распределения электрической энергии работают в различных режимах. В реальном времени уровень потребления электроэнергии на предприятии постоянно изменяется. При нормальном режиме работы возникают кратковременные нарушения в электроснабжении, которые приводят к скачкам токов, превышающих номинальные значения токов элементов системы. Данным режимам уделяется особое внимание при проектировании и эксплуатации системы электроснабжения [1].

Основной причиной кратковременных нарушений являются короткие замыкания, которые могут быть обусловлены ударами молнии, загрязнением изоляции, механическими повреждениями изоляторов и опор линий электропередачи, касанием проводов посторонними предметами и другими причинами. Аварийный режим работы длится до момента срабатывания защиты энергосистем, которая отключает аварийный участок.

На стадии проектирования энергосистемы необходимо учитывать возможные нарушения для правильного выбора электрооборудования. Специальные компьютерные программы позволяют смоделировать систему электроснабжения и улучшить качество выбора элементов системы. Модель формируется из блоков, моделирующих элементы энергосистемы. Моделирование системы позволяет приблизить математическую базу построения к реальной системе.

Данными для проектирования и моделирования системы электроснабжения являются тип, количество и номинальная мощность электроприемников. Выбор электрооборудования производится на основе расчета электрических нагрузок методом упорядоченных диаграмм. Оценка правильности полученной модели проводится сравнением результатов, полученных с помощью моделирования и метода упорядоченных диаграмм. [2].

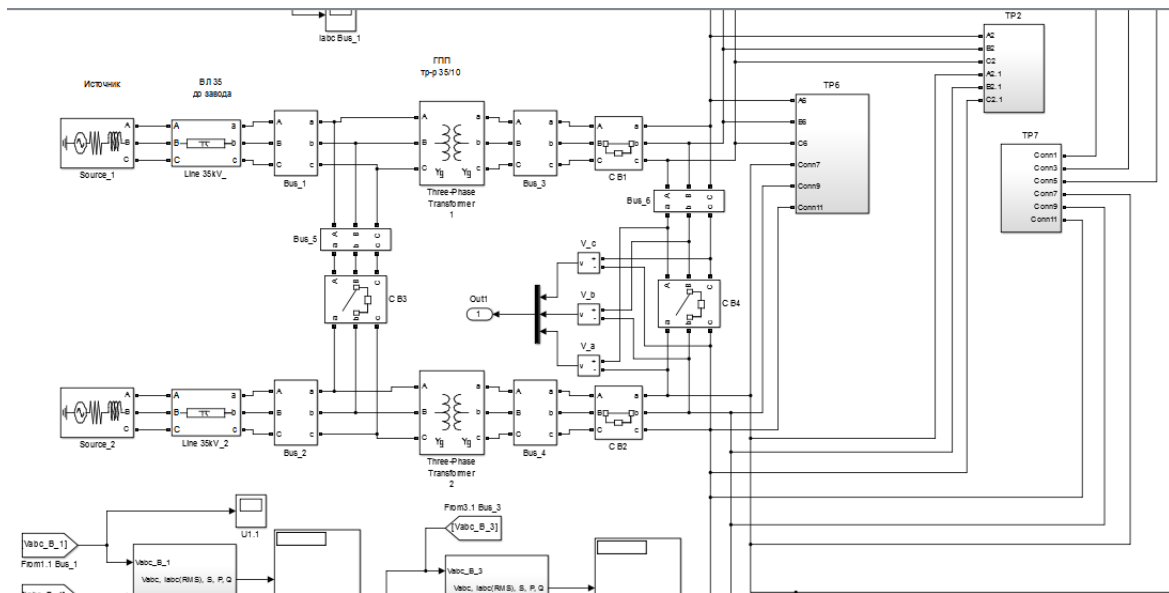


Рисунок. 4. Модель системы электроснабжения предприятия 35/10/0.4 кВ

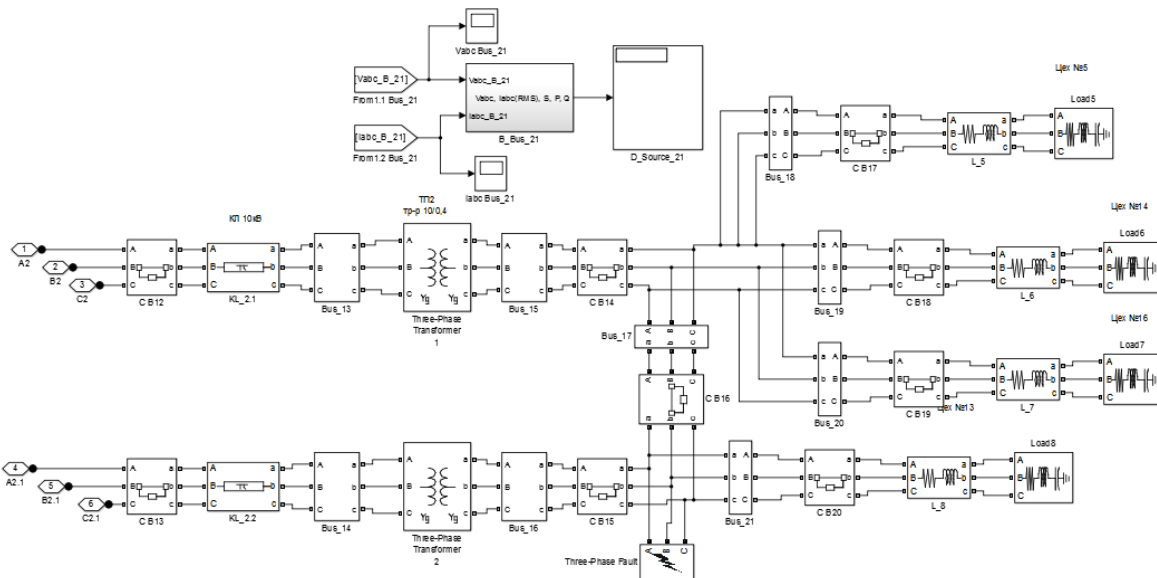


Рисунок. 2. Модель цеха №2 предприятия

Создав модель системы электроснабжения предприятия производим моделирование короткого замыкания на землю. На рисунке 3 видно, как в момент короткого замыкания происходит провал напряжения. Короткое замыкание происходит одновременно на двух фазах – А и В. Глубина провала составляет примерно 60 %.

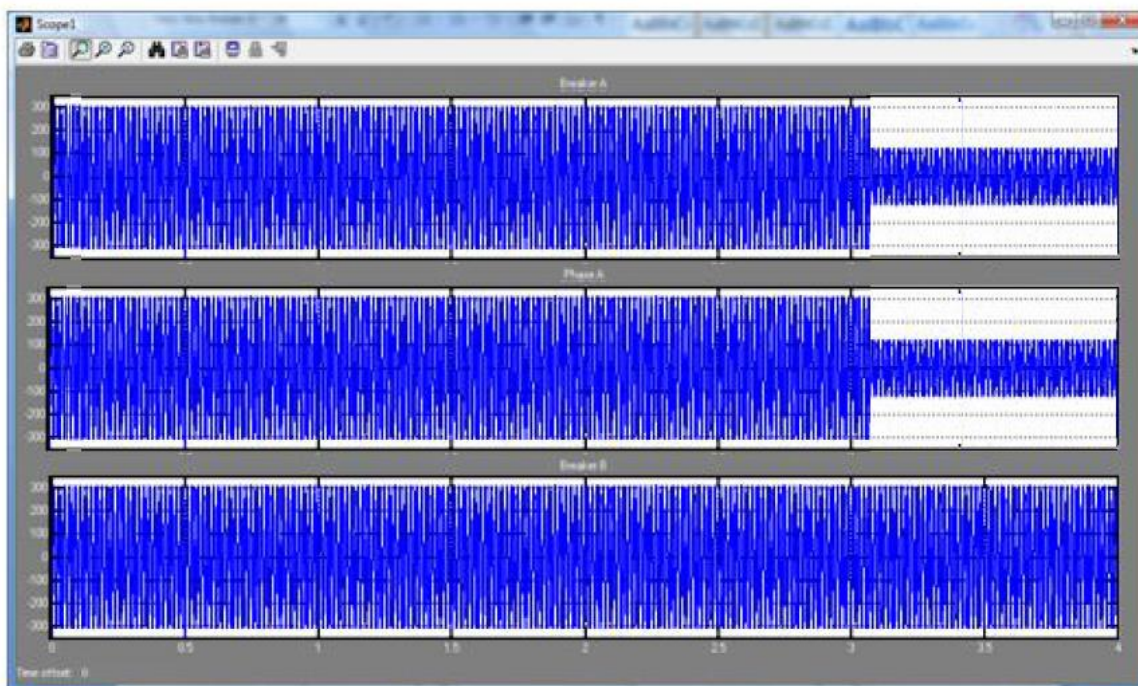


Рисунок. 3. Графики изменения напряжения в модели трехфазной сети

Моделирование системы электроснабжения позволяет рассчитывать короткие замыкания, исследовать влияние изменения нагрузки, а также подключение компенсирующих устройств и асинхронных двигателей. С помощью данной модели возможно определить влияние кратковременных нарушений на электрооборудование предприятия и системы в целом.

Список литературы

1. Горячев В.Я. Элементы электроэнергетических систем в среде MatLAB/Simulink/SimPowerSystems. Учебно-методическое пособие. Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2009. 240 с.
2. Шидловский А.К., Вагин Г.Я., Куренный Э.Г. Расчёты электрических нагрузок систем энергоснабжения промышленных предприятий. М.: Энергоатомиздат, 1992. 224 с.

О.С. Пташкина-Гирина, Р.Ж. Низамутдинов

Южно-Уральский государственный аграрный университет

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ОЗЕР ДЛЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Вода является мощным поглотителем солнечной энергии тепла на поверхности Земли. Вода поглощает солнечную энергию своим верхним слоем, аккумулирует ее в этом слое и распространяет на всю толщу. Известно, например, что Мировой океан поглощает солнечную энергию в 2-3 раза больше, чем у поверхности суши [1]. Для широты Челябинской области среднее значение солнечной энергии, поглощенное атмосферой, составляет 69-71 ккал/см², а для водной поверхности 77-83 ккал/см² в год [2]. По этой причине ближайший водоем – идеальный источник тепловой энергии для теплонасосной установки (ТНУ): температура источника всегда положительная, короткий внешний контур.

Южный Урал - край озер. На территории Челябинской области по разным оценкам насчитывается от 1300 до 3170 озер [3,4,5], общая площадь 2125 км². Размеры озер от 1-2 га до 70-80 км². Преобладают малые, величиной менее 0,5 км² (примерно 80%). Озер площадью более 0,5 км² - 566, из них 468 имеют площадь от 0,5 до 5,0 км² и только 98 озер - выше 5 км².

Одна из первых озерных ТНУ была установлена на оз. Акакуль для теплоснабжения базы отдыха. Озеро Акакуль – типичный водоем тектонического происхождения Уральского региона находится на стыке границ территорий городов Кыштыма, Озёрска и Аргаяшского района. Площадь зеркала – 10 км². Средняя глубина – 4,8 м, максимальная – 11 м.

В рассматриваемой теплонасосной установке используются 6 бессальниковых спиральных компрессоров фирмы «Danfoss» марки Performer типа SZ300-4, работающих параллельно (рис.1).

Отбор тепла от озерной воды производится при помощи 4 пластинчатых теплообменников, перекачиваемой из озера к месту испарения циркуляционным насосом. Далее, нагретое рабочее тело (фреон) поступает к шести компрессорам, которые сжимают и повышают его температуру. После чего, происходит конденсация в одном пластинчатом теплообменнике, где фреон нагревает сетевую воду, которая в последствие используется для отопления помещения.

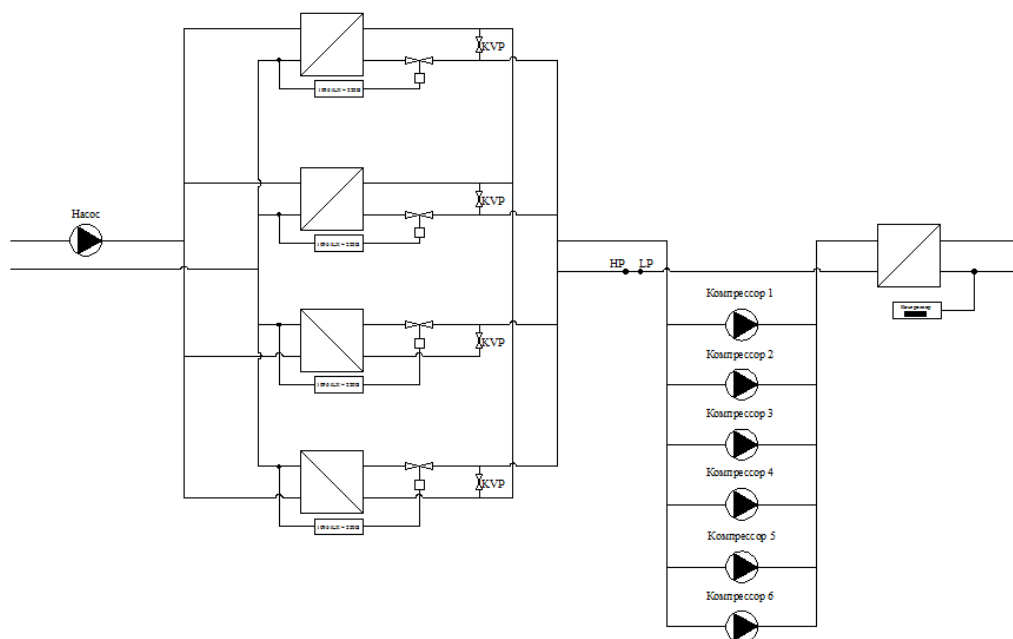




Рисунок 1 – Принципиальная схема эксплуатируемой теплонасосной системы: КВП – регулятор давления кипения;  – соленоидный клапан, закрывается при температуре воды 2⁰С; HP, LP – прессостат (реле давления);  – пластинчатый теплообменник.

Расчетная тепловая мощность ТНУ для системы теплоснабжения составляла 500 кВт при минимальной температуре низкопотенциального источника тепла (озера) + 60С.

Первый год эксплуатации показал слабые проработки проекта: тепловая мощность установки не превышала 120 кВт. Выявленные в ходе анализа недостатки проекта можно разделить на две категории:

- недочеты, допущенные в процессе проектирования системы;
- недочеты, связанные с практической частью исполнения (монтаж).

Первая категория недочетов:

1. Для фреона R-407C критическая температура равняется 860С, следовательно указанная расчетная температура кипения фреона в конденсационном теплообменнике (980С) выбрана неверно, т.е теплообменник - конденсатор, не сможет выдавать указанную мощность в длительном периоде из-за нарушений свойств фреона.

2. Расчетная температура подаваемой из озера воды +60С. Расчет следовало проводить на основании предварительных замеров температуры источника в самых холодный период, для оз.Акакуль это +30С. При этой температуре, уже происходит частичная кристаллизация воды в теплообменнике. В существующих системах подготовки ледяной воды с использованием пластинчатых теплообменников температура охлаждаемой воды +30С является сигналом для аварийного отключения. Следовательно, площадь теплообменников испарителей выбрана неверно.

3. Параллельная работа (вход охлаждаемой воды параллельно раздается на несколько теплообменников) допускается, но необходимо контролировать не только наличие либо отсутствие потока, но и иметь возможность регулирования распределения потоков по теплообменникам, так как каждое ответвление имеет свое сопротивление.

Предлагаемая схема возможна только в том случае, если источник низкопотенциальной тепловой энергии имеет более высокую температуру, чем температура воды в зимний период в озерах Урала.

Для обеспечения необходимой мощности нами предложена новая схема компоновки ТНУ при заданных климатических условиях Южного Урала (рис.2).

В предлагаемой схеме используется 6 теплообменников-испарителей для того, чтобы создать систему из 6 тепловых насосов, работающих параллельно, т.е. для каждого компрессора свой теплообменник. Это позволит повысить регулирование поступления фреона в систему испарения при помощи терморегулируемых вентилей, что в свою очередь приведет к эффективной работе системы в целом. Температура, до которой должна теплонасосная установка нагревать сетевую воду, снижена до 60°C , вследствие чего коэффициент преобразования системы будет выше. Подогрев воды до уровня 98°C производится в пиковом подогревателе, работающим на пеллетах. Расчетная тепловая мощность для второй схемы составит 480 кВт.

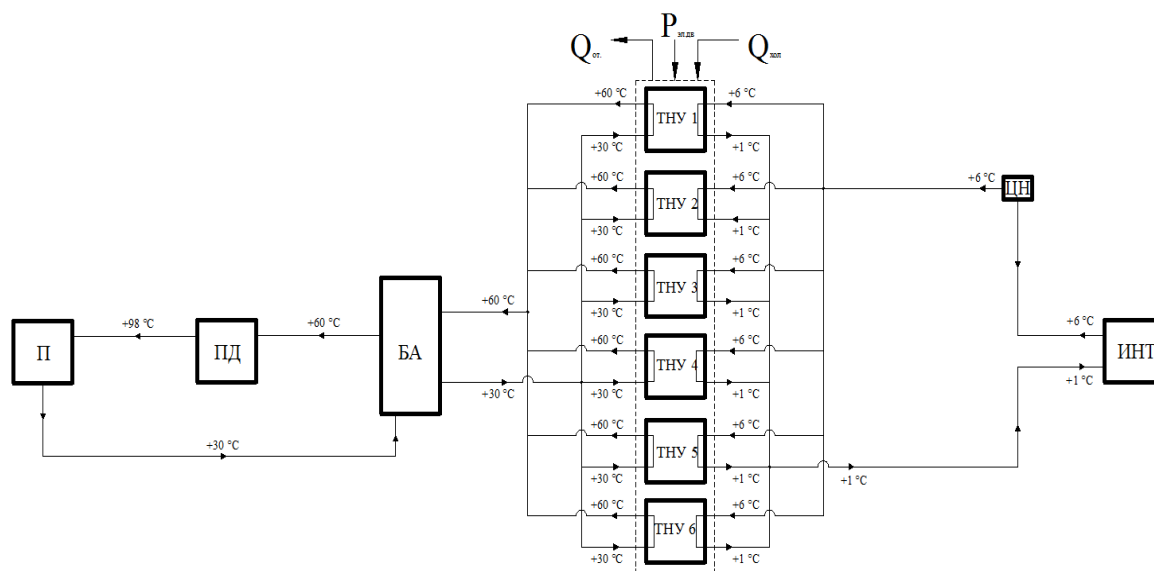


Рисунок 2 – Предлагаемая схема теплонасосной установки: ИНТ – источник низкопотенциальной температуры; ЦН – циркуляционный насос; БА – бак аккумулятор; ПД – пиковый подогреватель; П – потребитель.

Выводы:

- использование солнечной энергии аккумулированной водой является перспективным направлением обеспечения энергией автономных потребителей;
- при проектировании отопительных систем на основе ТНУ необходимо исследование тепловых режимов источников низкопотенциальной тепловой энергии;
- необходимо привлекать специалистов в данной области на всех этапах реализации проекта.

Список литературы

1. Мезенцев В.С. Мировой водный и теплэнергетический баланс и теплооборота на Земле. //Водные ресурсы. 1982. №3. С.46-49.
2. Изменение термического режима озер Белоруссии, являющихся водоемами-охладителями ГРЭС / Ж.В. Доброжанская. //Вопросы водного хозяйства. Вып.2. Минск, 1976. С.21-26.
3. Андреева М.А. Озера Среднего и Южного Урала. Челябинск: ЮУКИ, 1973. 270 с.
4. Егоров А.Н., С.Г. Захаров. Соленые озера Южного Урала // География и природные ресурсы. 2004. №1. С.146-148.
5. Озера Челябинской области: учебное пособие / сост. С.Г. Захаров. Челябинск, 2010. 128 с.

Е.Е. Рабинович

Национальный исследовательский Томский политехнический университет. г. Томск

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПОРНОЙ АРМАТУРОЙ В ГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Электропривод является одним из ведущих компонентов во многих областях современной технической цивилизации. В современных системах электропривода нашли широкое применение различные типы электродвигателей и силовых преобразователей.

В области транспортировки газового топлива электроприводы применяются для привода перекачивающих компрессорных агрегатов, для управления транспортировкой газовых потоков как привода запорной арматуры и для прочих вспомогательных нужд.

От быстрой, точной и надёжной работы электроприводов запорной арматуры в газовой отрасли напрямую зависит безопасная и эффективная работа всего газотранспортного комплекса. Таким образом, задача разработки и исследования электроприводов для управления запорной арматуры в газовой отрасли является актуальной и своевременной.

Первым делом производим расчет параметров выбранного электродвигателя. На рис. 1 представлена схема замещения исследуемого

асинхронного двигателя (АД), параметры схемы замещения определяем согласно методике [1].

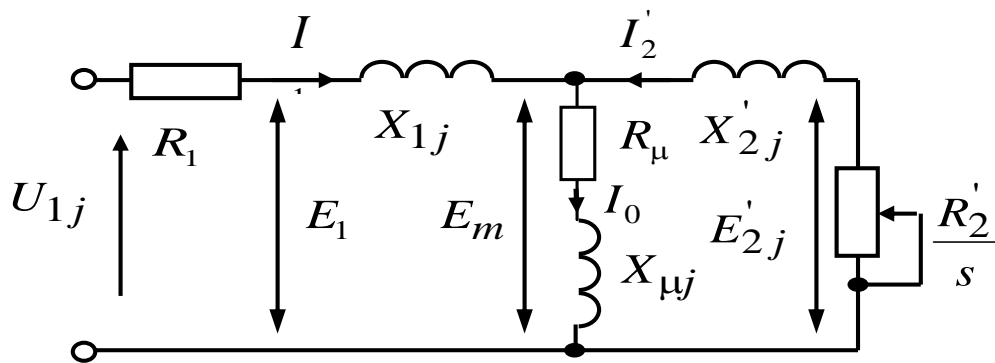


Рисунок 1 – Схема замещения

По полученным параметрам производим расчет и построение механических и электромеханических характеристик асинхронного двигателя и проверяем полученные результаты на адекватность.

При выполнении оптимизации системы управления настраиваем контуры тока и потокосцепления ротора на модульный оптимум с ПИ-регулятором. Ожидаемые показатели качества соответствуют результатам моделирования.

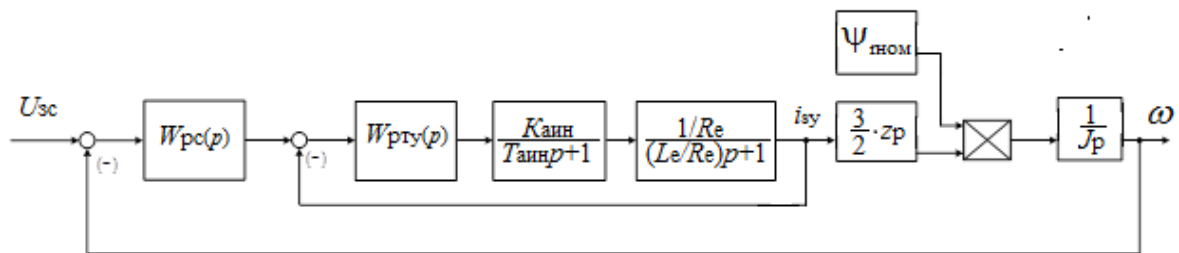


Рисунок 2 – Структурная схема контура скорости

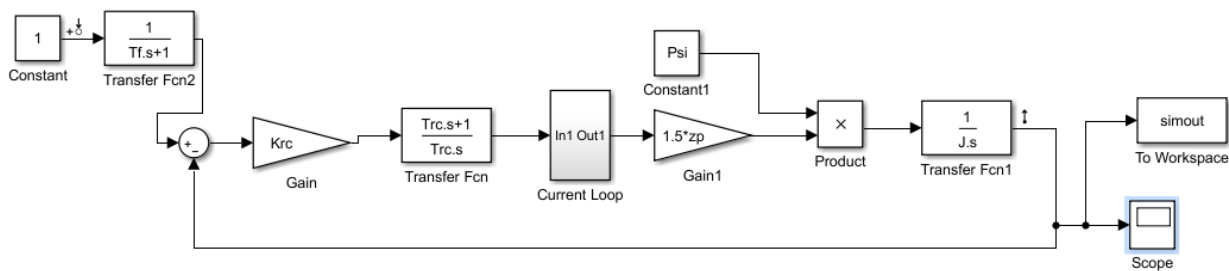


Рисунок 3 – Имитационная модель замкнутого контура скорости

Для проверки работоспособности проводим имитационное моделирование работы оптимизированного контура скорости в среде MATLAB Simulink 16b. Результаты представлены на рисунках 4 – 5 в виде графиков переходного процесса и частотных характеристик замкнутого контура.

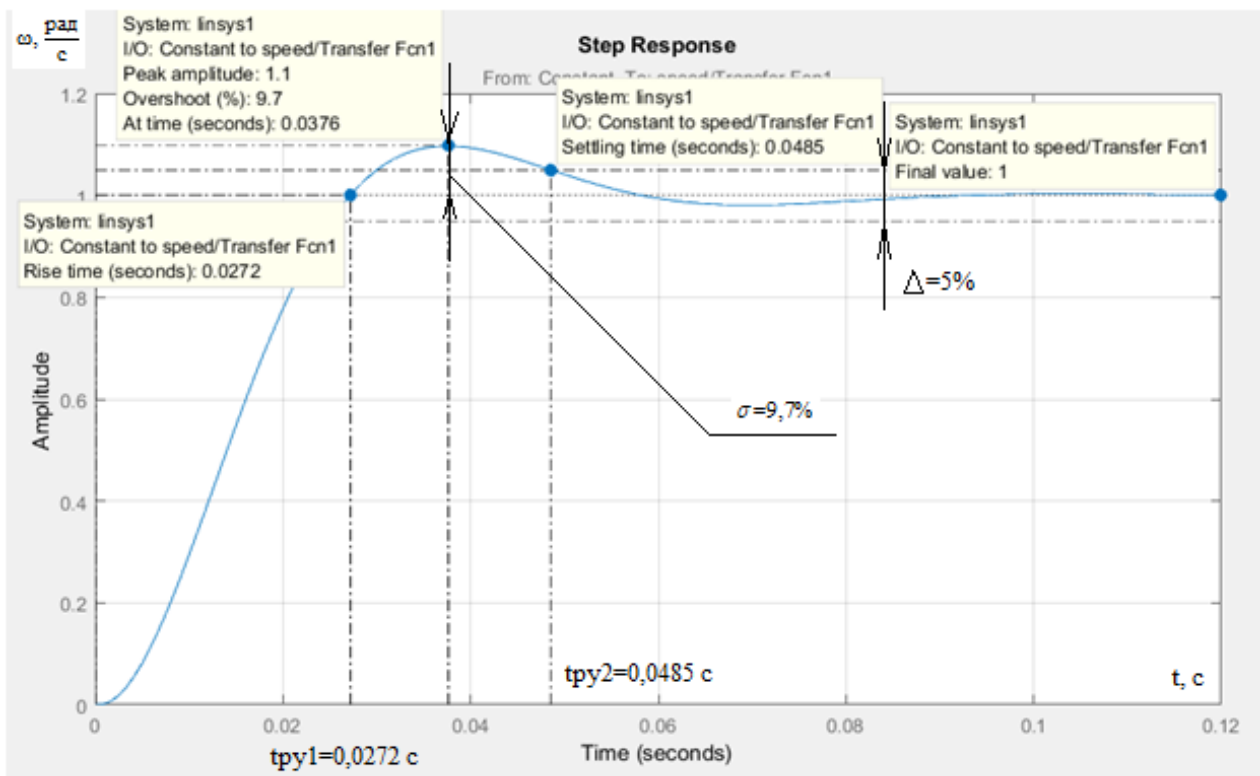


Рисунок 4 – Переходный процесс контура скорости

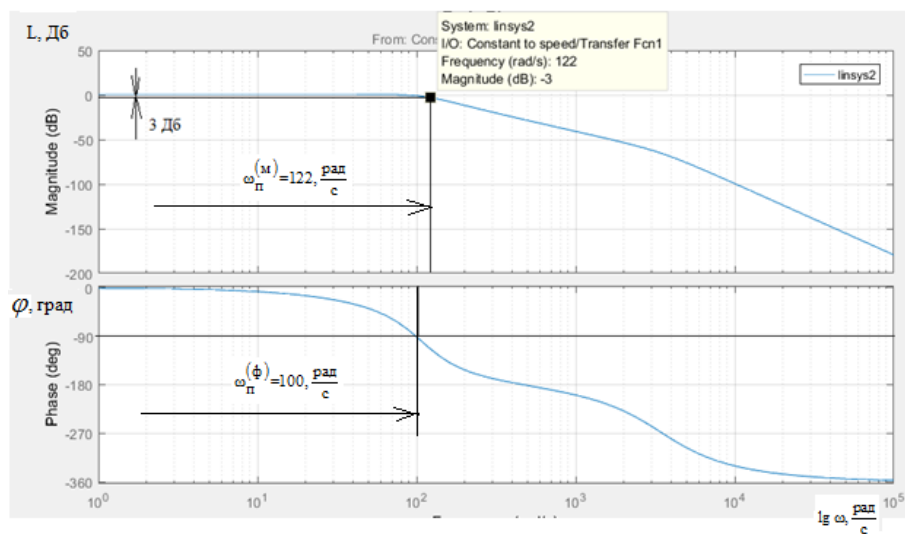


Рисунок 5 – ЛЧХ замкнутого контура скорости

По итогам обработки полученных результатов проводим сравнение теоретических ожидаемых и полученных экспериментальных показателей качества работы линеаризованного контура тока, табл. 1.

Таблица 1 – Показатели качества переходных процессов по управлению линеаризованного контура скорости, оптимизированного по СО

$t_{py1}^{(5)}, c$	$t_{py2}^{(5)}, c$	$\sigma, \%$	$\Delta\omega_{уст}, \frac{рад}{c}$	$\omega_p^{(\phi)}, \frac{рад}{c}$	$\omega_p^{(M)}, \frac{рад}{c}$
Ожидаемые показатели					
$7 \cdot T_{\mu c} = 0.028$	$12 \cdot T_{\mu t} = 0.048$	8,1	0	$\frac{0.36}{T_{\mu c}} = 112,5$	$\frac{0.5}{T_{\mu c}} = 156,25$
Результаты моделирования					
0,0272	0,0485	9,7	0	100	122

Сравнивая ожидаемые показатели качества переходного процесса в контуре скорости, оптимизированного по СО с фильтром на входе, с результатами моделирования, можно сказать, что теоретические значения сошлись с полученными с допустимой погрешностью.

Список литературы

1. Удут Л. С. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов: учебное пособие. Ч. 8. Асинхронный частотно-регулируемый электропривод /Л.С. Удут, О.П. Мальцева, Н.В. Кояин; Томский политехнический университет. –2-е изд., перераб. и доп. – Томск: изд-во Томского политехнического университета, 2014. –648 с.

УДК 621.311

И.А. Ростунцова

Саратовский государственный технический университет имени Ю. А. Гагарина, г. Саратов

ВНЕДРЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ДЕЙСТВУЮЩЕМ ОБОРУДОВАНИИ ТЭС

Современное состояние отечественной теплоэнергетики характеризуется следующими факторами: основное оборудование многих электростанций выработало свой ресурс, его безотказность снижается, увеличиваются расходы на ремонты, устаревшее оборудование становится все менее экономичным и перестает удовлетворять возрастающим экологическим требованиям, требуется все больше средств на защиту окружающей среды, вывод оборудования из эксплуатации и замену его новым. При этом наблюдается дефицит средств для значительного ввода новых мощностей. В этих условиях оправдано внедрение малозатратной энергосберегающей модернизации оборудования на базе блоков повышенной эффективности (БПЭ). В качестве таких энергоблоков

рассматривается энергоблок, в состав которого входит котел с применением ВПП с оребренной поверхностью. Увеличивая поверхность теплообмена со стороны теплоносителя с малым коэффициентом теплоотдачи путем ее оребрения, увеличивают количество тепла, передаваемого от греющего к нагреваемому теплоносителю. Основные достоинства оребрения являются: повышение КПД котельной установки; коэффициент теплопередачи увеличивается до 50%; сокращается расход трубы до 40%; общий вес теплообменника снижается на 30-40%; ресурс работы поверхности нагрева увеличивается в 2-3 раза.

Для котлоагрегата ТГМ-96, входящий в состав энергоблока Т-110/120-130 проведена оценка эффективности интенсификации теплообмена введением оребренных поверхностей нагрева. В качестве варианта модернизации предлагается заменить поверхность теплообмена выходного пароперегревателя (ВПП) заводского исполнения на поверхность нагрева из труб, имеющих внутреннее спирально-ленточное оребрение [1-2]. Конструкция оребрения представлена на рис.1.

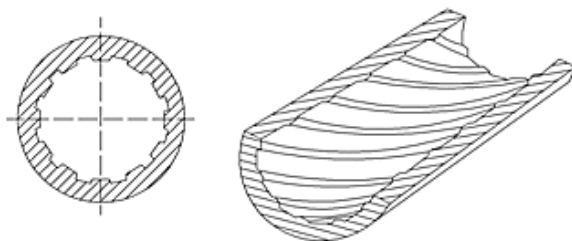


Рисунок1. Конструкция спирально -ленточного внутреннего оребрения

В результате введения оребренных поверхностей нагрева снижается площадь теплообмена выходного пароперегревателя котла с 758 м² до 485 м². Вариант конструкции ВПП с оребренной поверхностью имеет меньшую общую площадь, следовательно, у него будут и меньшие габаритные размеры. Уменьшается температура уходящих газов и потери теплоты с уходящими газами, вследствие чего увеличивается КПД котлоагрегата и снижается расход топлива. Годовая экономия топлива будет равна 969,5 тыс. м³/год и экономия затрат на топливо составит 1,163 млн. руб. /год.

Список литературы

1. Тепловой расчет котлов (нормативный метод). Издание 3-е, переработанное и дополненное. СПб. : Издательство НПО ЦКТИ, 1998. - 256 с.
2. Ростунцова И.А., Еров В.А. Внедрение высокоэффективных поверхностей нагрева при модернизации действующего оборудования ТЭС. Инжиниринг техно 2014: сб. Тр. II Междунар. Науч.-практ. Конф.: в 2 т. / под ред. Н.В. Бекренева и У.В. Боровских. Саратов: Издательский дом «Райт-Экспо», 2014. – Т.1. – С. 202-208.

И.А. Ростунцова¹, Н.Ю. Шевченко²

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

² Камышинский технологический институт (филиал) Волгоградского государственного университета, г. Камышин

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОВЫХ ВЫБРОСОВ ТЭС

Современные электростанции преобразуют в полезную электрическую энергию 30-40 % теплоты топлива, а остальное 60-70 % рассеиваются в окружающей среде. Поэтому использование в сбросной воде имеющихся тепловых ресурсов позволит обеспечить население продукцией энергобиологических комбинатов (ЭБК). ЭБК представляет собой энерго (вместе с энергопредприятием) биологический комплекс с наиболее полным безотходным производством в плане утилизации сбросной теплоты. В его состав могут входить пруд-охладитель, градирня, микробиологическое производство, холодильное производство, обогревательный грунт, грибоводство, тепличное производство. В ЭБК технология каждого из ее объектов связана с использованием для энергообеспечения теплой воды. При этом конечный цикл производства одного из них становится началом производства другого, благодаря чему достигается полная тепловая безотходность и интенсификация производства.

Рассмотрим эффективность энергообеспечения одного из объектов ЭБК на базе теплично-овощного комбината (ТОК) и сбросной (циркуляционной) воды ТЭС. Потенциал охлаждающей (циркуляционной) воды на выходе из конденсаторов ТЭС (28-40°) затрудняет её применение в промышленности, кроме того в районах крупных электростанций в большинстве случаев отсутствуют энергоемкие предприятия и крупные коммунально-бытовые потребители теплоты. В сложившихся условиях ряд сельскохозяйственных объектов представляется реальным потребителем теплоты паротурбинных установок. К их числу относятся обогреваемый и орошаемый теплой водой открытый грунт и тепличное производство, (высотные теплицы, каскадные теплицы – градирни, стандартные теплицы, шампиньоницы).

Разрабатываемая методика была аналитически апробирована при эксплуатации энергоблока на газмазутном топливе с турбинами Т-110/120-130. С увеличением нагрузки теплосети возрастает недовыработка электроэнергии из-за ухудшения вакуума в конденсаторе, вследствие чего наблюдается рост соответствующих затрат. При увеличении нагрузки теплосети на каждые 10 °С-5 °С выработка электроэнергии блока снижается на 1,4 МВт, что требует оптимизации параметров теплосети. В то же время с ростом объема реализации

продукции ТОК возрастает площадь и потребность теплоты ТОК. Получено, что с увеличением нагрузки теплосети возрастает недовыработка электроэнергии из-за ухудшения вакуума в конденсаторе, вследствие чего наблюдается рост соответствующих затрат. Наиболее оптимальным является вариант с температурным графиком ТОК = 40°/25°, дающий наибольший экономический эффект от теплоснабжения ТОК. В результате разработок построена схема утилизации сбросной теплоты ТЭС для энергообеспечения теплично-овощного хозяйства и разработана методика оптимизации температурного графика теплосети ТОК для оценки эффективности энергообеспечения.

Список литературы

1. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. М.: Энергия. 1982, 275 с.
2. Ривкин С.Л., Александров А.А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара. М.: Энергоиздат. 1987, 28 с.

УДК621.316.1

А.В. Рудых, С.В. Сукьясов

Иркутский государственный аграрный университет
имени А.А. Ежевского, г.Иркутск

СПОСОБЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА НОРМАЛИЗАЦИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Большую часть времени распределительные электрические сети сельских районов работают в несимметричных режимах, оказывающих существенное влияние на показатели качества напряжения у потребителей.

Несимметричные режимы в сетях 0,38 кВ, как правило, возникают в результате несимметрии нагрузок в фазах, то есть неравномерным распределением однофазных электроприемников по фазам. Вследствие этого возникает систематическая или неслучайная несимметрия токов. Известно, что к сетям 0,38 кВ сельских районов присоединяется большое количество однофазных нагрузок – осветительных и бытовых приборов. В часы вечернего максимума, который в большинстве случаев является расчетным режимом, основную, а иногда и всю нагрузку составляют однофазные электроприемники. Многолетние наблюдения в распределительных сетях 0,38 кВ показали, что правила симметричного подключения однофазных нагрузок, нарушаются почти в 90% случаев.

В целях обеспечения допустимых отклонений напряжения на зажимах электроприемников применяют различные способы и средства улучшения и регулирования напряжения.

Регулирование напряжение изменяет его значения только в системе прямой последовательности. При этом, напряжение обратной и нулевой последовательностей, остаются некомпенсированными. Они изменяют значения отклонений напряжения на отдельных фазах.

Уменьшение несимметрии напряжений в четырехпроводных сетях может быть достигнуто уменьшением тока в нулевом проводе и уменьшением сопротивления нулевой последовательности.

Для снижения уровня несимметрии токов и напряжений в распределительных сетях разработаны различные по сложности, трудоемкости и затратам способы и устройства.

Перераспределение нагрузок по фазам. Перераспределение нагрузок по фазам производят на основании результатов измерений токов в фазах магистральных участков линий в период максимальных нагрузок. Данный способ достаточно просто реализуется в сетях с сосредоточенной нагрузкой. В сетях с распределенной нагрузкой, имеющих, как правило, несколько неполнофазных участков различной мощности, применение данного способа весьма затруднительно, так как в этом случаи требуется производить измерения и переключения в нескольких точках сети. Перераспределение нагрузок по результатам однократных измерений может не уменьшить систематическую несимметрию, а наоборот, увеличить её [2].

Увеличение сечений нулевого провода. Сопротивление нулевой последовательности сельских распределительных сетей 0,38 кВ велико, примерно в 10...15 раз больше сопротивления прямой последовательности. Поэтому, даже при малых токах нулевой последовательности, составляющая фазных напряжений той же последовательности будет велика. Способ снижения несимметрии токов и напряжений за счет увеличения сечения нулевого провода ведет к удорожанию сети, так как сечение проводов выбираются по экономическим нагрузкам, которые соответствуют минимуму приведенных затрат, т.е. являются наиболее экономическим решением. В случаях, когда несимметрия системы напряжений вторичной стороны трансформатора превышает допустимые пределы, данным способом выполнить требования ГОСТ невозможно.

Выбор типа и схемы подключения распределительных трансформаторов. Снижение сопротивления нулевой последовательности трансформатора $Z_{\text{то}}$ может быть достигнуто путем замены трансформаторов со схемой соединения обмоток Y/Y_N на трансформаторы со схемой Y/Z_N , т.к. $Z_{\text{то}}$ со схемой Y/Z_N в 9...11 раз меньше, чем у трансформаторов Y/Y_N . Замена трансформаторов Y/Y_N на трансформаторы Y/Z_N в действующих сетях приводит к неоправданно большим затратам.

Следует отметить, что расход цветного металла для трансформатора со схемой Y/Z_N на 15% выше. Кроме того, уменьшение сопротивления нулевой последовательности за счет снижения $Z_{г0}$ не дает ощутимого эффекта, т.к. сопротивление нулевой последовательности линии достаточно велико. Поэтому уровень несимметрии фазных напряжений после замены трансформаторов остается высоким, особенно в конце линии [1,3].

Применение замкнутых или полузамкнутых схем. Применение замкнутых или частично замкнутых схем, позволяет улучшить режимы их работы. При этом происходит снижение уровня несимметрии напряжений в сети, уменьшаются потери напряжения и мощности. Снижение уровня несимметрии напряжений в таких сетях объясняется, выравниванием нагрузок отдельных фаз. Следует иметь в виду, что при замыкании сетей с несколькими потребительскими трансформаторами, имеющими неодинаковое напряжение на вторичных шинах, в сети возникают уравнительные токи, и потери мощности возрастают. Величина уравнительных токов тем меньше, чем меньше отличие ступеней регулирования на шинах трансформаторов и больше сопротивление линий. Однако, уравнительные токи способствуют выравниванию напряжений на вторичных шинах трансформаторов, что способствует повышению качества напряжения сети.

Реализация данного способа в сельских распределительных сетях с коммунально-бытовыми нагрузками, имеющими большую протяженность, ответвления и неполнофазные участки, весьма затруднительна и может потребовать значительных капитальных затрат. Кроме того, замыкание сети усложняет схему и требует специальных мер и средств по её защите от токов короткого замыкания.

Использование нейтралеров. Снижение несимметрии фазных напряжений электроприемников может быть достигнуто не только увеличением сечения нулевого провода, но и уменьшением его длины. Это достигается путем перемещения нейтрали непосредственно к однофазным электроприемникам. При этом электрическая сеть выполняется терхпроводной с линейным напряжением равным номинальному напряжению трехфазных электроприемников. На вводе одного из них устанавливаются так называемые нейтралеры, представляющие собой трехфазные электромагнитные аппараты, обмотка которых соединена по схеме встречного зигзага. Такое соединение обмотки обеспечивает минимальное сопротивление для токов нулевой последовательности и значительное для токов прямой и обратной последовательностей. От нейтралера до однофазного электроприемника сеть выполняется уже четырехпроводной. При подобном выполнении сети 0,38 кВ напряжение смещения нейтрали практически отсутствует, так как протяженность нулевого провода невелика. Полное сопротивление нейтралера практически равно его активному сопротивлению фазной обмотки [1,3].

В результате использования нейтралера снижается неравномерность распределения токов по фазам, что ведёт, в свою очередь, к уменьшению несимметрии напряжения. Если учесть, что у нейтралера сопротивление нулевой

последовательности почти в пять раз больше, чем у трансформатора мощностью более 250 кВА, то применять нейтралер целесообразно с трансформаторами до 40 кВА.

Автоматическое подключение однофазной нагрузки к наименее загруженной фазе. Реализация этого способа осуществляется путем применения специальных симметрирующих устройств, включаемых в сети 0,38 кВ. С помощью этих симметрирующих устройств добиваются более равномерного распределения по фазам однофазных нагрузок сети. Это, в свою очередь, приводит к уменьшению тока нулевой последовательности и дополнительных потерь в сети 0,38 кВ. Однако применение этого способа в сельских сетях осложняется тем, что довольно трудно подобрать однофазную автоматически переключаемую нагрузку соответствующей мощности. Поэтому не возможно существенно уменьшить несимметрию нагрузок и, кроме того, при использовании СУ этого типа происходит снижение надежности электроснабжения однофазной переключаемой нагрузки; измерительный и коммутационный комплекс этих устройств представляется довольно сложным.

Применение электромашинных преобразователей. К данному способу относятся электромашинные преобразователи числа фаз, передача и преобразование энергии в которых осуществляется по схеме трехфазная сеть – трехфазный электродвигатель – однофазный генератор – однофазная нагрузка. В этом случае однофазная нагрузка электрически не связана с трехфазной питающей сетью, и явления, связанные с несимметричным распределением нагрузки и ограниченные системой однофазный генератор – нагрузка, не оказывают влияния на питающую сеть. Такое решение проблемы равномерного распределения однофазной нагрузки по фазам не нашло практического применения вследствие значительной установленной мощности и стоимости оборудования, а также больших (до 20 %) потерь энергии [1,3].

Применение несимметрично включенных батарей конденсаторов. Компенсирующие токи обратной последовательности могут быть получены с помощью батарей конденсаторов (БК). Такие установки широко применяются для компенсации реактивной мощности. Однако симметрирующее действие конденсаторов проявляется только в том случае, если они включены несимметрично. Для этого надо иметь возможность переключать их с одних фаз на другие

Применение шунто-симметрирующих устройств (ШСУ). В общем случае уменьшить напряжение нулевой последовательности можно за счет снижения сопротивления нулевой последовательности, либо за счет полной или частичной компенсации токов нулевой последовательности. Корректирующие устройства с минимальным сопротивлением нулевой последовательности называются шунто-симметрирующими устройствами. Отличительной особенностью ШСУ является то, что они позволяют осуществлять параметрическое симметрирование фазных напряжений, что особенно важно в условиях непрерывно изменяющихся нагрузок фаз сети. При установке ШСУ токи нулевой последовательности замыкаются на контуре " нагрузка – ШСУ " и не протекают в линии и

трансформаторе. Напряжение нулевой последовательности на нагрузке будет минимальным и определится только сопротивлением нулевой последовательности ШСУ. Подключение таких устройств в значительной степени улучшает качество напряжения у потребителей и повышает симметрию токов в линии и трансформаторе. Достоинством ШСУ является так же то, что его параметры не зависят от нагрузки, и, следовательно, они могут изготавливаться нерегулируемыми [1,3].

ШСУ могут быть выполнены как с электромагнитными связями (трансформаторного типа), так и с электрическими связями (на индуктивно-ёмкостных элементах).

ШСУ электромагнитного типа выполняется на трехстержневом магнитопроводе с обмоткой возбуждения, соединенной во встречный зигзаг. В устройстве, симметрирование фазных напряжений сети обеспечивается за счет наличия трехфазного электромагнитного аппарата, обмотки которого соединены по схеме встречный зигзаг. Это связано с тем, что этот аппарат обладает исключительно малым сопротивлением нулевой последовательности, т.е. $Z_{0ШСУ} \leq Z_{0СЕТИ}$, и все токи нулевой последовательности, созданные несимметричной нагрузкой сети, замыкаются через данное устройство.

Существует ряд других схемных решений, но они имеют несколько худшие технико-экономические показатели. Следует отметить, что ШСУ электромагнитного типа, позволяют осуществлять эффективную коррекцию режима напряжения в сети, но практически не влияют на баланс реактивной мощности.

К достоинствам ШСУ электромагнитного типа относится также то, что они обладают фильтрующими свойствами по отношению к токам высших гармоник, кратных трем, ограничивая их протекание из сети к потребителю и наоборот, практически устраняют колебания напряжения.

К достоинствам ШСУ выполненные на основе индуктивно - емкостных элементов можно отнести то, что они не только улучшают качество электроэнергии, но и позволяют компенсировать реактивную мощность в электрической сети [1,3].

Условием фильтрации тока нулевой последовательности является подключение элементов с пофазно-одинаковыми параметрами по схеме четырёхлучевой звезды. Токи прямой и обратной последовательностей определяются значением проводимости Y_y , при наличии резонанса напряжения нулевой последовательности:

$$Y_{0y} = 3Y_y,$$

где Y_{0y} ; Y_y – соответственно проводимости нулевого и фазного проводов.

При любой степени несимметрии нагрузок (вплоть до обрыва одной из фаз) смещение нейтрали в месте подключения ШСУ не превышает 1,5% фазного напряжения сети.

Помимо эффекта симметрирования компенсирующие устройства могут повышать коэффициент мощности сети и осуществлять регулирование уровня напряжения у потребителей, то есть, они могут быть многофункциональными.

Список литературы

1. Сукьясов С.В. Применение технических средств симметрирования нагрузок в сельских распределительных сетях 0,38 КВ для повышения качества и снижения потерь электрической энергии: С.В. Сукьясов//Дис. на соис. уч. степ. к.т.н. – Иркутск, 2004. – 206 с.
2. Электронный источник. [Режим доступа] www.kgau.ru/distance/2013/et2/007/gl11.htm.
3. Электронный источник. [Режим доступа] www.konf.x-pdf.ru/18tehlicheskie/152086-2-normaliz...-setyah-mongolii.php.

УДК 621.21.012

Л.А. Садыкова, А.А. Бакушев

Западно-Казахстанский агро-технический университет имени Жангир хана, Казахстан, г.Уральск

РАЗВИТИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В КАЗАХСТАНЕ

Растущие потребности экономики Казахстана и населения в электроэнергии диктуют необходимость ввода новых электрических мощностей, что может быть достигнуто модернизацией и реконструкцией существующего оборудования электростанций, вводом новых энергоисточников. Но также развитие систем энергоснабжения может осуществляться одновременно с введением новых мощностей и путем энергосбережения.

Проблема рационального использования энергетических ресурсов приобретает все большую актуальность во всем мире. В настоящее время во всех развитых государствах меры по энергосбережению являются приоритетной государственной политикой. Продолжительный мировой экономический кризис, неуклонный рост цен на природные энергоресурсы диктуют необходимость принятия незамедлительных комплексных мер по решению вопросов энергосбережения и энергоэффективности.

Республика Казахстан занимает одно из последних мест в области энергосбережения на постсоветском пространстве. Это связано с наличием значительных запасов ископаемых энергоресурсов, отсутствием заинтересованности у производителей и потребителей электрической и тепловой энергии из-за низких цен за энергопотребление, со слабым государственным регулированием энергосбережения.

По данным союза инженеров –энергетиков, в Казахстане энергозатраты выше, чем в других развитых странах. Потери при производстве электроэнергии

составляют 10%, при транспортировке по сетям КЕГОКа-порядка 3-5%, на РЭК приходится 15-18%, а потери непосредственно при ее потреблении превышают 30%, т.е. более половины производимой в Казахстане электроэнергии теряется. Основные проблемы развития энергосбережения и повышения энергоэффективности в отраслях экономики Казахстана:

Отсутствие методологии разработки и мониторинга политики энергосбережения, несовершенство энергетической статистики.

Отсутствие единого специализированного органа, ответственного за политику энергосбережения.

Неразвитость конкурентных торговых механизмов ТЭР.

Отсутствие стимулирующих финансовых инструментов.

Недостаток квалифицированных энергоменеджеров и энергосервисных компаний.

Низкая информированность населения о преимуществах энергосбережения. В Концепции энергосбережения согласно Закона Республики Казахстан «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности» внимание фокусируется на секторе с наибольшим потенциалом энергосбережения и на меры по энергосбережению в жилищном секторе.

Практическое внедрение энергосберегающих проектов в Казахстане было начато в г. Алматы, который является одним из энергодефицитных мегаполисов Казахстана, с развитой промышленностью и сложной инфраструктурой. Был создан Департамент энергосбережения и действующее предприятие ГКП «Энергосбережение», благодаря которым была создана первая в Казахстане демонстрационная зона высокой энергетической эффективности и разработана первая в Казахстане Программа внедрения энергосберегающих мероприятий по городу Алматы на 2007-2016годы.

По инициативе Акимата Алматы и норвежской компании AS ENSI (Energy Saving International) еще в 2002 г. Был создан Центр энергоэффективности и чистого производства, который выполнил ряд демонстрационных проектов по энергосбережению. Для реализации проектов энергоэффективности в центре был создан и опробирован фонд с возвратным механизмом.

Энергосберегающая деятельность в интенсивно развивающейся столице Астане осуществляется при строительстве промышленных предприятий, зданий жилищной и бюджетной сферы, в проектах которых заложены энергосберегающее оборудование и технологии, энергосберегающие материалы и строительные конструкции. Крупнейший энергосберегающий проект реализуется на объектах теплоснабжающей системы города, эксплуатацию которых выполняет АО «Астана-Теплотранзит», разрабатывающее и внедряющее автоматизированную систему оперативно-диспетчерского управления тепловыми процессами контроля и учета отпуска тепловой энергии. Она позволяет обеспечить значительную экономию электроэнергии на

транспортировку энергоносителя по тепловым сетям города, а также повысить надежность теплоснабжения, тепловой и санитарно-гигиенический комфорт в зданиях жилищной, бюджетной и промышленной сфер города.

Текущее состояние экономики Казахстана в сфере энергоэффективности и энергосбережения можно оценить как переход с периода медленного формирования идеологии к разработке нормативно-правовых документов и постепенный переход их в сферу практической деятельности.

Принятый 13.01.2012 г. В РК Закон «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности» дал определенный толчок движению в этом направлении. Документ разработан в соответствии с указом президента Казахстана «О дальнейших мерах по реализации Стратегии развития Казахстана до 2030 года. В Западно-Казахстанской области внедрение государственной политики по энергосбережению продвигается, но не совсем грамотно. Казахстан, занимая девятое место в мире по размеру территории, характеризуется резко континентальным сухим климатом, допускающим перепады температуры от -40 С зимой и до +40 С в летний период. В 2017 году зима в Уральске выдалась холодной. Население города замерзло в своих квартирах, особенно жильцы 9 - 14 этажных домов, где нет автономного отопления.

Дело в том, что осенью всем КСК дали задание установить в домах тепловые счетчики для учета потребляемого тепла. Так как своих специалистов нет, приехали специалисты из Алматы. Не зависимо от этажности дома во всех домах были установлены тепловые счетчики одной серии, типа, марки и т.д. Куда только не обращались жильцы домов: в КСК, ЖКХ, в тепловую инспекцию, руководству города и энергетические организации. Никто не может ответить, почему в квартирах холодно, ссылаясь друг на друга.

Как было сказано выше, основными проблемами развития энергосбережения и повышения энергоэффективности является отсутствие единого специализированного органа, ответственного за политику энергосбережения и недостаток квалифицированных специалистов.

Список литературы

- 1. Концепция развития топливно-энергетического комплекса Республики Казахстан до 2030 года. Постановление Правительства Республики Казахстан от 28июня 2014 г. № 724*
- 2. Закон РК «Об энергосбережении и энергоэффективности» от 13.01.2012г.№541*

Д.И.Серебряков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Энергетический институт, кафедра ЭПЭО, гр. 5АМ65

Научный руководитель: **В.В.Гнеушев**, ст. преподаватель кафедры ЭПЭО ЭНИИ.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД МЕХАНИЗМА ДРОССЕЛИРОВАНИЯ НА МЕТАНОУГОЛЬНОЙ СКВАЖИНЕ

В настоящее время технология добычи природного газа из угольных пластов осуществляется путем бурения скважин в поверхности земли, данные мероприятия позволяют извлечь метан и сопутствующие газы без вскрытия обширных участков земли. На подобных скважинах в силу неоднородности давления выходящих газов, для ее стабилизации применяются механизмы дросселирования устанавливаемые на устье скважины. Данный узел ставит своей целью работу системы автоматического управления процесса дросселирования, который должен обеспечивать в регулирование расхода газа с помощью дросселя оснащенного электроприводом поддерживать необходимый уровень давления до дросселя при изменении параметров в системе. Процесс вывода метаноугольной скважины на режим должен сопровождаться точным поддержанием технологических параметров (устьевое давление, депрессия и расход) на заданном уровне. Не соблюдение этих условий повлечет за собой уменьшение дебита скважины а далее к частичной или полной и необратимой потере функциональности скважины. Для решения данной проблемы необходимо использовать запорно- регулирующую арматуру, способную с высокой точностью при большом перепаде давления производить дросселирование (регулировку) газа.

Трубопроводной арматурой называют устройства, монтируемые на трубопроводах, котлах, аппаратах, агрегатах, емкостях и других установках, предназначенные для управления потоками сред путем отключения трубопроводов или их участков, распределение потоков по требуемым направлениям, регулирования различных параметров среды (давления P , расхода G , температуры T и т.д.), выпуска среды по требуемому направлению и т.д. путем изменения проходного сечения в рабочем органе арматуры. Арматура - неотъемлемая часть любой трубопроводной системы. Расходы на нее составляют, как правило, 10-12% капитальных вложения и эксплуатационных затрат. При работе в различных системах арматура подвергается самым различным воздействиям: высоким и низким температурам, значительным давлениям, вибрациям, воздействию агрессивных жидкостей. Вследствие этого требования, предъявляемые к арматуре, чрезвычайно разнообразны. Основные

из них - прочность, увеличение срока службы, надежность и долговечность, низкая стоимость и технологичность изготовления, взрывобезопасность, коррозионная стойкость - являются противоречивыми и не могут быть обеспечены одновременно. Поэтому на сегодняшний день существует огромное количество различных конструкций, каждая из которых представляет определенный компромисс между этими противоречивыми требованиями.

Седло клиновой задвижки представляет из себя две кольцевые поверхности, расположенные под небольшим углом по отношению к оси движения потока, образуя клиновую поверхность. Затвор представляет из себя одну или две тарелки (диска), закрепленные на шпинделе. Он бывает однодисковый или двухдисковый, упругий или сплошной. При перемещении затвора в конце хода при приближении к положению «закрыто» тарелки задвижки примыкают к седлу и за счет наличия клиновой поверхности плотно прижимаются к нему, будучи расклинены за счет усилия, создаваемого при движении шпинделя.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

1. Дросселирование позволяет предотвратить разрушения инфраструктуры метаноугольной скважины от разрушения в случае возникновения нештатных ситуаций
2. – Разработка метаноугольных месторождений - новый источник природного газа.
3. - Параметры устройства можно корректировать, что позволит применять подобные комплексы в различных условиях и вариантах исполнения.

Список литературы

1. Баскаков А.П., Берг Б.В. Теплотехника. - М.: “Энергоатомиздат”, 1991г.
2. Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е. Техническая термодинамика. – М.: “Энергия”, 1968г.
3. Кудинов В.А., Карташов Э.М. Техническая термодинамика. – М.: “Высшая школа”, 2003г.

С.В. Сороколатов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, г. Томск, ЭНИН, кафедра ЭПЭО, группа 5ГМ5Б

Научный руководитель: **Д.Ю. Ляпунов**, кандидат технических наук, доцент
кафедры ЭПЭО ЭНИН ТПУ.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЧАСТОТЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

Многообразие электроприводов (ЭП) на основе асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором (АД) потребляют не менее 30...35% производимой электроэнергии. Все они задействованы в настоящее время в отечественной промышленности, теплоснабжении, коммунальном хозяйстве. Без асинхронных ЭП не обходятся ни центральные тепловые пункты (ЦТП), ни канализационные насосные станции (КНС) водоканалов.

В виду неоднозначного изменения суточных и сезонных графиков нагрузки, практически на всех ЦТП и КНС, которые имеют несколько насосных агрегатов, предусматривается ступенчатое регулирование производительности посредством включения-отключения одного из них. Данный метод подразумевает относительно частые пуско-тормозные режимы ЭП, приводящие к ускоренному износу электрооборудования, дополнительным потерям энергии в электрических машинах, низкому коэффициенту полезного действия и коэффициенту мощности соответствующих агрегатов в целом.

Общезвестно, что для экономии электроэнергии и повышения ресурса электрооборудования необходимо обеспечить плавное регулирование производительности управляемых агрегатов путем частотного регулирования АД. При этом ни технически, ни экономически нецелесообразно оснащать преобразователями частоты (ПЧ) каждый насосный агрегат, а рекомендуется использовать специальные станции частотного регулирования (СЧР), позволяющие гибко согласовывать ступенчатое и плавное регулирование производительности, реализованные на базе одного ПЧ и коммутационной аппаратуры.

Система управления преобразователем частоты СЧР насосных агрегатов не требует высокоточных динамических характеристик и глубоких (>1 : 10...20) диапазонов регулирования скорости ЭП, но она обязана осуществлять некоторые специфические функции, которые непосредственно влияют на эффективность СЧР.

На первом месте стоит алгоритм управления ПЧ, который должен обеспечивать подхват вращающегося АД при включении либо отключении одного из насосных агрегатов, что предполагает требование непрерывности регулирования при переключении ступеней.

На втором месте - закон частотного регулирования, учитывающий возможность образования автоколебательных режимов в окрестности точки открытия клапанов насосных агрегатов (25...35% от номинальной частоты вращения) и располагающий действенными средствами их демпфирования.

Ну и, в-третьих, для частотного регулирования ЭП с транзисторным инвертором напряжения и нереверсивным звеном постоянного тока присуще наличие определенных резонансных частот, которые алгоритм управления должен учитывать. Необходимо учитывать что, насосные агрегаты, управляемые общей СЧР, могут существенно отличаться друг от друга по мощности, следовательно, характеристики системы ПЧ-АД должны быть малочувствительны к изменениям параметров объекта управления.

Как показывает опыт, самым простым и целесообразным подходом к построению алгоритмов управления АД в СЧР насосных агрегатов являются скалярное и двухканальное частотное регулирование, не требующие наличия датчика частоты вращения и относительно легко реализуемые на базе современных цифровых сигнальных процессоров (DSP). Множество известных и подробно описанных в литературе скалярных структур значительно уступают двухканальным структурам по возможностям демпфирования автоколебаний и управления АД в электромеханических переходных процессах. Игнорировать этот факт нельзя, так как при нереверсивном звене постоянного тока (ЗПТ) ПЧ и отсутствии цепи для отведения рекуперированной двигателем энергии, даже небольшие колебания векторов электромагнитных величин в окрестности их равновесного состояния могут привести к недопустимым колебаниям тока двигателя и/или напряжения ЗПТ.

Поэтому более целесообразно использовать двухканальное частотное регулирование с комбинированной стабилизацией магнитного состояния АД, параметрической компенсацией частоты скольжения и падений напряжения на активных сопротивлениях обмотки статора, трехуровневым токоограничением, и с возможностью форсировки магнитного потока АД на низких частотах для получения требуемого пускового момента.

Список литературы

1. Андреев В.П., Сабинин Ю.А. Основы электропривода. – М.; Л.: Госэнергоиздат, 1963. – 772 с.
2. Башарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г. Управление электроприводами. Л.: Энергоиздат, 1982.
3. Сабинин Ю.А., Грузов В.Л. Частотно-регулируемые асинхронные электроприводы. Л.: Энергоатомиздат, 1985.

А.С. Соколов, Г.Г. Угаров

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
г. Саратов

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ МАЛОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ СТРОЕНИЙ

Цель настоящей статьи – обозначить концепции автономизации электроснабжения индивидуальных жилых малоэтажных построек за счет комбинирования использования возобновляемых и дополнительных источников энергии. Основанием для такой постановки темы служат следующие положения:

- для вновь строящихся обозначенных объектов при условии централизованного энергоснабжения (электричество, газ) необходимы значительные капиталовложения;
- при эксплуатации объектов постоянно растут тарифы на оплату электроэнергии и газа;
- в отдельных случаях централизованное энергообеспечение нецелесообразно по причине значительной удаленности от источников централизованного энергоснабжения;
- появляется возможность перевода жилых строений на децентрализованное энергоснабжение.

Для России проблемы автономного энергоснабжения актуальны, так как на 30% ее территории с населением свыше 20 млн. человек лишены централизованного энергоснабжения.

Рассмотрим с позиции экономики для получения энергоснабжения.

1. Источниками электрической энергии является ветер и фотоэлектростанции (ВЭС, СЭС). Источником тепловой энергии является тепловые (солнечные) коллекторы, использующую напрямую энергию солнца.

2. К источникам электрической энергии ВЭС и СЭС, добавляются термоэлектрические генераторы (ТЭГ) получающие тепловую энергию от сжигания органического топлива (дров в печах). Остальное теплоснабжение осуществляется, как и в первом случае.

Оценим стоимость отдельных компонентов системы энергоснабжения.

Будем исходить из того, что электрическая мощность потребителей загородного дома с территорией 200 и 500 м² будет составлять соответственно 2,5 и 5 кВт [1].

Солнечная батарея мощностью 1 кВт стоит сейчас около 200 тыс. рублей. Для сравнения дизельному электрогенератору для выработки 1 кВт*ч электроэнергии требуется до 0,33 литра дизельного топлива. При стоимости топлива 18 руб./литр затраты составляют 6 руб./кВт*ч [1].

Средняя выработка электроэнергии для ВЭС мощностью до 5 кВт составит 800-1200 кВт*ч в месяц, т.е. около 12000 кВт*ч в год, что при стоимости сетевого электричества 1,85 руб. (по С.-Петербургу) за 1 кВт*ч экономия составляет более 22000 руб. в год. Таким образом, весь срок окупаемости ВЭУ составит около 5 лет при среднегодовой скорости ветра 5 м/с. [1].

Общие затраты на энергоснабжение жилого дома с площадью 200 м² составляет около 1 млн. рублей.

Список литературы

1. Кашкаров А.П. Ветрогенераторы, солнечные батареи и другие полезные конструкции. - М: ДМК пресс, 2011-144с.

УДК 620.97

Сошинов А.Г., Галушак В.С., Атрашенко О.С.,

Камышинский технологический институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный технический университет»

ПРАВОВЫЕ МЕХАНИЗМЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОДДЕРЖКИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Сегодня активно ведется выстраивание нового направления мировой энергетики, предполагающей доминирование ВИЭ в общем энергопотреблении и постепенное вытеснение традиционных ископаемых энергоресурсов. Согласно энергетической стратегии, принятой в ЕС, уже к 2020 году страны – члены Содружества должны обеспечить 20 %-е сокращение выбросов парниковых газов, увеличение до 20 % доли возобновляемой энергии и 20 %-е повышение энергоэффективности. В более отдалённой перспективе многие страны идут существенно дальше. В частности, Германия планирует достичь к 2050 году 60 %-й доли ВИЭ в общем энергобалансе страны и 80 %-й – в производстве электроэнергии.

Бурное развитие ВИЭ в ведущих странах мира в последнее десятилетие стало возможным лишь благодаря финансовой поддержке со стороны государств. В настоящее время в мировой практике существует несколько механизмов поддержки проектов электрогенерации на основе ВИЭ. Наиболее популярны из них два: зелёные тарифы и зелёные сертификаты. В первом случае

государство гарантирует приобретение у производителей электроэнергии из ВИЭ по специальным, более высоким тарифам. Их устанавливают для конкретного объекта на альтернативных источниках энергии на 20–25 лет, что обеспечивает хорошую рентабельность таких проектов. Во втором случае производитель по факту продажи на свободном рынке электроэнергии, сгенерированной на ВИЭ, получает специальный подтверждающий сертификат (подобная схема действует, например, в Швеции и Норвегии), который впоследствии может быть продан. Государство обеспечивает спрос на такие сертификаты, вводя законодательные требования на долю ВИЭ в энергетике страны, в том числе льготы для компаний, использующих ВИЭ, и штрафы для «грязных» компаний [1].

Оба механизма стимулируют конечных производителей зелёной энергии, при этом обеспечивается высокий рыночный спрос на оборудование для ВИЭ и, соответственно, конкурентное развитие производящих его предприятий. Всё это гарантирует привлечение в отрасль новых технологий и борьбу производителей за низкую себестоимость.

Если в России будет отсутствовать скоординированная политика по энергоэффективности, то, по оценкам экспертов, темпы снижения энергоёмкости до 2015 г. могут резко упасть. Такие обстоятельства могут привести спрос на энергетические ресурсы внутри страны к еще более динамичному развитию, что повлечет за собой увеличение объемов добычи углеводородов[3].

Российское правительство разработало ряд документов, которые определяют регламент работы по внедрению у нас энергоэффективных технологий. Рассчитано их действие до 2030 года.

Финансирование мероприятий по энергосбережению осуществляется за счет: собственных средств предприятий; средств целевого фонда энергосбережения; средств инновационных фондов министерств и ведомств; средств субъектов федерации и местных бюджетов. Реализации государственной политики в сфере энергосбережения в РФ способствует развитая нормативная база. Среди правоустанавливающих документов федерального уровня необходимо назвать следующие акты:

- Закон РФ «Об энергосбережении» № 28-ФЗ от 3 апреля 1996 г.;
- Основные положения Энергетической стратегии России на период до 2020 года (одобрены Правительством РФ, протокол № 39 от 23 ноября 2000 г.);
- Распоряжение Правительства РФ от 13 ноября 2009 г. № 1715-р «Об энергетической стратегии России на период до 2030 года»;
- Федеральный закон № 261-ФЗ от 23 ноября 2009 г. «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности»;
- Указ Президента РФ от 13 мая 2010 г. № 579 «Об оценке эффективности деятельности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления городских округов

и муниципальных районов в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности»;

- Постановление Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2010 г. № 1172 «Об утверждении правил оптового рынка электрической энергии и мощности и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам организации функционирования оптового рынка электрической энергии и мощности»;

- Постановление Правительства Российской Федерации от 4 мая 2012 г. № 442 «О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и/или частичном ограничении режима потребления электрической энергии».

После тщетных попыток стимулирования развития ВИЭ в России через надбавки к рыночной цене электроэнергии 28 мая 2013 года Правительство РФ приняло Постановление № 449 «О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности» [4]. Разработчики данного постановления попытались обеспечить максимальное интегрирование механизма поддержки ВИЭ в существующую в стране специфическую архитектуру рынка электроэнергетики. Поддержка ВИЭ (предусмотрена для трёх видов: солнечной, ветровой энергетики и малой гидроэнергетики) осуществляется через ДПМ ВИЭ – договоры о предоставлении мощности, видоизменённые с учётом особенностей ВИЭ. Изменения, внесённые в стандартный ДПМ, обеспечивают работу объектов на ВИЭ по правилам, аналогичным тем, которые применяются к объектам электрогенерации, работающим в вынужденном режиме.

Для адаптации всех участников рынка ВИЭ к новым условиям необходимо время. Потребуется разъяснения законодателей операторам на местах, разработка дополнительных подзаконных актов.

Согласно действующему законодательству, ВИЭ в России будут поддерживать в рамках ежегодных квот (целевых параметров), выделенных для каждого вида ВИЭ на период до 2020 года. Отбор инвестиционных проектов строительства генерирующих объектов на основе ВИЭ осуществляется на специализированных конкурсах, где устанавливаются предельные уровни капитальных затрат. Основным условием для получения максимальной финансовой помощи от государства является требование локализации, т. е. обеспечение производства части оборудования для проекта внутри страны.

Польза от экономичных приборов, работающих на возобновляемых источниках энергии понятна, и теперь перед учеными и промышленниками стоит главная задача – провести максимально обширную информационную кампанию, которая бы привела человечество к выбору экологических технологий [5].

Как результат, активный рост альтернативной энергетики в прошлые годы, эффекты масштабирования и технологического совершенствования производства в отрасли привели к существенному удешевлению ВИЭ и достижению сетевого паритета во всё большем числе регионов мира (состояние

паритета стоимости энергии, полученной из обычных источников и альтернативных). Тем не менее для стимулирования старта развития отраслей ВИЭ на новых рынках, особенно в странах, не имеющих острой нужды в энергетических ресурсах, всё ещё требуется государственная помощь.

Государство должно быть заинтересованным в развитии ВИЭ и активно содействовать развитию этого нового направления в энергетике, прежде всего, путем создания стимулов для бизнеса. При этом участие государства в развитии ВИЭ не должно стать благотворительностью за счет налогоплательщика, а государственным бизнесом. Каждый затраченный бюджетный рубль на поддержку ВИЭ должен стать окупаемым, он, как показывают оценки и опыт других стран, может и должен приносить прибыль в бюджет в результате развития бизнеса.

Список литературы

1. Рынок возобновляемых источников энергии в России – 2013: информационно-аналитический отчет компании IBCentre.
2. Альтернативная энергетика – нужны стимулы развития. Сошинов А.Г., Галушак В.С., Атрашенко О.С. Энергетика, электромеханика и энергоэффективные технологии глазами молодежи: материалы IV российской молодежной научной школы-конференции. В 2 т. Т. 2/ Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во ООО «ЦРУ», 2016. - 435 с.
3. Солнечные фотоэлементы или двигатель стирлинга - реалии и будущее солнечной энергетики/ Галушак В.С., Сошинов А.Г., Атрашенко О.С., Копейкина Т.В. / Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 12-3. С. 385-388.
4. Постановление Правительства РФ от 28 мая 2013 года № 449 «О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности».
5. Возобновляемые источники энергии для электроснабжения заповедников и природных парков / Атрашенко О.С., Галушак В.С., Сошинов А.Г. / APRIORI. Серия: Естественные и технические науки. 2015. № 4. С. 4.
6. ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ / Сухоручкина Т.Ю., Атрашенко О.С. / Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт. 2016. № 2 (14). С. 40-43.

С.В. Сукьясов, А.В. Рудых

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, г. Иркутск

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ 0,38 КВ

Требования к повышению качества электроэнергии обусловлены распространением сложного электронного оборудования, вычислительной техники, бытовых приборов чувствительных к изменениям напряжения питающих сетей. Использование в коммунально-бытовом секторе все большего количества такого электрооборудования существенно ухудшает качество электроэнергии.

Организация совместной работы указанных электроприемников требует оперативного контроля параметров электроэнергии и исследования их влияния на работу сетей в целом. При значительном отклонении качества электроэнергии необходимо своевременно применять ряд эффективных мероприятий по улучшению показателей качества.

В связи с выше изложенным, использование способов повышения качества электрической энергии является актуальным.

В настоящее время все способы можно разделить на две группы: схемные решения и применение специальных технических средств (см. рисунок).

Рассмотрим основные из них.

Применение трансформаторов с обмотками «треугольник-звезда» позволяет эффективно бороться с гармониками, кратными третьей. Трансформатор с обмотками, соединенными в треугольник - звезда или звезда - треугольник мало чувствителен к несимметричным нагрузкам.

При соединении в треугольник фазные напряжения будут равны линейным. В мощных трансформаторах принято одну из обмоток всегда соединять в треугольник. Делается это по следующим соображениям: как известно, намагничивающий ток трансформатора имеет несинусоидальную форму, т.е. содержит высшие гармонические составляющие. Если же одна из обмоток трансформатора соединена треугольником, то фазные потоки трансформатора становятся практически синусоидальными [3].

Это объясняется тем, что в обмотке совпадающие по времени третьи гармонические ЭДС вызывают ток тройной частоты, который циркулирует по обмоткам фазы и уменьшает третьи гармонические потоки. Упрощенно можно считать, что результирующий поток тройной частоты является суммой третьих гармонических потоков, создаваемых первичной и вторичной обмотками.



Рисунок – Классификация способы повышения качества электрической энергии

Наиболее распространенными в настоящее время являются трансформаторы с соединением обмоток по схеме "звезда – звезда ноль". Это обусловлено тем, что они имеют более простое конструктивное исполнение по сравнению с трансформаторами с другой схемой соединения обмоток. Однако эти трансформаторы имеют большое сопротивление токам нулевой последовательности.

Известен ряд схем соединения обмоток трансформаторов, малочувствительных к несимметрии нагрузок [4]. К таким схемам относится схема соединения обмоток трансформаторов "треугольник – зигзаг ноль". Но учитывая отечественный и зарубежный опыт конструирования и эксплуатации трансформаторов, предпочтение следует отдавать схеме "звезда – зигзаг ноль".

Соединение вторичной обмотки понижающего трансформатора в зигзаг обеспечивает более равномерное распределение несимметричной нагрузки между фазами первичной сети. При этом обеспечиваются наиболее благоприятные условия работы трансформатора. Из-за большей сложности изготовления и более высокой стоимости трансформаторы схема пока применяются редко.

Равномерное распределение однофазных электроприемников по фазам заключается в том, что периодически производится перераспределение нагрузок на основании результатов измерений токов в фазах магистральных участков линии в период максимальных нагрузок. Его применение позволяет в некоторых случаях уменьшить до определенного уровня статистическую несимметрию нагрузок и улучшить качество электрической энергии. Он достаточно просто реализуется в сетях с сосредоточенной нагрузкой. В сетях с рассредоточенной нагрузкой, имеющих, как правило, несколько неполнофазных участков

различной мощности, применение данного способа весьма затруднительно, так как в этом случае требуется производить измерения и переключения в нескольких точках сети.

Следует отметить, что перераспределение нагрузок по результатам однократных измерений может не уменьшить статистическую несимметрию, а наоборот, ее увеличить. Для решения данной проблемы применяется автоматическое подключение однофазной нагрузки к наименее загруженной фазе.

На сегодняшний день находят широкое применения специальные реле выбора фаз. Использование данных устройств, обеспечивает подключение однофазных потребителей к менее нагруженной фазе, обеспечивает выравнивание нагрузки всех фаз в пределах одного передающего трансформатора, что позволяет повысить качество предоставляемых услуг в части величины напряжения, близкого к номинальному [2].

Сопротивления нулевой последовательности сельской распределительной сети 0,38 кВ велико, примерно в 10...15 раз больше сопротивления прямой последовательности. Поэтому, даже при малых токах нулевой последовательности составляющая фазных напряжений той же последовательности будет велика, что приводит к значительной несимметрии фазных напряжений.

Некоторые авторы [4, 6], для уменьшения сопротивления нулевой последовательности линии предлагают использовать фонарный провод, как способ увеличения сечения нулевого провода. Однако этот способ для увеличения качества электрической энергии в сети 0,38 кВ не применим, так как ведет к удорожанию сети. Кроме того, подключение осветительного провода возможно только в дневное время суток, тогда как значительная несимметрия нагрузок проявляется в наибольшей мере в вечерние часы.

Снизить сопротивления нулевой последовательности сети можно так же с помощью применения специальных устройств, имеющих минимальное сопротивление токам нулевой последовательности.

Снижение несимметрии токов может быть получено при переводе сети 0,38 кВ в режим замкнутой или полузамкнутой сети [5]. В первом случае замыкается сеть, питающаяся от одного распределительного трансформатора, во втором – от нескольких трансформаторов. Наиболее благоприятно в отношении выравнивания нагрузок по фазам, замыкание линий от одного трансформатора, поскольку напряжение на клеммах трансформатора при этом одинаково по величине и по фазе для всех линий. При этом точки токораздела устанавливаются между точками питания для каждой из фаз линии. Эта нагрузка будет тем больше выравниваться, чем больше будет число замыкаемых линий сети низкого напряжения.

Однако следует иметь в виду, что при замыкании сетей с несколькими распределительными трансформаторами, имеющими неодинаковое напряжение

на вторичных шинах, в сети возникают уравнивающие токи, и потери мощности возрастают. Величина уравнивающих токов тем меньше, чем меньше отличие ступеней регулирования на шинах трансформаторов и больше сопротивление линии. Уравнивающие токи замыкаются через стальной бак трансформатора бесполезно его нагружают.

Реализация данного способа в сельских распределительных сетях с коммунально-бытовыми нагрузками, имеющими большую протяженность, ответвления и неполнофазные участки, весьма затруднительна и может потребовать значительных капиталовложений.

Выше перечисленные способы должны использоваться как на этапе проектирования, так и на этапе эксплуатации электроэнергетических систем.

В качестве технических средств, применяются специальные симметрирующие устройства и фильтросимметрирующие устройства. Существующие способы снижения несимметрии напряжения в трехфазных системах заключаются в создании пульсирующей мощности, вектор которой, равен по величине и противоположен по фазе вектору пульсирующей мощности сети. Тогда сумма этих векторов будет равна нулю, что и соответствует работе сети в симметричном режиме.

Одно, двух и трехэлементные симметрирующие устройства могут обеспечить высокий КПД и высокий $\cos \varphi$, но только один из этих параметров одновременно [2]. Одно и двухэлементные симметрирующие устройства имеют следующие недостатки: невозможность бесконтактного управления емкостью без увеличения установленной мощности элементов симметрирующего устройства; недоиспользование мощности симметрирующих элементов; наличие двух регулируемых элементов и сложность управления ими, если нагрузка не чисто активная и изменяется в некотором диапазоне.

Наиболее гибкими и универсальными являются трехэлементные симметрирующие устройства, которые позволяют симметрировать напряжение с заданным $\cos \varphi$ нагрузки. Недостатки этих схем: низкий коэффициент использования оборудования; увеличение числа регулируемых элементов до трех усложняет и снижает надежность.

Наиболее широкое применение среди технических средств, снижающих уровень высших гармоник в системах электроснабжения, получили пассивные, гибридные и активные фильтры.

Пассивные фильтры используются для обеспечения синусоидальности тока и напряжения, они выполнены на основе индуктивных и емкостных элементов. Принцип фильтрации пассивных фильтров основан на зависимости сопротивлений их элементов от частоты протекаемых в них токов и, на использовании явлений резонанса в последовательных и параллельных цепях, содержащих такие конденсаторы и реакторы. Пассивные фильтры различаются по схемотехническому исполнению и частотным характеристикам.

Имея минимальное сопротивление на частоте настройки, такие пассивные фильтры шунтируют токи высших гармоник, генерируемые нелинейной нагрузкой. В результате токи высших гармоник, не попадают в питающую сеть. Активные фильтры гармоник подключаются параллельно шинам сети, что обычно соответствует представлению их эквивалентными источниками несинусоидального тока требуемой формы. Эти же схемы также могут быть включены в сеть последовательно, и рассматриваться как эквивалентные источники несинусоидального напряжения.

Наибольшее практическое применение получили схемы активных фильтров гармоник с ёмкостным накопителем благодаря их более высокому быстродействию и лучшим технико-экономическим показателям.

Поперечная компенсация, включенная в среднюю точку линии, способна поглощать и возвращать реактивную мощность, обеспечивает постоянство напряжения в этой точке. При этом может быть увеличена передаваемая мощность [1].

Индуктивность изменяется за счет использования тиристорov. Такие системы называются SVC (Static VAR Compensator) – ССКРМ (система статической компенсации реактивной мощности).

Статический контактор, управляющий силой тока в реакторе, генерирует в сети гармоники. Это послужило первой причиной для организации емкостей в систему фильтров. Существуют и другие причины, связанные со структурой сети, в основном с возникновением параллельного резонанса, из-за наличия емкостей в установке SVC.

По причинам экономического характера часто бывает затруднительно установить фиксированную значительную емкость. Это потребует также установки модуля TCR большой мощности, поэтому используют несколько конденсаторных батарей.

При пуске сравнительно мощных асинхронных двигателей возникают колебания напряжения в сетях 0,38 кВ, что существенно ухудшает качество напряжения у электропотребителей этих же сетей. Во избежание больших колебаний следует применять продольную емкостную компенсацию. Под продольной емкостной компенсацией следует понимать емкостное сопротивление, включенное последовательно с нагрузкой [3].

Если сопротивление нагрузки имеет индуктивный характер (именно при этих условиях и целесообразно применять данный способ), то включение конденсаторов приводит к повышению напряжения на нагрузке.

Добиться увеличения качества электрической энергии в распределительных сетях 0,38 кВ возможно путем использования специальных устройств, имеющих минимальное сопротивление токам нулевой последовательности. Такие устройства можно отнести к категории так называемых фильтровых схем, и они получили название - шунто-

симметрирующие устройства (ШСУ). Благодаря тому, что эти устройства, как было отмечено выше, имеют минимальное сопротивление токам нулевой последовательности, большая часть этих токов замыкается на участке, где ШСУ подключается к сети и самим устройством [4, 5]. Другими словами, данные устройства как бы замыкают на себя (шунтируют) токи нулевой последовательности и почти не пропускают их на другие участки линии 0,38 кВ. Их устанавливают в начале или в конце линии и подключают параллельно нагрузке. Напряжение нулевой последовательности на нагрузке будет минимальным и определится только сопротивлением нулевой последовательности ШСУ. Таким образом, подключение таких устройств в значительной степени улучшает качество напряжений у потребителей электрической энергии и повышает симметрию токов в линии. Большим достоинством некоторых ШСУ является так же то, что их параметры не зависят от нагрузки и, следовательно, они могут изготавливаться нерегулируемыми.

Выводы. 1. Учитывая характер работы распределительных сетей 0,38 кВ можно сделать вывод, что для поддержания качества электрической энергии на необходимом уровне требуется принимать соответствующие меры. 2. Наиболее широко применяются схемные решения и специальные технические средства. 3. На основании проведенного анализа способов улучшения качества электрической энергии бала составлена их классификация, выявлены достоинства и недостатки.

Список литературы

- 1 Берх, И.М. Система векторного регулирования статического крмпенсатора СТАТКОМ / И.М. Берх, М. И. Мазуров, А. В. Николаев – Изд. НИИПТ, 2003, №59
- 2 Долингер, С. Ю. Повышение эффективности технических средств обеспечения качества электроэнергии в распределительных сетях: диссертация ... кандидата технических наук: 05.14.02 / С. Ю. Долингер; [Место защиты: Ом. гос. техн. ун-т].- Омск, 2012.- 121 с.: ил. РГБ ОД, 61 13-5/160
- 3 Куро, Ж. Современные технологии повышения качества электроэнергии при ее передаче и распределении / Жак Куро. - Новости электротехники. 2005, №1,2
- 4 Наумов Игорь Владимирович. Снижение потерь и повышение качества электрической энергии в сельских распределительных сетях 0,38 кВ с помощью симметрирующих устройств: Дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.02 Иркутск, 2002 387 с. РГБ ОД, 71:02-5/707-5
- 5 Сукьясов, С. В. Применение технических средств симметрирования нагрузок в сельских распределительных сетях 0,38 кВ для повышения качества и снижения потерь электрической энергии: диссертация ... кандидата технических наук: 05.20.02 / С. В. Сукьясов [Место защиты: Алт. гос. техн. ун-т].- Иркутск.- 2004, 206 с.: ил. РГБ ОД, 61:04-5/2119
- 6 Троицкий, А.И. Уравновешивание токов нулевой последовательности. / А.И. Троицкий // Монография / ЮРГТУ.- 2001.- 170 с.

В.А. Трушкин, О.Н. Чурляева, А.В. Иванов

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

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УСТРОЙСТВА ЗАРЯДА АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ ОТ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Аннотация: Для оценки мощности, генерируемой возобновляемыми источниками (солнечной и ветровой) энергии и используемой для заряда аккумуляторной батареи, дано математическое описание отдельных узлов, а затем составлена имитационная модель устройства в компьютерном пакете MatLAB. Полученные при моделировании характеристики показывают, что данная модель является работоспособной и адекватной и может быть использована при изучении процессов и анализе работы устройства заряда аккумуляторных батарей от источников солнечно-ветровой энергии.

Ключевые слова: математическое моделирование, возобновляемые источники энергии, ветрогенератор, солнечная панель, аккумуляторная батарея, MatLAB, моделирование режимов работы

Математическое моделирование применяется в основном при оптимизационном проектировании выбранного нового или ранее известного типа конструкции не только для сокращения дорогостоящего и длительного промежуточного физического макетирования, но и для более глубокого, чем в эксперименте, анализа процессов.

Моделируемое устройство заряда аккумуляторов включает в себя возобновляемые источники электрической энергии – ветрогенератор и солнечную батарею, преобразующие устройства, аккумуляторную батарею.

Функциональная схема устройства представлена на рисунке 1.

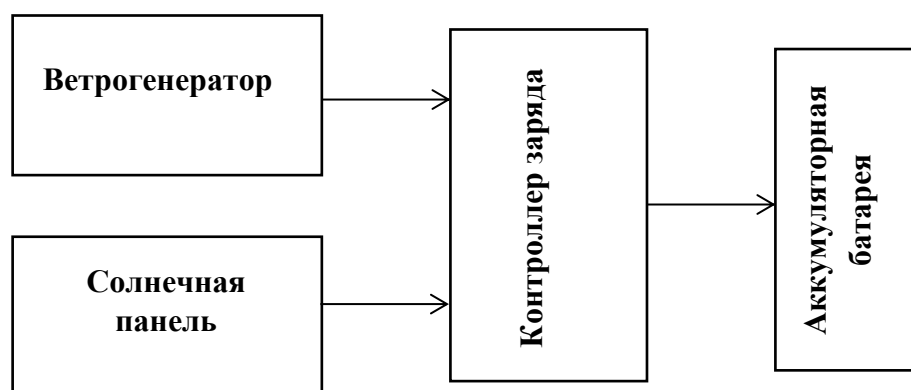


Рисунок 1 – Функциональная схема устройства заряда аккумуляторной батареи на основе возобновляемых источников энергии

Генерируемая источниками энергии (солнечной и ветровой энергии) мощность, будет использована для заряда аккумуляторной батареи. Для того чтобы оценить вырабатываемые мощности системы, необходимо смоделировать отдельные узлы, а затем оценить работу имитационной модели в соответствии с заданными параметрами.

Электрическая мощность генератора ветроэнергетической установки определяется по формуле:

$$P_v = C_p \frac{\rho \cdot S}{2} v^3, \quad (1)$$

где P_v – мощность ВЭУ (Вт); C_p – коэффициент использования энергии ветра (коэффициент мощности установки); S – площадь поперечного сечения (м^2); v – скорость ветра (м/с); ρ – плотность ($\text{кг}/\text{м}^3$).

Так как ρ и S являются константами, то изменение мощности ВЭУ будет зависеть от изменения C_p и v .

Вращающий момент, развиваемый ветроколесом, пропорционален его мощности и обратно пропорционален частоте вращения

$$M = \frac{P}{\omega}. \quad (2)$$

Угловая частота вращения ветроколеса равна:

$$\omega = Z \frac{v}{R}, \quad (3)$$

где Z – быстроходность ветроколеса – отношение окружной скорости на конце лопасти ветроколеса к скорости ветра; R – радиус ветроколеса (м).

При практических расчетах используют такое понятие как оптимальная быстроходность ветроколеса. Это такая быстроходность, при которой оно вращается не слишком быстро, чтобы лопасти не двигались в турбулизированном предыдущей лопастью потоке и не слишком медленно, чтобы часть потока не проходила через сечение ветроколеса без взаимодействия с его лопастями [1]:

$$Z_{\text{опт}} \approx \frac{4 \cdot \pi}{N}, \quad (4)$$

где N – число лопастей ветроколеса.

Представленное математическое описание позволяет оценить значение вращающего момента и выходной мощности развиваемой ветроэнергетической установкой при заданных входных значениях скорости ветра (м/с), угла наклона лопасти по нормали от направления ветра (град) и угловой скорости генератора (рад/с).

Основой построения модели солнечных панелей (СП) является модель единичного фотоэлемента. Модель фотоэлемента основана на электрических характеристиках, то есть, на уровне напряжения ячейки при различных уровнях излучения и при различной температуре ячейки. Самая простая эквивалентная

схема солнечного элемента (СЭ) – источник тока с параллельно включенным диодом.

Ток, который вырабатывает этот солнечный элемент, описывается данной формулой:

$$I = I_{ph} - I_s \left(e^{\frac{q}{nkT}(U+IR_s)} - 1 \right) - \frac{U + IR_s}{R_{sh}}, \quad (5)$$

где I_{ph} – фототок (А); I_s – обратный ток насыщения диода (А); n – диодный коэффициент, зависящий от материала СЭ; k – постоянная Больцмана; T – температура перехода (К); q – заряд электрона; U – рабочее напряжение (В); R_s – последовательное сопротивление (Ом); R_{sh} –шунтирующее сопротивление (Ом).

Эквивалентная схема, приведенная на рисунке 2, представляет собой диод, включенный параллельно источнику фототока и два сопротивления: последовательное R_s и шунтирующее R_{sh} .

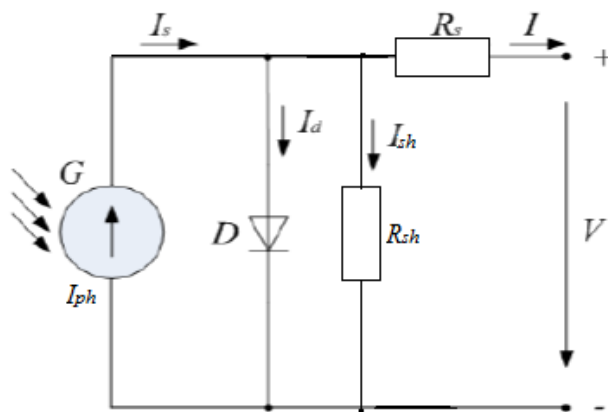


Рисунок 2 – Эквивалентная схема солнечной батареи

Как правило, производители солнечных элементов для своей продукции указывают значения тока короткого замыкания и напряжения холостого хода для стандартных (эталонных) условий: температура 25 °С, освещенность 1000 Вт/м². При этом, значение тока короткого замыкания I_{sc} очень близко к значению фототока I_{ph} . С учетом этого справедливо выражение, позволяющие определить значение фототока при заданных значениях температуры и освещенности [2]:

$$I_{ph}(t) = I_{sc}(T_{ref}, G_{ref}) \cdot \frac{G(t)}{G_{ref}} + I_{sc}(T_{ref}, G_{ref}) \cdot \alpha (T - T_{ref}), \quad (6)$$

где T_{ref} – эталонная температура, 25 °С; G_{ref} – эталонная освещенность, 1000 Вт/м²; $I_{sc}(T_{ref}, G_{ref})$ – ток короткого замыкания при эталонных значениях освещенности и температуры, А; α – температурный коэффициент тока короткого замыкания, %/°С; $G(t)$ – закон изменения освещенности во времени.

Производители солнечных элементов обычно редко публикуют данные о токе насыщения и для того, чтобы определить I_s , выразим его из основного уравнения СЭ (6) примененного к солнечному элементу в режиме холостого хода, при эталонных условиях (25 °С, 1000 Вт/м²) [3].

$$I_s(T_{ref}) = \frac{I_{sc}(T_{ref}, G_{ref}) - U_{oc}(T_{ref}, G_{ref}) / R_{sh}}{\left(\exp\left(\frac{qU_{oc}(T_{ref}, G_{ref})}{n \cdot k \cdot T_{ref}} \right) - 1 \right)} \quad (7)$$

Так как ток насыщения зависит от физических характеристик солнечного элемента, например, коэффициента диффузии электронов в полупроводнике, времени жизни неосновных носителей, но не от освещенности, то пересчитывать I_s для заданной освещенности нет необходимости, однако нужно учесть его зависимость от температуры, которая описывается следующей формулой [2]:

$$I_s = I_s(T_{ref}) \cdot \left(\frac{T}{T_{ref}} \right)^{\frac{3}{n}} \cdot \exp\left(\frac{qE_g}{n \cdot k \cdot \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{ref}} \right)} \right) \quad (8)$$

где E_g – ширина запрещенной зоны, эВ.

Полученная математическая модель солнечного элемента позволяет определить значение выходного тока при заданных значениях температуры и освещенности СЭ.

Для построения уравнений, связывающих параметры математической модели аккумуляторной батареи, используются эквивалентные электрические схемы замещения, представляющие собой определенным образом соединенные активные и реактивные элементы, каждый из которых имитирует определенный физико-химический параметр исследуемого аккумулятора или конструктивный элемент электрохимического аккумулятора [4].

Для удобного анализа и аналитического представления выбранную схему замещения аккумулятора разбили на четыре участка (рисунок 3).

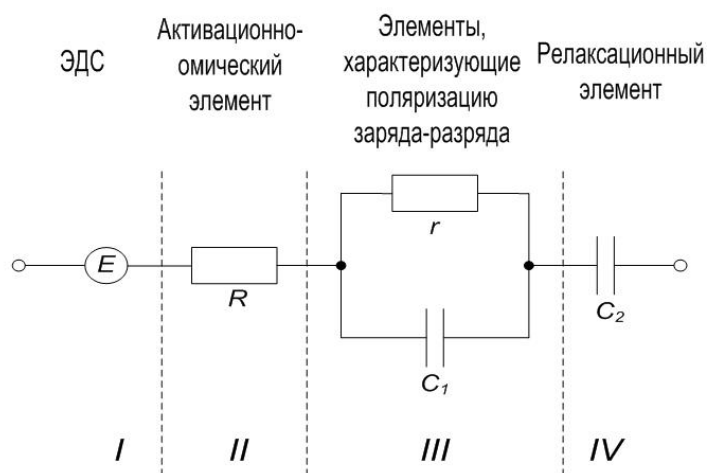


Рисунок 3 – Схема замещения электрохимического аккумулятора

Первый участок состоит из элемента, представляющего собой источник идеальной ЭДС, напряжение которого равно $U_1=E$.

Второй участок представлен резистором R , который описывает активационно-омическую часть в работе аккумуляторной батареи. Падение напряжения на этом элементе:

$$U_2 = R \cdot I, \quad (9)$$

где I – постоянный внешний ток.

Третий участок схемы замещения аккумуляторной батареи представляет собой конденсатор C_1 с утечкой электроэнергии на резисторе r . Этот участок описывает переходные процессы, протекающие в аккумуляторе при его включении на разряд [4-6]. При пропускании через схему замещения постоянного разрядного тока уравнение, описывающее процессы на участке имеет вид:

$$U_3 = -b \cdot \left(1 - \exp\left(-\frac{I \cdot t}{C_1 \cdot b}\right) \right), \quad (10)$$

Уравнение (10) описывает изменение напряжения на выходе схемы замещения электрохимического аккумулятора, условно называемое релаксационной поляризацией.

Последний четвёртый участок схемы замещения представлен конденсатором C_2 , который соответствует основной токообразующей электрохимической реакции. При пропускании через схему постоянного разрядного тока уравнение, описывающее процессы в блоке имеет вид:

$$U_4 = \frac{Q}{C_2^0} \cdot (\ln(-Q + I \cdot t) - \ln(-Q)), \quad (11)$$

где C_2^0 – коэффициент, соответствующий начальной ёмкости конденсатора C_2 ; Q – ёмкость аккумулятора, которую он способен отдать при разряде в А·с.

Все участки схемы замещения соединены последовательно, поэтому напряжение на выходе схемы замещения будет определяться алгебраической суммой. Таким образом, искомая зависимость напряжения от времени и тока для разряда имеет следующий вид:

$$U = E - R \cdot I + b \cdot \left(1 - \exp\left(-\frac{I \cdot t}{C_1 \cdot b}\right) \right) + \frac{Q}{C_2^0} \cdot (\ln(-Q + I \cdot t) - \ln(-Q)) \quad (12)$$

При формировании математической модели необходимо учитывать, что аккумулятор до момента начала тестирования уже мог отдать некоторую долю ёмкости q , то с учётом этого разрядная характеристика может быть представлена в виде:

$$U = E - R \cdot I + b \cdot \left(1 - \exp\left(-\frac{q + I \cdot t}{C_1 \cdot b}\right) \right) + \frac{Q}{C_2^0} \cdot (\ln(-Q + q + I \cdot t) - \ln(-Q)) \quad (13)$$

Математическая модель, представленная по приведенной схеме замещения, подходит для описания разрядных характеристик аккумуляторов различных электрохимических систем в широком диапазоне емкостей.

Для создания имитационной модели устройства заряда аккумуляторов используем компьютерную систему математических расчетов – MatLAB и интегрированные пакеты Simulink и SimPowerSystems, предназначенные для моделирования линейных и нелинейных динамических систем. Данные приложения базируются на принципах визуально-ориентированного программирования с использованием моделей в виде комбинаций компонентов-блоков, путем соединения которых между собой составляются функциональные модели устройств и систем.

Комбинируя возможности Simulink и SimPowerSystems, можно не только имитировать работу электротехнических устройств во временной области, но и выполнять различные виды анализа таких устройств [8].

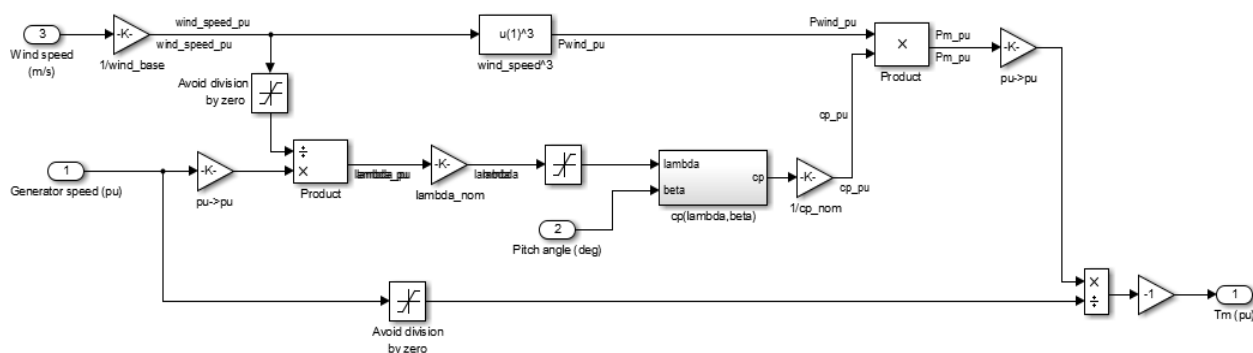


Рисунок 4 – Модель формирования вращающего момента ветротурбины

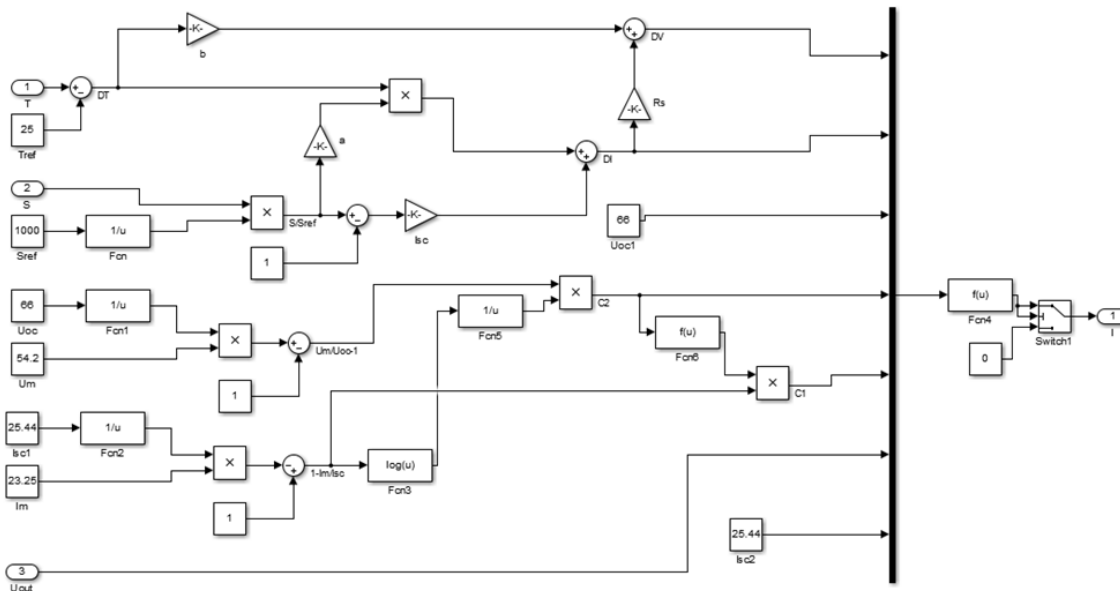


Рисунок 5 – Модель формирования тока солнечного элемента

Модель устройства заряда, составленная в программном пакете MATLAB+Simulink [7, 9], приведена на рисунке 6.

В качестве регулятора уровня напряжения на аккумуляторной батарее применен метод управления с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ). Последовательно с ВЭУ и СЭ включены DC-DC преобразователи состоящие из импульсного силового устройства и катушки индуктивности L .

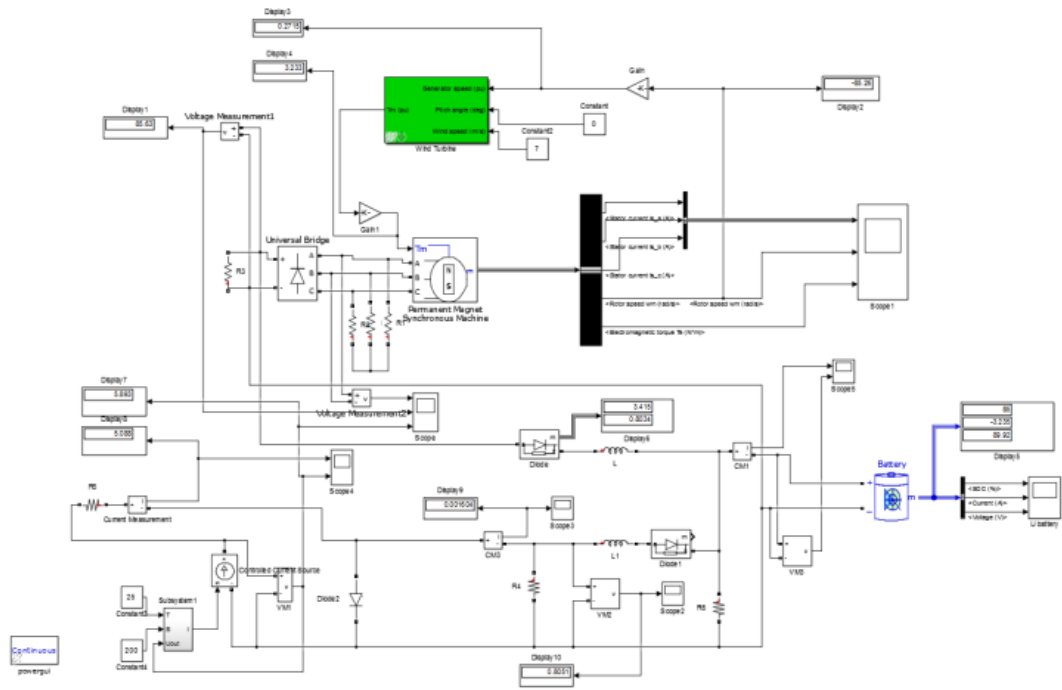


Рисунок 6 – Имитационная модель устройства заряда аккумуляторной батареи

Временные диаграммы токов трехфазной системы, скорости ротора и электромагнитного момента синхронного генератора ветроустановки представлены на рисунке 7.

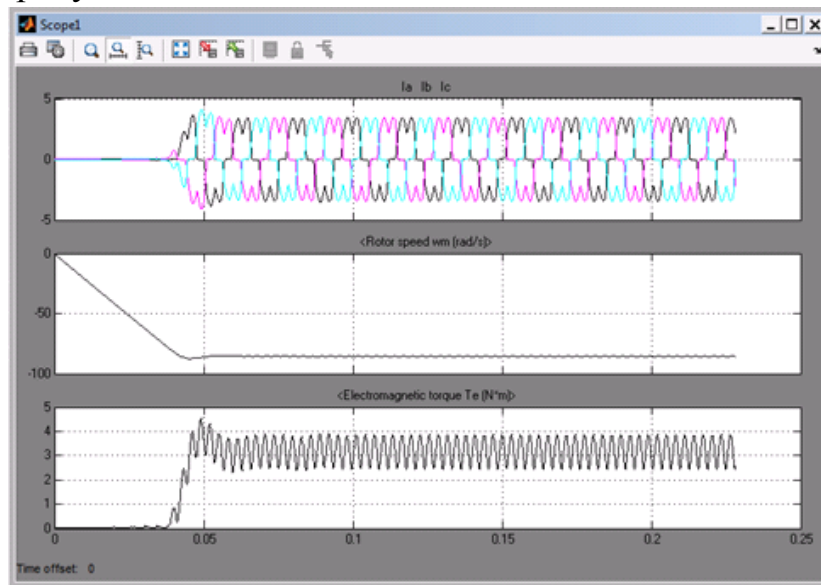


Рисунок 7 – Временные диаграммы параметров синхронного генератора

Зарядный ток и напряжение, вырабатываемые солнечной батареей представлены на рисунке 8.

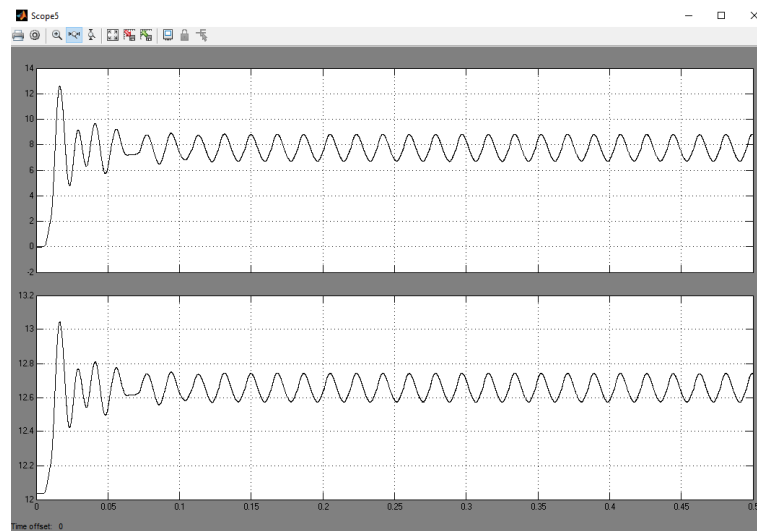


Рисунок 8 – Зарядный ток и напряжение от солнечной батареи

Уровень заряда, зарядный ток и напряжение на зажимах аккумуляторной батареи показаны на рисунке 9.

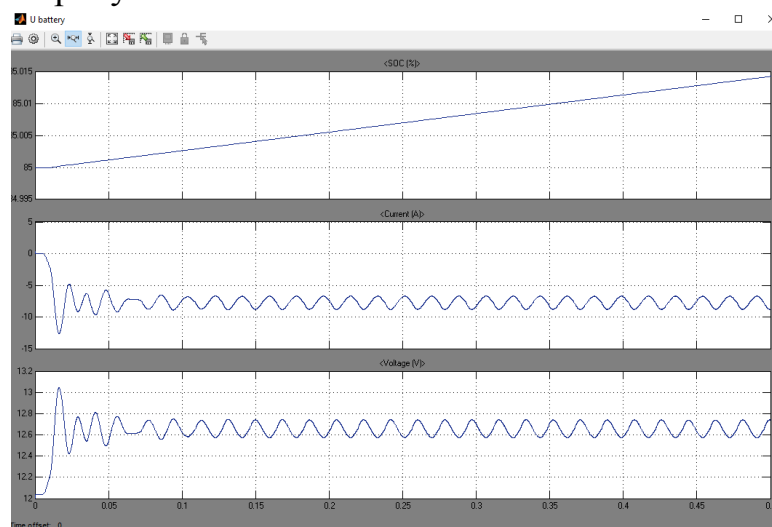


Рисунок 9 – Временные диаграммы параметров аккумуляторной батареи

Полученные при моделировании, характеристики показывают, что данная модель является работоспособной и адекватной и может быть использована при изучении процессов и анализе работы устройства заряда аккумуляторных батарей от источников солнечно-ветровой энергии.

Список литературы

1. Олешкевич М.М. Нетрадиционные источники энергии: Учебно-методическое пособие для студентов высших учебных заведений специальности «Электроснабжение» в 2 частях. (Часть 1) – Мн.: БНТУ 2007.-53с.
2. Андреев В.М., Грилихес В.А., Румянцев В.Д. Фотоэлектрическое преобразование концентрированного солнечного излучения / под ред. Алфёрова Ж.И. Л.: Наука, 1989. 310 с.
3. Фролкова Н.О. Моделирование солнечных батарей на основе различных полупроводников: дис. ... канд. техн. наук. М., 2011. 179 с.
4. Использование схем замещения для математического моделирования разрядных характеристик никель-кадмиевых аккумуляторов [Текст] / К.В. Безручко, А.О. Давидов, С.В. Синченко, С.В. Ширинский // Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: зб. наук.

праць. Тематичний випуск: Енергетика: надійність та енергоефективність. – Вип. 23. – Харків: НТУ «ХП», 2012. – с. 17-28.

5. Галушкин, Н.Е. Анализ эмпирических зависимостей, описывающих разряд щелочных аккумуляторов [Текст] / Н.Е. Галушкин, Н.Н. Галушкина / Электрохимическая энергетика. – 2005. – Т. 5, № 1. – с. 43-50.

6. Галушкина, Н.Н. Структурная модель щелочного аккумулятора. Релаксационная поляризация [Текст] / Н.Н. Галушкина, Д.Н. Галушкин // Электрохимическая энергетика. – 2005. – Т. 6, № 1. – с. 41-45.

7. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystem и Simulink. – М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2008. – 288 с.

8. Применение программы MATLAB при моделировании работы электротехнических систем [Текст] / В.А. Трушкин, О.Н. Чурляева // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VII международной научно-практической конференции / Под общ.ред. Трушкина В.А. - Саратов : ООО «ЦеСАин», 2016. – с. 233-239.

9. <http://matlab.ru>

УДК 621.331

В.А. Трушкин, С.В. Шлюников, Р.А. Коротков

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

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫХ МАШИН ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ ГРУЗОВ В СКЛАДСКИХ И ПОДСОБНЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Аннотация: В статье показаны особенности проектирования электрифицированной машины для складских и подсобных помещений. В частности рассмотрены вопросы, касающиеся требований к конструкции, приводу, органам управления и дополнительным (вспомогательным) элементам.
Ключевые слова: электрифицированная машина, машины технологического транспорта, электротележка.

В настоящее время в сельском хозяйстве, промышленности, строительстве, коммунальной и других производственных сферах широко применяют различные машины технологического транспорта, включая электрифицированные. Сегодня рынок подобного рода техники предлагает различные варианты конструкций, которые можно подразделить на следующие типы:

– электрические поводковые тележки (классический вариант устройства электрифицированной машины для перевозки паллет с грузом до 3,5 т на небольшие расстояния);

– электротележки с платформой оператора (этот тип конструкции используется в основном для перевозки грузов на средние и большие расстояния);

– электротележки с боковым сиденьем оператора (применяют для перевозки грузов на большие расстояния и многопаллетной транспортировки грузов, а также возможно использование в устройстве закрытой кабины, позволяющей осуществлять работы при особых внешних воздействиях, например, в холодильных или морозильных складах, в помещениях с агрессивной средой и т.п.).

Наша задача состоит в создании электрифицированной машины для перевозки грузов на небольшие и средние расстояния в складских и подсобных помещениях, для облегчения физического труда рабочих, например, транспортирования комбикормов, баллонов с молоком, тюкованных кормов, различного рода строительных материалов, собранного урожая и т.п. Поэтому за основу берем первый тип – поводковые тележки (см. рисунок).



Рисунок – Электрическая поводковая тележка

Область применения такой конструкции ограничивается погрузкой и транспортированием паллет на очень небольшие расстояния. Внесение некоторых конструктивных изменений позволит расширить диапазон ее использования. В частности, предлагается установка кузова, с целью расширения возможностей, а также установка колес большего диаметра – для транспортирования грузов на средние и большие расстояния.

УДК 621.365.55

С.В. Тригорлый, В.В. Захаров

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
г. Саратов

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СВЧ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ГРУНТА

В связи с имеющейся потребностью в круглогодичном урожае овощей и зелени, на территории России все большее развитие получают тепличные хозяйства. Поддерживаемый в теплицах температурно-влажностный режим является благоприятным не только для стабильного и устойчивого роста овощных культур, но и для накопления в грунтах фитопатогенной микрофлоры.

Поэтому, одной из актуальных задач является обеззараживание грунтов. Традиционно в целях обеззараживания грунтов используются пропаривание и химические методы, что не всегда удовлетворяет требованиям сельскохозяйственных производств. При пропаривании наблюдается угнетение полезной микрофлоры грунта, снижение плодоносящей способности растений. Ядохимикаты способны накапливаться в плодах, что нарушает товарные свойства продукции.

Актуальным методом обеззараживания грунтов в тепличных хозяйствах представляется СВЧ обработка. В публикациях показаны положительные результаты применения данного метода: при СВЧ воздействии не только не обнаружено вредных последствий на растения, но и отмечается ускорение роста и развития их корневой и надземной части. Для эффективного обеззараживания грунтов при непрерывном СВЧ воздействии экспериментально определены следующие параметры: температура нагрева грунта - 75 ± 5 °С, скорость нагрева - не более 0,8 °С/с. При импульсном СВЧ воздействии температура нагрева грунта снижается до 50 ± 5 °С, при этом энергозатраты снижаются в 1,7 раза [1]. Однако импульсный метод требует дорогостоящего высокотехнологичного оборудования, поэтому в рамках данной работы рассмотрена непрерывная СВЧ обработка.

При проектировании СВЧ устройств крайне актуальным является математическое моделирование происходящих процессов. Задача СВЧ нагрева диэлектрика в простейшем случае представляет собой связанную задачу электродинамики и теплопроводности, подробно описанную, например, в [2].

Задача электродинамики описывается уравнениями Максвелла. Для волновых процессов используется их преобразование к уравнениям Гельмгольца. Для вектора напряженности электрического поля E уравнение выглядит следующим образом [3]:

$$\nabla \times (\mu_r^{-1} \nabla \times E) - k_0^2 (\epsilon_r - \frac{j\sigma}{\omega\epsilon_0}) E = 0, \quad (1)$$

где μ_r - относительная магнитная проницаемость, k_0 - волновое число, ϵ_r - относительная диэлектрическая проницаемость, σ - электрическая проводимость, ω - угловая частота, и ϵ_0 - электрическая постоянная.

На границе воздух - диэлектрик задается граничное условие сопряжения:

$$[n, E_0 - E_1] = 0, \quad (2)$$

где E_0 , E_1 - векторы напряженности электрического поля для воздуха и грунта соответственно, n - единичный вектор нормали к поверхности раздела сред, направленный из воздуха в грунт.

В случае если теплофизические свойства нагреваемого объекта не зависят от температуры (для описываемой задачи этими зависимостями можно

пренебречь), задача теплопроводности описывается уравнением теплопроводности:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \nabla^2 T + \frac{q_v(x, y, z, t)}{c_p \rho}, \quad (3)$$

где T - температура, a - коэффициент температуропроводности, $q_v(x, y, z, t)$ - мощность внутренних источников теплоты, обусловленных СВЧ энергоподводом в функции координат и времени, c_p - удельная теплоемкость при постоянном давлении, ρ - плотность.

На границе воздух- диэлектрик задается граничное условие третьего рода:

$$q_I(t) = h(T_I - T_0), \quad (4)$$

где $q_I(t)$ - тепловой поток с поверхности грунта в воздух, h - коэффициент теплоотдачи с поверхности грунта, T_0 и T_I - температуры воздуха и поверхности грунта соответственно.

Связь задач электродинамики и теплопроводности осуществляется через соотношение:

$$q_v(x, y, z, t) = 0,5 \omega \varepsilon_0 \varepsilon_r'' \cdot |E|^2, \quad (5)$$

где ε_r'' - мнимая часть диэлектрической проницаемости, напряженность E подставляется в данное уравнение из уравнения (1) на каждом временном слое.

Постановка задачи нагрева грунта с помощью движущейся рупорной антенны иллюстрируется рисунком 1. До недавнего времени задачи электродинамики и теплопроводности решались отдельно друг от друга.

С появлением современного программного обеспечения, использующего для численного решения дифференциальных уравнений метод конечных элементов [4] в сочетании с интерфейсами деформируемой геометрии, стало возможным решение связанной задачи электродинамики и теплопроводности в полной постановке, описанной уравнениями (1) - (5), с учетом изменения геометрии (перемещения антенны).

Поскольку при данном способе моделирования на каждом шаге дискретизации по времени «обновляется» конфигурация электромагнитного и температурного полей, появляется возможность учета изменения граничных условий задачи в процессе движения антенны, например, учета металлических включений в грунте (трубы орошения и пр.).

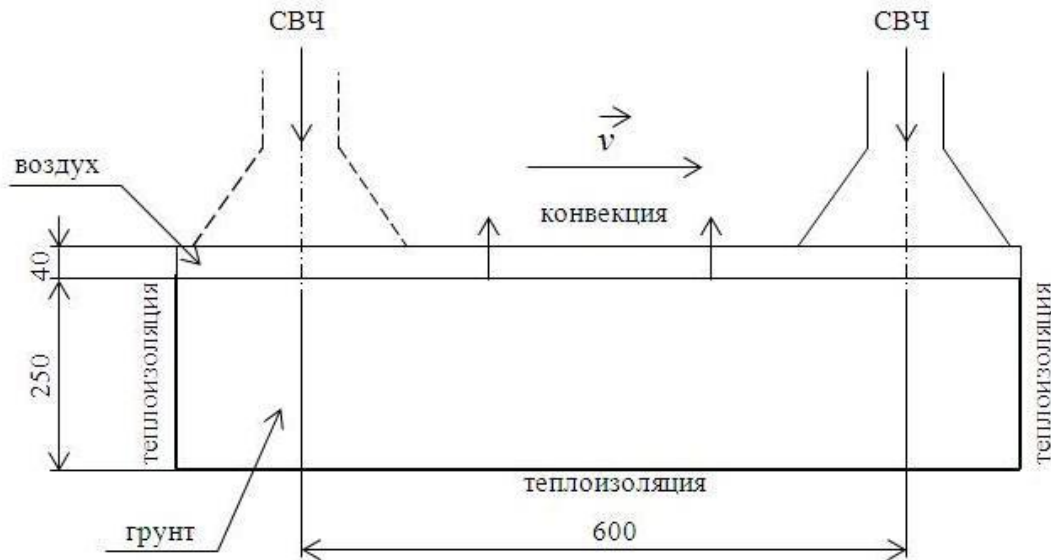


Рисунок 1 – Расчетная схема СВЧ нагрева грунта

В качестве примера приведем результаты моделирования СВЧ нагрева грунта при его облучении движущейся рупорной антенной (рисунок 2). Исходные данные для моделирования: мощность СВЧ излучения $P = 3$ кВт; частота генератора $f = 2450$ МГц; теплофизические свойства грунта $\lambda = 1,49$ Вт/(м·К); $c_p = 1150$ Дж/(кг·К); $\rho = 2000$ кг/м³; коэффициент теплоотдачи с поверхности $h = 10$ Вт/(м²·К); скорость движения излучающей антенны $v = 0,001$ м/с; начальная температура грунта и температура воздуха одинаковы ($T_1 = T_2 = 20$ °С).

Из рисунка 2 видно, что при заданной мощности СВЧ генератора и скорости перемещения антенны выполняются условия эффективного обеззараживания грунта: температура нагрева на глубине 10 см составляет 75 °С, скорость нагрева не превышает 0,8 °С/с.

Следует отметить небольшую глубину проникновения электромагнитной волны в грунт, что связано с выбором частоты 2450 МГц. Применение частот 433 или 915 МГц позволит увеличить глубину проникновения.

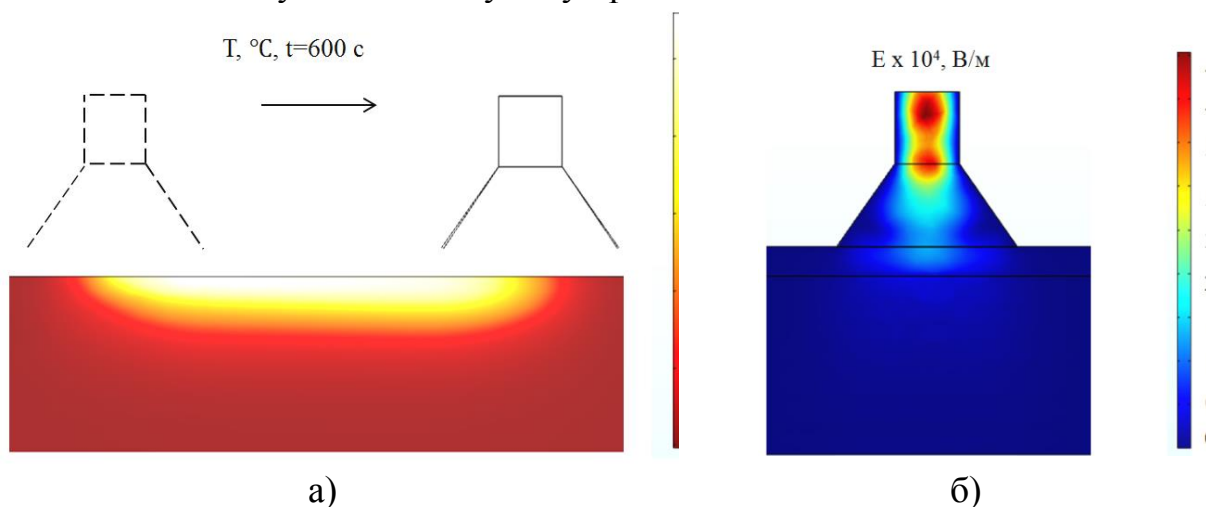


Рисунок 2 – Результаты численного моделирования СВЧ обеззараживания грунта: температурное поле (а), электромагнитное поле (б)

Изменяя скорость перемещения антенны, или мощность СВЧ генератора можно добиться требуемой температуры нагрева грунта. Кроме того, математическое моделирование позволяет на этапе проектирования подобрать оптимальный тип антенны с целью обеспечения требуемого температурного профиля по глубине грунта.

Список литературы

1. Рыськова, Н.В. Влияние различных доз ЭМП СВЧ на ферментативную активность хорошоокультуренной почвы, торфа и торфокомпоста / Н.В. Рыськова, И.Ф. Сыромятникова, С.Г. Кузнецов, В.М. Гуриков, Н.И. Войнич // Автоматика и вычислительная техника в сельскохозяйственном производстве: Сб.науч.тр. / МИИСП – М., 1991. – С.89-94
2. Архангельский, Ю.С. СВЧ электротермия / Ю.С. Архангельский. – Саратов.: Саратов. гос. техн. ун-т, 1998. – 408 С
3. Вайнштейн, Л.А. Электромагнитные волны / Л.А. Вайнштейн. – М.: Радио и связь, 1988. –440 С.
4. Сегерлинд, Л. Применение метода конечных элементов / Л. Сегерлинд. – М.: Мир, 1979. – 392 С.

УДК 621.21.012

У.Г. Тлеков, Л.А. Садыгова

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

РАЗВИТИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ПОМОЩЬ РЕШЕНИЙ ПРОБЛЕМ ЭНЕРГЕТИКИ В РК

Современная человеческая цивилизация не может полноценно существовать без энергетики. Основной частью энергетики в наше время являются запасы углеводородного сырья. Нефть, уголь, газ в 90% мы используем исключительно в качестве энергии. Имеются четыре направления энергетики: традиционная энергетика на органическом топливе, гидроэнергетика, атомная энергетика, альтернативные источники энергии. Понятие «альтернативная энергетика» имеет четыре основных составляющих:

- возобновляемые источники энергии - солнечная ветровая, геотермальная и гидравлическая энергии, низкопотенциальное тепло земли, воды, воздуха;
- вторичные ВИЭ - твердые бытовые отходы, тепло промышленных и бытовых стоков, тепло и газ вентиляции;
- нетрадиционные технологии использования невозобновляемых и возобновляемых источников энергии - водородная энергетика, микроуголь, турбины в малой энергетике, газификация и пиролиз, каталитические методы

сжигания и переработки органического топлива, синтетическое топливо;
- энергетические установки — тепловой насос, машина Стирлинга, вихревая трубка, гидропаровая турбина и установки прямого преобразования энергии[1].

В период 1995 - 2005 г. суммарная выработка электроэнергии на базе ВИЭ в мире увеличилась с 2672 до 3282 ТВт • ч и составила 18% от общего количества произведенной электроэнергии. Для многих стран энергетика на базе ВИЭ является важным решением проблем энергообеспечения. Она играет существенную роль в энергоснабжении США, Китая, Бразилии, Канады и др. стран мира. Лидерами по добычи альтернативной энергии являются США, Китай и Индия (рисунок 2) [2].

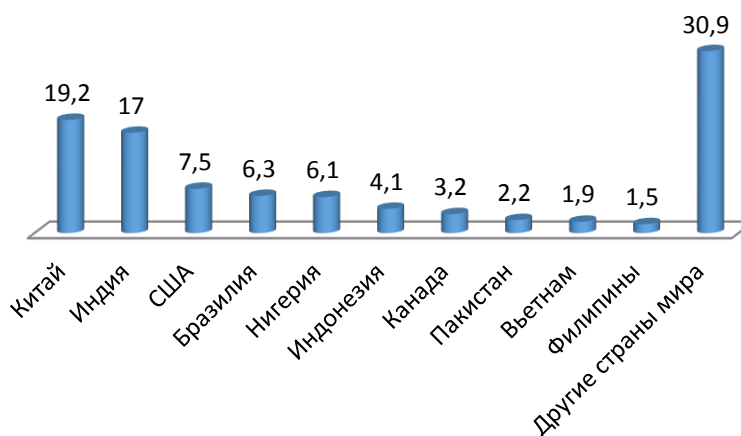


Рисунок 2 – Ведущая десятка стран, производящая энергию из ВИЭ, % (источник: [2])

Интерес в ВИЭ связана с неисчерпаемостью этих ресурсов, независимостью цен на мировых рынках энергоносителей и экологической чистотой. Перспективы использования ВИЭ связаны с опять же экологическими соображениями, низкой стоимостью эксплуатации и грядущим топливным дефицитом в традиционной энергетике. В мировом энергетическом балансе доля носителей для традиционной энергетике составляет порядка 74%. При современном уровне потребления открытых запасов нефти хватит приблизительно на 40 лет, газа - 56 лет, угля - 195 лет. Большой рост цен на нефть в 2007 г. и первой половине 2008 г. заставил страны, потребляющие углеводородные ресурсы, серьезнее отнестись к необходимости перевода своих энергетических систем на возобновляемые АИЭ [3].

Важнейшим требованием к альтернативным источникам энергии - их экологическая чистота. Что означает, процесс получения энергии не должен оказывать влияние на окружающую среду. Также, важно, чтобы источники энергии были возобновляемыми. Одни из перспективных направлений считаются: Солнечные электростанции, ветряные, геотермальные, гидроэлектростанции и грозовая энергетика.

Солнечные электростанции. Солнечные батареи аккумулируют тепло, превращая его в энергию. Это один из самых известных и наиболее популярных методов получения энергии. Те, кому не по карману целая станция

улавливающих солнечный свет установок, ограничиваются покупкой одной-двух батарей для получения бесплатной энергии на повседневные нужды. Например, в южных странах, где солнце светит почти весь год, солнечными батареями часто комплектуются бойлеры для нагрева воды или, например, кондиционеры [4].

Ветряные электростанции, или ветряки. Такое сооружение представляет собой высокий столб, увенчанный лопастями. Ветер заставляет лопасти крутиться, и в результате вырабатывается энергия, которая аккумулируется в нижней части башни.

Гидроэлектростанции разных типов. Помимо обычных ГЭС существуют также малые, приливные, водопадные и волновые электростанции. Энергия производится за счет движения массы воды.

Геотермальные электростанции. Такие установки получают тепловую энергию из горячих источников естественного происхождения.

Грозовая энергетика. Удар молнии может причинить немало бед. Однако, если подчинить себе эту силу, можно не только уберечь леса от пожаров, но и обеспечить значительную экономию энергии. Считается, что установки, использующие энергию молнии, и перенаправляющие ее в электрические сети, будут окупаться всего за пять лет.

Республика Казахстан обладает большим потенциалом в использовании возобновляемых источников энергии. В РК имеются большие участки земель для постройки станций на солнечных батареях, а так же отличные условия для ветроэнергетики. Пример Джунгарские ворота находящиеся в Алматинской области РК. Местность обладает большим ветроэнергетическим потенциалом, мощность станций в теории может достигать до 1000МВт, что примерно равняется 3 млрд кВт/ч электрической энергии каждый год. И это говорится только об одной местности. Используя правильно не только полезные ископаемые, но и географическое положение страны, можно значительно поднять экономику этой страны [5].

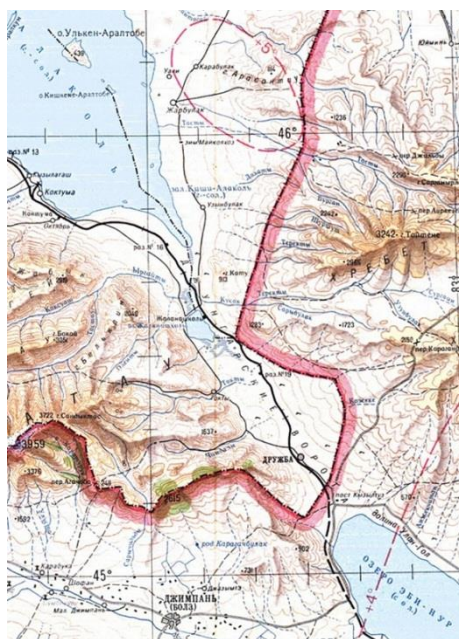


Рисунок 3 – Джунгарские ворота (Алматинская область) (источник: [5])

Список литературы

1. Алексеенко С.В. Нетрадиционная энергетика и энергоресурсы сбережение // Инновации. Технология. Решения. 2006г.
2. Беляков П.Ю. Современное состояние мирового производства электроэнергии на базе возобновляемых источников [Электронный ресурс]. URL:<http://www.energsovet.ru/stat399.html>.
3. Харитонов В. Большая зеленая надежда. Итоги и перспективы альтернативной энергетики [Электронный ресурс]. URL:http://www.chaskor.ru/article/alternativnyne_istochniki_energii_alternativnaya_energetika_2517.
4. Кривцов В.С., лейников А.М., Яковлев А.И. Неисчерпаемая энергия. - Харьков «ХАИ», 2008г.
5. А.В.Болотов, К.А.Бакенов. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Алматы: АИЭС, 2007.

К.М. Усанов, А.В. Волгин, С.А. Королев, А.А. Мизунов

Саратовский государственный аграрный университет

имени Н.И. Вавилова, г. Саратов

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ С ЕМКОСТНЫМ НАКОПИТЕЛЕМ ЭНЕРГИИ

В настоящей работе рассмотрен электрический преобразователь с емкостным накопителем энергии в системе электропитания редкоударной электромагнитной машины

Ключевые слова: электромагнитный двигатель, емкостный накопитель энергии

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.

Импульсные источники с электрическими конденсаторами суммарной емкостью до 1 Ф или более напряжением заряда до 100 В представляются вполне эффективными для питания автономных редкоударных ($n_{уд} = 0,1...0,2$ Гц) машин с импульсными ЛЭМД с выходной механической энергией до 1 кДж [1, 2].

В настоящей работе рассмотрен электрический преобразователь с емкостным накопителем энергии в системе электропитания редкоударной электромагнитной машины (импульсные сейсмоисточники, сводообрушающие устройства бункеров сыпучих материалов).

На схеме (рис.1) обмотка ЛЭМД М через тиристорный разрядник VS подключена к шинам накопителя, заряжаемого от аккумуляторов GB через DC-DC конвертер. Его мощность определяется энергией заряженного накопителя и

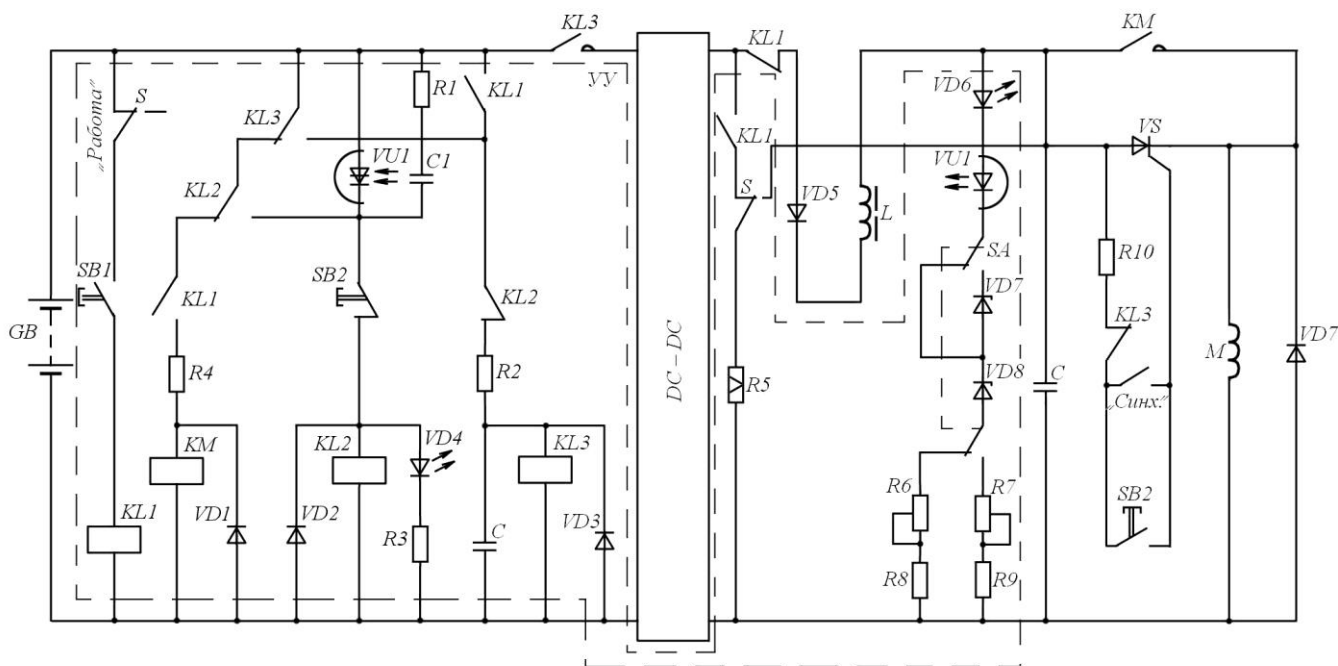


Рисунок 1. Схема ЭП с накопителем энергии

временем зарядки конденсаторов ЕН до максимального напряжения. Ограничение броска выходного тока конвертера в начале зарядки и предотвращение влияния заряженного ЕН на выходную цепь конвертера обеспечивают дроссель L и диод VD5. Для уменьшения собственной индуктивности источника соединения конденсаторов в батарею, цепи разрядника VS и выходных зажимов выполнены короткими жесткими шинами большого сечения.

Определяемый технологией работ алгоритм управления конденсаторного источника и необходимые блокировки задаются управляющим устройством УУ. Использование релейных элементов в схеме УУ значительно упрощает задачу тестирования или наладки в полевых условиях, снижает требование к подготовленности персонала и представляется оправданным.

Рабочий цикл осуществляется следующим образом. Перед запуском источника в работу переводят тумблер S в положение «Работа». Нажатием с кратковременной задержкой (0,3...0,5с) кнопки SB1 «Накопитель зарядить» включают устройство в работу. На интервале удержания кнопки SB1 обеспечивается импульсное срабатывание – отпускание контактора KM, кратковременно шунтирующего разрядник VS, и последующее срабатывание реле KL3, соединяющего входные зажимы конвертера с аккумуляторами GB и запускающего его в действие. Нежелательный в переходном процессе пуска режим холостого хода конвертера предотвращается на этом этапе нагрузочным резистором R5, подключенным к выходным зажимам контактом реле KL1. Отпускание кнопки SB1 обеспечивает подачу выходного напряжения конвертера на зажимы накопителя ЕН через элементы VD – L и отключение нагрузочного резистора R5 для уменьшения потерь.

По мере зарядки возрастает напряжение на зажимах накопителя. Когда его значение достигнет напряжения стабилизации стабилитронов VD7, VD8, происходит их пробой, обеспечивающий излучение светодиода тиристорного оптрона VU1 и отпирание фототиристора, включающего реле KL2. Конвертер отключается от АИП и заряд накопителя прекращается. Сигнализация окончания зарядки ЕН и его готовности к действию обеспечивается светодиодами VD4, VD6.

Управление тиристорным разрядником VS, подключающим накопитель к обмотке ЛЭМД ИСВ производится либо кнопкой SB2 «Огонь» с выносного пульта, либо контактом «Синхр.». По окончании разряда накопителя на обмотку ЛЭМД схема источника возвращается в исходное состояние и нажатием кнопки SB1 «Накопитель зарядить» циклы повторяются. Устройство снабжено необходимыми блокировками, повышающими безопасность и удобство в эксплуатации, и обеспечивает различные уровни напряжения заряда ЕН и энергии выходного воздействия ЛЭМД.

Список литературы

1. Усанов К.М., Угаров Г.Г., Мошкин В.И. Линейный импульсный электромагнитный привод машин с автономным питанием. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2006.-284с.
2. Нейман В.Ю., Усанов К.М., Угаров Г.Г. Рабочий цикл одноударной электромагнитной машины с конденсаторным питанием / Электротехника, электромеханика и электротехнологии–2005 материалы второй научно-технической конференции с международным участием. 2005. С. 39-41

УДК 631.3.021

А.Г. Фианшев, Б.А. Фианшев,

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

РАСЧЁТ ГАЗГОЛЬДЕРА БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ

В лаборатории «Альтернативная энергетика» Кабардино-Балкарского ГАУ имени В.М. Кокова проводятся научно-исследовательские и опытноконструкторские работы по проектированию биогазовой установки для обеспечения биогазом и биоудобрениями малые сельскохозяйственные предприятия.

Разработанная экспериментальная биогазовая установка состоит из метантенка (биореактора), газгольдера, гидрозатвора, фильтра, обратных клапанов, отсекаателя пламени (искрогасителя), счетчика газа, котла и системы аккумуляции газа [1].

Метантенк (рис.1) представляет собой металлическую цилиндрическую герметичную ёмкость на 50 литров, установленную на металлических опорах,

обеспечивающих свободный доступ к выгрузному устройству, устройству подогрева и обслуживанию всей установки. При этом метантенк, в рабочем состоянии заполняется на 2/3 объёма т.е. на 33 литра. Подогрев биомассы обеспечивается газовым котлом через нагреватели опоясывающие метантенк или водяную рубашку (двойной корпус метантенка), температура сбраживаемой массы в заданных пределах поддерживается с помощью термодатчика ДТС-10550М, установленного в корпус метантенка, и микропроцессорного регулятора ТРМ- 202. Корпус метантенка имеет теплоизоляцию полиуретановым пенопластом ППУ-ЭТ.

Исходная масса – птичий помет, через загрузочное устройство поступает в бродильную камеру метантенка, где происходит анаэробное сбраживание по термофильному режиму (50-55⁰С), влажность массы составляет 80% (20% - птичий помет, 80% - вода). Без доступа воздуха происходит брожение т.е. разложение содержащегося в субстрате углеводов, протеинов и т.д. и их превращение в метан и двуокись углерода при помощи метанообразующих бактерий и при незначительных потерях азота. Образование газа переходит в устойчивый режим на 10-11 сутки после загрузки массы [2,3].



Рисунок 1- Экспериментальная биогазовая установка

Выделяющийся газ скапливаясь в верхней части метантенка поступает через гидрозатвор, фильтр, газовый счетчик в газгольдер. Гидрозатвор предназначен для охлаждения биогаза, снижения содержания водяных паров и предотвращения выпадения конденсата.

Газгольдер биогазовой установки предназначен для сбора, аккумуляции и подачи биогаза от биореактора к потребителю. Газгольдер мокрого поплавкового типа состоящего из трех цилиндрических ёмкостей – два из которых представляют герметичную конструкцию заполненную жидкостью. Третий цилиндр выполняет роль поплавка тем самым меняя полезный объем

газовой камеры и создавая в нем избыточное давление для его транспортирования к потребителю.

В нижней части камеры имеются устройства для поступления газа из биореактора и отвода его к потребителю.

Для данной конструкции газгольдера биогазовой установки объемом метантенка $3,5 \text{ м}^3$ и суточным выходом биогаза $14,7 \text{ м}^3$ проведены расчёты геометрических параметров [4,5].

Расчет газгольдера проведем для приема часового объема газа составляющего:

$$V = (14,7 \div 24) \cdot 2 = 0,63 \text{ м}^3$$

Для изготовления определим геометрические размеры газгольдера полезным объемом $V=0,63 \text{ м}^3$. Диаметр резервуара (неподвижного стакана) определяем по формуле:

$$D_p = 1,3 \cdot \sqrt[3]{V} \quad (1)$$
$$D_p = 1,3 \cdot \sqrt[3]{0,63} = 1,3 \cdot 0,857 = 1,1 \text{ м}$$

Длина развертки стенки газгольдера

$$L = \pi D_p \quad (2)$$

$$L = 3,14 \cdot 1,1 = 3,45 \text{ м}$$

Принимаем листы металла размером $2000 \times 1000 \text{ мм}$ и уточняем длину развертки.

Количество листов на один пояс стенки

$$n_{\text{л}} = \frac{L}{L_{\text{л}}} = \frac{3,45}{2} = 1,75 \text{ шт}$$

принимаем $n_{\text{л}}=2$ листа

Фактическая длина развертки стенки газгольдера

$$L_{\text{ф}} = 2 \cdot 2 = 4 \text{ м}$$

Фактический диаметр неподвижного внешнего цилиндра газгольдера составит

$$D_{\text{ф1}} = \frac{L_{\text{ф}}}{\pi} = \frac{4}{3,14} = 1,27 \text{ м}$$

Диаметр внутреннего неподвижного цилиндра составит

$$D_{\text{ф2}} = D_{\text{ф1}} - 0,2 = 1,27 - 0,2 = 1,07 \text{ м}$$

Соответственно диаметр подвижного поплавка

$$D_{\text{фп}} = (D_{\text{ф1}} + D_{\text{ф2}}) \div 2 = (1,27 + 1,07) \div 2 = 1,17 \text{ м}$$

Высоту газгольдера принимаем по ширине листа металла и равен 1 м.

Отличие спроектированного газгольдера от существующих, заключается в том, что в данной конструкции, за счёт оригинального расположения цилиндров друг относительно друга, имеется возможность полностью использовать газовую камеру газгольдера, а жидкость выполняет роль гидрозатвора. Не мало важно и то, что биогаз не соприкасается с водой т.е. не происходит его увлажнения.

Список литературы

1. Фиापшев А.Г., Кильчукова, О.Х., Хамоков М.М. Экспериментальные исследования модернизированной биогазовой установки. / Труды международной научно-технической конференции «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве».- М. 2014. Т.4.- с. 281-284.
2. Шекихачев Ю.А., Фиापшев А.Г., Кильчукова О.Х., Хамоков М.М. Определение параметров и режимов работы биогазовой установки для крестьянских (фермерских) хозяйств / Технология колесных и гусеничных машин. – 2014. – №4. – С. 16–24.
3. Хамоков М.М., Шекихачев Ю.А., Алоев В.З., Курасов В.С., Фиапшев А.Г., Кишев М.А. Оптимизация режимов работы установки для переработки птичьего помета / Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 75. – С. 275–284.
4. Кильчукова, О.Х., Фиапшев, А.Г., Хамоков, М.М. Расчёт параметров биогазовой установки. / Материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные проблемы в энергетике и средствах механизации АПК». - ДальГАУ, г. Благовещенск 2014г, стр.139-144.
5. Апажев А.К., Шекихачев Ю.А., Хажметов Л.М., Фиапшев А.Г., Кильчукова О.Х.,
6. Хамоков М.М. Методологические основы проектирования систем удаления, обработки, обеззараживания, хранения и утилизации навоза и помета.– Нальчик: Кабардино-Балкарский ГАУ, 2015. – 236 с.

УДК 631.3.

А.Т.Халилов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Энергетический институт, г.Томск

Научный руководитель: **О.С. Качин**, к.т.н., доцент кафедры ЭПЭО ЭНИН.

РАЗРАБОТКА И ИСЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ КОЛЛЕТОРНЫМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ

Коллекторная электрическая машина является сложным электротехническим устройством, выходные показатели которого определяются множеством входных параметров конструктивного, технологического и эксплуатационного характера. В этой связи ее проектирование является непростой инженерной задачей, включающей в себя различные стадии от

формирования основных требований к изделию до его постановки на производство.

Ввиду того, что нагрузка на рабочий орган машин в технологическом процессе той или иной отрасли промышленности в основном носит переменный характер, нагрузка на привод, соответственно, непостоянна. В настоящее время для управления коллекторными двигателями переменного тока применяются симисторные преобразователи. Выбор типа регулятора обычно начинается с простейших двухпозиционных регуляторов и может заканчиваться самонастраивающимися микропроцессорными регуляторами. Замечу, что по требованиям технологического регламента многие объекты не допускают применения релейного управляющего воздействия.

Самым полезным устройством для практического регулирования мощности переменного напряжения является двунаправленный тиристор или симистор. Симисторы являются настолько гибкими устройствами, что их можно переключать в проводящее состояние как положительным, так и отрицательным импульсом запуска независимо от мгновенной полярности источника переменного напряжения. Они позволяют регулировать токовые характеристики двигателя в зависимости от времени и нагрузки в оптимальных пределах. Принцип работы данного контроллера реализован на симисторных ключах. Роль СИФУ в данном устройстве выполняет модуль Arduino, как относительно простой в использовании программировании и в обслуживании блок. Микроконтроллер ATmega16U2 обеспечивает связь микроконтроллера ATmega328P с USB-портом компьютера. При подключении к ПК Arduino Uno определяется как виртуальный COM-порт. Прошивка микросхемы 16U2 использует стандартные драйвера USB-COM, поэтому установка внешних драйверов не требуется. Более того, данная платформа позволяет подключать совместимые модули такие, как датчики скорости, угла поворота, величины тока статора и ротора.



Рисунок 1. – Регулятор оборотов электродвигателя

ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

- Симистор является идеальным устройством для использования в коммутационных сетях, так как он может контролировать ток который идет через обе половины переменного цикла.

- Благодаря своей особенности работы, симистор отлично передает сигнал любых электрических приборов, и часто применяется вместо реле.

- Параметры устройства можно корректировать, подавая ток разных напряжений, это позволит отпирать контакты в нужную сторону, просто изменяя полярность сигнала.

- А также используется в быту для создания проборов, продлевающих срок службы различных устройств (например, осветительные приборы, стиральных машин, обороты пылесосов, ламп накаливания с датчиком движения и т.д.).

Список литературы

1. ГОСТ 20420–75. Симисторы. Термины и определения. –М.: Изд-во стандартов, 1975.
2. Справочник по электрическим машинам. Том 1. Копылов И.П., –М.: Изд-во стандартов, 1989.
3. Микропроцессорная автоматика синхронных генераторов и компенсаторов. Овчаренко Н.И., 2004.

УДК 621.315.2

Э. А. Хасанов, Г. Г. Угаров

Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина,
г. Саратов

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ПРОКЛАДКИ КАБЕЛЕЙ С ИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА НА ДОПУСТИМУЮ ТОКОВУЮ НАГРУЗКУ

В мировой электроэнергетике в настоящее широко используется кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена различных классов напряжения от 0,4-500 кВ. В России так же ведется активное внедрение кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ) для всех уровней среднего и высокого напряжений. Наибольшее распространение получили кабели одножильного исполнения.

Высокий уровень напряжения жилы однофазного кабеля приводит к необходимости использования металлического экрана, выполняемого в виде проволок и/или ленты. Основным его назначением является обеспечение равномерности электрического поля, воздействующего на главную изоляцию кабеля (изоляцию «жила-экран»), что достигается только в случае заземления экрана.

Известны три возможные системы заземления экранов:

- 1) Одностороннее заземление
- 2) Двухстороннее заземление
- 3) Транспозиция.

При применении одной из трех, систем заземления экранов при прочих равных условиях пропускная способность трехфазной КЛ из СПЭ будет иметь различные значения даже при одной той величине сечения токопроводящих жил (ТПЖ).

Пропускная способность кабеля определяется на основе теплового расчета. Тепловой расчет кабелей в общем случае сводится к определению температуры ТПЖ с учетом потерь в жилах, изоляции, оболочках и броне, а так же учитываются тепловые сопротивления кабеля, окружающей среды и посторонних источников тепла [1].

Допустимую токовую нагрузку КЛ из СПЭ, проложенную в полиэтиленовых трубах предлагается определить по формуле [1]:

$$I_{\text{доп}} = \sqrt{\frac{T_{\text{ж}} - T_{\text{г}} - P_{\text{и}} \cdot (0,5R_{\text{и}} + R_{\text{о}} + R_{\text{в}} + R_{\text{т}} + 3R_{\text{г}})}{K_{\text{п}}R_{\text{ж}}(R_{\text{и}} + R_{\text{о}} + R_{\text{в}} + R_{\text{т}} + 3R_{\text{г}}) + R_{\text{ж}}\left(\frac{P_{\text{э}}}{P_{\text{ж}}}\right) \cdot (R_{\text{о}} + R_{\text{в}} + R_{\text{т}} + 3R_{\text{г}})}}$$

где $T_{\text{ж}}$ – максимальная температура жилы (90°C); $T_{\text{г}}$ – температура грунта; $R_{\text{ж}}$ – активное сопротивление жилы; $K_{\text{п}}$ – коэффициент, учитывающий рост потерь в жиле кабеля за счет поверхностного эффекта (выбирается в зависимости от сечения ТПЖ); $P_{\text{и}}$ – диэлектрические потери в изоляции кабеля; $P_{\text{э}}/P_{\text{ж}}$ – отношение, которое характеризует роль «паразитных» потерь в экранах кабеля на фоне «неизбежных» потерь в жилах; $R_{\text{и}}, R_{\text{о}}, R_{\text{г}}, R_{\text{в}}, R_{\text{т}}$ – сопротивление слоев (изоляция, оболочка, грунта, воздуха в трубе, трубы).

Использование выражения [1] позволяет судить о пропускной способности кабеля с изоляцией из СПЭ, и влиянии на передаваемую мощность, схемы заземления экранов.

В ряде случаев возникает необходимость прокладки КЛ из СПЭ непосредственно в земляной траншее. Для этого случая приведенное выражение можно представить следующим образом, не учитывая составляющие $R_{\text{в}}, R_{\text{т}}$:

$$I_{\text{доп}} = \sqrt{\frac{T_{\text{ж}} - T_{\text{г}} - P_{\text{и}} \cdot (0,5R_{\text{и}} + R_{\text{о}} + 3R_{\text{г}})}{K_{\text{п}}R_{\text{ж}}(R_{\text{и}} + R_{\text{о}} + 3R_{\text{г}}) + R_{\text{ж}}\left(\frac{P_{\text{э}}}{P_{\text{ж}}}\right) \cdot (R_{\text{о}} + 3R_{\text{г}})}}$$

Анализ приведенных выражений позволяет судить о пропускной способности кабеля с изоляцией из сшитого полиэтилена и наметить пути её повышения для различных схем заземления экранов и способов прокладки.

Список литературы

1. Дмитриев М.В. Кабельные линии, проложенные в полиэтиленовых трубах // Новости ЭлектроТехники. 2013. № 4(82).

Е.А. Четвериков, Н.Ю. Петров

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ТОВАРНОГО ЗЕРНА В ПОТОКЕ МЕТОДОМ СВЧ ВЛАГОМЕТРИИ

В статье рассмотрена возможность использования СВЧ-излучения для интенсификации процесса определения влажности сыпучих веществ а также снижения времени процесса.

Ключевые слова: влагомер, СВЧ- влагометрия.

При реализации единственного ГОСТированного термогравиметрического метода промышленной влагометрии зерновых продуктов [1, 2], в основе которого лежит достижение продуктом "нулевой" влажности за счет сушки его конвективным тепловым воздействием, на определение влажности партии зерна уходит 2-3 часа.

В этой связи целесообразной представляется попытка использования предложенного и исследованного [3,4] метода интенсификации конвективной тепловой сушки с помощью низкоинтенсивного электромагнитного СВЧ поля. Использование такого подхода должно предположительно сократить время достижения продуктом "нулевой" влажности до 20-30 минут и одновременно снизить энергоемкость процесса сушки в 4 – 7 раз.

Типичный характер процесса снижения влажности пробы в процессе ее

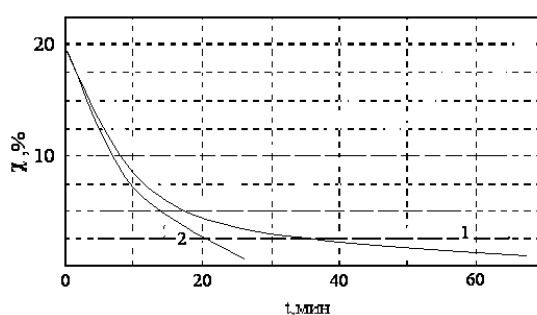


Рис.1. Зависимость влажности продукта от времени сушки.

конвективной сушки представлен кривой, ассимптотически стремящейся к нулевой влажности - кривая 1 на рис.1. Можно предположить, что инъекция в объект сушки микроволновой энергии, обеспечивающей практически постоянную скорость сушки до самых малых влажностей, трансформирует кривую 1 в кривую 2, что и обеспечит получение эффекта существенного снижения энергоемкости и времени процесса сушки.

Приближенный анализ возможности снижения энергоемкости и времени сушки проводился на основе математической модели [3], в которой учет влияния излучения СВЧ в подвергаемые процессу конвективного воздействия зёрна проводился за счет введения температурной добавки во внутренние области объекта сушки. Теоретически рассчитанные в работе [3] результаты были подтверждены экспериментально [4], что позволяет с учетом введенных в этой работе эмпирических поправочных коэффициентов считать математическую модель адекватной и позволяет применять ее для расчетов в других задачах:

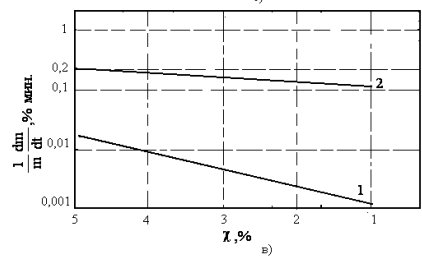
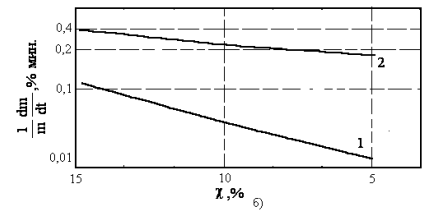
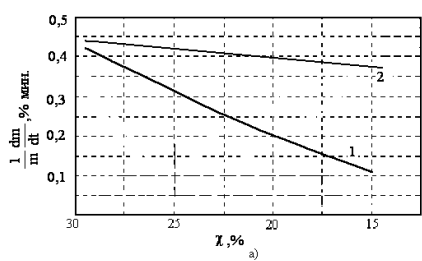
$$\left| \frac{dm}{dt} \right| = 1.29 * 10^{-4} l^{3/4} n^{3/4} V_B^{1/2} \rho^{1/2} \mu^{-1/2} \left(\frac{\tilde{T}_n}{273.15} \right)^{1.89} \left(10^{\frac{6.9T_0}{230+T_0}} - 1.78 \right), \quad (1)$$

где \tilde{T}_n - средняя температура потока зерна [°C]; T_0 - температура воздуха [°C];

ρ - плотность воздуха [кг/м³]; V_B - скорость потока воздуха [м/с];

μ - динамическая вязкость воздуха [м²/с]; l, n - характерные размеры материала [м].

Как правило, зависимость снижения массы мелкодисперсных диэлектрических объектов, в том числе зерна, от времени при конвекционном тепловом воздействии имеет вид представленный кривыми 1 на рис. 2 а,б,в. Хорошо видно, что начиная с влажности продукта приблизительно 15 % скорость выхода влаги из продукта резко снижается, что связано со значительным высушиванием поверхностных слоев продукта, что препятствует проникновению теплого воздуха во внутренние слои продукта и одновременно приводит к росту градиента температуры, направленного навстречу градиенту влажности. Причем основная часть времени конвекционного обезвоживания приходится на интервал малых влажностей (15-0%).



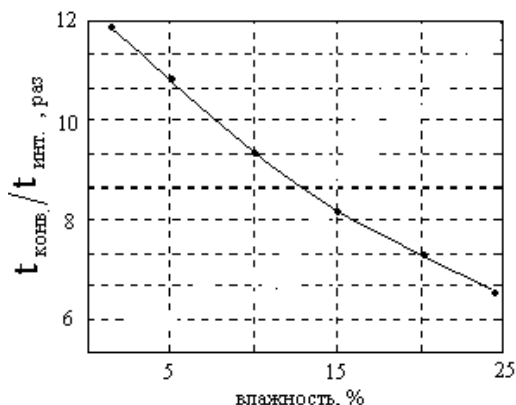
Результаты предварительного расчета, проведенного по аналогии с [4,5] для уровня инжектируемой в объект обезвоживания СВЧ мощности 4% от мощности теплового конвективного потока, показывают (кривые 2 рис.2), что в результате инъекции СВЧ энергии значительно вырастает скорость процесса на последних, наименее интенсивно протекающих стадиях сушки. Степень этого влияния все более возрастает по мере снижения влажности объекта; это, в свою очередь, приводит к существенному снижению времени полного обезвоживания продукта.

Рис.2 Зависимость скорости процесса сушки от влажности.

Для технической реализации полученного эффекта важен правильный выбор уровня мощности инжектируемого в объект потока микроволновой энергии. Расчет, проведенный для уровней мощности СВЧ соответственно 1, 2, 3, 4 и 5% от конвективной, показал, что наибольший эффект наблюдается при увеличении уровня мощности инжектируемого СВЧ сигнала примерно до 2%.

Рис.3 Интегральная зависимость времени сушки от влажности продукта.

Дальнейшее увеличение мощности электромагнитного сигнала СВЧ дает



сравнительно слабое снижение времени протекания и энергоемкости процесса сушки. Для наглядности на рис. 3 представлены интегральные результаты уменьшения общего времени обезвоживания под воздействием СВЧ энергии в зависимости от влажности продукта.

Следует отметить, что поскольку затрачиваемая на процесс обезвоживания энергия пропорциональна общему времени его протекания), можно считать,

$$\frac{R_{\Sigma}}{R_{\text{конв}}} = \frac{t_{\Sigma}}{t_{\text{конв}}} \quad (2)$$

что значительное сокращение времени обезвоживания, особенно в диапазоне малых влажностей, приводит к аналогичному уменьшению общей энергоемкости процесса обезвоживания, как следует из формулы 2.

Список литературы

1. Усанов К.М., Четвериков Е.А., Моисеев А.П., Каргин В.А. Оценка целесообразности сушки обмотки линейного электромагнитного двигателя полем СВЧ.// Аграрный научный журнал, Саратов, №9, 2015 – с.60-62.
2. Четвериков Е.А., Моисеев А.П., Каргин В.А. Совершенствование установки сушки расторопши за счет автоматизации процесса измерения влажности.// Аграрный научный журнал, Саратов, №7, 2015 - с.52-55.
3. Четвериков Е.А., Асеев К.В. Электродинамические и тепловые свойства СВЧ нагревательных установок стационарного типа при различных способах возбуждения электромагнитного поля в рабочей камере.// Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы VII Международной научно-практической конференции – Саратов: Издательство «Буква», 2016. – с. 242-244
4. Четвериков Е.А., Моисеев А.П., Лягина Л.А. Совершенствование способов возбуждения электромагнитного поля СВЧ-диапазона в установках сушки сельскохозяйственной продукции стационарного типа// Аграрный научный журнал, Саратов, №6, 2016 – с.70-72.

5. Четвериков Е.А., Моисеев А.П., Лягина Л.А. Микроволновое и инфракрасное излучение в технологиях сушки продукции растительного происхождения.// Монография, Саратов, 2016.

УДК 315.322.365

Е.А. Четвериков, Н.Ю. Петров

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

ВЫБОР МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ В ПОТОКЕ

В статье представлены результаты анализа методов измерения влажности зерновой продукции и других сыпучих материалов, поточно перемещающихся в коробах, для их использования в сушильных комплексах в качестве датчика влажности.

Ключевые слова: влагомер, СВЧ- влагометрия.

Контроль качества сельскохозяйственной продукции является одной из основных задач в процессе послеуборочной ее переработки и хранения. Кофе, чай, зерно, табачный лист, по своей структуре являются капиллярно-пористыми телами. Этой структуре присуща химически связанная влага $W_{связ} = 5..15\%$, резко отличающаяся по своим свойствам от свободной; ее нельзя удалить сушкой или отжимом. Особое место в показателях качества занимает влажность, как параметр, определяющий потребительские свойства конечных продуктов питания. Влажность данных продуктов играет важную роль, при торговых отношениях – происходит изменение веса продукта, при длительном хранении необходим постоянный контроль за влажностью. Для минимизации некондиционного продукта. Самой широкой областью переработки и хранения в сельскохозяйственном производстве является зерновая продукция. При сушке зерна необходимо оперативно контролировать влажность на «входе» и «выходе», при «правильной» сушке зерна снижается масса пересушенного и недосушенного зерна, при этом возрастает эффективная мощность установки, снижается расход энергии на единицу продукции. Энергосберегающие технологии наиболее перспективное направление развития в сельскохозяйственном секторе производства. В связи с этим возникает необходимость в устройстве позволяющим оперативно измерять влажность сыпучих диэлектрических материалов.

В настоящее время при анализе влажности зерна используются образцовые методы, емкостные или инфракрасные влагомеры [1]. Как известно, образцовые методы трудоемки и не оперативны, емкостные влагомеры имеют неприемлемую для данных технологий погрешность, которая не соответствует указанной рекомендации в 1-2 % абсолютной влажности. Среди приборов для измерения влажности следует отметить и появившиеся в последние годы анализаторы ближней инфракрасной спектроскопии. Такие анализаторы как InfraALYZER-300 В, Trebor GT-90, Infratec -1255, InfraAlyzer 400 и др. [2]

обеспечивают требуемую погрешность в 0,5 % для муки и целого зерна, есть сообщения об использовании таких анализаторов в потоке. Однако анализаторы этого типа в настоящее время чрезвычайно дороги. Кроме того, заложенный в эти приборы эмпирический метод поиска корреляционных зависимостей, требует для их градуировки колоссального объема работы, и даже в этом случае, нет гарантий, что при использовании приборов, на огромном разнообразии зерновых, которые выращиваются и перерабатываются в России, погрешность сохранится в пределах нормы.

С целью анализа существующих методов измерения влажности и выбора перспективного для разработки соответствующего оборудования была разработана классификация (рис. 1).

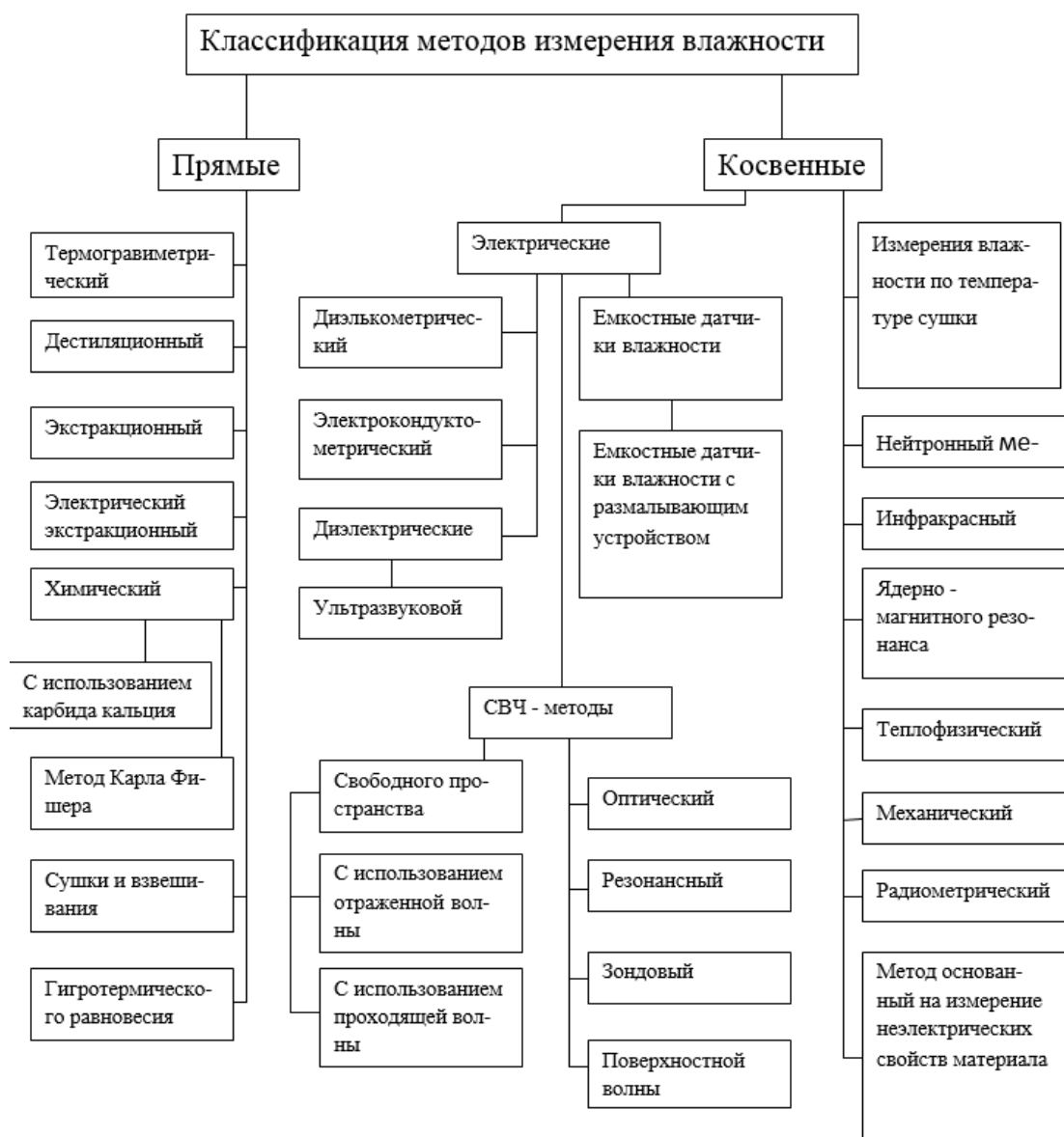


Рисунок 1.- Классификация методов измерения влажности

Установлено, что одним из наиболее значительных недостатков существующего отечественного и зарубежного влагометрического

оборудования для оперативных измерений является относительно низкая точность измерений [3]. Это связано со спецификой взаимосвязи измеряемых во влагометрии косвенных электрических параметров и собственных физических параметров влажных объектов: коэффициента формы составляющих его частиц, температуры, содержания солей и ряда других.

В настоящее время не существует микроволновых методов и устройств, позволяющих одновременно решить комплекс задач по измерению влажности:

1) односторонний доступ к объемным изделиям;

2) возможность одноапертурных измерений – сочетание в одной апертуре как приемных, так и передающих функций с минимальным значением расстояния от апертуры до исследуемого образца. При этом энергия микроволновых полей при падении на исследуемый образец должна поглощаться им в дальней зоне при минимальном отражении энергии, что обеспечивало бы высокую безопасность персонала от облучения;

3) на данный момент практическая работа всех известных устройств происходит на одной частоте, поскольку построение данных устройств обуславливается общедоступностью стандартной волноводной техники. Работая на одной частоте, не имея возможность менять ее в пределах ± 1 ГГц, устройства не позволяют раскрыть все информативные аспекты частотной дисперсии влажных материалов. В настоящее время нет общей «нормальной» модели дисперсионно-частотных температурных характеристик свободной влаги и влажных материалов.

4) одновременное измерение поверхностной влажности W_p и отличающейся от нее из-за градиента ∇W величины влажности по местному объему материала W (в зоне взаимодействия). Данные мероприятия обеспечили бы возможность не только измерения точного значения местного распределения W_p и W по большим поверхностям, но также и оценку величины нормального к поверхности ∇W , что позволило бы информативно обеспечить контроль текущего состояния материала в процессах увлажнения и сушки;

5) возможность, с относительно невысокой, но достаточной точностью, измерять указанные выше величины для широкого класса материалов без местной градуировки, а так же не зависящие от температуры окружающей среды и материала, его плотности;

Перспективным в связи с этим представляется подход, основанный на многопараметрическом методе [4,5], в основе которого лежит измерение нескольких электрических параметров, число которых, как минимум, не уступает числу физических параметров, влияющих на упомянутые электрические.

Список литературы

1. Усанов К.М., Четвериков Е.А., Моисеев А.П., Каргин В.А. Оценка целесообразности сушки обмотки линейного электромагнитного двигателя полем СВЧ.// Аграрный научный журнал, Саратов, №9, 2015 – с.60-62.

2. Четвериков Е.А., Моисеев А.П., Каргин В.А. Совершенствование установки сушки расторопши за счет автоматизации процесса измерения влажности.// Аграрный научный журнал, Саратов, №7, 2015 - с.52-55.
3. Четвериков Е.А., Асеев К.В. Электродинамические и тепловые свойства СВЧ нагревательных установок стационарного типа при различных способах возбуждения электромагнитного поля в рабочей камере.// Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы VII Международной научно-практической конференции – Саратов: Издательство «Буква», 2016. – с. 242-244
4. Четвериков Е.А., Моисеев А.П., Лягина Л.А. Совершенствование способов возбуждения электромагнитного поля СВЧ-диапазона в установках сушки сельскохозяйственной продукции стационарного типа// Аграрный научный журнал, Саратов, №6, 2016 – с.70-72.
5. Четвериков Е.А., Моисеев А.П., Лягина Л.А. Микроволновое и инфракрасное излучение в технологиях сушки продукции растительного происхождения.// Монография, Саратов, 2016.

УДК 621.32

В.И. Чиндякин

Оренбургский государственный аграрный университет, г. Оренбург

НОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКИХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Надежная и качественная работа электрических сетей, является важным звеном в системе обеспечения электроэнергией сельских потребителей.

По статистическим данным, в настоящее время отработали свой ресурс более 50 тыс. км ВЛ 35-110 кВ, 560 тыс. км ВЛ 6-10 кВ и 510 тыс. км ВЛ 0,38 кВ. Около 30-35% воздушных линий и трансформаторов отработали свой нормативный срок. Средняя продолжительность отключений потребителей составляет 70-100 ч в год, в то время как в промышленно развитых странах - 60 мин в год [1]. Поэтому проведение научных исследований и разработка новых технических решений для развития сельских электрических сетей с применением новых конструкций электростанций, работающих на возобновляемых источниках энергии, является актуальной проблемой.

Представленные результаты являются продолжением исследований, которые проводились Оренбургским государственным аграрным университетом в рамках ФЦП «Социальное развитие села до 2012 г.» по теме НИР на конкурсной основе. По результатам исследований выполнена разработка рекомендаций по созданию эффективных систем электроснабжения сельских поселений на основе комплексного использования альтернативных источников электроэнергии.

Таким образом, учитывая вышеизложенное, следует отметить, что большая часть электрооборудования и средств управления им отработали свой ресурс в эксплуатации, и поэтому сельские электрические сети 0,4 и 6-10 кВ имеют

низкую эффективность работы. Исходя из этого, необходимо наряду с реконструкцией и техническим перевооружением традиционной электроэнергетики, развивать комплексное электроснабжение сельских потребителей с применением альтернативных источников электроэнергии.

На первом этапе предлагаются усовершенствованные конструкции некоторых альтернативных источников электроэнергии.

Предлагается конструкция ветроэнергетической установки для повышения эффективности использования энергии ветра [2]. Устройство содержит ветроколесо 1, датчик частоты вращения ветроколеса 2, генератор 3, анемометр 4, блок управления 5, выпрямитель 6, нагревательные элементы 7, аккумуляторную батарею 8, инвертор 9, полезную нагрузку 10 (Рисунок 1). При работе ветроэнергетической установки аналоговый сигнал с анемометра 4, являющегося датчиком частоты холостого хода ветроколеса, поступает на контроллер блока управления 5, контроллер включает контактор, подключенный к нагревательным элементам 7. При понижении частоты вращения генератора 3 ниже допустимой, контроллер подает команду на контактор для отключения нагревательного элемента 7. Это поддерживает частоту вращения ветроколеса 1 равной половине частоты вращения холостого хода ветроколеса при изменениях скорости ветрового потока. Тем самым достигается максимальное использование энергии ветрового потока.

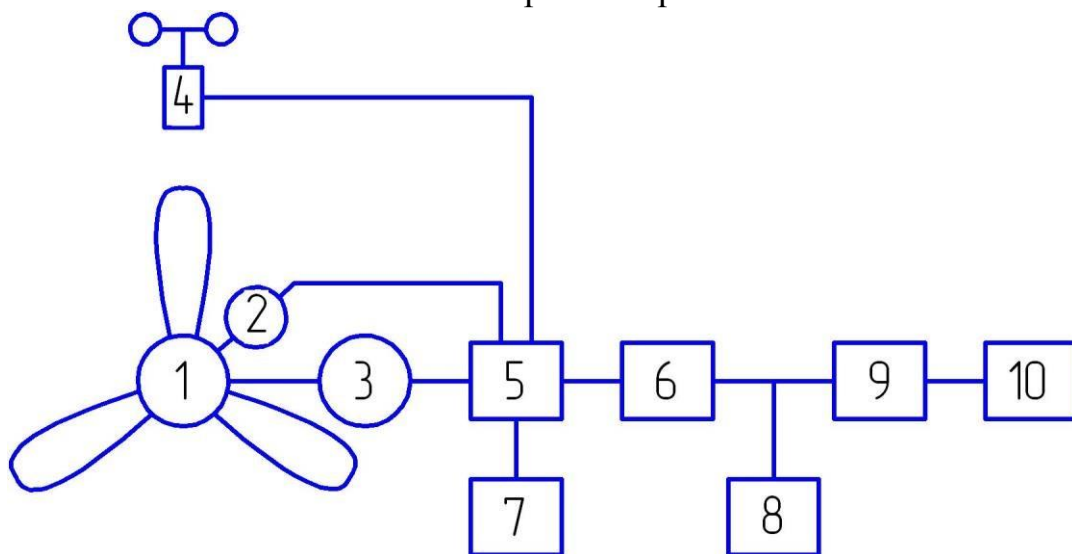


Рисунок 1. Ветроэнергетическая установка

Предлагается также конструкция погружной свободнопоточной микрогидроэлектростанции [3]. Проведено усовершенствование конструкции крепления ортогональных лопастей турбины с целью увеличения устойчивости к вибрациям и повышения эффективности работы свободнопоточной погружной микрогидроэлектростанции, которые вызваны турбулентным характером движения потоков воды. На рисунке 2 изображена конструкция крепления

ортогональной лопасти гидротурбины. На валу гидротурбины 1 жестко закреплена рама гидротурбины 2. К раме крепится ортогональная лопасть 3, верхняя часть которой закреплена подвижно с помощью скользящего подшипника 4, а нижняя крепится при помощи пружины 5, которая одной стороной вставляется в небольшое отверстие 6, сделанное в раме гидротурбины, а другой стороной - в отверстие 7 ортогональной лопасти. Предлагаемая конструкция позволяет увеличить устойчивость агрегата к вибрациям и повысить эффективность работы свободнопоточной погружной микрогидроэлектростанции.

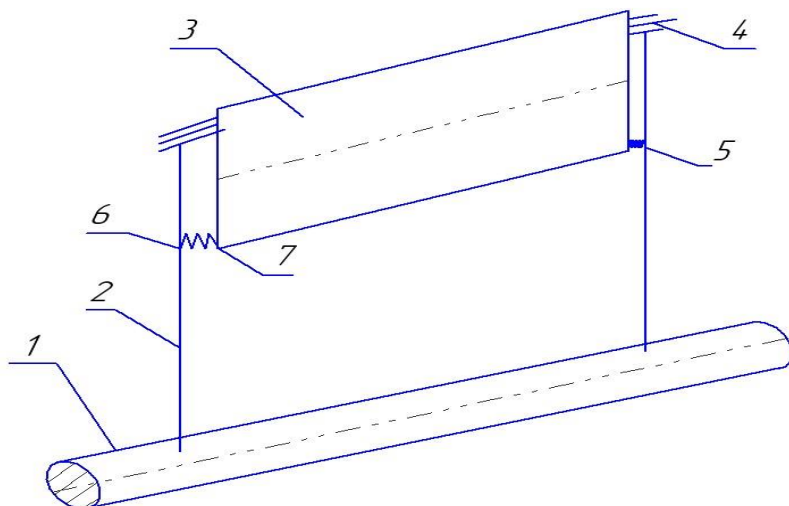


Рисунок 2 Погружная свободнопоточная микрогидроэлектростанция

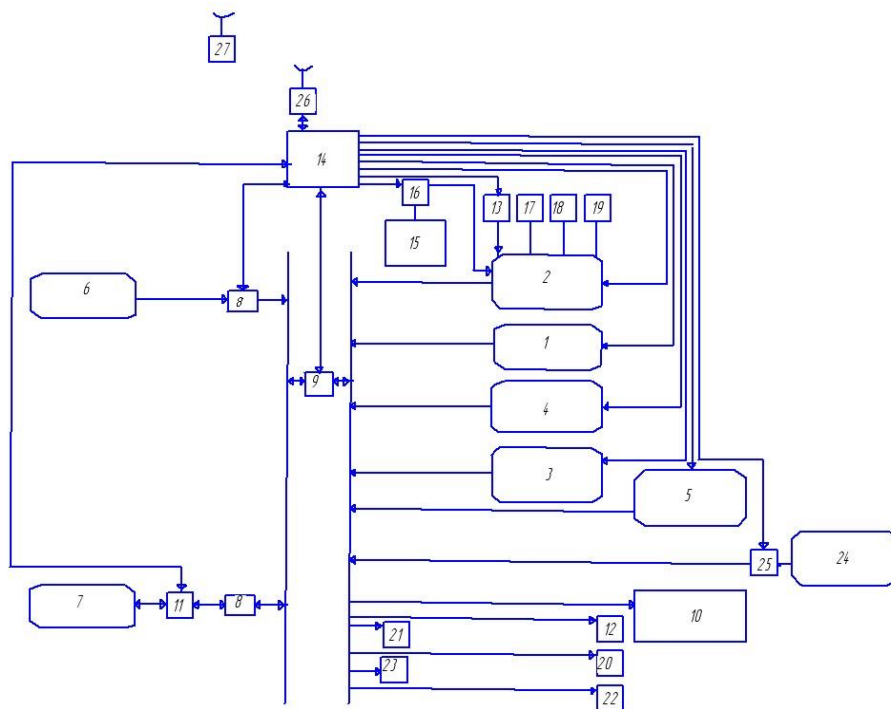


Рисунок 3. Модульная конструкция гибридной электростанции

Предлагается техническое решение по модульной конструкции гибридной электростанции [4], на основе возобновляемых и автономных источников электроэнергии, которая выполнена из отдельных модулей, соединенных между собой в единый блок, выполненный из металлоконструкции. Гибридная электростанция состоит из функциональных энергогенерирующих взаимозаменяемых модулей, соединяемых друг с другом в единую конструкцию. На рисунке 3 представлена структурная схема гибридной электростанции. В предложенной системе ветрогенератор 1, дизельный генератор 2, биогазовая установка 3, газотурбинная установка 4, малая гидроэлектростанция (выносной модуль) 5. Вышеперечисленные элементы вырабатывают переменный ток, таким образом, они могут быть непосредственно соединены с шиной переменного тока (АС) либо с конвертерами АС/АС.

Гибридная электростанция может работать автономно, либо параллельно с централизованной электрической сетью. Возможно автоматическое подключение централизованной сети к нагрузкам, при помощи контроллера АВР. Гибридная электростанция имеет более широкие эксплуатационные возможности, за счет модульной конструкции, которая позволяет производить быструю замену компонентов и наращивание мощностей без отключения потребителей.

Таким образом, предложенные конструкции альтернативных источников электроэнергии и технические решения позволяют существенно повысить надежность электроснабжения сельских потребителей.

Список литературы

1. Чиндяскин В.И., Соловьёв С.А., Петрова Г.В. Рекомендации и предложения по созданию устойчивых и экономически эффективных локальных систем электроснабжения сельских поселений от 100 до 500 дворов на основе комплексного использования альтернативных источников электроэнергии. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. С. 222.

2. Патент на изобретение RU № 2582386 «Ветроэнергетическая установка». Чиндяскин В.И., Митрофанов А.А. опубл. 27.04.2016

3. Патент на изобретение RU № 2585161 «Погружная свободнопоточная микрогидроэлектростанция». Чиндяскин В.И., Попова А.А., опубл. 27.05.2016.

4. Шахов В.А., Чиндяскин В.И., Гринько Д.В., Митрофанов А.А. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. -№1 – 2017 Новые технические решения и конструкции возобновляемых источников электроэнергии, подключаемых к сельским электрическим сетям.

К.Д. Чурляева¹, С.Ф. Степанов¹, О.Н. Чурляева²

1. Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А., г. Саратов

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

ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИБРИДНОЙ ВЕТРО-СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ПОДЗАРЯДКИ КВАДРОКОПТЕРОВ

***Аннотация:** Предлагается вариант автономной наземной станции для подзарядки аккумуляторных батарей БПЛА на основе возобновляемых источников энергии, а именно энергии ветра и солнца. Также рассмотрена эффективность использования гибридного источника электроэнергии.*

***Ключевые слова:** беспилотный летательный аппарат, квадрокоптер, зарядная станция, аккумуляторная батарея, установленная мощность, выработка электроэнергии.*

В современном мире стремительно развивается наука и выявляет новые пути получения данных об объектах, которые достаточно удалены от цивилизации.

Одним из актуальных методов мониторинга является дистанционный метод. Группа дистанционных методов включает в себя аэрофотосъемку с пилотируемых аппаратов, космическую съемку, аэрофото- и видео съемку с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Современные малые беспилотные летательные аппараты работают, в основном, от электрических аккумуляторов. Недостатки таких БПЛА - небольшое время полета (20-60 минут) и длительный временной интервал зарядки аккумулятора (40-90 мин). Такие факторы не позволяют обеспечить непрерывный полетный режим работы БПЛА и, тем самым снижается возможность его эффективного использования.

Для выполнения БПЛА задач более длительных по времени и по охватываемой территории необходима подзарядка его аккумуляторов от автономных источников электроснабжения зарядных станций. Для обеспечения автономности работы станций, в качестве источника в зарядных станциях предлагается использовать возобновляемые источники энергии [1, 2].

Одним из решений задачи эффективности электрогенерирующей установки зарядной станции может стать одновременное применение энергии ветра и солнца (рис.1).

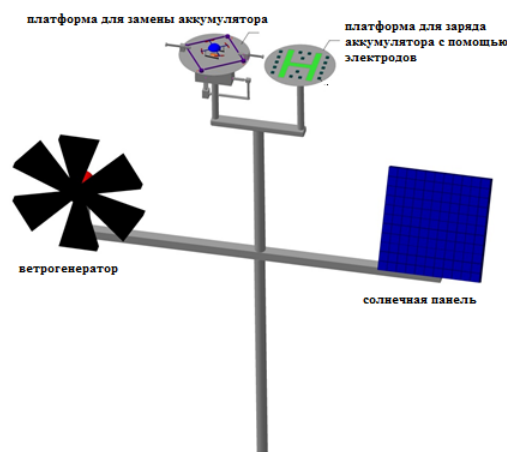


Рисунок 1 – 3D-модель зарядной платформы

Основными показателями, по которым оценивается эффективность электрогенерирующей установки, является установленная мощность и возможная максимальная выработка электроэнергии [3].

Рассмотрим, каким образом поток воздуха трансформируется в электрическую энергию и сколько такой энергии можно будет получить от ВЭУ:

$$P_v = V^3 * \rho * S, \quad (1)$$

где V^3 – скорость ветра, м/с; плотность воздуха, кг/м³; S – площадь, на которую поступает воздушный поток, м².

Средняя скорость ветра по Саратовской области составляет 3,5 м/с. Диаметр колеса ветроустановки примем равной 0,8 м., а, следовательно, площадь $\approx 0,5$ м². Плотность воздуха при температуре 20 °С = 1,204 кг/м³.

$$P_v = 3,5^3 * 1,204 * 0,5 = 26 \text{ Вт.}$$

Мощность, вырабатываемая солнечной батареей, определяется ее площадью, временем года и количеством падающих солнечных лучей.

Для того, чтобы оценить возможную мощность от солнечной панели, желательно рассмотреть самый холодный месяц для региона.

$$P_c = E_{\text{инс}} * P_{\text{сб}} / P_{\text{инс}} \quad (2)$$

где $E_{\text{инс}}$ – дневная инсоляция квадратного метра, Вт*ч/ м²; $P_{\text{сб}}$ – номинальная мощность солнечной батареи, Вт; $P_{\text{инс}}$ – максимальная мощность инсоляции земной поверхности, равная 1000 Вт.

Для Саратовской области рассмотрим значение $E_{\text{инс}}$ для зимнего месяца – января = 5109,8 Вт*ч/м². Предположим, что панель с номинальной мощностью 30 Вт. $P_{\text{инс}} = 1000$ Вт.

$$P_c = 5109,8 * \frac{30}{1000} = 153 \text{ Вт.}$$

Средняя емкость аккумулятора БПЛА, $E = 3000$ мА*ч, напряжение, $U = 7$ В. Значит энергия аккумулятора:

$$W = I * T * U \quad (3)$$

$$W = 3 * 7 = 21 \text{ Вт*ч}$$

Суммарная мощность станции:

$$P_{\text{сум}} = P_v + P_c \quad (4)$$

$$P_{\text{сум}} = 26 + 153 = 179 \text{ Вт.}$$

Определим, на какое количество аккумуляторных батарей БПЛА может быть рассчитан контейнер:

$$n = P_{\text{сум}}/W_6 \quad (5)$$
$$n = \frac{179}{21} \approx 8 \text{ шт.}$$

Исходя из расчетов, предлагаемая зарядная станция может обеспечить заряд восьми аккумуляторов в день.

Бесспорно, у каждого источника энергии есть свои недостатки, так как величина солнечной радиации и потенциал ветровой энергии сильно зависят от местных климатических характеристик и имеют ярко выраженный сезонный характер, поэтому для автономного и надежного обеспечения энергией стоит использовать гибридную ветро-солнечную систему. Применение в одной установке двух энергоисточников позволяет использовать все преимущества солнечной и ветровой энергии, а также увеличить вырабатываемую мощность.

Список литературы

1. Увеличение продолжительности и дальности полетов мультикоптеров за счет применения системы наземных зарядных станций с возобновляемыми источниками энергии / С.Ф. Степанов, И.И. Артюхов, О.Н. Чурляева, Ембаев Е.Т. // Наука и образование XXI века: опыт и перспективы / Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию Конституции республики Казахстан и Ассамблеи народа Казахстана. Часть II – ЗКАТУ имени Жангир хана, г. Уральск – 2015г. с. 339-342.
2. Мониторинг воздушных линий электропередач с помощью беспилотных летательных аппаратов. Разработка автономной наземной станции для подзарядки квадрокоптеров / К.Д. Чурляева, О.Н. Чурляева, С.Ф. Степанов // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VII международной научно-практической конференции / Под общ.ред. Трушкина В.А. - Саратов : ООО «ЦеСАин», 2016 – С. 251-253.
3. Олешкевич М.М. Нетрадиционные источники энергии: Учебно-методическое пособие для студентов высших учебных заведений специальности «Электроснабжение» в 2 частях. (Часть 1) – Мн.: БНТУ 2007.-53с.

О.Н. Чурляева¹, К.Д. Чурляева²

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

2. Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А., г. Саратов

ОБЗОР ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ЗАРЯДА АККУМУЛЯТОРОВ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Аннотация: В данном обзоре рассмотрены существующие инновационные способы подзарядки аккумуляторов БПЛА, которые используются или могут использоваться для обеспечения долгосрочной работы БПЛА без возвращения на начальную точку отправления.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, заряд аккумулятора, беспроводная подзарядка, лазер, замена аккумуляторов, зарядная станция, квадрокоптер.

Все достоинства беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) может перекрыть один существенный недостаток: малая емкость аккумулятора (40008000 мА/ч). Чем выше ёмкость аккумулятора — тем, как правило, больше времени машина способна провести в воздухе. Для эффективного и полного использования возможностей БПЛА разрабатываются различные системы подзарядки.

Заряд БПЛА непосредственно в воздухе можно осуществить **с помощью лазерной системы**. На основе налаженного блока управления и изменения скорости вращения двигателей относительно друг друга обеспечивается стабилизация платформы в воздухе, а также ее плавное перемещение во всех направлениях, что в свою очередь позволяет БПЛА зависать над определенной точкой и на заданной высоте. Благодаря этой функции, БПЛА можно заряжать непосредственно в воздухе с помощью специальной лазерной системы [1,2,3].

Осуществляется это монохроматическим излучением источника, который формируется в малорасходящийся пучок, наводящийся на приемникпреобразователь, закрепленный на летательном аппарате. Облучаемый лазером элемент генерирует напряжение, что автоматически подзаряжает аккумулятор прибора.

Для преобразования энергии луча на борту используют охлаждаемую матрицу фотоэлементов. Наиболее сложной и ответственной частью системы является подсистема слежения и автоматического управления направлением луча. Подсистема выдает команду на передачу энергии только тогда, когда луч беспрепятственно и точно попадет в приемник, если же что-то препятствует прохождению луча или приемник потерян, передача энергии прекращается. Очевидным достоинством предложенной технологии является то, что аппарат

может неограниченное время находиться в воздухе, избегая небезопасных посадок (с точки зрения технической сложности, метеоусловий, наличия неприятеля и т.д.). Дальность передачи энергии может составить от сотен метров до 15 км в зависимости от состояния атмосферы. На рисунке 1 схематично представлена подзарядка от лазерной системы.



Рисунок 1 – Схема дистанционного энергоснабжения БПЛА

Среди возможных вариантов организации бесконтактной передачи энергии от зарядного источника к БПЛА выделяется **способ зарядки аппаратов от энергии линий электропередачи (ЛЭП)**. Этот способ предложен исследователями из Компьютерного Центра и Лаборатории Искусственного Интеллекта из Massachusetts Institute of Technology. Такое техническое решение ориентировано на аппараты вертолетного типа или аппараты с гибридной аэродинамической схемой (винтокрылы, конвертопланы), т.е. те аппараты, которые при приближении к ЛЭП способны зависать в определенной точке и выполнять плавный маневр для подключения к линии [4, 6].

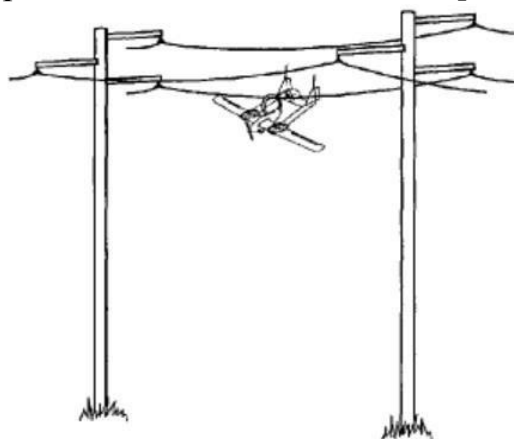


Рисунок 2 – Подзарядка БПЛА от линии электропередачи

Нахождение ЛЭП осуществляется с помощью системы GPS, видеокамеры и специального магнитометрического датчика. Подвешивание аппарата на проводе осуществляется с помощью кольцеобразного разъемного ферромагнитного подвеса, который является одновременно и магнитопроводом трансформатора (рисунок 2). Снимаемое со вторичной обмотки трансформатора, переменное напряжение далее выпрямляется и используется для зарядки аккумуляторной батареи БПЛА.

Также беспроводную подзарядку в воздухе можно осуществить, используя основной принцип беспроводной передачи энергии — **явление магнитного резонанса** [7].

Вся система подзарядки представляет собой две магнитные катушки, одна из которых находится на зарядной станции, а вторая — на борту БПЛА. Когда летательный аппарат приближается к зарядной станции, катушка на ней вступает в резонанс с катушкой БПЛА, в которой возникает электрическое напряжение (рисунок 3). Это напряжение можно использовать для питания электронной аппаратуры или зарядки аккумулятора.

На данный момент рассматриваемый образец подзарядного устройства, оснащенный литий-ионным аккумулятором, может передавать 5,5 Вт на расстояние порядка 20 см с КПД 35%. Этого достаточно для питания источника света или сенсоров.

Инженеры предполагают, что в будущем на базе данной разработки появятся мощные системы беспроводной передачи энергии, которые смогут обеспечивать работу разведывательных БПЛА.

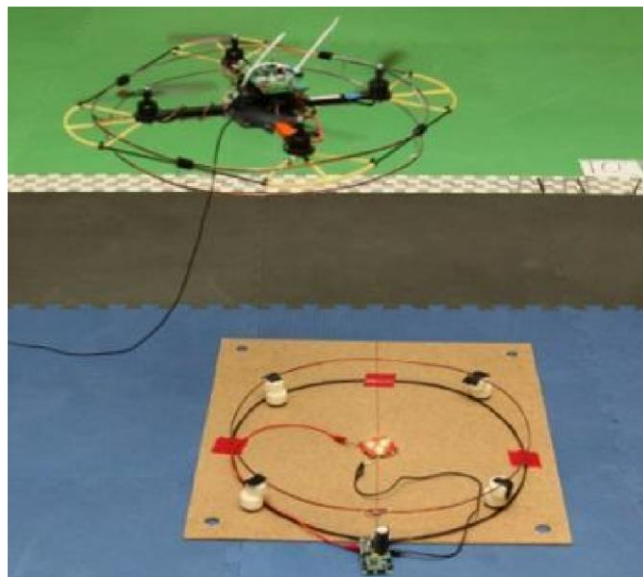


Рисунок 3 – Беспроводная система подзарядки

На сегодняшний день, пожалуй, наиболее простой и экономичный способ решения проблемы увеличения длительности функционирования электрических БПЛА в рамках определенной поставленной задачи является **подзарядка на**

наземных зарядных станциях. Конечно, минусом такого решения является то, что аппарат в определенные промежутки времени должен прекращать или сокращать выполнение своих функций и уходить на посадку для восполнения своих энергетических запасов. Но часто кратковременный перерыв в работе вполне допустим. Если же это критично, то возможна организация сменной работы двух или более аппаратов с периодической подзарядкой части из них на зарядной станции (рисунок 4). Во многом такие станции аналогичны заправочным станциям для дозаправки топливом аппаратов с тепловыми двигателями, однако есть и свои особенности [4].

Под зарядной станцией, в общем случае, понимается совокупность оборудования наземного (или надводного) базирования, предназначенного для посадок электрических БПЛА и восстановления их энергетических возможностей.

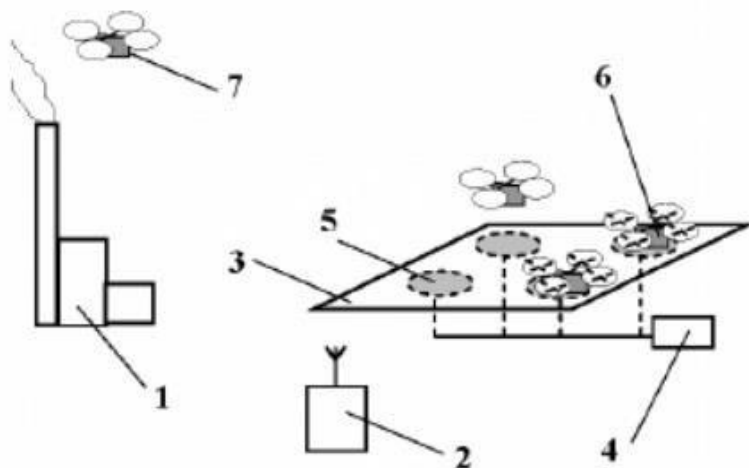


Рисунок 4 – Система непрерывного мониторинга объекта

1 – контролируемый объект; 2 – станция управления полетами; 3 – зарядная станция; 4 – зарядный источник; 5 – посадочное место; 6 – заряжаемый БПЛА; 7 – дежурный БПЛА

В зависимости от типа источников питания пополнение энергии бортсети на зарядных станциях может выполняться в виде:

- зарядки бортовых аккумуляторов;
- замены неперезаряжаемых источников питания;
- дозаправки израсходованного реагента (для топливных элементов);
- быстрой замены аккумуляторов с последующей зарядкой снятых аккумуляторов.

В зависимости от количества одновременно обслуживаемых аппаратов зарядные станции можно подразделить на одноместные и многоместные (с несколькими посадочными местами).

На рисунке 5 изображена одноместная наземная зарядная станция с возможностью замены аккумуляторов с последующей зарядкой снятых аккумуляторов.

По способу передачи энергии от наземного зарядного источника к бортовому аккумулятору зарядные станции можно подразделить на следующие типы [5]:

- станции с контактными терминалами (подвод энергии на постоянном токе, сама система контактов может выполняться самыми различными способами на основе двухполюсной схемы);

- станции с бесконтактными терминалами (передача энергии на переменном токе посредством связанных резонансных контуров или трансформаторной связи; частный случай – зарядка БПЛА от энергии линии электропередачи);

- станции с однополюсными терминалами (передача энергии на переменном токе посредством одного провода (одной контактной пары)).

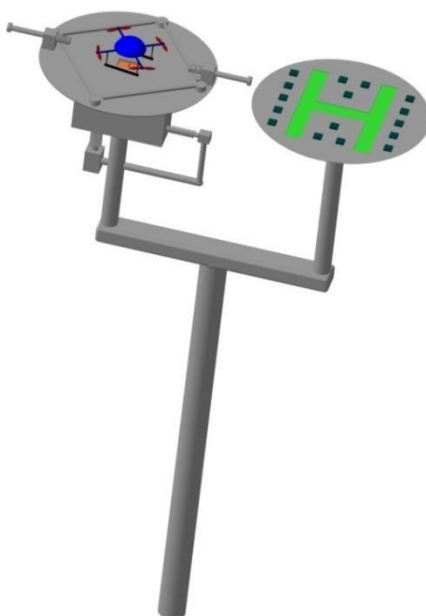


Рисунок 5 – Наземная зарядная станция для квадрокоптеров

По организации посадки (доставки) аппарата на посадочное место и подсоединения к зарядному источнику зарядные станции могут различаться в зависимости от типа аппарата и условий посадки. Возможны, например, следующие технические решения:

- использование подсистемы поиска контактно-стыковочного узла после посадки и организация подката аппарата к нему;

- посадка аппарата с направленными вниз электродами на матрицу контактных площадок;

- использование воронкообразного стыковочно-контактного узла и др.

Для осуществления своих функций наземная зарядная станция должна:

- иметь независимый автономный источник энергии, постоянно готовый к работе;

- иметь возможность обслуживать разные типы БПЛА;
- иметь систему автоматической связи с диспетчером, для контроля основных параметров своей работы;
- быть хорошо видна на местности;
- иметь систему световой сигнализации в ночное время;
- быть выполнена в антивандальном исполнении;
- работать при низких температурах и повышенной влажности.

Очевидно, что в определенном массиве должно располагаться несколько наземных зарядных станций, расположение которых зависит от функций использования БПЛА. Расположение станций может потребоваться как рядом с линиями электропередач, так и в отдаленных от них местах. В этой ситуации целесообразен способ питания зарядных станций, основанный на применении нетрадиционных источников энергии, таких как ветрогенераторы и солнечные панели [8, 9].

Список литературы

1. Solar Powered UAVs [Online] / NASA Tech Briefs, March 01, 2013. Available at: <http://www.techbriefs.com/component/content/article/15992>.
2. Laser Power for UAVs [Online] / Nugent T.J., Kare J.T., A White Paper of LaserMotive, 2010. Available at: <http://lasermotive.com/wp-content/uploads/2010/04/Wireless-Power-for-UAVsMarch2010.pdf>
3. The HoverMast from Sky Sapience [Online] / Sky Sapience, 2013. Available at: <http://skysapience.com>.
4. Фетисов, В.С. Подзарядка электрических беспилотных летательных аппаратов: обзор существующих разработок и перспективных решений / В.С. Фетисов, М.И. Тагиров, А.И. Мухаметзянова // Авиакосмическое приборостроение. – 2013. – № 11. – С. 7 – 26.
5. Kemper P., Suzuki K., Morrison J. UAV Consumable Replenishment: Design Concepts for Automated Service Stations. Journal of Intelligent and Robotic Systems. 2011. Vol. 61. № 1. Pp. 369...397. Available at: http://www.researchgate.net/publication/220062239_UAV_Consumable_Replenishment_Design_Concepts_for_Automated_Service_Stations.
6. <http://news.mit.edu/2014/charging-solution-delivery-drones-take-after-our-featheredfriends>.
7. http://zoom.cnews.ru/rnd/news/line/sistema_besprovodnoy_peredachi_energii_podzaryadki_bpla.
8. Комбинированные наземные автономные зарядные станции общего пользования с ветро-солнечными источниками энергии для мультикоптеров / С.Ф. Степанов, И.И. Артюхов, Д.И. Артюхов, И.Н. Яценко, О.Н. Чурляева – Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VI международной научно-практической конференции / Под общ.ред. Трушкина В.А. - Саратов : ООО «ЦеСАин», 2015. – с.269-274.
9. Мониторинг воздушных линий электропередач с помощью беспилотных летательных аппаратов. Разработка автономной наземной станции для подзарядки

квадрокоптеров / Чурляева К.Д., Чурляева О.Н., Степанов С.Ф. // Актуальные проблемы энергетики АПК материалы VII международной научно-практической конференции. Под общей редакцией Трушкина В.А.. 2016. – с. 251-252.

УДК 620.9

А.С. Щетинин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, г. Томск, ЭНИН, кафедра ЭПЭО, группа 5ГМ5Б

Научный руководитель: **Ляпунов Д.Ю.** доцент кафедры ЭПЭО ЭНИН ТПУ.

ОПТИМАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В СИСТЕМАХ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Вакуумные солнечные коллекторы поглощают солнечную энергию, превращая ее в тепловую энергию. За счет солнечной энергии эта система способна обеспечить от 70 до 100% ежедневной потребности в горячем водоснабжении (ГВС) для бытовых целей и существенно снизить расходы (30...100%) на отопление помещений [1]. При недостаточной температуре горячей воды, в качестве дополнительного источника в систему ГВС устанавливается газовый котел (рис. 1). Необходимость его работы в системе должна быть минимизирована. Следовательно, съем тепла на солнечном коллекторе должен быть максимальным. Включение циркуляционного насоса коллектора происходило тогда, когда температура в коллекторе была больше чем в баке. При достижении нужной температуры в баке (температуры установленной) насос отключается. Затем процесс повторяется т.к. температура коллектора и бака постоянно приобретает разницу. Это приводило к частым включениям и отключениям контактора, двигателя. Это приводит к быстрому износу оборудования. Необходимо снизить количество включений, при этом обеспечить максимальный теплосъем на коллекторе. Для решения данной проблемы был использован автоматический регулятор ВЭСТ-02 [3].

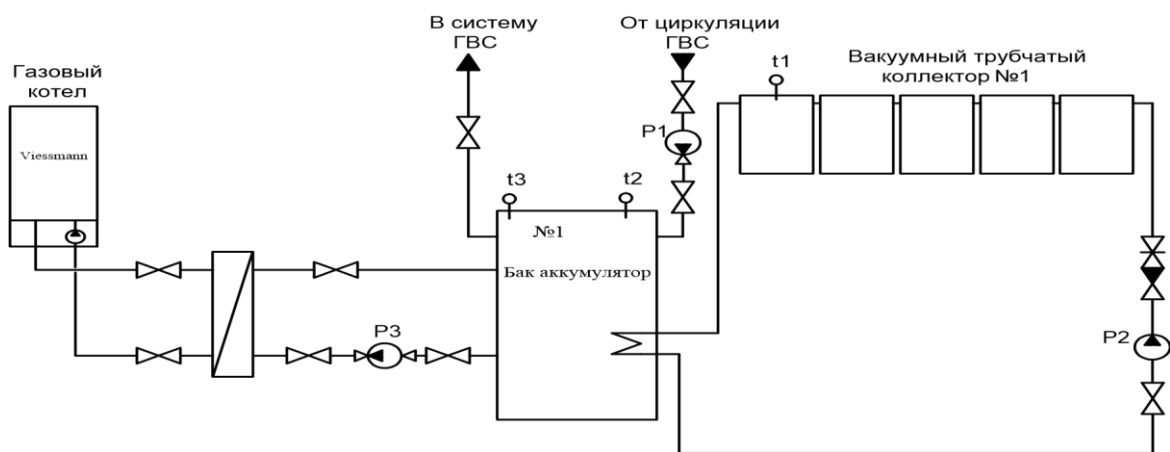


Рисунок. 1. -Принципиальная схема системы ГВС с применением солнечного коллектора

Регулятор ВЭСТ имеет собственную среду программирования *Akilar*. В этой среде реализация работы системы ГВС происходит с помощью *FBD* блоков.

Включение циркуляционного насоса коллектора осуществляется по установке (заданному значению) температуры включения $dT_{\text{вкл}}$. Значение $dT_{\text{вкл}}$ является величиной, которая вычисляется контроллером, путем разницы температур коллектора и бака на примере формулы (1):

$$T_{\text{кол}} - T_{\text{бака}} > dT_{\text{вкл}}, \quad (1)$$

Выключение циркуляционного насоса происходит по установке (заданному значению) температуры $dT_{\text{выкл}}$. Значение $dT_{\text{выкл}}$ является величиной, которая вычисляется контроллером, путем разницы температур коллектора и бака на примере формулы (2):

$$T_{\text{кол}} - T_{\text{бака}} < dT_{\text{выкл}}, \quad (2)$$

где $T_{\text{кол}}$ – температура коллектора;
 $T_{\text{бака}}$ – температура бака;
 $T_{\text{вкл}}$ – температура включения насосов.

При таком условии циркуляционный насос начинает работу. Аналогично происходит выключение.

При достижении разницы температуры по параметру $dT_{\text{выкл}}$ включается счетчик на 30 мин. по истечению, которого произойдет отключение насоса. Но если температура на коллекторе станет выше, счетчик обнулится, и насос работает до параметра $dT_{\text{выкл}}$.

$T_{\text{перегр}}$ – (температура перегрева) это температура, при достижении которой, циркуляционные насосы будут работать непрерывно. Последует сигнал на общую индикаторную лампу щита и регулятора.

При обрыве любого из датчиков температуры, т.е. коллектора, регулятор будет показывать температуру 300°C , циркуляционный насос будет работать постоянно. В таком случае нужно отключить насос с помощью автоматического выключателя и заменить датчик температуры на месте обрыва.

Список литературы

1. Бутузов В.А., Солнечное теплоснабжение в России: состояние дел и региональные особенности// Энергосбережение, 2009, №3. С.
2. Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки. – М.: Энергоатомиздат, 1991. 208 с.
3. Компания НПО ВЭСТ/[Электронный ресурс] / Продукция/ Регулятор ВЭСТ-02. – Режим доступа: <http://www.npowest.ru>, свободный.

УДК 621.313 362

И.Б. Царев, Р.Т. Гусейнов, П.Е. Мартыненко

Южно-Уральский ГАУ, г. Челябинск

ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА ПРИ ИЗУЧЕНИИ СКОРОСТИ ИЗНАШИВАНИЯ ПОДШИПНИКОВ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Стендовые испытания по исследованию влияния на скорость изменения параметра технического состояния (ПТС) подшипников факторов внешней среды базировались на теории планирования эксперимента [2, 3, 5, 6, 7, 9, 10, 11]. Это связано с недостаточностью знаний о механизме изучаемого явления. Теория планирования эксперимента позволяет создать математическую модель, адекватно отображающую реально протекающие сложные процессы в условиях информационной недостаточности о механизме их протекания, с минимальными затратами на проведение экспериментальных исследований [1, 2, 5, 6]. При стендовых испытаниях требовалось получить представление о функции V , описывающей скорость изменения ПТС подшипников от влажности W и уровня запыленности C воздуха в помещении:

$$V = f(C, W). \quad (1)$$

При планировании эксперимента факторы и их уровни кодируют, т. е. переводят натуральные значения в безразмерные. Кодирование осуществляется таким образом, что максимальному значению натурального фактора соответствует 1 закодированного, минимальному значению соответствует -1 , а

среднему значению натурального фактора соответствует 0. Формулы для кодировки имеют вид [7]:

$$X_1 = \frac{W - W_0}{\Delta W}; \quad X_2 = \frac{C - C_0}{\Delta C}, \quad (2)$$

где X_1, X_2 – кодовые значения влажности и запыленности соответственно; W, C – текущие значения влажности и запыленности; W_0, C_0 – их средние значения; $\Delta W, \Delta C$ – полуинтервалы варьирования:

$$W_0 = \frac{W_{\max} + W_{\min}}{2}; \quad C_0 = \frac{C_{\max} + C_{\min}}{2}.$$

$$\Delta W = \frac{W_{\max} - W_{\min}}{2}; \quad \Delta C = \frac{C_{\max} - C_{\min}}{2}.$$

После кодировки (1) можно представить в виде:

$$V = f(X_1, X_2). \quad (3)$$

Вид функциональной зависимости (3) заранее, не известен. В теории планирования эксперимента функцию (3) аппроксимируют полиномом. Чем выше степень полинома, тем лучше аппроксимация, но тем более трудоемок эксперимент, и обработка его результатов.

Практика показала, что для решения большинства задач трения и износа достаточно ограничиться полиномом второго порядка [2, 5, 6]. В этом случае полином, аппроксимирующий функцию (3) имеет вид:

$$V = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_{12} X_{12} + b_{11} X_1^2 + b_{22} X_2^2. \quad (4)$$

Коэффициенты при факторах в уравнении (4) называются коэффициентами регрессии. По физическому смыслу коэффициент b_0 близок к понятию средней скорости изменения ПТС подшипников [2, 5, 6]. Коэффициенты b_1 и b_2 описывают линейное влияние факторов X_1 и X_2 на скорость изменения ПТС, коэффициент b_{12} – их взаимодействие. Коэффициенты b_{11} и b_{22} описывают более тонкие квадратичные эффекты. Их наличие улучшает качество аппроксимации по сравнению с линейной моделью [7].

Планирование эксперимента – это процедура выбора числа и условий проведения опытов, необходимых для определения коэффициентов регрессии. В процессе планирования составляется матрица плана, в которой указывается число опытов и уровень варьирования факторов в каждом опыте. Например, в случае ортогонального центрального композиционного планирования, которое по причинам, указанным ниже, и было выбрано для стендовых испытаний, матрица плана имеет вид: [7, 11]

Таблица 1 – Ортогональный центральный композиционный план второго порядка для двух факторов.

№ опыта	Фактор						
	X_1	X_2	X_1X_2	$X_1^2 - \hat{X}$	$X_2^2 - \hat{X}$	$(X_1^2 - \hat{X})(X_2^2 - \hat{X})$	
I	1	+1	+1	+1	$1 - \hat{X}$	$1 - \hat{X}$	$(1 - \hat{X})^2$
	2	-1	+1	-1	$1 - \hat{X}$	$1 - \hat{X}$	$(1 - \hat{X})^2$
	3	-1	-1	+1	$1 - \hat{X}$	$1 - \hat{X}$	$(1 - \hat{X})^2$
	4	+1	-1	-1	$1 - \hat{X}$	$1 - \hat{X}$	$(1 - \hat{X})^2$
II	5	0	0	0	$-\hat{X}$	$-\hat{X}$	\hat{X}^2
III	6	$-\alpha$	0	0	$\alpha^2 - \hat{X}$	$-\hat{X}$	$-\hat{X}(\alpha^2 - \hat{X})$
	7	$+\alpha$	0	0	$\alpha^2 - \hat{X}$	$-\hat{X}$	$-\hat{X}(\alpha^2 - \hat{X})$
	8	0	$-\alpha$	0	$-\hat{X}$	$\alpha^2 - \hat{X}$	$-\hat{X}(\alpha^2 - \hat{X})$
	9	0	$+\alpha$	0	$-\hat{X}$	$\alpha^2 - \hat{X}$	$-\hat{X}(\alpha^2 - \hat{X})$

I – ядро плана; II – центр плана; III – звездные точки α , смысл которых разъяснен ниже (для количества факторов равному двум $\alpha = 1$); \hat{X} – вспомогательная величина, участвующая в расчетных формулах по обработке результатов эксперимента.

Планов второго порядка, т. е. планов, у которых степень аппроксимирующего полинома равна двум, существует несколько сотен. Для них составлены каталоги [6]. Каждый из этих планов удовлетворяет тому или иному критерию оптимальности [5], или компромиссно близок к оптимальному по нескольким критериям. Причем только основных критериев оптимальности насчитывается более десятка многие из которых формулируются на очень абстрактном языке многомерного регрессионного анализа. Более того, затруднена даже детальная классификация самих планов. Это обусловлено большим количеством рекомендаций теории планирования эксперимента, полученных на эмпирико-интуитивном уровне и подтвержденных лишь моделированием задач на ЭВМ [10]. Перечисленные обстоятельства делают для экспериментатора проблематичным выбор оптимального плана без консультации с соответствующими специалистами [10].

В экспериментальных исследованиях по трению и износу наибольшее распространение получили ортогональные центральные композиционные планы, рототабельные центральные композиционные планы, симплексно-суммируемые планы и планы близкие к D-оптимальным [7]. В работах [2, 3] близких по тематике к настоящей, в которых так же рассматривался износ подшипников был использован ОЦКП. Руководствуясь сказанным, для

проведения стендовых испытаний был выбран ортогональный центральный композиционный план [7].

Ортогональность означает, что скалярное произведение двух вектор-столбцов X_1 и X_2 равно нулю. Свойство ортогональности позволяет получить независимые оценки коэффициентов регрессии. Т. е. ошибка в оценке одного коэффициента или отбрасывание члена при коэффициенте с низким уровнем значимости [7, 11].

Свойства композиционности и центральности означают, что матрица плана второго порядка получается из матрицы плана более простого первого порядка добавлением ряда точек: звездных точек α и одной точки (0,0), лежащей в «центре» плана. Эти свойства дают возможность сократить число опытов [7, 11].

При проведении эксперимента, необходимо расположить опыты не так, как в матрице плана, а в случайном порядке, рандомизировать эксперимент (от англ. random – случайный). Рандомизация проведения эксперимента обеспечивает равномерное внесение элемента случайности влияния неконтролируемых факторов [8, 11].

В целом, ортогональный композиционный план, выбранный для проведения стендовых испытаний, позволяет получить надежные результаты при небольшом числе опытов [4, 11].

Список литературы

1. Буторин В.А., Гусейнов Р.Т. Причины отказов электродвигателей погружных насосов и мероприятия по их устранению. Материалы LI международной научно-технической конференции «Достижения науки - агропромышленному производству». Челябинск: ЧГАА, 2012, с. 45-49

2. Гусейнов Р.Т., Бабыкин Е.В. Зависимость скорости изнашивания элементов подшипниковых узлов от действующих факторов. Материалы LII международной научно-технической конференции «Достижения науки-агропромышленному производству» Челябинск 2013 Ч. 5 с 155 – 158

3. Гусейнов Р.Т. Влияние условий окружающей среды на подшипниковые узлы погружных электродвигателей. Развитие научной, творческой и инновационной деятельности молодежи. Материалы IV всероссийской научно - практической конференции молодых ученых. Курган Курганская ГСХА 2013 Секция № 4 с 96 – 98.

4. Буторин В.А., Гусейнов Р.Т. Разработка электрической схемы для проведения ресурсных испытаний упорного подшипникового узла погружного электродвигателя. Вестник СГАУ им. Вавилова 2014 №3 с 46 – 49

5. Буторин В.А., Гусейнов Р.Т. Основные факторы, влияющие на ресурс подшипниковых узлов погружных электродвигателей. Материалы LIII международной научно-технической конференции «Достижения науки-агропромышленному производству» Челябинск 2014 Ч. 3 с 241 - 246.

6. Буторин В.А., Гусейнов Р.Т. Факторы, влияющие на упорные подшипниковые узлы погружных электродвигателей. «Перспективы развития АПК в работах молодых ученых». Сборник материалов региональной научно – практической конференции молодых ученых 5 февраля 2014 г. г. Тюмень ГАУСЗ Ч. 1 с 191 – 195

7. Буторин В.А., Гусейнов Р.Т., Юлбаев Р.В., Силков М.С. Планирование стендовых ресурсных испытаний упорного подшипникового узла и методика обработки результатов. Инновации и исследования в транспортном комплексе II международная научно –

практическая конференция, посвященная 35 – летию ЗАО «Курганстальмост» 5-6 июня 2014 г. г. Курган с 80 – 83

8. Буторин В.А., Гусейнов Р.Т. Разработка испытательного стенда для проведения ресурсных испытаний упорного подшипника погружного электродвигателя марки ПЭДВ. Вестник БГАУ 2014 №2 (30) с 64 – 68

9. Буторин В.А., Гусейнов Р.Т. Устройство крепления вибродатчика к погружному электродвигателю для оценки технического состояния подшипниковых узлов. Агропродовольственная политика России – 2015. –№1 – с. 68-70

10. Гусейнов Р.Т., Мошанов П.К. Нормативно-техническая документация по надежности и метод получения информации об отказах погружных электродвигателей. В сборнике: Инновационные технологии и технические средства для АПК. Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. Под общей редакцией Н. И. Бухтоярова, Н. М. Дерканосовой, А. В. Дедова и др.. 2015. с. 213-217.

11. Гусейнов Р.Т., Мошанов П.К., Буторин Д.В. Общие вопросы надежности системы электронасосных установок. Материалы LV международной научно-технической конференции. ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет». 2016. с. 180-184.

УДК 537.3

М.С.Гончарова, О.С. Атрашенко

Камышинский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», г. Камышин

К ВОПРОСУ О ПРЕИМУЩЕСТВЕ И ПЕРСПЕКТИВАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ

Конкуренция между постоянным током и переменным током, основателями Томасом Эдисоном и Николой Тесла, началась в конце XIX века. В настоящее время повсеместно преимущественно используют переменный ток так как его легко трансформировать и передавать на дальние расстояния. Но так же с увеличением потребителей увеличиваются потери электроэнергии.

В представленной статье содержится краткий экскурс истории конкурентной борьбы между постоянным и переменным током, начавшийся с революционных инновационных идей таких великих ученых конца XIX века, как Т. Эдисона и Н. Тесла. В настоящее время современный мир стоит перед выбором этих двух направлений использования тока, но каков выбор будет зависеть от простоты его применения, дешевизны его использования и затрат на его внедрение. Каковы перспективы развития и использования постоянного тока в современных домах нам покажет время и фантастические возможности, которые он нам открывает.

УДК 621.311

Н.В. Гусева, С.В. Новичков, Р.А. Долгов

Саратовский государственный технический университет имени Ю. А. Гагарина

ОСОБЕННОСТИ БИЗНЕС-ПЛАНИРОВАНИЯ ПРИ ВНЕДРЕНИИ СВЧ-ТЕХНОЛОГИЙ В АПК

В условиях рыночной экономики при проектировании технологического оборудования следует учитывать экономические факторы. Это в полной мере относится и к электротермии – области науки и техники, связанной с нагревом и

расплавлением материалов теплом, выделяющимся при протекании по проводникам электрического тока. Термообработка, нагрев или сушка почти всегда входят в состав технологической обработки различных видов продукции.

Агропромышленный комплекс (АПК) – это совокупность отраслей экономики страны, включающая сельское хозяйство и отрасли промышленности, тесно связанные с сельскохозяйственным производством, осуществляющие перевозку, хранение, переработку сельскохозяйственной продукции. Предприятия АПК широко используют СВЧ-технологии для тепловой обработки своей продукции.

Только экономически обоснованный выбор конструкции СВЧ установок позволит технически более эффективной конструкции электротермического оборудования выйти на рынок. Для того чтобы проектирование СВЧ электротехнологических установок для нужд АПК было успешным, необходимо грамотно провести анализ инвестиционного проекта. Наилучшим инструментом для решения данной задачи является бизнес-план.

УДК 339.13.012

А.А. Федорова

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

ГОРОДСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ ВИЭ

Развитие альтернативной энергетики на базе возобновляемых источников энергии является одним из путей повышения энергоэффективности в бюджетной сфере, предусмотриваемом федеральным законом ФЗ №261 от 23 ноября 2009 г « Об энергосбережении...». Как правило, заводами изготавливаются установки пропеллерного типа с открытым ветроколесом большого диаметра, вращающееся со скоростью 40-60 об/мин. В связи с этим возникают проблемы с шумом, инфразвуком и нарушением ландшафта городской среды.

Нами разработан ветроагрегат с управляемым воздушным потоком не имеющий указанных недостатков. В основе конструкции такого электрогенерирующего устройства лежит проточная часть в виде сопла Ловаля, имеющая конфузорную часть, сжимающую набегающий ветровой поток и разгоняющий воздух до более высоких скоростей, цилиндрическую рабочую камеру с размещённой в ней ветротурбиной и диффузор, создающий разрежение за ветротурбиной. Таким образом большое ветроколесо заменено малогабаритной ветротурбиной, которая «спрятана» в рабочей камере, а потому хорошо капотирована и к ней нельзя прикоснуться.

Солнечная электрогенерирующая установка заданной мощности набирается из солнечных батарей с монтажом их под оптимальным углом к линии горизонта, соответствующему широте размещения города на местности. Ветроагрегат и солнечные батареи выдают электроэнергию в аккумулятор через

контроллеры заряда аккумулятора. Такая совмещённая система электроснабжения имеет до 5500 часов электрогенерации в год, что сравнимо со временем генерации моноблочных тепловых или атомных электростанций.

Нагрузкой такой системы электроснабжения может стать светодиодное уличное освещение, системы видеоконтроля городских кварталов, пункты экстренной связи с различными службами города. При этом отпадают бюджетные траты на закупку электроэнергии для эксплуатации этих важных для жизни горожан систем.

Содержание

В.В. Авинов ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ВНУТРИСТАНЦИОННЫХ ТЕПЛОСЕТЕЙ ТОЛЬЯТТИНСКОЙ ТЭЦ	5
А.А.Адилханов , Л. А. Садыкова ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В КАЗАХСТАНЕ	7
И. М. Амамбаев, Л.А.Садыгова СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ ОТ ИЗЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ ПОЛЯМИ	10
А.С. Ануфриев, М.Н. Алимбеков, Ю.А. Макаричев ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГЕНЕРАТОРНЫХ ВЕТРОУСТАНОВОК МАЛОЙ МОЩНОСТИ	13
Н.В. Батарин, В.Н. Овсянников РАСЧЕТ МОМЕНТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ МОМЕНТНОГО ДВИГАТЕЛЯ.....	15
С. М. Бакиров, А. П.Ищенко РЕЛЬСОВАЯ ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННАЯ ТЕЛЕЖКА	17
С. М. Бакиров, К. В. Асеев АНАЛИЗ ПРОЦЕССА КОРМЛЕНИЯ КОРОВ.....	20
А.С. Блинохватов, З.И. Иванова, Д.Н. Катусов СПОСОБЫ СОХРАНЕНИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ ПРИ ПОМОЩИ СУБЛИМАЦИОННОЙ И АКУСТИЧЕСКОЙ СУШКИ	23
Г.С. Бозин АВТОМАТИЗАЦИЯ ЛОКАЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ КОРМОЦЕХА	27
Д.Е. Валишин, В.Г. Урманов ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СКВАЖИННОГО ПЛУНЖЕРНОГО НАСОСА	30
С.В. Вендин РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ПРЕДПОСЕВНОЙ СВЧ ОБРАБОТКЕ СЕМЯН ЛЮПИНА	34
С.В. Вендин, А.Ю. Мамонтов ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ И НАГРЕВА БИОМАССЫ В МНОГОКАМЕРНОМ БИОГАЗОВОМ РЕАКТОРЕ НЕПРЕРЫВНОЙ ЗАГРУЗКИ СЫРЬЯ.....	37
А.В. Волгин, О.В. Логачёва, С.А. Королев, А.А. Мигунов ЕМКОСТНЫЕ НАКОПИТЕЛИ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ МАШИНЫ УДАРНОГО ДЕЙСТВИЯ.....	39

О.С. Волкова ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СИСТЕМЕ ОСВЕЩЕНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СОЛНЕЧНЫХ СВЕТОВОДОВ.....	41
К. Г. Головков ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗГОНА И ТОРМОЖЕНИЯ ЧАСТОТНОГО АССИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ЛИФТА	42
Н.В. Гусева, С.В. Новичков, Р.А. Долгов ОСОБЕННОСТИ БИЗНЕС-ПЛАНИРОВАНИЯ ПРИ ВНЕДРЕНИИ СВЧ- ТЕХНОЛОГИЙ В АПК	45
П.О.Гуков, Д.Ю.Кулешов СПОСОБЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ	46
А.С. Должикова, С.Ф. Степанов СИСТЕМА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И МОНИТОРИНГА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА	50
А.И. Данилушкин, Н.М.Давыдова, Д.А. Животягин ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕНТИЛЯЦИОННОГО АППАРАТА КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ.....	51
В.А. Данилушкин, Н.В. Бондарева, А.В. Беспалова ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНДУКЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОГО НАГРЕВА ЖИДКОСТЕЙ.....	53
А.И. Данилушкин, Ю.А. Борисова, Д.А. Тимошкин ИНДУКЦИОННАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПЛАВКИ БИТУМА	55
О.В. Данилина ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ МИКРОКЛИМАТА ПОМЕЩЕНИЙ.....	57
А.А. Дмитриев, И.Л. Мальгина, О.В. Скоморощенко, В.И. Горбунков ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН	60
Т.Ю. Дунаева АЛГОРИТМ ТЕРМООБРАБОТКИ ДИЭЛЕКТРИКОВ В СВЧ ЭТУ	62
Д.П. Евстафьев, А.Ю. Здобнов СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СХЕМЫ ИМПУЛЬСНОГО ТРАНСФОРМАТОРА МЕМБРАННОГО ГАЗОРАЗДЕЛИТЕЛЯ ДЛЯ ОЧИЩЕНИЯ БИОГАЗА ОТ ПРИМЕСЕЙ	65
М.Д. Елисеев, Г.Г. Угаров ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЕ ПОДЗЕМНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ.....	68

О.Б. Забродина, Е.Н. Таран, М.Ю. Матвейкин ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ УСТРОЙСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОТКЛОНЕНИЙ СОДЕРЖАНИЯ ЖИРА В МОЛОКЕ В ПОТОКЕ	69
О.Б. Забродина, А.А. Машлякевич ПРИМЕНЕНИЕ ЕМКОСТНОГО ДАТЧИКА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ МЕМБРАНЫ РЕГУЛЯТОРА ВАКУУМА В ДОИЛЬНОМ СТАКАНЕ.....	73
Е. Ф. Завгородний ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТОПИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПЛЕНОЧНЫХ ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЕЙ	77
Л.С. Зимин, А.С. Егиазарян, А.Ю. Леснов ПРОБЛЕМА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В АПК.....	82
А.Ю.Здобнов, В.М. Райгородский ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ.....	83
Г.П. Ерошенко, И.Ю. Лошкарев, О.В. Логачева, Д.В. Ульянов, Н.В.Шевчук СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЬНЫМ УСТАНОВКАМ ДЛЯ СИСТЕМ МИКРОКЛИМАТА.....	86
Е.С. Зудин, В.М. Попов, В.А. Афонькина К ВОПРОСУ ОБ ИНФРАКРАСНОЙ СУШКЕ МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ.....	89
Ю.В. Иванкина, М.А. Левин, Д.Д. Акишин ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ	93
Ю.В.Иванкина, М.А.Левин СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПРОПИТКИ ОБМОТОК АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ.....	97
З.И. Иванова, Е.С. Антошина ИННОВАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ОБРАЗОВАНИИ: ПРИКЛАДНОЙ АСПЕКТ	100
И.В. Капинус РАСЧЕТ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ СВЧ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СЕМЯН С РАБОЧЕЙ КАМЕРОЙ ШНЕКОВОГО ТИПА	103
Ю.П. Ильин, Н.Ю. Кузьмина, Н.В. Рудных УПРАВЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫМ СОСТОЯНИЕМ РЕАКТОРОВ БГУ	105
В.А. Каргин, А.П. Моисеев, Сахнов М.Ю. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ СТЕНДЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ МАШИН.....	109

Н.К. Катаева МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРОПОРАЖЕНИЯ В СЕТЯХ АПК С ГЛУХОЗАЗЕМЛЕННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 КВ.....	113
Т.В. Карпухина, В.Н. Ковальногов, М.Г. Корныльев ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОГО СОСТОЯНИЯ КАПИЛЛЯРНО- ПОРИСТОГО ТЕЛА В ПРОЦЕССЕ КОНВЕКТИВНОЙ СУШКИ.....	117
Т.В. Карпухина, В.Н. Ковальногов, М.Г. Корныльев ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КОНВЕКТИВНОЙ СУШКИ КАПИЛЛЯРНО- ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ С РЕГЕНЕРАЦИЕЙ СУШИЛЬНОГО АГЕНТА	120
Т.В. Карпухина, В.Н. Ковальногов, М.Г. Корныльев ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОГО СОСТОЯНИЯ КАПИЛЛЯРНО- ПОРИСТОГО ТЕЛА В ПРОЦЕССЕ КОНВЕКТИВНОЙ СУШКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКА	123
В.В. Клейменов ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ 3D-ПЕЧАТИ ДЛЯ ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ	125
Р.В. Козичев, Д.С.Рожков СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ.....	129
В.А. Кокарева ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЯ ЗДАНИЙ.....	135
Р.И. Коннов, А.И. Щелоков ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ.....	138
А.С. Коробец, А.Г. Пияйкина, С.Ф.Степанов, В.В. Коваленко ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ В МАЛОЙ АВТОНОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ С ВНЕШНИМ ПОДВОДОМ ТЕПЛА	141
В.А. Лаврентьев; А.А. Богословский ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ОЧИСТКИ ОТРАБОТАННЫХ СИНТЕТИЧЕСКИХ МОТОРНЫХ МАСЕЛ.....	143
М.А. Левин, А.Д. Драгун ИЗМЕНЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ ГОДОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ТИПОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ.....	146
В.Н. Левинский ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ИК-ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ	148
В.В. Лифатов РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ СУБСТРАТА.....	151
А.И. Лобеев	

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА С ПОМОЩЬЮ ГЕЛИОТРЕКЕРА	156
А. С. Ломаев ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТОТНОГО РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ВЕНТИЛЯТОРА	160
И.Ю. Лошкарев, О.В. Логачёва, А.В. Волгин СТРАТЕГИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ.....	162
Л.А. Лягина, О.С. Морозова КЛАССИФИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ.....	165
Л.А. Лягина, Д.Ю. Мельников УРАВНЕНИЯ КИНЕТИКИ СУШКИ И ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ	168
И.М. Маркин, М.А. Левин ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ УЛИЧНЫМ ОСВЕЩЕНИЕМ	171
А.Кh. Massad, В.А. Каргин, А.П. Моисеев, В.С. Никитин СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ФОРМАВАТЕЛЕМ КОЛБАСНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА БАЗЕ ПРОГРАММИРУЕМОГО ЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЛЕРА	175
А.М. Марадудин, В.А. Каргин, А.В. Перетяцько, А.А. Леонтьев ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ЛЭМД С ПРИНУДИТЕЛЬНОЙ ВЕНТИЛЯЦИЕЙ.....	178
К.А. Мелконян, Е.В. Рыжова, А.М. Никитюк ОЧИСТКА ВОДЫ ОТ ИОНОВ ЖЕЛЕЗА С ПОМОЩЬЮ МАГНИТНОЙ ЖИДКОСТИ	183
Е.В. Моисеев КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ ВЕРМИКУЛЬТИВИРОВАНИЯ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СУБСТРАТА.....	186
Р.А. Мусин, Л. А. Садыкова ВНЕДРЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТИПОВ ИЗОЛЯЦИИ КАБЕЛЕЙ СРЕДНЕГО И ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	189
А.В.Обухова, Н.Н. Клочкова, Ю.В.Обухова ЭКОНОМИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ СИСТЕМ УЛИЧНОГО ОСВЕЩЕНИЯ.....	191
В.Н. Овсянников¹, Г.Ж. Левина² ОПТИМИЗАЦИЯ МОМЕНТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ	192
А.П. Остащенко ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ КОМПЛЕКСА ДЛЯ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ПАСЕК НА БАЗЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ	193

Д.А. Негметова, С.Ф. Степанов ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ УСТАНОВОК В ПРОМЫШЛЕННОСТИ .	196
А.М. Ниязов МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ КОРРЕКТОРА МОЩНОСТИ.....	197
Н.Г. Перебаскин ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОГРУЖНОГО НАСОСНОГО АГРЕГАТА ДЛЯ ОТКАЧКИ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА.....	201
А.В. Переверзев, В.Н. Овсянников ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОМЕНТНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ.....	204
А.А. Поворознюк, А.В. Белов ИССЛЕДОВАНИЕ МЕЖВИТКОВЫХ ЗАМЫКАНИЙ В ОБМОТКАХ ОДНОФАЗНОГО ТРАНСФОРМАТОРА.....	205
А.Н.Проценко, К.Ю.Яшин ИНДУКЦИОННЫЙ НАГРЕВ КОЛЬЦА ПЕРЕД ДЕФОРМАЦИЕЙ.....	211
Е.Н. Пугач МОДЕЛИРОВАНИЕ КРАТКОВРЕМЕННЫХ НАРУШЕНИЙ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ	213
О.С. Пташкина-Гирина, Р.Ж. Низамутдинов ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ОЗЕР ДЛЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	216
Е.Е. Рабинович РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПОРНОЙ АРМАТУРОЙ В ГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ	219
И.А. Ростунцова ВНЕДРЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ДЕЙСТВУЮЩЕМ ОБОРУДОВАНИИ ТЭС.....	222
И.А. Ростунцова, Н.Ю. Шевченко ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОВЫХ ВЫБРОСОВ ТЭС ..	224
А.В. Рудых, С.В. Сукьясов СПОСОБЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА НОРМАЛИЗАЦИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭДЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ.....	225
Л.А. Садыкова, А.А. Бакушев РАЗВИТИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В КАЗАХСТАНЕ	230
Д.И.Серебряков АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД МЕХАНИЗМА ДРОССЕЛИРОВАНИЯ НА МЕТАНОУГОЛЬНОЙ СКВАЖИНЕ.....	233

С.В. Сороколатов ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЧАСТОТЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ.....	235
А.С. Соколов, Г.Г. Угаров ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ МАЛОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ СТРОЕНИЙ.....	237
Сошинов А.Г., Галушак В.С., Атрашенко О.С. ПРАВОВЫЕ МЕХАНИЗМЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОДДЕРЖКИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ.....	238
С.В. Сукьясов, А.В. Рудых СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ 0,38 КВ.....	242
В.А. Трушкин, О.Н. Чурляева, А.В. Иванов МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УСТРОЙСТВА ЗАРЯДА АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ ОТ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ.....	248
В.А. Трушкин, С.В. Шлюпиков, Р.А. Коротков ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫХ МАШИН ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ ГРУЗОВ В СКЛАДСКИХ И ПОДСОБНЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ	256
С.В. Тригорлый, В.В. Захаров ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СВЧ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ГРУНТА	257
У.Г. Тлеков, Л.А. Садыгова РАЗВИТИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ПОМОЩЬ РЕШЕНИЙ ПРОБЛЕМ ЭНЕРГЕТИКИ В РК.....	261
К.М. Усанов, А.В. Волгин, С.А. Королев, А.А. Мигунов ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ С ЕМКОСТНЫМ НАКОПИТЕЛЕМ ЭНЕРГИИ	265
А.Г. Фиापшев, Б.А. Фиапшев РАСЧЁТ ГАЗГОЛЬДЕРА БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ.....	267
А.Т.Халилов РАЗРАБОТКА И ИСЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ КОЛЛЕТОРНЫМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ	270
Э. А. Хасанов, Г. Г. Угаров ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ПРОКЛАДКИ КАБЕЛЕЙ С ИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА НА ДОПУСТИМУЮ ТОКОВУЮ НАГРУЗКУ	272

Е.А. Четвериков, Н.Ю. Петров ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ТОВАРНОГО ЗЕРНА В ПОТОКЕ МЕТОДОМ СВЧ ВЛАГОМЕТРИИ.....	274
Е.А. Четвериков, Н.Ю. Петров ВЫБОР МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ В ПОТОКЕ.....	277
В.И. Чиндяскин НОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКИХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ	280
К.Д. Чурляева, С.Ф. Степанов, О.Н. Чурляева ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИБРИДНОЙ ВЕТРО- СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ПОДЗАРЯДКИ КВАДРОКОПТЕРОВ.....	284
О.Н. Чурляева, К.Д. Чурляева ОБЗОР ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ЗАРЯДА АККУМУЛЯТОРОВ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.....	287
А.С. Щетинин ОПТИМАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В СИСТЕМАХ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ	293
И.Б. Царев, Р.Т. Гусейнов, П.Е. Мартыненко ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА ПРИ ИЗУЧЕНИИ СКОРОСТИ ИЗНАШИВАНИЯ ПОДШИПНИКОВ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ.....	295
М.С.Гончарова, О.С. Атрашенко К ВОПРОСУ О ПРЕИМУЩЕСТВЕ И ПЕРСПЕКТИВАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ	300
Н.В. Гусева, С.В. Новичков, Р.А. Долгов ОСОБЕННОСТИ БИЗНЕС-ПЛАНИРОВАНИЯ ПРИ ВНЕДРЕНИИ СВЧ- ТЕХНОЛОГИЙ В АПК	300
А.А. Федорова ГОРОДСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ ВИЭ.....	301

Научное издание

**Актуальные проблемы энергетики АПК:
материалы VIII международной научно-
практической конференции**

Электронная версия размещена в сети Internet на сайтах
<http://www.sgau.ru/nauka/konferencii>

Компьютерная верстка М.В. Муравьевой

Сдано в набор 27.04.17. Подписано в печать 30.04.17.
Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman.
Печ. л. 17,84 Уч.-изд. л. 14,6. Тираж 300.

ООО «ЦЕНТР СОЦИАЛЬНЫХ АГРОИННОВАЦИЙ СГАУ»
Отпечатано с электронных носителей издательства