МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЯРОСЛАВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА)

ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

**Сборник научных трудов
по материалам Всероссийской
научно-практической конференции**
15 ноября 2017 г.

Ярославль
2018

УДК 631.371
ББК 40.76
П 78

П 78 **Проблемы электрификации сельского хозяйства** [Текст]: сборник научных трудов по материалам Всероссийской научно-практической конференции. 15 ноября 2017 г. / ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА. – Ярославль: Изд-во ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, 2018. – 126 с.

ISBN 978-5-98914-188-3

В материалах конференции представлены результаты исследований ученых, преподавателей и обучающихся высших учебных заведений Российской Федерации.

Сборник предназначен для научных работников, преподавателей высших учебных заведений, а также для работников агропромышленного комплекса. Может использоваться в учебном процессе в целях углубленного рассмотрения соответствующих проблем.

РЕДАКЦИОННО-ИЗДАТЕЛЬСКИЙ СОВЕТ:

Гусар С.А. – главный редактор, и.о. ректора, к.э.н., доцент;

Морозов В.В. – заместитель главного редактора, проректор по научной работе и международным связям, к.ф.-м.н.;

Дорохова В.И. – ответственный секретарь, к.э.н., доцент, начальник управления по научной работе и международному сотрудничеству;

Шешунова Е.В. – редактор, к.т.н., доцент, декан инженерного факультета;

Соцкая И.М. – член совета, к.т.н., доцент, заведующая кафедрой «Технический сервис»;

Орлов П.С. – член совета, д.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Электрификация»;

Шмигель В.В. – член совета, д.т.н., профессор, профессор кафедры «Электрификация»;

Ананьин Г.Е. – ответственный секретарь, к.п.н., менеджер по научной и профориентационной работе инженерного факультета;

Богословская Е.А. – ответственный секретарь, начальник редакционно-издательского отдела.

ISBN 978-5-98914-188-3

© Авторы статей, 2018
© ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, 2018

УДК 621.317

КАРУСЕЛЬНАЯ СУШИЛКА

к.т.н. Г.А. Бибик
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия)

Ключевые слова: зерно, агент сушки, камера сушки, нагнетательная камера.

В работе предлагается карусельная сушилка, использующая биологическую энергию зерновок, и возможность периодической смены агентов сушки.

ROUNDABOUT DRYER

Candidate of Technical Sciences G.A. Bibik
(FSBEI HE Yaroslavl SAA, Yaroslavl, Russia)

Key words: grain, agent of drying, drying camera, forcing camera.

In work the roundabout dryer using biological energy of weevils and a possibility of periodic change of agents of drying is offered.

Циклическую сушку зерна можно организовать без периодического подключения/ отключения теплоносителя, используя перенос зерна от одного агента сушки к другому (рисунок 1).

Влажный зерновой ворох подается в бункер 15 загрузки, из которого он ровным слоем укладывается по всему радиусу платформы 3. Одновременно с этим платформа 3 приводится во вращение от приводной станции 18 через цепную передачу 16, соединяющую ведущую звездочку 17, установленную на приводной станции 18, с опорным кольцом 5, являющимся одновременно ведомой звездочкой платформы 3. Одновременно с движением платформы через диффузоры 11,12 подаются агенты сушки, один из которых, как правило, – теплый воздух, а второй – наружный воздух; ионизированный, озонированный воздух или какой-либо иной газ.

На зерновку периодически воздействуют разные агенты сушки – это осциллирующая сушка. Применение ее основано на том факте, что зерно – живой организм, и как всякий живой организм при попадании в неблагоприятные внешние условия начинает с ними бороться, но когда израсходованы все силы для борьбы, он начинает к ним приспосабливаться. Для зерна это две фазы сушки. Начальная фаза – зерно выдает влагу на поверхность, чтобы за

счет ее испарения сохранить тепловой баланс. Вторая фаза – зерно не может сохранить тепловой баланс – оно начинает нагреваться. Поэтому если после первой фазы остудить зерно, то при возобновлении нагревания оно начнет снова интенсивно испарять влагу.

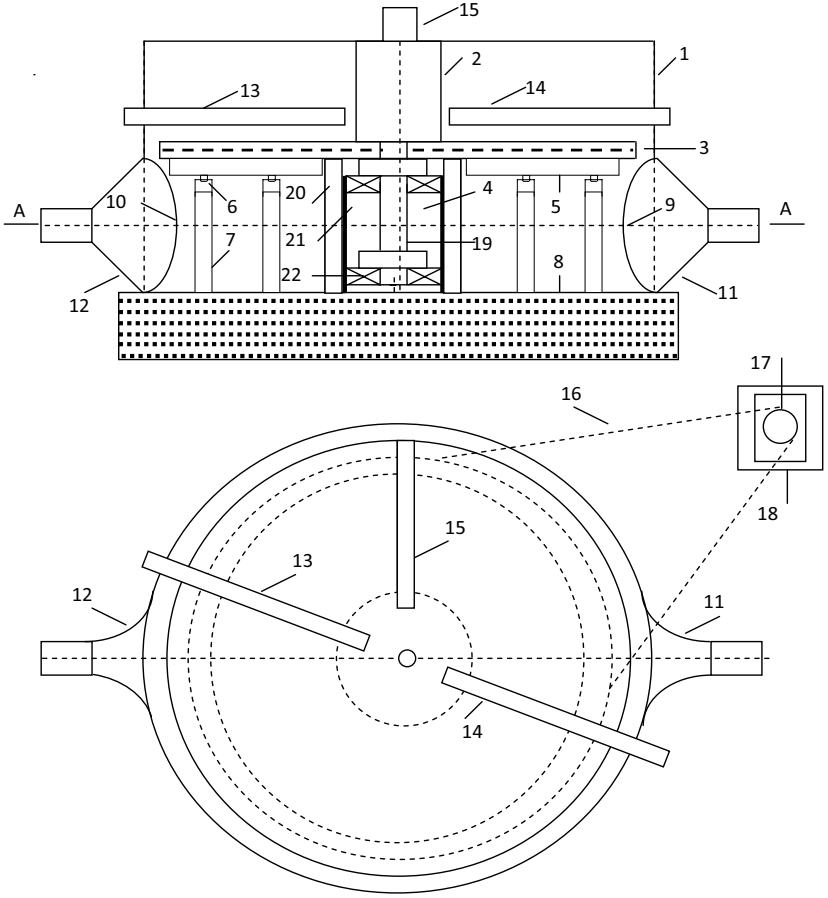


Рисунок 1 – Карусельная сушилка:
1 – внешнее ограждение; 2 – внутреннее ограждение;
3 – перфорированное днище; 4 – центральная опора; 5 – опорное кольцо;
6 – ролики; 7 – боковая опора; 8 – фундамент; 9,10 – окна внешнего ограждения; 11,12 – диффузоры; 13 – средства разгрузки;
14 – средства ворошения; 15 – бункер загрузки; 16 – цепная передача;
17 – звездочка приводной станции; 18 – приводная станция; 19 – вал центральной опоры; 20 – теплоизоляционная труба; 21 – опорная труба;
22 – подшипник качения

Чтобы разделить по времени воздействия агентов сушки, по диаметру газораспределительного короба (нагнетательной камеры) 23 (рисунок 2) перпендикулярно оси между двумя противоположно расположенными диффузорами 11 и 12 расположена теплоизолирующая стенка 24, закрепленная на внешнем ограждении на концах диаметра, на теплоизоляционной трубе 20 и стойках 25, закрепленных в фундаменте 8.

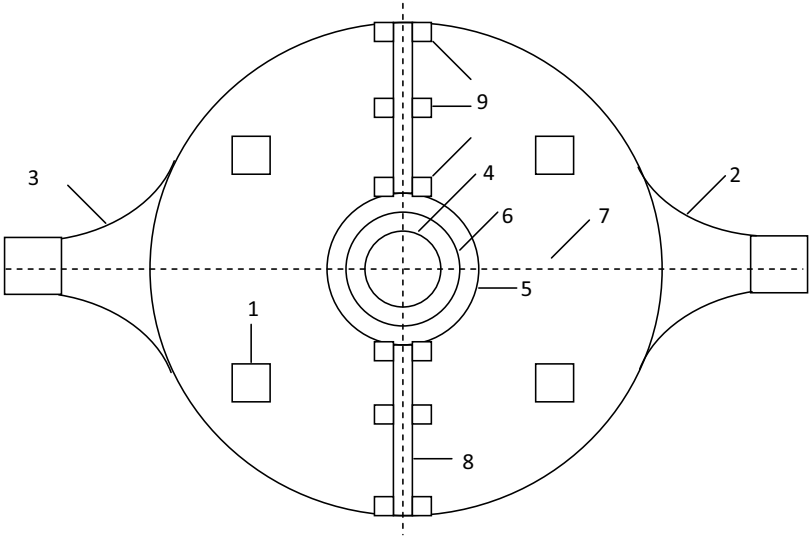


Рисунок 2 – Газораспределительный короб:
1 – боковая опора; 2,3 – диффузоры; 4 – вал центральной опоры;
5 – теплоизоляционная труба; 6 – опорная труба;
7 – газораспределительный короб; 8 – теплоизолирующая стенка;
9 – стойки

Исследования разных авторов [1] показывают, что активность зерновок при циклической сушке уменьшает время сушки на 30%, что эквивалентно увеличению скорости агента сушки в 1,3 раза и уменьшению энергоемкости на 21%. Известно, что и озонирование и ионизация воздуха также сокращают время сушки. Объединение этих факторов существенно ускоряет процесс сушки зерна.

Вывод

Предлагаемые усовершенствования карусельной сушилки позволяют использовать энергетику зерновки при одновременном применении разных агентов сушки, что ускоряет процесс сушки зерна.

Литература

1. Грачева, Н.Н. Биотехнический потенциал сушки зерна [Текст] / Н.Н. Грачева // Электротехнологии и электрооборудование в сельскохозяйственном производстве: сб. науч. тр. – Вып. 4. – Том 2. – Зерноград: ФГОУ ВПО АЧГАА, 2004. – С. 117–121.

УДК 631.171: 621.31: 633/635

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СВЧ-ОБРАБОТКИ НА ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН ЛЮПИНА

д.т.н. С.В. Вендин
(ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия)

Ключевые слова: электромагнитное поле, сверхвысокая частота, семена, люпин, СВЧ-нагрев, удельная мощность воздействия, скорость нагрева, температура нагрева, экспозиция.

В статье представлены результаты экспериментальных исследований по влиянию режимов СВЧ-обработки на всхожесть семян люпина. Приведены регрессионные уравнения по влиянию удельной СВЧ-мощности воздействия и экспозиции, а также регрессионные уравнения влияния скорости и конечной температуры СВЧ-нагрева на всхожесть семян после обработки.

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF MICROWAVE TREATMENT ON THE FERTILITY OF SEEDS OF LUPIN

Doctor of Technical Sciences S.V. Vendin
(FSBEI HE Belgorod SAU, s. Maiskiy, Russia)

Key words: electromagnetic field, superhigh frequency, seeds, lupine, microwave heating, specific effect power, heating rate, heating temperature, exposure.

The article presents the results of experimental studies on the effect of microwave treatment regimes on the germination of lupine seeds. Regression equations are presented for the effect of specific microwave power of exposure and exposure, as well as regression equations for the influence of the speed and final temperature of microwave heating on seed germination after processing.

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. Представленные ниже результаты являются продолжением исследований по предпосевной СВЧ-обработке различных культур и изложенных в работах [1–5].

Важной особенностью эффективности применения СВЧ-технологий для обработки семян является то, что для достижения эффекта обработки необходимо строгое соблюдение величины воздействующих факторов. Оптимальные значения параметров СВЧ-воздействия могут быть определены на основе эксперимента с последующим регрессионным анализом результатов.

Кроме того, упрощение практической реализации СВЧ-технологий требует разработки системы автоматического управления процессом на основе контроля значимых и легко управляемых факторов СВЧ-воздействия. Фактически эффективность результата при СВЧ-обработке определяется интенсивностью воздействия и временем облучения. Если время обработки относительно легко контролировать включением и отключением СВЧ-источника или регулированием скорости движения потока с учетом зоны облучения, то интенсивность воздействия зависит от многих составляющих. Это в первую очередь соотношение между мощностью источника в рабочей камере и объемом (масса) продукта, которые определяют удельную СВЧ-мощность воздействия. Большое значение имеют также электрофизические свойства продукта. Нельзя не учитывать равномерность обработки, которая определяется режимом согласования СВЧ-источника с нагрузкой, объемом материала, толщиной слоя, конструкцией рабочей камеры и т.д. Эти технические задачи разрешаются различными приемами [6-7]. С этих позиций управление СВЧ-мощностью воздействия представляется проблематичным.

В то же время в процессе СВЧ-обработки семян происходит диэлектрический нагрев продукта, характер которого определяется параметрами электромагнитного поля (напряженность, частота), а также электрофизическими свойствами материала (диэлектрическая проницаемость, проводимость, фактор потерь). В совокупности эти факторы определяют скорость и конечную температуру СВЧ-нагрева. Следует учитывать также и условия теплообмена на поверхности продукта. Если установить влияние скорости и

конечной температуры СВЧ-нагрева на конечный результат, то, в принципе, можно «забыть» о физической природе самого нагрева и учитывать лишь результат – скорость изменения температуры продукта и конечную температуру его нагрева. В таком случае управление технологическим процессом предпосевной СВЧ-обработки семян можно осуществлять, контролируя кинетику нагрева и управляя временем и удельной мощностью СВЧ-воздействия.

Ниже представлены результаты проведенных в Белгородском ГАУ экспериментальных исследований по предпосевной СВЧ-обработки семян люпина.

Обработка семян проводилась в соответствии с планом Коно для 2-факторного эксперимента на установке непрерывного излучения с СВЧ-мощностью 0,5 кВт и частотой излучения 2450 ± 50 МГц. Интервал варьирования воздействующих факторов составлял: по удельной мощности СВЧ-воздействия от 0,83 до 1,17 кВт/кг, а по времени воздействия – от 40 до 60 с. После обработки исследовалась всхожесть семян (%).

Исследования проводились в два этапа. Вначале изучалось влияние удельной мощности СВЧ-воздействия и экспозиции СВЧ-облучения. Далее исследовалось влияние скорости и конечной температуры СВЧ-нагрева. Функцией отклика служила всхожесть семян.

Регрессионное уравнение влияния удельной мощности СВЧ-воздействия (X_1) и времени воздействия (X_2) на всхожесть семян люпина (Y) в кодированных переменных имеет вид:

$$Y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_{12}X_1X_2 + B_{11}X_{12} + B_{22}X_{22}, \qquad (1)$$

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

На основе анализа уравнения регрессии установлено, что 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).

Для оценки влияния скорости и конечной температуры СВЧ-нагрева была проведена дополнительная обработка экспериментальных данных. Интервал варьирования воздействующих факторов по конечной температуре СВЧ-нагрева составлял от 34°С до 54°С, а по скорости СВЧ-нагрева – от 0,34^{o}С/с до 0,59^{o}С/с. Кон-

тролируемым параметром эффективности обработки также служила всхожесть семян (%).

Регрессионное уравнение влияния конечной температуры СВЧ-нагрева (X_3) и скорости СВЧ-нагрева (X_4) на всхожесть семян люпина (Y) в натуральных переменных имеет вид:

$$Y = C_0 + C_1X_3 + C_2X_4 + C_{12}X_3X_4, \quad (2)$$

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

Анализ результатов показал, что между скоростью и конечной температурой СВЧ-нагрева имеется определенная связь. Согласно полученным результатам с увеличением скорости СВЧ-нагрева от 0,34°С/с до 0,59°С/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).

Литература

1. Вендин, С.В. СВЧ-дезинсекция семян бобовых [Текст]: автореф. дис. … канд. техн. наук / С.В. Вендин. – М.: МИИСП им. В.П. Горячкина, 1990.

2. Бородин, И.Ф. Изменение всхожести семян зерновых культур под влиянием СВЧ-обработки [Текст] / И.Ф. Бородин, С.В. Вендин, А.Д. Горин // Российская сельскохозяйственная наука. – 1993. – № 2. – С. 92.

3. Вендин, С.В. Интегральная оценка температурного действия на семена [Текст] / С.В. Вендин // Техника в сельском хозяйстве. – 1995. – № 3. – С. 31.

4. Вендин, С.В. Электромагнитная обработка семян [Текст] / С.В. Вендин // Сельский механизатор. – 2014. – № 12. – С. 32–33.

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

6. Вендин, С.В. К расчету напряженностей электромагнитного поля при СВЧ-обработке диэлектрических плоскослоистых объектов [Текст] / С.В. Вендин, П.А. Трубаев // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2013. – № 6. – С. 215–218.

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

УДК 621.311.24

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ УСТРОЙСТВ НА БАЗЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ

д.т.н С.В. Вендин, С.В. Соловьев
(ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия)

Ключевые слова: альтернативные источники, энергоэффективность, оптимизация.

Предложено внедрять автоматическую систему диспетчерского управления, что позволит оперативно получать показатели по выработке электроэнергии каждым из источников и принимать решения по оптимизации их работы.

WAYS OF INCREASING ENERGY EFFICIENCY OF DEVICES ON THE BASIS OF ALTERNATIVE SOURCES

Doctor of Technical Sciences S.V. Vendin, S.V. Solovev
(FSBEI HE Belgorod SAU, s. Maiskiy, Russia)

Key words: alternative sources, energy efficiency, optimization.

It is proposed to implement an automatic dispatch control system, which will promptly receive indicators for generating electricity from each source and make decisions to optimize their operation.

Потребители электроэнергии в первую очередь ценят надежность и стабильность электроснабжения. По этим причинам мало кто задумывается об альтернативной энергетике в нашем (умеренно-континентальном) климате. В цифрах эти причины выглядят так: продолжительность часов солнечного сияния составляет всего лишь 2300 часов в год, а среднегодовая скорость ветра – менее 5 км/ч [5]. Но все же есть положительные моменты, из-за которых можно задуматься о нетрадиционных источниках.

Во-первых, бытовые, альтернативные источники энергии не требуют обслуживающего персонала, поэтому их можно назвать полностью автономными, т.е. вложив деньги и купив 2 кВт ветроэнергетическую установку, можно экономить на электрической энергии, требуемой бойлером для нагрева воды, а солнечные батареи с аккумуляторами могут накопить энергии для освещения в вечернее время [7].

Во-вторых, в случае проживания в труднодоступных для электроснабжения районах это может даже стать спасением в связи с тем, что данные источники не требуют топлива [4].

В-третьих, все выглядит не так безнадежно, если использовать источники не разрозненно, а комбинировать их. Например, жаркие солнечные дни обычно безветренны, и наоборот, в пасмурную погоду скорость ветра может сильно подниматься, а это значит, что если одна альтернатива бесполезна, то есть другая, диаметрально ей противоположная [5].

В-четвертых, необходимо понимать то, что рано или поздно привычные для нас источники закончатся, такой источник энергии, как нефть, уже с 2005 года идет на убыль.

Оптимизируя энергозатраты, мы обязательно сталкиваемся с вопросом затрат на энергоэффективные материалы. Например, геликоллекторы изготавливают из меди, т.е. металлов с низкой теплоемкостью, но на данный момент лучшего варианта для массового использования нет, конечно, их можно заменить сплавами или металлами с более низкой теплоемкостью и пожертвовать доступностью. Аналогичная ситуация и с солнечными батареями, самые распространенные и доступные – это солнечные батареи на основе кремния с КПД порядка 10–25%, однако в лабораторных условиях уже успешно достигнуты показатели почти в 45%, но использовался здесь уже не кремниевый (однослойный), а трехслойный фотоэлемент (индиево-галий-арсенидный) [2, 3]. Улучшение экстенсивным методом приведет только к удорожанию и еще меньшему спросу, так как будет в два, а то и в три раза дешевле заплатить энергокомпании, чем устанавливать тот же ветрогенератор.

Как по-другому можно повысить эффективность? К примеру, солнечные батареи снижают эффективность своей работы, если вынуждены работать в режиме перегрева, для устранения этого используют водяное охлаждение. Также про солнечные батареи справедливо следующее: в случае затемнения модуля он не только перестает вырабатывать ЭЭ, но и начинает воздействовать на систему как паразитная нагрузка [1]. Решение проблемы заключается в следующем: подключать все модули по байпасу. ВЭУ, для большей эффективности, можно снабжать системой ориентирования против направления ветра.

Выводы

В итоге можно сказать, что оптимизировать работу устройств альтернативной энергетики можно, внедряя автоматическую систе-

му диспетчерского управления, что позволит оперативно снимать показатели по выработке электроэнергии каждым из источников.

Литература

1. Андреев, В.М. Фотоэлектрическое преобразование концентрированного солнечного излучения [Текст] / В.М. Андреев, В.А. Грилехес, В.Д. Румянцев. – Л.: Наука, 1989. – 310 с.

2. Андреев, В.М. Фотоэлектрическое преобразование солнечной энергии [Текст] / В.М. Андреев // Соросовский образовательный журнал. – 1996. – № 7. – С. 93–98.

3. Валов, М.И. Системы солнечного теплоснабжения [Текст] / М.И. Валов. – М.: Изд-во МЭИ, 1991.

4. Безруких, П.П. Что может дать энергия. Ответы на 33 вопроса [Текст] / П.П. Безруких, П.П. Безруких (мл.). – М.: НИЦ «Инженер», 1998. – 47 с.

5. Каргиев, В.М. Ветроэнергетика. Руководство по применению электроустановок малой и средней мощности [Текст] / В.М. Каргиев, С.Н. Мартиросов, В.П. Муругов, А.Б. Пинов, А.К. Сокольский, В.П. Харитонов. – М.: Изд-во «Интерсоларцентр», 2001. – 62 с.

6. ГОСТ Р 51237-98. Нетрадиционная энергетика. Ветроэнергетика. Термины и определения. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1999.

7. ГОСТ Р 51997-2002. Нетрадиционная энергетика. Ветроэнергетика.

УДК 621.311.24

К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕТРО-СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Н.С. Капустин, д.т.н. С.В. Вендин
(ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия)

Ключевые слова: энергия, электростанция, альтернативный источник энергии.

В статье рассмотрены вопросы применения ветро-солнечных электростанций. Одним из путей повышения эффективности их

использования является создание зарядного устройства для обеспечения заряда аккумуляторов обоих электростанций в зависимости от состояния погодных условий.

TO THE QUESTION OF INCREASING THE EFFICIENCY OF USING WIND-SOLAR POWER STATIONS

N.S. Kapustin, Doctor of Technical Sciences S.V. Vendin
(FSBEI HE Belgorod SAU, s. Maiskiy, Russia)

Key words: energy, power station, alternative energy source.

The article discusses the application of wind-solar power plants. One way to increase the efficiency of their use is to create a charging device to ensure the charge of the batteries of both power plants, depending on the weather conditions.

В настоящее время все более актуальным становится вопрос об использовании альтернативных источников энергии. Огромный плюс этих источников в том, что они возобновляемые. Имеющиеся расходы производятся только на их переработку и эффективное использование, а не на добычу, как, например, нефти или газа. Современные исследователи останавливают свое внимание на исследовании таких возобновляемых источниках энергии, как ветер, солнце, а также набирает популярность энергия биомассы. Из альтернативных источников энергии энергия солнца и ветра, на наш взгляд, требует всестороннего изучения и применения их в любой отрасли, например сельском хозяйстве. Следует отметить, что в России этим вопросам уделяется значительно меньше внимания по сравнению со странами Европы, где на развитие альтернативных источников энергии направляются огромные деньги. Конечно, надо реально оценивать ситуацию и понимать, что в ближайшем будущем как ветряная, так и солнечная энергетика не составят должной конкуренции таким источникам энергии, как газ, или, например, уголь. Однако технологии не стоят на месте, и если сегодня речь не идет о том, чтобы применять альтернативные источники энергии в промышленности, то в быту и на отдельных участках применение таких источников вполне целесообразно.

Если говорить о перспективе использования солнечной энергии, то она в большинстве случаев зависит от того, насколько

при расчетах перспективных проектов были учтены закономерности и достоверные координаты о приходе солнечной радиации в место, где предполагается эксплуатировать солнечную электростанцию [1]. Следует заметить, что использование солнечной энергии является незатратным способом обеспечения населения электричеством. Данный вид энергии используется на открытых пространствах (например, крыша жилого дома или поле), т.е. в тех местах, где солнце прямо без каких-либо преград отдает свою энергию. Солнечные электростанции есть и в России: Крым, Орск, Республика Хакасия (Абакан). Инновационная составляющая использования солнечной энергии в России велика. Так, например, мощную электростанцию солнечной энергетики будут запускать в Якутии. С этой целью создаются особые солнечные модули для пасмурной погоды. Кроме того, следует отметить, что транспорт (автобусы, поезда, автомобили) вполне может использовать энергию солнца.

Наряду с солнечным ресурсом в отдельных климатических зонах весьма перспективно использовать энергию ветра. Ветрогенераторы сегодня получают все большее развитие. Технологии, основанные на использовании данного вида энергии, также не стоят на месте. Промышленностью выпускаются различные типы ветроэлектрических установок, проводятся работы по созданию безопасных турбин и установок, которые поглощают шум и вибрации, исходящие от ветряков и т.д. [2].

Но, рассматривая перспективу использования энергии солнца и ветра,необходимо учитывать нестабильность погодных условий. Проблемы возникают в зимний период для солнечных электростанций, а также в зонах со слабыми ветрами для ветроэлектрических установок. В обоих случаях поступление первичной энергии требует снабжения установок аккумуляторами энергии, выбор которых напрямую оказывает влияние на технико-экономические показатели установки в целом [3].

Поэтому для более эффективной работы альтернативных источников энергии, на наш взгляд, целесообразно объединить солнечную и ветряную энергию воедино – использовать гибридные ветро-солнечные электростанции. Ветро-солнечная электростанция позволяет осуществлять более эффективный расход энергии, при этом достигается некоторая взаимозаменяемость различных источников энергии: когда на улице пасмурно энергосистема ак-

тивно будет заряжаться от ветрогенератора и, напротив, если на улице тихая солнечная погода, то энергосистема будет заряжаться от солнечной электростанции. При этом если в каждой электростанции использовать собственную систему аккумуляторов, то фактически увеличивается общая мощность энергоустановки. Проблема состоит в разработке эффективного зарядного устройства для обеспечения заряда аккумуляторов обоих электростанций в зависимости от состояния погодных условий.

В заключение отметим, что несмотря на определенные достоинства и проблемы, связанные с альтернативной энергетикой, развитие солнечной и ветровой энергетики является актуальной задачей. Весьма перспективным является направление использования комплексных электростанций, включающих ветрогенератор и солнечные панели. Однако проблема состоит в разработке эффективного зарядного устройства для обеспечения заряда аккумуляторов обоих электростанций в зависимости от состояния погодных условий.

Литература

1. Джумаев, А.Я. Анализ влияния температуры на рабочий режим фотоэлектрической солнечной станции [Текст] / А.Я. Джумаев // Технические науки – от теории к практике: сб. ст. по матер. XLVI междунар. науч.-практ. конф. – 2015. – № 5 (42). – С. 33–40.

2. Ветроэнергетика – преимущества и недостатки. – URL: https://altenergiya.ru/veter/energiya-vetra-plusy-i-minusy.html

3. Петренко, Ю.Н. Использование солнечной энергии для питания бытовых потребителей [Текст] / Ю.Н. Петренко, А.М. Трещ // Энергетика. – 2013. – № 1. – С. 40–46.

УДК 631.371:621.311.4

АНАЛИЗ НЕСИНУСОИДАЛЬНОСТИ И НЕСИММЕТРИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ 0,4–10 кВ

С.В. Килин, д.т.н. С.В. Вендин
(ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия)

Ключевые слова: качество электрической энергии, несимметрия, несинусоидальность, спектральный состав, гистограмма частот, закон распределения плотности вероятности.

В работе выполнен вероятностный анализ параметров качества электрической энергии, таких как несинусоидальность и несимметрия токов и напряжений в электрических сетях 0,4–10 кВ.

ANALYSIS OF NON-SINUSOIDAL AND UNBALANCE IN ELECTRICAL NETWORKS 0,4–0 KV

S.V. Kilin, Doctor of Technical Sciences S.V. Vendin
(FSBEI HE Belgorod SAU, s. Maiskiy, Russia)

Key words: power quality, unbalance, non-sinusoidal, spectral composition, frequency histogram, distribution law of the probability density.

In the probabilistic analysis of quality parameters of electrical energy such as non-sinusoidal and unbalanced currents and voltages in electric networks 0?4–10 kV

Качество электроснабжения – это способность энергосистемы обеспечивать надежное электроснабжение при заданных показателях напряжения и частоты, которые в РФ нормируются ГОСТ Р 32144-2013 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения». Качество электроэнергии (КЭ) характеризуется отклонением этих показателей (ПКЭ) от установленных норм. Нормируемые ГОСТ Р 32144-2013 [1] допустимые изменения ПКЭ гарантируют нормальное функционирование всех элементов электрической сети. Ухудшение ПКЭ приводит к росту потерь электроэнергии, снижению эффективности работы и сокращению срока службы электрооборудования, уменьшению надежности отдельных электроприемников и энергосистемы в целом, а также средств автоматики и связи. Поэтому выполнение требований стандарта в РФ носит обязательный характер.

Проблема качества электроэнергии в распределительных электрических сетях 0,4 кВ в РФ очень актуальна. Во всех промышленно развитых странах подключение мощных нелинейных нагрузок, искажающих форму кривых тока и напряжения электрической сети, допускается только при соблюдении требований по обеспечению качества электроэнергии и при наличии соответствующих корректирующих устройств. При этом суммарная мощность вновь вводимой нелинейной нагрузки не должна превышать 3–5% от мощности всей нагрузки энергокомпании [2]. Иная картина наблюдается в РФ, где

такие потребители подключаются достаточно хаотично. Выдача технических условий на присоединение в большинстве случаев носит чисто формальный вид в связи с отсутствием стандартных методик и массовых сертифицированных приборов, четко фиксирующих виновника ухудшения КЭ. При этом промышленностью практически не выпускались необходимые фильтрокомпенсирующие, симметрирующие, многофункциональные оптимизирующие устройства и др. В итоге электрические сети России оказались перенасыщенными искажающим оборудованием [2].

Причинами искажения несимметрии могут являться несимметричные режимы в электрических сетях, возникающие по следующим причинам: неодинаковые нагрузки в различных фазах; неполнофазная работа линий или других элементов в сети; различные параметры линий в разных фазах. Наиболее часто несимметрия напряжений возникает из-за неравенства нагрузок фаз. В городских и сельских сетях 0,38 кВ несимметрия напряжений вызывается в основном подключением однофазных осветительных и бытовых электроприемников малой мощности.

В сетях высокого напряжения несимметрия вызывается, как правило, наличием мощных однофазных электроприемников, а в ряде случаев и трехфазных электроприемников с неодинаковым потреблением в фазах. К последним относятся дуговые сталеплавильные печи. Основные источники несимметрии в промышленных сетях 0,38–10 кВ – это однофазные термические установки, руднотермические печи, индукционные плавильные печи, печи сопротивления и различные нагревательные установки. Кроме того, к несимметричным электроприемникам относятся сварочные аппараты и тяговые подстанции электрифицированного на переменном токе железнодорожного транспорта. Неравенство параметров линий по фазам имеет место, например, при отсутствии транспозиции на линиях или удлиненных ее циклах. Наиболее эффективными являются методы устранения несимметрии, основанные на применении специальных симметрирующих устройств (СУ), которые позволяют устранить токи нулевой и обратной последовательности. Они позволяют снизить одновременность несимметрией токов (напряжений) и уровни высших гармоник.

Причины несинусоидальности напряжений и токов – наличие вентильных преобразовательных установок и электроприемников с нелинейной вольт-амперной характеристикой. Основное влияние оказывают вентильные преобразователи, которые в настоящее

время широко применяются в промышленности и на транспорте. Наиболее распространены вентильные преобразователи на полупроводниках (тиристорные преобразователи), мощность которых все время растет. В общем случае источники несинусоидальности оказываются включенными несимметрично, например, тяговые подстанции железных дорог, электрифицированные на переменном токе, а также дуговые сталеплавильные печи [3].

Ниже приведены результаты анализа состояния качества электроэнергии в плане несинусоидальности и несимметрии токов и напряжений в распределительных сетях 0,4 кВ. Анализ выполнен на примере распределительных сетей 0,4–10 кВ Белгородских электрических сетей, имеющих стандартный набор потребителей (коммунально-бытовая нагрузка, промышленная нагрузка, нагрузка тяговых подстанций электрического транспорта), следовательно, полученные результаты вероятностного исследования состояния качества электроэнергии будут справедливы для большинства распределительных сетей 0,4-10 кВ в целом.

Согласно [1] гармонические составляющие напряжения обусловлены, как правило, нелинейными нагрузками пользователей электрических сетей, подключаемыми к электрическим сетям различного напряжения. Гармонические токи, протекающие в электрических сетях, создают падения напряжений на полных сопротивлениях электрических сетей. Гармонические токи, полные сопротивления электрических сетей и, следовательно, напряжения гармонических составляющих в точках передачи электрической энергии, изменяются во времени.

Показателями КЭ, относящимися к гармоническим составляющим напряжения, являются:

– значения коэффициентов гармонических составляющих напряжения до 40-го порядка KU(n)% напряжения основной гармонической составляющей U1 в точке передачи электрической энергии;

– значение суммарного коэффициента гармонических составляющих напряжения (отношения среднеквадратического значения суммы всех гармонических составляющих до 40-го порядка к среднеквадратическому значению основной составляющей) KU(n), % в точке передачи электрической энергии.

Числовые характеристики рассматриваемых ПКЭ в сети 0,4 кВ, рассчитанные по данным замеров в пакете программ MATLAB, даны в таблице 1.

Таблица 1 – Числовые характеристики коэффициентов искажения синусоидальности кривой напряжения $К_U$ и несимметрии напряжений по обратной и нулевой последовательности $К_{2U}$ и $К_{0U}$ на шинах 0,4 кВ ТП–10(6)/0,4 кВ

Коэффициент	Миним. значение, %	Верхнее значение, %	Максим. значение, %	Мат. ожидание, %	Средне-квадр. отклонение, %
$К_U$	0,29	0,90 ÷ 5,54	1,02 ÷ 6,94	2,59	0,62
$К_{2U}$	0,01	0,45 ÷ 1,80	0,50 ÷ 5,30	1,17	0,12
$К_{0U}$	0,01	0,13 ÷ 7,17	0,22 ÷ 9,90	1,42	0,37

Анализ верхних и максимальных значений коэффициентов $К_U$, $К_{2U}$ и $К_{0U}$ показал, что в точках общего присоединения к сети 0,4 кВ (шины 0,4 кВ ТП–10(6)/0,4 кВ) требования ГОСТ Р 32144-2013 к качеству электроэнергии по коэффициенту искажения синусоидальности кривой напряжения KU соблюдаются, а в плане несимметрии напряжений могут как соблюдаться, так и нет. При этом чаще нарушаются требования ГОСТ к коэффициенту несимметрии напряжений по нулевой последовательности $К_{0U}$, реже по обратной $К_{2U}$.

Спектральный состав напряжения в распределительной сети 0,4 кВ от спектра гармоник в сети 10 кВ отличается наличием значительных 9 и 15 гармонических составляющих напряжения, кроме того, амплитуды высших гармоник в сети 0,4 кВ превышают амплитуды ВГ в сети 10 кВ, что приводит к нарушению требований ГОСТ Р 32144-2013 к качеству электрической энергии по коэффициенту n-ой гармонической составляющей напряжения.

Анализ спектрограмм напряжения в сети 0,4 кВ позволил выявить статистические характеристики верхних значений коэффициентов n-ой гармонической составляющей напряжения, расчеты выполнялись в программной среде MATLAB по данным замеров ПКЭ, результаты расчетов для гармоник с наибольшими амплитудами даны в таблице 2.

Таблица 2 – Вероятностные характеристики верхних значений $К_{U(n)}$ на шинах 0,4 кВ ТП–10(6)/0,4 кВ

Гармоническая составляющая	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21
$К_{U(n)\ в\ min}$, %	0,30	0,65	0,23	0,07	0,10	0,08	0,02	0,04	0,03	0,01
$К_{U(n)\ в\ ср}$, %	2,65	2,21	0,54	0,47	0,34	0,29	0,17	0,15	0,14	0,11
$К_{U(n)\ в\ max}$, %	4,31	4,12	1,25	1,90	0,63	0,63	0,42	0,30	0,40	0,21
σ ($К_{U(n)\ в}$), %	1,65	1,09	0,12	0,23	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,03

Обобщая результаты вероятностного анализа показателей качества электроэнергии в плане несинусоидальности и несимметрии напряжений в распределительной сети 0,4 кВ, необходимо отметить следующее:

1) коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения лежит в диапазоне от 0,29% до 6,94%;

2) коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности – от 0,01% до 5,30%;

3) коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности – от 0,01% до 9,90%;

4) закон распределения плотности вероятности K_U носит случайный невыявляемый характер в отличие от законов распределения плотности вероятности K_{2U} и K_{0U}, которые являются в основном нормальными;

5) разброс значений коэффициентов K_U, K_{2U} и K_{0U} между точками общего присоединения к сети 0,4 кВ очень велик, что обусловлено близостью источников искажений;

6) значительная несимметрия напряжений приводит к несимметрии высших гармоник;

7) наибольшими амплитудами в спектре напряжений обладают 3, 5, 9, 7, 11, 13, 15, 17, 19 и 21 гармоники (в порядке убывания);

8) качество электроэнергии по коэффициенту искажения синусоидальности кривой напряжения K_U в распределительных сетях 0,4 кВ соответствует требованиям ГОСТ Р 32144-2013, по коэффициенту некоторых n-ых гармонических составляющих напряжения не соответствует, по коэффициенту несимметрии напряжений по нулевой последовательности K_{0U} в основном не соответствует требованиям ГОСТ, а по коэффициенту несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2U} часто не соответствует.

Литература

1. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 32144-2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 июля 2013 г. № 400-ст.

2. Кудрин, Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий [Текст]: учебник для студентов высших учебных заведений / Б.И. Кудрин. – М.: Интермент Инжиниринг, 2006. – 2-е изд. – 276 с.: ил.

3. Виноградов, А.А. Анализ показателей качества электроэнергии в системах электроснабжения [Текст]: учеб. пособие / А.А. Виноградов, О.Г. Гриб, О.Н. Довгалюк и др. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. – 271 с.

УДК 636.085.55

К ПРОИЗВОДСТВУ КОМБИКОРМА

к.т.н. Н.В Коняев, А.С. Скворцов,
С.Н. Бурлаков, Ю.В. Назаренко
(ФГБОУ ВО Курская ГСХА, Курск, Россия)

Ключевые слова: комбикорм, дробилка, пускатель, дозатор.

Рассматривается технологическая схема производства комбикорма для небольших хозяйств. Приведена схема автоматического управления работой комбикормового цеха.

THE PRODUCTION OF ANIMAL FEED

Candidate of Technical Sciences N.V. Konyaev,
A.S. Skvortsov, S.N. Burlakov, Y.V. Nazarenko
(FSBEI HE Kursk SAA, Kursk, Russia)

Key words: feed, crusher, contactor, pump.

Discusses the technological scheme of production of feed for small farms. The scheme of automatic control of the feed mill plant.

В настоящее время реализуется целевая программа «Развитие АПК», в которой предусмотрено строительство животноводческих комплексов по производству мяса и молока. Для получения высоких удоев и привесов требуется качественное и сбалансированное кормление животных комбикормом. В настоящее время производители комбикормового оборудования предлагают различные линии и цеха. Учитывая сведения краткого обзора наиболее распространенных технологий получения комбикорма для небольших хозяйств, мы предлагаем свою оригинальную схему, которая представлена на рисунке 1. По нашему мнению, ее достоинствами является следующее: блокирование цеха со складом для хранения компонентов; возможность постепенной организации цеха с использованием имеющегося оборудования и закупкой недостающих машин. В качестве

измельчителя предлагаем использовать малоэнергоемкую дробилку компонентов, что удешевляет технологический процесс получения комбикорма [1, 2]. Для качественного дозирования применяем новый многокомпонентный дозатор [3, 4, 5].

Методика

При работе исходные компоненты 11 поочередно загружаются в секции бункера 3, затем включается предварительно настроенный многокомпонентный дозатор 4, подающий их в дробилку 5, после которой полученный комбикорм транспортером 7 направляется в норию 8 и распределяется транспортером 10 по бункерам для временного хранения 9 с последующей выдачей потребителям.

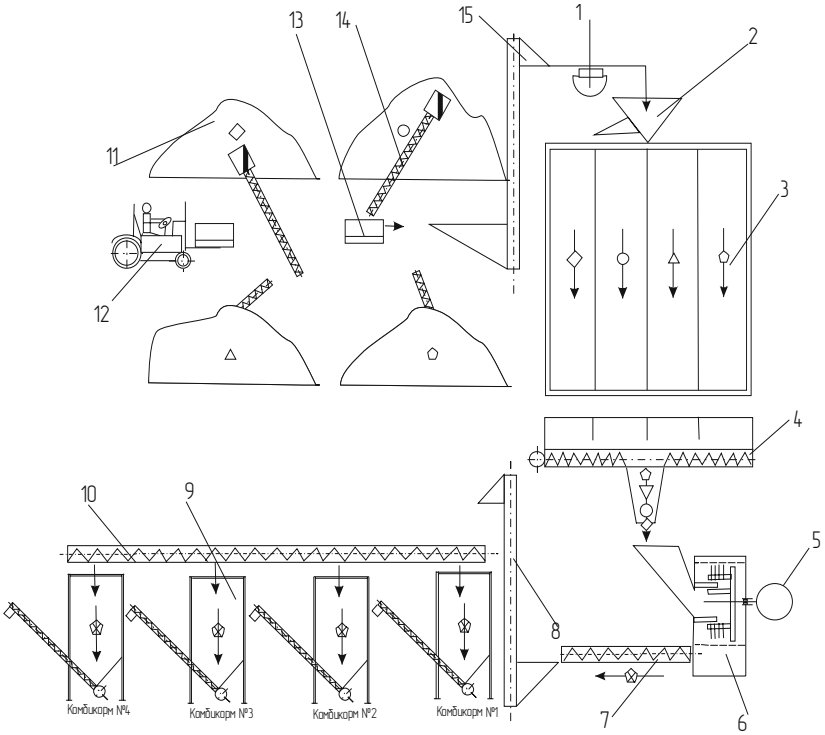


Рисунок 1 – Технологическая схема проектируемого цеха:
1 – магнитная колонка; 2 – направитель; 3 – бункер; 4 – дозатор;
5 – привод дробилки; 6 – дробилка; 7 – транспортер; 8 – нория;
9 – бункер; 10 – транспортер; 11 – бурт; 12 – штабелер; 13 – емкость;
14 – погрузчик; 15 – нория

Результаты

Для эффективной работы цеха предлагается автоматическая схема его работы (рисунок 2). В автоматическом режиме включаются магнитные пускатели КМ1 и КМ2, запускающие крышные вентиляторы. Зерно, поступая в питатель нории НЦГ-10, замыкает контакт SL1, замыкается цепь питания катушки магнитного пускателя КМ3, включается питатель и магнитная колонка БКМ-2 (происходит магнитная очистка зерна от металлических примесей), зерно загружается в бункер-накопитель, достигая верхнего уровня, срабатывает датчик верхнего уровня SL2, который отключает норию, замыкается контакт КМ3, который включает поворотный механизм направителя лотка загрузки. Включается реле времени КТ, контакт КТ замыкается, включая поворотный механизм, поворот осуществляется до конечного выключателя SQ2, который отключит поворотный механизм.

При последующем заполнении питателя и его отключении операция повторяется, поворотный механизм, включаясь, поворачивает лоток до конечного выключателя SQ3 и SQ4, для прохождения конечных выключателей SQ2 и SQ3 предусмотрено их шунтирование контактом реле времени. При включении SL5 (датчика верхнего уровня) включается реверс поворотного механизма и возврат лотка в исходное положение (отключается SQ1). При заполнении всех бункеров (срабатывают все датчики верхнего уровня SL2, SL3, SL4, SL5) срабатывает промежуточное реле K1, его контакты замыкаются и включают транспортер УШЧ-200. При изменении количества компонентов соответствующий контакт шунтируется кнопкой с фиксацией SB27, SB28, SB29, SB30.

Схема управления дробилкой обеспечивает последовательный пуск электродвигателей выгрузного транспортера УШЧ-200 (КМ7) и затем дробилки. Производительность дробилки регулируется автоматически в зависимости от силы тока, потребляемого электродвигателем М7, с помощью регулирующей заслонки, перемещаемой исполнительным механизмом М8 по команде автоматического регулятора загрузки (АРЗ). При значительных перегрузках двигателя и перерывах в электропитании электромагнитная муфта YC, соединяющая заслонку с ИМ, отключается контактом АРЗ, заслонка падает под действием собственного веса и подача зерна в дробильную камеру прекращается.

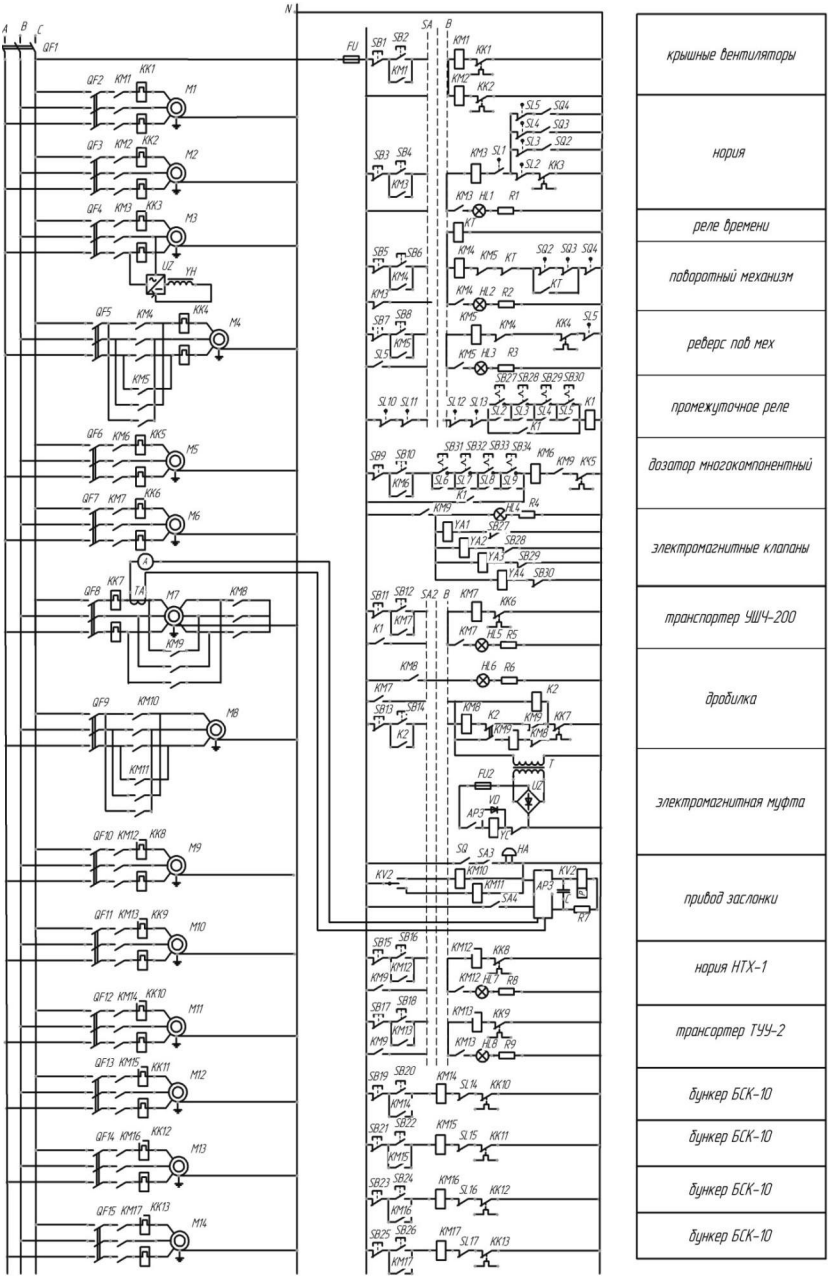


Рисунок 2 – Схема управления работой комбикормового цеха

Полное открытие заслонки, свидетельствующее о снижении загрузки дробилки, сигнализируется сиреной HA при замыкании конечного выключателя SQ. В цепи пускателя дозатора предусмотрена остановка при пустом бункере, за что отвечают датчики наличия зерна в бункере SL6, SL7, SL8, SL9, которые можно зашунтировать ключами SB31, SB32, SB33, SB34 для изменения количества компонентов. Дробилка запускает контактами магнитного пускателя норию НХТ-1 и транспортер ТУУ-2 загрузки бункеров БСК-10. При полном заполнении бункера БСК-10 срабатывает датчик верхнего уровня SL10-SL13, которые отключит промежуточное реле К1, контакты которого разомкнутся и отключат дозатор, а дозатор-дробилку.

В ручном режиме управление осуществляется кнопками «пуск и «стоп». После заполнения бункеров бункеры-питатели отключатся датчиками верхнего уровня SL2, SL3, SL4, SL5 или при пустом питателе датчиком SL1. Дробилка запускается кнопкой «пуск» SB14. Выгрузка бункеров БСК-25 осуществляется в ручном режиме с автоматическим отключением при пустом бункере с помощью датчика SL12 или SL13.

Выводы

Создание и обслуживание такой технологической линии не требует высокой квалификации обслуживающего персонала и дорогостоящего оборудования, что в свою очередь ведет к снижению себестоимости получаемого комбикорма.

Литература

1. Трубников, В.Н. Разработка двухстадийной дробилки зерна [Текст] / В.Н. Трубников, Н.В. Коняев, Б.С. Блинков, М.В. Журавлев // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2016. – № 1 (67). – С. 21–24.

2. Трубников, В.Н. К вопросу разработки двухстадийной дробилки зерна [Текст] / В.Н. Трубников, Н.В. Коняев, Б.С. Блинков // Инновационные направления развития технологий и технических средств механизации сельского хозяйства: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры сельскохозяйственных машин агроинженерного факультета Воронежского государственного университета имени императора Петра I. – Воронеж, 25 декабря 2015. – С. 52–55.

3. Сараев, И.Ф. Тарельчатый многокомпонентный дозатор [Текст] / И.Ф. Сараев, Н.В. Коняев // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – Т. 1. – № 1. – С. 119–122.

4. Сараев, И.Ф. К вопросу о разработке многокомпонентного дозатора [Текст] / И.Ф. Сараев, Н.В. Коняев // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2010. – Т. 3. – № 3. – С. 77–79.

5. Комбикормовый агрегат: пат. на изобретение № 2425597 РФ, МПК A23N 17/00 (2006.01) B02C 18/00 (2006.01) / И.Ф. Сараев, Н.В. Коняев, Ю.В. Назаренко. – № 2010108292/13; заявл. 05.03.2010; опубл. 10.08.2011, Бюл. № 22, Приоритет 05.03.2013. – 3 с.

УДК 669

МОДЕРНИЗАЦИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

к.т.н. Н.В. Коняев, Б.С. Блинков, С.И. Жданов, Р.В. Степашов
(ФГБОУ ВО Курская ГСХА, Курск, Россия)

Ключевые слова: электролит, железненение, катод, источник питания.

Рассматривается конструкция гальванической установки, предназначенная для восстановления посадочных мест в крупногабаритных корпусных деталях.

MODERNIZATION OF GALVANIC PLANTS

Candidate of Technical Sciences N.V. Konyaev,
B.S. Blinkov, S.I. Zhdanov, R.V. Stepashov
(FSBEI HE Kursk SAA, Kursk, Russia)

Key words: electrolyte, zheleznenie, cathode, power supply.

Considers the design of galvanic installations for the recovery of seats in large parts.

Наиболее простым и доступным процессом восстановления и упрочнения изношенных поверхностей деталей машин является процесс нанесения электролитических покрытий. В ремонтном производстве широко применяется технология осаждения метал-

лов из электролитов на основе солей железа. К таким электролитам относятся хлоридные и сернокислые электролиты. Придание железным осадкам необходимых физико-механических свойств на ремонтных предприятиях осуществляется чаще всего путем изменения температуры, концентрации раствора или введением различных легирующих компонентов [1, 2, 3].

Методика

Особенно большой интерес представляет восстановление крупногабаритных корпусных деталей. Затраты на восстановление посадочных мест в крупногабаритных корпусных деталях будут значительно дешевле, чем затраты на приобретение новых, особенно если это касается дорогостоящей импортной сельскохозяйственной техники.

Для ремонтных предприятий предлагается применить модернизированную гальваническую установку, общий вид и разрез которой показан на рисунке 1. Установка состоит из нижнего напорного бака 1, сообщенного с верхним накопительным баком 2 перепускным клапаном 3. Оба бака емкостью по 180 л. На верхнем баке установлено устройство для железнения 4, которое состоит из рамы 5, сваренной из угловой стали, на которой расположено два рабочих стола 6 аналогичной конструкции. Рабочий стол состоит из уплотняющего устройства из губчатой резины 7 по форме установочного места корпусной детали и нескольких металлических анодов цилиндрической формы 8. Между анодами 8 и уплотнителем 7 располагаются отверстия для подачи и слива электролита 9, расход через каждое отверстие можно регулировать кранами 10. Электролит к устройству подается из нижнего напорного бака 1 принудительно через воздуховод 11 при помощи сжатого воздуха под давлением 0,2 МПа, который подается в бак из воздушной магистрали. Уровень электролита в нижнем баке контролируется блоком контроля уровня электролита.

Результаты

Для осуществления процесса восстановления нужно поставить корпусную деталь на рабочий стол 6 так, чтобы аноды были в центре отверстий. Отрегулировать краниками 10 расход электролита так, чтобы при циркуляции электролит заполнил все восстанавливаемое место крупногабаритной корпусной детали. К корпусу детали подключить отрицательный полюс источника тока, к аноду – по-

ложительный. Затем включаем источник питания и ведем процесс электроосаждения, т.е. восстанавливаем необходимое посадочное место крупногабаритной корпусной детали. В качестве источника тока используем устройство получения переменного асимметричного тока, благодаря которому ускорится процесс электроосаждения и увеличится сцепляемость покрытия с основой. Изменяя параметры плотности тока можно получать покрытия, различные по физико-механическим свойствам [4, 5].

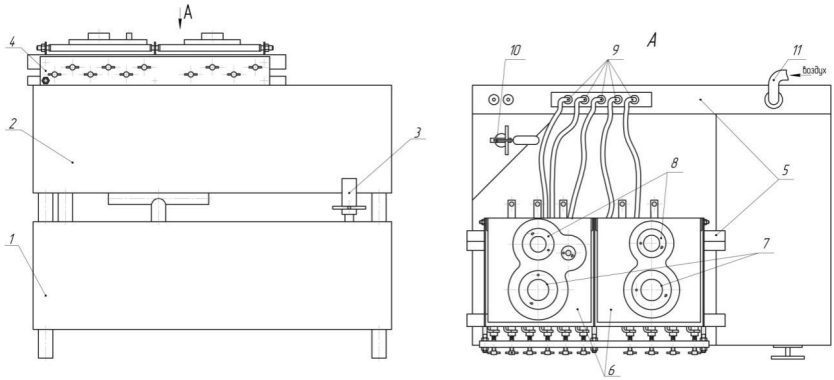


Рисунок 1 – Установка для восстановления посадочных мест крупногабаритных корпусных деталей

Выводы

Применение данной установки позволит восстанавливать крупногабаритные корпусные детали посредством циркуляции электролита из нижнего напорного бака на непосредственно восстанавливаемое место корпусной детали.

Литература

1. Коняев, Н.В. Электроосаждение железо-вольфрамового сплава [Текст] / Н.В. Коняев, Р.В. Степашов, Б.С. Блинков, Ю.В. Назаренко // Региональный вестник. – 2016. – № 4 (5). – С. 18–19.

2. Коняев, Н.В. Электроосаждение железо-фосфорных покрытий [Текст] / Н.В. Коняев, Б.С. Блинков, О.Н. Гукова // Актуальные вопросы инновационного развития агропромышленного комплекса: материалы международной научно-практической конференции. – Курск, 28–29 января 2016. – С. 184–188.

3. Коняев, Н.В. Применение электролитического железо-фосфорного сплава в ремонтном производстве [Текст] / Н.В. Коняев,

Д.И. Руднев, Б.С. Блинков и др. // Оптимизация электротехнологий в АПК: материалы международной научно-практической конференции. – Ярославль, 2–3 ноября 2016. – С. 24–28.

4. Коняев, Н.В. Обоснование выбора источника тока для железнения [Текст] / Н.В. Коняев, А.И. Попов // Инновационная деятельность в модернизации АПК: материалы международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Курск, 7–9 декабря 2016. – С. 321–323.

5. Желдаков, А.А. Сцепляемость электролитических покрытий [Текст] / А.А. Желдаков, Н.В. Коняев // Актуальные проблемы и инновационная деятельность в агропромышленном производстве: материалы международной научно-практической конференции. – Курск, 28–29 января 2015. – С. 225–226.

УДК 631.171

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НАВОЗОУБОРОЧНОГО ШНЕКОВОГО ТРАНСПОРТЕРА

к.т.н. Н.В. Коняев, С.И. Жданов, Б.С. Блинков, Ю.В. Назаренко
(ФГБОУ ВО Курская ГСХА, Курск, Россия)

Ключевые слова: навоз, шнек, полумуфта, транспортер.

Рассматривается шнековое оборудование для уборки и удаления навоза. Предложено решение для повышения надежности и осуществления контроля над техническим состоянием транспортера во время его работы.

IMPROVING NOVOSOBORNAYA SCREW CONVEYOR

Candidate of Technical Sciences N.V. Konyaev,
S.I. Zhdanov, B.S. Blinkov, Y.V. Nazarenko
(FSBEI HE Kursk SAA, Kursk, Russia)

Key words: manure, an auger, coupling, conveyor.

Seen screw equipment for cleaning and removal of manure. The proposed solution to improve the reliability and monitoring of the technical condition of the conveyor during its operation.

Государственной целевой подпрограммой «Развитие производства молока и молочной продукции на 2015–2020 годы» преду-

сматривается достичь самообеспечение молоком – 78%, среднюю продуктивность животных – 6,5 тыс. кг, производство товарного молока – 23,6 млн т. Для достижения таких показателей необходимы модернизация существующих технологий и оборудования и применение автоматического управления.

В настоящее время уже есть предложения по автоматизации и модернизации оборудования, применяемого в поении животных [1, 2], обогреве молодняка [3, 4], системах освещения [5, 6].

Одним из наиболее трудоемких и «грязных» технологических процессов в животноводстве является уборка и удаление навоза из помещений. На данный момент самыми распространенными техническими средствами уборки навоза для помещений с привязным содержанием животных являются цепочно-скребковые и шнековые транспортеры. В последнее время наибольшее распространение в хозяйствах получила шнековая система уборки навоза на базе оборудования КОШ-Ф-200. Поскольку шнековый транспортер работает периодически с большими перерывами по времени между включениями (обычно уборка происходит два, три раза в сутки), то в некоторых случаях, при большом скоплении навоза в канале, при включении привода возможен выход из строя его электродвигателя и даже механические повреждения витков шнека, что к конечном итоге приводит к нарушению процесса уборки навоза довольно на длительное время.

Методика

На базовом варианте оборудования для предупреждения повреждения витков шнека и привода при работе транспортера на цапфе ведущей секции установлены звездочка с возможностью свободного вращения и посаженное на шпонку водило, соединенные между собой предохранительной шпилькой. Однако данное устройство не дает информации о техническом состоянии транспортера во время его работы, т.е. после среза предохранительной шпильки привод транспортера продолжает работать вхолостую, о чем оператор не получает информации.

Для повышения надежности и осуществления контроля за техническим состоянием навозоуборочного транспортера во время его работы предлагается на цапфе узла ведомой звездочки ведущей секции установить кулачковую предохранительную муфту [6].

Результаты

Схематично общий вид модернизированного навозоуборочного транспортера показан на рисунке 1, а на изображении А представлен узел, поясняющий взаимодействие его деталей. При работе крутящий момент мотор-редуктора 6 цепной передачей 5 последовательно передается звездочкой ведущей части полумуфты 7 на ведомую 9, а через шпонку 13 цапфе 8 ведущей секции 1 шнекового транспортера.

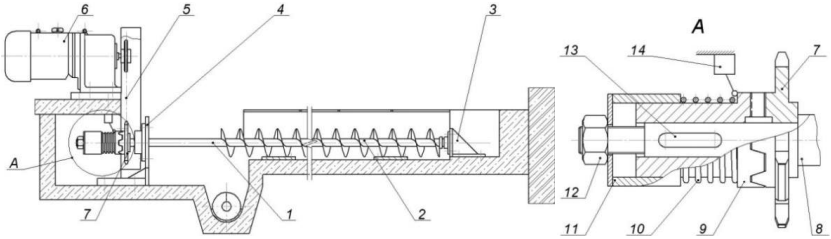


Рисунок 1 – Схема модернизированного шнекового транспортера:
1 – ведущая секция; 2 – промежуточная секция; 3 – задняя опора;
4 – передняя опора; 5 – цепная передача; 6 – мотор-редуктор;
7, 9 – полумуфта; 8 – цапфа; 10 – пружина; 11 – стакан; 12 – гайка;
13 – шпонка; 14 – микровыключатель

При критической нагрузке на транспортер кулачки полумуфт 7 и 9 проскальзывают, исключая передачу крутящего момента на ведущую секцию 1, предохраняя выход из строя мотор-редуктора 6 и механические повреждения секций 2 шнека и периодически воздействуя на микровыключатель 14, включая систему звукового оповещения оператора. Максимально автоматизировать процесс уборки и удаления навоза можно, применив разработанную электрическую схему, показанную на рисунке 2.

После того как навоз будет убран в технологические каналы, в автоматическом режиме трактор с самосвальным прицепом подъезжает к месту загрузки и прицепом замыкает конечные выключатели SQ1 и SQ2, происходит включение установки КОШ-Ф-200, магнитный пускатель КМ1 своими контактами запускает выгрузной шнек, а вторым контактом КМ1 включает магнитный пускатель КМ2, запускающий поперечный сборный шнековый транспортер.

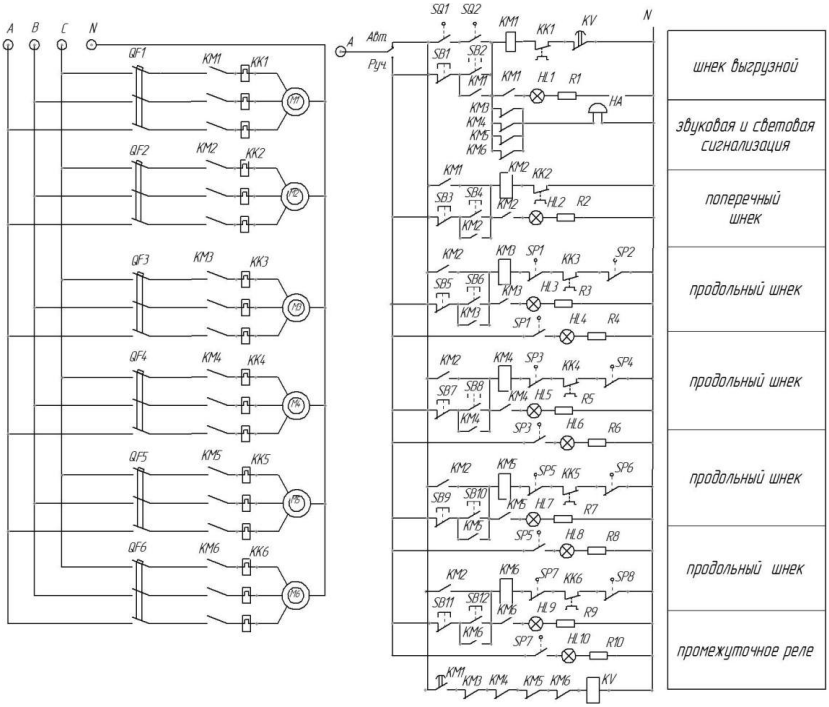


Рисунок 2 – Электрическая схема управления работой КОШ-Ф-200

После запуска поперечного транспортера происходит последовательное включение продольных шнековых транспортеров. Когда навоз из помещения убран и на датчики SP1, SP3, SP5, SP7 не оказывается давление, он отключается (с запозданием на 30 секунд), в результате чего происходит отключение продольных транспортеров. При отключении продольных транспортеров магнитные пускатели КМ3–КМ6 замыкают свои постоянно замкнутые контакты, включая реле KV, которое контактом KV отключает магнитный пускатель КМ1, наклонный и горизонтальный транспортеры отключатся. В схеме предусмотрено отключение продольных шнековых транспортеров при их заклинивании или превышении нагрузки, кулачковая муфта сдвигается, сжимая пружину, и срабатывают микровыключатели SP2, SP4, SP6, SP8. В схеме предусмотрено также и ручное управление, когда все установки включатся отдельно, он нужен при возникновении каких-либо поломок в каком-либо звене поточной линии или наладке линии. Сигнальные лампы HL1–HL10 указывают на работу соответствующих машин.

Выводы

Применение данной модернизации будет способствовать повышению надежности работы транспортера по уборке навоза, а также осуществлению контроля над техническим состоянием транспортера во время его работы.

Литература

1. Коняев, Н.В. Модернизированная система поения животных [Текст] / Н.В. Коняев, Ю.В. Назаренко // Электрика. – 2015. – № 9. – С. 37–40.

2. Коняев, Н.В. Совершенствование системы поения животных [Текст] / Н.В. Коняев, Ю.В. Назаренко, А.С. Кошелев и др. // Региональный вестник. – 2017. – № 1 (6). – С. 10–12.

3. Коняев, Н.В. Модернизированная система обогрева [Текст] / Н.В. Коняев, Ю.В. Назаренко // Электрика. – 2015. – № 9. – С. 33–36.

4. Коняев, Н.В. Модернизация электротехнологических инфракрасных установок для местного обогрева [Текст] / Н.В. Коняев, Ю.В. Назаренко, Б.С. Блинков и др. // Современные тенденции развития технологий и технических средств в сельском хозяйстве: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию А.П. Тарасенко, доктора технических наук, заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора кафедры сельскохозяйственных машин Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I. – Воронеж, 10 января 2017. – С. 62–69.

5. Коняев, Н.В. Энергосбережение в системе освещения животноводческих помещений [Текст] / Н.В. Коняев, Д.В. Соин, Б.С. Блинков и др. // Оптимизация электротехнологий в АПК: материалы международной научно-практической конференции. – Ярославль, 2–3 ноября 2016. – С. 33–37.

6. Коняева, Н.И. Универсальная осветительная установка [Текст] / Н.И. Коняева, Н.В. Коняев // Аграрная наука – сельскому хозяйству: материалы всероссийской научно-практической конференции. – Курск, 27–28 января 2009. – С. 70–72.

7. Навозоуборочный шнековый транспортер: пат. на полезную модель № 162767 РФ, МПК A01K 1/01 (2006.01) / Н.В. Коняев, И.Ф. Сараев, В.Н. Трубников и др. – № 2015155769/13; заявл. 24.12.15; опубл. 27.06.2016, Бюл. № 18, Приоритет 24.12.2015. – 3 с.

УДК 628.9: 636.5

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ СИСТЕМА ОСВЕЩЕНИЯ ДЛЯ ПТИЧНИКА

к.т.н. Н.В. Коняев, А.С. Брехов, Б.С. Блинков, Ю.В. Назаренко
(ФГБОУ ВО Курская ГСХА, Курск, Россия)

Ключевые слова: кривая силы света, освещение, светодиод, светильник.

Рассматривается применение энергосберегающей системы освещения для птичников напольного содержания на базе светодиодных осветительных установок. Приведена конструкция светильника, обеспечивающая получение различных форм светораспределения.

ENERGY SAVING LIGHTING SYSTEM FOR POULTRY HOUSE

Candidate of Technical Sciences N.V. Konyaev,
A.S. Brekhov, B.S. Blinkov, Y.V. Nazarenko
(FSBEI HE Kursk SAA, Kursk, Russia)

Key words: luminous intensity curve, lighting, led, lamp.

Discusses the use of energy-efficient lighting system for poultry houses floor led lighting systems. Given the design of the lamp, providing the various forms of light distribution.

Особенностью использования электрического освещения в животноводческих помещениях является то, что нормы освещенности могут меняться в зависимости от половозрастного состава животных.

Для помещений с напольным содержанием птицы существенным является равномерность освещения во всех местах помещения, где находится птица. Кроме того, с возрастом птицы освещенность должна снижаться и в то же время должна сохраняться равномерность освещения. Известно, что для молодняка птицы в начальный период выращивания требуется более высокая освещенность (не менее 20 лк), чем в дальнейшем, чтобы птенцы могли легко найти воду и корм, освоиться с местом размещения. Через некоторое время птица привыкает к размещению кормушек и поилок и может ориентироваться при меньшем уровне освещенности. По-

этому освещенность может быть снижена до 5-10 лк. Более низкая освещенность в этот период способствует спокойному поведению птицы и снижению уровня каннибализма.

Методика

Современные светильники имеют определенную кривую силы света (распределенный световой поток в пространстве в определенном направлении). Выпускаемые светильники, оснащенные люминесцентными лампами, лампами типа ДРЛ и ДНаТ, имеют кривые силы света типа Д и М.

При классической системе освещения изменить уровень освещенности можно путем отключения группы или рядов светильников. Такой способ регулирования освещенности не дает равномерного светового потока на поверхности (будут наблюдаться светлые и темные пятна). Известно, что в комбинации со стробоскопическим эффектом от люминесцентных ламп сильная освещенность может привести к тому, что птица будет избегать участков непосредственно под лампами, используя их только для испражнения. Особенно это опасно в холодное время года, когда в помещении высокая влажность и пониженные температуры, поэтому участки с накопившимся пометом могут послужить источником выделения аммиака. Птица будет концентрироваться в наиболее приемлемых местах, лучшие места занимают сильные особи, а слабые постепенно угнетаются и погибают.

Подобные проблемы пытались уже решать для животноводческих помещений, где применялись светодиодные светильники с несимметричным светораспределением, т.к. в одном и том же помещении требовались зоны с различными нормами освещенности [1, 2]. В птичниках с клеточным размещением птицы решалась проблема одинаковой освещенности на различных уровнях клеточных батарей применением направленных вертикальных светодиодных светильников [3, 4, 5].

Результаты

В нашем случае предлагается применить осветительную систему на базе универсального светодиодного светильника, конструкция которого показана на рисунке 1. Для создания универсального светового прибора взята идея из [6, 7]. Предлагается использовать линейный светильник типа ЛСП, состоящий из корпуса 1, защит-

ного плафона 6, подвижных осветительных панелей 2, на которых закреплены монтажные платы 3 со светодиодами 7. Подвижные осветительные панели соединены с помощью шарнирного устройства 5, а их изменение положения достигается регулировочным устройством 4.

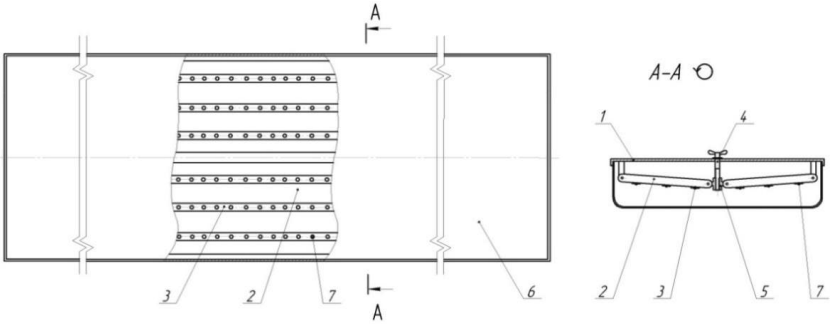


Рисунок 1 – Общий вид конструкции светильника:
1 – корпуса; 2 – подвижные осветительные панели; 3 – монтажная плата;
4 – регулировочное устройство; 5 – шарнирный соединитель;
6 – плафон; 7 – светодиод

На рисунке 2 показана технологическая схема работы такой системы при разных углах положения осветительных панелей.

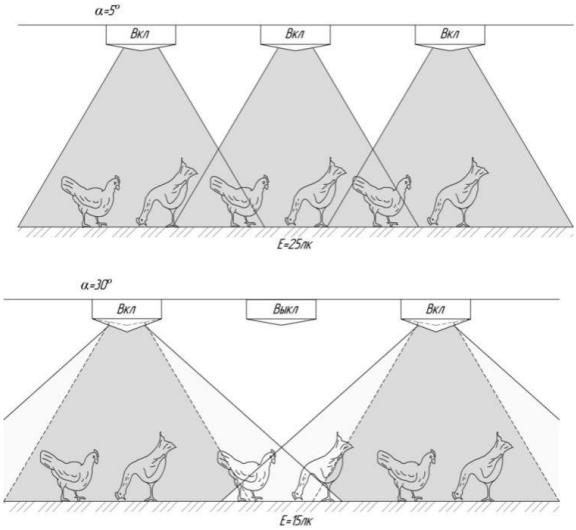


Рисунок 2 – Технологическая схема работы светильников

Достичь равномерного освещения поверхности нужной интенсивности можно, если изменять угол поворота осветительных панелей и отключать светильники через один или даже группами. При изменении угла поворота осветительных панелей 2 освещенность уменьшается, а площадь освещаемой поверхности соответственно увеличивается и происходит перекрытие неосвещенной площади под выключенными светильниками.

Выводы

Очевидно, что на одном и том же светильнике можно реализовать несколько основных кривых сил света: Д-косинусную, М-равномерную, Ш-широкую, Л-полуширокую. Это может быть полезно в тех случаях, когда невозможно регулировать освещенность изменением высоты подвеса светильников и их взаимным расположением.

Литература

1. Коняев, Н.В. Модернизация систем освещения животноводческих помещений [Текст] / Н.В. Коняев, Р.С. Новиков, Н.С. Половинкина и др. // Актуальные вопросы инновационного развития агропромышленного комплекса: материалы международной научно-практической конференции. – Курск, 28-29 января 2016. – С. 211–215.

2. Коняев, Н.В. Универсальная осветительная установка [Текст] / Н.В. Коняев, С.С. Внуков // Актуальные проблемы и инновационная деятельность в агропромышленном производстве: материалы международной научно-практической конференции. – Курск, 28–29 января 2015. – С. 49–50.

3. Коняев, Н.В. Современное освещение птичников [Текст] / Н.В. Коняев, Р.С. Новиков, Н.С. Половинкина // Актуальные вопросы инновационного развития агропромышленного комплекса: материалы международной научно-практической конференции. – Курск, 28–29 января 2016. – С. 224–228.

4. Коняев, Н.В. Система освещения для птичников [Текст] / Н.В. Коняев, П.Ю. Колкнев, Ю.В. Назаренко // Актуальные вопросы инновационного развития агропромышленного комплекса: материалы международной научно-практической конференции. – Курск, 28–29 января 2016. – С. 204–207.

5. Половинкина, Н.С. Новое в освещении птичников [Текст] / Н.С. Половинкина, Н.В. Коняев // Региональный вестник. – 2016. – № 1. – С. 39–40.

6. Новиков, Р.С. Универсальная система освещения в птичнике [Текст] / Р.С. Новиков, Н.В. Коняев // Региональный вестник. – 2016. – № 1. – С. 40–41.

7. Светодиодный осветительный прибор: пат. на полезную модель № 136925 РФ, МПК H01L 33/00 (2010.01) / Н.В. Коняев, Н.И. Коняева, Б.С. Блинков. – № 2013121124/28; заявл. 07.05.2013; опубл. 20.01.2014, Бюл. № 2, Приоритет 07.05.2013. – 3 с.

УДК 637.116.5

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ПУЛЬСАТОР

к.т.н. Н.В. Коняев, Ю.В. Назаренко, Е.С. Жданова, Б.С. Блинков
(ФГБОУ ВО Курская ГСХА, Курск, Россия)

Ключевые слова: камера, вакуум, коллектор, стакан, электромагнит.

Предложено решение для повышения надежности и постоянства работы доильного аппарата при применении пульсатора с электромагнитным клапаном.

ELECTROMAGNETIC PULSATOR

Candidate of Technical Sciences N.V. Konyaev, Y.V. Nazarenko, E.S. Zhdanova, B.S. Blinkov
(FSBEI HE Kursk SAA, Kursk, Russia)

Key words: camera, vacuum reservoir, glass, electromagnet.

The proposed solution to improve the reliability and consistency of operation of the milking machine in the application of the pulsator with electromagnetic valve.

Среднестатистический россиянин сегодня потребляет около 233 кг молока и молочных продуктов в год, что примерно на 100 кг меньше научно обоснованных норм потребления. Для достижения указанной нормы необходимо нарастить производство товарного молока на 6–7 млн т. При решении поставленных задач, помимо увеличения дойного стада, должное внимание должно быть уделено оборудованию для получения и первичной обработки молока.

Для приобретения нового высокоэффективного оборудования у многих сельскохозяйственных производителей продукции животноводства недостаточно средств и им приходится работать с существующим старым.

Методика

В настоящее время уже есть предложения по модернизации существующих машин для уборки и удаления навоза [1], обогрева молодняка животных [2], обеззараживания воздуха [3], системы освещения [4], обогрева помещения [5]. В оборудовании для доения есть предложения по применению новой сосковой резины для доильных аппаратов [6]. Ответственным элементом в доильном аппарате выступает пульсатор. Пульсатор предназначен для преобразования постоянного по величине вакуума в переменный, требуемый для работы коллектора и доильных стаканов.

Недостатком современных пульсаторов является то, что при длительной работе из-за всевозможных отложений величина поперечного сечения дроссельного канала меняется и нарушается оптимальный режим работы доильного аппарата, что недопустимо.

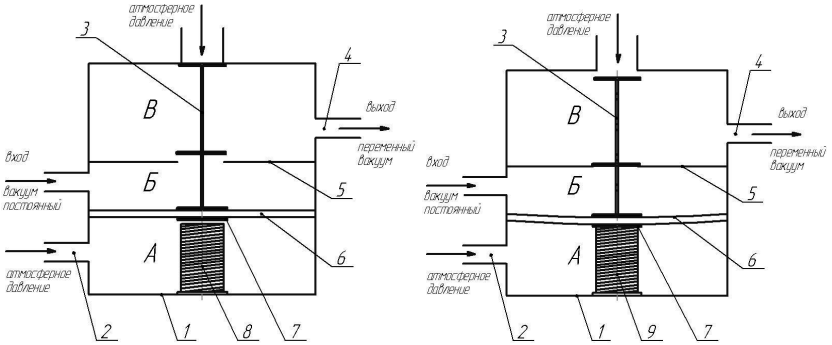
Для повышения надежности и постоянства работы пульсатора мы предлагаем применить в качестве исполнительного механизма электромагнитный клапан [7].

Результаты

Общий вид предлагаемого пульсатора показан на рисунке 1. Пульсатор состоит из трех камер: А-камера атмосферного давления, Б-камера постоянного вакуума, соединенная патрубком 2 с источником вакуума (вакуумным насосом); В-камера переменного вакуума, соединенная с потребителем (доильным аппаратом) патрубком 4. Камеры А и Б разделены резиновой мембраной 6, к которой жестко крепится клапанная система 3 и металлическая пластинка 7. На корпусе 1 жестко закреплен электромагнит 8. При подключении пульсатора к вакуумному насосу в камере постоянного вакуума Б будет постоянно присутствовать вакуум. Поскольку в камере атмосферного давления А всегда атмосферное давление, то под его действием мембрана 6 вместе с металлической пластинкой 7 и клапанной системой 3 поднимется вверх. При этом нижний клапан соединит камеры Б и В, верхний закроет отверстие, через которое камера В сообщалась с атмосферой (позиция1). Поступив-

ший в камеру В вакуум по патрубку 4 поступает к потребителю, применительно к доильному аппарату – в межстенные камеры стаканов доильных аппаратов, где происходит такт «сосание», т.е. молоко отсасывается из вымени коровы.

При подаче от генератора импульсов на катушку электромагнита 8 напряжения, он притягивает пластину 7, а вместе ней через мембрану 6 опускает клапанную систему 3 вниз. При этом нижняя часть клапана 3 разъединяет камеры Б и В, а верхняя часть клапана 3 , опустившись вниз, соединяет камеру В с атмосферным давлением, которое через патрубок 4 поступает в межстенные камеры стаканов доильных аппаратов, сосковая резина которых сжимается и происходит такт «сжатия» (позиция 2).



а) б)

Рисунок 1 – Общий вид и технологическая схема работы пульсатора

Выводы

Предлагаемая конструкция пульсатора позволяет обеспечить надежную работу пульсатора и, соответственно, доильного аппарата.

Литература

1. Коняев, Н.В. Модернизация привода транспортера [Текст] / Н.В. Коняев, И.А. Прилуцкий, Ю.В. Назаренко и др. // Оптимизация электротехнологий в АПК: материалы международной научно-практической конференции. – Ярославль, 2–3 ноября 2016. – С. 19–24.

2. Коняев, Н.В. Модернизированная система обогрева [Текст] / Н.В. Коняев, Ю.В. Назаренко // Электрика. – 2015. – № 9. – С. 33–36.

3. Назаренко, Ю.В. Обеззараживание воздуха в животноводческих помещениях [Текст] / Ю.В. Назаренко, Н.В. Коняев // Аграрная наука – сельскому хозяйству: материалы всероссийской научно-практической конференции. – Курск, 27–28 января 2009. – С. 54–56.

4. Коняев, Н.В. Модернизация систем освещения животноводческих помещений [Текст] / Н.В. Коняев, Р.С. Новиков, Н.С. Половинкина и др. // Актуальные вопросы инновационного развития агропромышленного комплекса: материалы международной научно-практической конференции. – Курск, 28–29 января 2016. – С. 211–215.

5. Коняев, Н.В. Энергосберегающие технологии для микроклимата животноводческих помещений [Текст] / Н.В. Коняев, Ю.В. Назаренко // Актуальные проблемы и инновационная деятельность в агропромышленном производстве: материалы международной научно-практической конференции. – Курск, 28–29 января 2015. – С. 52–55.

6. Коняев, Н.В. Сосковая резина для доильных аппаратов [Текст] / Н.В. Коняев, В.Н. Трубников, Ю.В. Назаренко // Интеграция науки и сельскохозяйственного производства: материалы международной научно-практической конференции. – Курск, 16–17 февраля 2017. – С. 22–24.

7. Пульсатор: пат. на полезную модель № 128451 РФ, МПК A01J 5/12 (2006.1) / И.Ф. Сараев, Н.В. Коняев. – № 2012100861/13; заявл. 09.01.2013; опубл. 27.05.2013, Бюл. № 15, Приоритет 09.01.2013. – 3 с.

УДК 331:338.431

ВЕКТОР РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

к.э.н. Л.Г. Мамонова, М.А. Мясоедова
(ФГБОУ ВО Курская ГСХА, Курск, Россия)

Ключевые слова: сельское электроснабжение, производительность труда, методика.

Предложена методика оценки качественной работы специалистов в области электротехники.

VECTOR OF DEVELOPMENT OF ELECTRICIFICATION OF AGRICULTURE FARMS

Candidate of Economic Sciences L.G. Mamonova, M.A. Myasoedova
(FSBEI HE Kursk SAA, Kursk, Russia)

Key words: rural power supply, labor productivity, methodology.

A technique for assessing the qualitative work of specialists in the field of electrical engineering is proposed.

Без развитого сельского хозяйства и прогрессивного АПК позитивное развитие экономики и повышение благосостояния общества невозможно, поскольку продукция АПК составляет более 60% товаров торговли. Это обстоятельство, в свою очередь, повышает требования к качеству сельского электроснабжения: его надежности, качеству электроэнергии и экономичности передачи электроэнергии в сельскохозяйственных сетях. Однако в этом мире техники главным все же является человек – специалист-электрик.

Методика

В этих условиях решающую роль играют кадры сельских электриков, осуществляющих обслуживание, ремонт, наладку и монтаж электрических сетей и электрооборудования. Их квалификация и профессионализм обусловливают нормальную работу и качество продукции практически всех систем машин в сельском хозяйстве. Кроме того, кадровое обеспечение отрасли не просто задача профессиональной подготовки, а многогранный процесс формирования интегральной совокупности личностных потенциалов в условиях достигнутого уровня производственных отношений. Современной сельской электротехнической отрасли необходимы в основном творческие интеллектуальные специалисты. Поэтому формирование качественных работников сельских электрических сетей на сегодняшний день является объективной необходимостью [1, 2].

Результаты

Результаты наших исследований позволяют рассмотреть работу сельских электриков как объект математического моделирования.

Рассчитанная по формулам полной вероятности вероятность достижения высокой производительности труда от компонентов Hi, называемых гипотезами, влияющих на качество работы, где i = 1–9 гипотезы, связанные со здоровьем; нравственностью, творческим потенциалом, активностью, организованностью и ассертивностью, образованием, профессионализмом; использованием рабочего времени.

Переоценка гипотез по формуле Байеса, что высокая производительность труда зависит в первую очередь от профессионализма, творчества, рационального использования рабочего времени, включая все основные факторы. Причем в составе компонентов специалистов электротехнической отрасли определяющее значение имеет интеллектуальный потенциал, являясь стержневой основой трудового потенциала [3].

В свою очередь, интеллектуальный потенциал включает две составляющие (субпотенциалы): творческий потенциал; профессионально-квалификационный потенциал.

Рассмотрим варианты, когда работники обладают тем или иным качеством.

Обозначим:

A – -достижение высокой производительности труда;

H1 – работник, обладающий творческим потенциалом;

H2 – работник, обладающий профессионально-квалификационным потенциалом.

Обладание потенциалами равномерно, т.е. P(H1) = P(H2) = 1/2.

A/H1 – достижение высокой производительности труда за счет творческого потенциала;

A/H2 – достижение высокой производительности труда за счет профессионально-квалификационного потенциала.

Рассмотрим пример, когда работник обладает и творческим потенциалом и профессионально-квалификационным, т.е. имеет интеллектуальные способности.

P(A/H1) = 1,

P(A/H2) = 1.

Тогда P(A) = 1/2×1+1/2×1 = 1 (100%) – достигается высокая производительность.

Рассмотрим вариант, когда только несколько работников обладает тем или иным качеством, а именно:

n – общее количество работников;

m – число работников, обладающих творческим потенциалом;

(n – m) – число работников, обладающих профессионально-квалификационным потенциалом;

P (A/H1) = m/n,

P (A/H2) = (n – m)/n.

Тогда P(A) = P(H1) × P(A/H1) + P(H2) × P(A/H2) = 1/2×m/n + + 1/2×(1 – m/n) = 1/2 (50%) – производительность снижается.

Рассматривая варианты, когда работники обладают тем или иным качеством, пришли к выводу, что интеллектуализация труда одновременно с творчеством усиливает результат в 2 раза. Целесообразно при рассмотрении факторов (гипотез) включать гипотезу, связанную с индексом компетентности.

Выводы

Данная методика позволяет увеличивать эффективность использования работников данной отрасли и принимать правильные решения на основе переоценки компонентов, характеризующих качественных специалистов [4].

Литература

1. Электроэнергия – основа сельского хозяйства [Электронный ресурс]. – URL: http://leg.co.ua/arhiv/raznoe-arhiv/elektroenergiya-osnova-selskogo-hozyaystva.html.

2. Мамонова, Л.Г. К вопросу повышения качества трудового потенциала [Текст] / Л.Г. Мамонова, М.А. Мясоедова //Актуальные вопросы инновационного развития агропромышленного комплекса: материалы международной научно-практической конференции. – Курск, 28–29 января 2016. – С. 320–323.

3. Мамонова, Л.Г. Эффективность АПК через качество трудового потенциала [Текст] / Л.Г. Мамонова, М.А. Мясоедова // Интеграция науки и сельскохозяйственного производства: материалы международной научно-практической конференции. – Курск, 16–17 февраля 2017. – С. 56–59.

4. Мясоедова, М.А. Прогнозирование высокоэффективного уровня качества трудового потенциала [Текст] / М.А. Мясоедова // Экономика и предпринимательство. – 2014. – № 1–3 (42–3). – С. 572–575.

УДК 621.311.182

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ В МНОГОКАМЕРНОМ БИОГАЗОВОМ РЕАКТОРЕ НЕПРЕРЫВНОЙ ЗАГРУЗКИ СЫРЬЯ

А.Ю. Мамонтов, д.т.н. С.В. Вендин
(ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия)

Ключевые слова: многокамерный реактор, система управления, перемешивание, обогрев, подача и выгрузка сырья.

Авторами предлагается обоснование актуальности, научной новизны и практической значимости предлагаемой системы управления для многокамерного реактора. Предложены варианты сравнения с аналогичными зарубежными решениями.

SYSTEM OF OPERATION OF ELECTRICAL EQUIPMENT OPERATING MODES IN A MULTI-CAMERA BIOGAS REACTOR OF CONTINUOUS DOWNLOADING OF RAW MATERIALS

A.Yu. Mamontov, Doctor of Technical Sciences S.V. Vendin
(FSBEI HE Belgorod SAU, s. Maiskiy, Russia)

Key words: multi-chamber reactor, control system, mixing, heating, supply and unloading of raw materials.

The authors suggest a substantiation of the relevance, scientific novelty and practical significance of the proposed control system for a multi-chamber reactor. We proposed options for comparison with similar foreign solutions.

С увеличением производственных мощностей животноводческих предприятий увеличивается и количество животноводческого субстрата, который впоследствии выбрасывается на поля в качестве удобрений, либо становится сырьем для биогазовых установок[1–3]. В биогазовом реакторе система перемешивания, как правило, представляет собой балку с лопастями. Сам реактор является цельной емкостью, в которой весь процесс сбраживания происходит в едином режиме перемешивания и обогрева. Это находится в противоречии с тем, что на ранней стадии сбраживания

интенсивное перемешивание и обогрев требуется для предотвращения образования корок и проникновения бактерий в субстрат, но на поздней стадии интенсивное перемешивание и обогрев вредит эффективному выходу биогаза, а непрерывная работа электрооборудования ведет к чрезмерному расходу энергоресурсов. Наличие микропроцессорных средств, интегрированных в работу реактора для автоматизированной работы, может повысить эффективность анаэробного сбраживания, снизить потребление энергоресурсов, а также позволит получить контроль над технологическим процессом. Тем самым разработка системы управления режимами перемешивания и обогрева биомассы в многокамерном биогазовом реакторе непрерывной загрузки сырья на сегодняшний день необходима и актуальна.

Разработана и предлагается конструкция и система управления многокамерного биогазового реактора непрерывной загрузки сырья [4–7].

На рисунке 1 показана конструкция многокамерного биогазового реактора непрерывной загрузки сырья.

Система управления режимами перемешивания и обогрева представляет собой головной микропроцессор с заданными параметрами работы электрооборудования, исполняющие реле, набор датчиков, смонтированных в разных камерах эксплуатируемого биогазового реактора. Для эффективной эксплуатации на объектах АПК необходимо, чтобы при строительстве данного объекта, на стадии разработки проектной документации, был учтен комплекс переработки отходов в биогаз, учтена логистика подведения сырья в предварительную буферную емкость для их подогревания, перемешивания с жомом и загрузки в биогазовый реактор. Многокамерный биогазовый реактор непрерывной загрузки сырья является модульной конструкцией, то есть в случае вывода его из работы, например, на текущий ремонт, имеется техническая возможность оставить биомассу в одной или двух камерах реактора, в то время как в двух оставшихся камерах можно проводить регламентные работы.

Наиболее близкие к предлагаемой разработке технические решения производит компания Farmatic. В этом решении отсутствует деление емкости на камеры, что делает сбраживание малоэффективным из-за отсутствия необходимой температуры и перемешивания для субстрата разной фазы сбраживания. В рассматриваемом образце в наличии всего одна пара лопастей-мешалок, что ведет к образо-

ванию корок в субстрате и низкому выходу биогаза. Также в решении конкурента предусмотрен обогрев биомассы, всего одна позиция на всю емкость, некоторая часть биомассы излишне нагревается, а некоторая не достигает нужной температуры. Это решение является неэффективным из-за малого выхода биогаза, а также из-за высокого расхода энергоресурсов. В предложенной системе управления режимами перемешивания и обогрева биомассы в многокамерном биогазовом реакторе непрерывной загрузки сырья будут учтены и исправлены все недостатки основного конкурента.

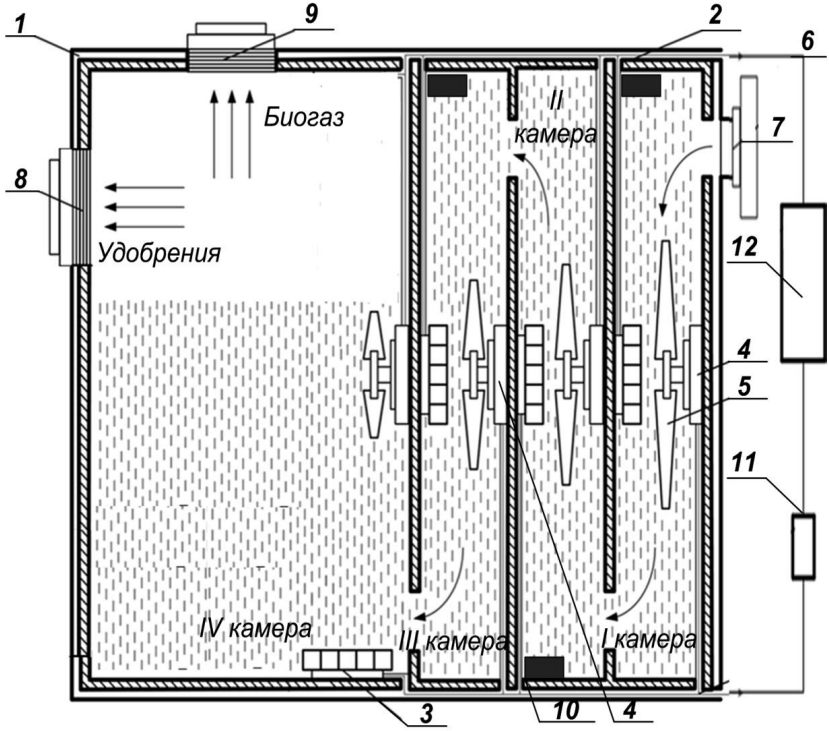


Рисунок 1 – Многокамерный биогазовый реактор непрерывной загрузки сырья с предложенной системой управления режимами работы электрооборудования:
1 – емкость реактора; 2 – теплоизоляционная защита; 3 – устройство обогрева; 4 – двигатель лопастей-мешалок; 5 – двухлопастная мешалка; 6 – силовые и информационные кабели; 7 – насос для закачки биомассы; 8 – насос для откачки удобрений; 9 – компрессор для откачки биогаза; 10 – датчик температуры; 11 – реле; 12 – система управления режимами работы

Система управления интегрируется в комплекс переработки отходов, содержащий емкость из поливинилхлорида, теплоизоляционную защиту, электроприводы, лопасти-мешалки, нагревательные элементы, кабельные каналы, отверстие с компрессором, закачивающим массу из расходной емкости в реактор, отверстие с компрессором для откачивания отработанного сырья в емкость удобрений, отверстие с компрессором для откачивания биогаза в газгольдер, датчики температуры, термореле, микропроцессор. В комплексе используется эффективная конструкция реактора, позволяющая установить в каждой камере свою химическую среду, задать интервал нагревания, уровень перемешивания. Известно, что анаэробное сбраживание биомассы проходит в несколько фаз, для каждой из которых характерны определенные температурные и перемешивающие режимы. Это и есть наиболее выгодное отличие предлагаемого решения от решений главных потенциальных конкурентов – фирмы Farmatic, которая предлагает стальные однокамерные цельные реакторы с 1 электроприводом и 1 парой лопастей-мешалок. Это неэффективно, так как сбраживаемый несколько суток субстрат будет смешиваться с вновь поступившим, а температура всей биомассы будет одинаковой. Лопасти-мешалки в рассматриваемом образце слишком короткие – это ведет к образованию корок и низкому выходу биогаза. Реакторы фирмы Farmatic весьма недешевы, а качественный выход биогаза существенно ниже, чем в предлагаемом решении. Более того, реакторы Farmatic не являются модульными конструкциями, и при проведении регламентных работ придется приостановить весь цикл сбраживания, то есть сократить объем полученного биогаза.

Литература

1. Мирошниченко, И.В. Биологические способы переработки и утилизации отходов животноводческих комплексов в Белгородской области [Текст] / И.В. Мирошниченко // Материалы международной научно-производственной конференции «Биологические проблемы природопользования». – Белгород: Изд-во Белгородской ГСХА, 2012. – С. 45–47.

2. Линднер, Й.Ф. Увеличение метановой продуктивности богатой лигноцеллюлозой биомассы путем механической и энзимной подготовки при ее повторной переработке в биогаз [Текст] / Й.Ф. Линднер, А. Леммер, И.В. Мирошниченко // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – Белгород: Изд-во Белгородского ГАУ, 2015. – № 2 (6). – С. 111–117.

3. Яхтанигова, Ж.М. Сельскохозяйственная биотехнология [Текст]: учебное пособие / Ж.М. Яхтанигова, Л.А. Манохина, Е.Г. Федорчук, И.А. Навальнева, И.В. Мирошниченко. – Белгород: Изд-во Белгородского ГАУ, 2016. – 172 с.

4. Пат. 171741 Российская Федерация, МПК–2016.01 C02F11/04. Многокамерный биогазовый реактор непрерывной загрузки сырья: [Текст] / С.В. Вендин, А.Ю. Мамонтов, Н.О. Шаршуков, А.В. Каплин: заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет» № 2017100834, 20.03.2013, заявл. 10.01.2017, опубл. 14.06.2017.

5. Вендин, С.В. Программа расчета геометрических и конструкционных параметров биогазового реактора [Текст] / С.В. Вендин, А.Ю. Мамонтов, А.В. Каплин // Промышленная энергетика. – 2017. – № 3. – С. 51–55.

6. Вендин, С.В. Электрооборудование биогазового реактора [Текст] / С.В. Вендин, А.Ю. Мамонтов // Сельский механизатор. – 2017. – № 5. – С. 26–27.

7. Вендин, С.В. Расчет мощности дополнительных источников теплоты для подогрева биомассы в биогазовом реакторе [Текст] / С.В. Вендин, А.Ю. Мамонтов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2017. – № 7. – С. 97–99.

УДК 620.9-62-93

УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АЛЬТЕРНАТИВНОГО ТОПЛИВА (БИОТОПЛИВО III ПОКОЛЕНИЯ) К КОМПЛЕКСАМ – СИЛОВОЙ АГРЕГАТ – ГЕНЕРАТОР

д.т.н. В.А. Милюткин
(ФГБОУ ВО Самарская ГСХА, Самара, Россия),
И.В. Бородулин, Е.А. Агарков
(ООО «ЭКОВОЛГА», Самара, Россия)

Ключевые слова: водоросли, биореактор, биотопливо, силовой агрегат, генератор, электроэнергия.

Предложено техническое устройство по производству биотоплива III поколения из сине-зеленых водорослей (цианобактерий)

для силовых станций (двигателей) с генераторами, вырабатывающими электроэнергию для народного хозяйства.

INSTALLATION FOR PRODUCTION OF ALTERNATIVE FUEL (BIOFUEL III GENERATION) TO COMPLEXES – POWER UNIT – GENERATOR

Doctor of Technical Sciences V.A. Milyutkin
(FSBEI HE Samara SAA, Samara, Russia),
I.V. Borodulin, E.A. Agarkov
(LLS "EKOVOLGA", Samara, Russia)

Key words: algae, bioreactor, biofuel, power unit, generator, electric power.

A technical device for production of third-generation biofuel from blue-green algae (cyanobacteria) for power stations (engines) with generators producing electricity for the national economy was proposed.

Одним из значительных и восполняемых видов энергии является биотопливо, в последнее время исследования в РФ ведутся по получению биотоплива 3-го поколения, получаемого из растительной массы и в первую очередь из сине-зеленых водорослей – цианобактерий, при переработке которых, по американским исследованиям, можно получить до 1/3 нынешних используемых углеводородных источников.

Самарская сельхозакадемия и ООО «ЭКОВОЛГА» (г. Самара) проводят самостоятельные исследования по созданию технологий и устройств сбора сине-зеленых водорослей, их сушки и переработки в биотопливо 3-го поколения [1–4].

Технические средства для сбора водорослей, разработанные в ООО «ЭКОВОЛГА», представляют собой устройства для глубинного илового сбора, поверхностного сбора, объемного сбора с глубины 0–1,5 м. Также в ООО «ЭКОВОЛГА» разработаны конструкции сушилок для водорослей [11], способ и устройство для наращивания массы водорослей и переработки их в биотопливо 3-го поколения [12, 13].

Для переработки сине-зеленых водорослей предлагается устройство [12] для утилизации продуктов сгорания энергоустановок (рисунок 1), которое содержит вытяжной вентилятор 1, магистраль 2

подвода углекислого газа из дымовой трубы 3 ГРЭС 4 в фитореактор 17 и биореакгор 8, соединенный с вытяжным вентилятором фильтр-накопитель 5, соединенный подводящим трубопроводом 6 с фитореактором 17 и/или со шлюзовой емкостью водоема, а подающим трубопроводом 7 соединенный с биореактором 8, в котором имеется компрессор 9 для создания повышенного давления в реакторе и свечи с несгораемыми электродами 10, биореактор 8, соединенный трубопроводом 11 с ректификационной колонной 12. Фитореактор 17 содержит источники света 13. Ректификационная колонна 12 имеет штуцеры 14 и 15 для отвода из колонны осадка и загрязненных фракций и штуцер 16 для отвода этанола.

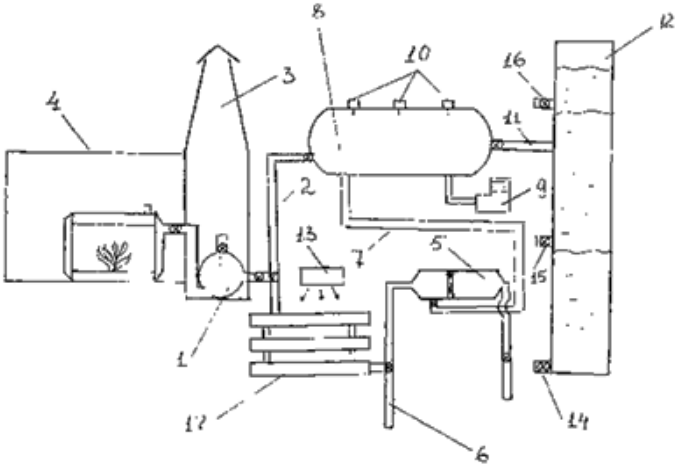


Рисунок 1 – Установка для производства биотоплива (этанол) из сине-зеленых водорослей с активизацией их роста углекислым газом из продуктов горения (природный газ) тепловой электростанции – ГРЭС

Нами разработана более детальная конструкция биореактора 8 (I) [14] для производства биотоплива III поколения из сине-зеленых водорослей для двигателей внутреннего сгорания (II) ДВС с генераторами (III), производящими в итоге электроэнергию для народного хозяйства (рисунок 2).

Поставленная задача решается устройством для переработки сине-зеленых водорослей в биотопливо III поколения, содержащим емкость с сине-зелеными водорослями, соединенную трубопроводом с биореактором, в котором имеются свечи с несгораемыми электродами для осуществления плазменной обработки концен-

трата водорослей, соединенным трубопроводом с ректификационной колонной, причем устройство содержит бак с гидравлическим маслом, соединенный трубопроводом высокого давления с гидроцилиндром, шток поршня гидроцилиндра шарнирно соединен с одним концом коромысла, закрепленного на стойке с возможностью поворота вокруг оси, второй конец коромысла шарнирно соединен со штоком поршня биореактора, соединенного трубопроводом высокого давления с гидроцилиндром, подпоршневое пространство биореактора содержит упомянутые свечи, для питания которых установлен блок конденсаторов, а коромысло выполнено с возможностью регулировки длины плеч.

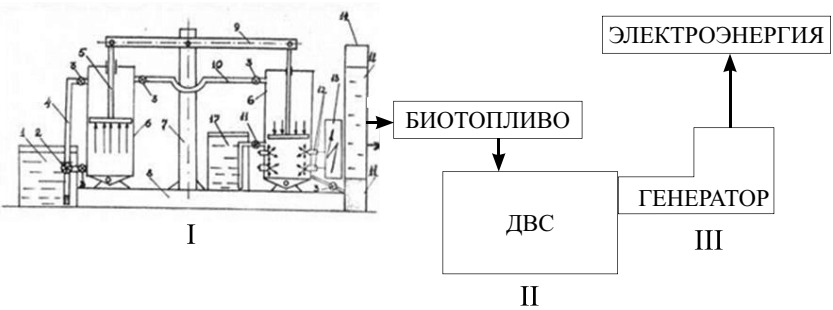


Рисунок 2 – Технологическая схема выработки электроэнергии генератором III от двигателя внутреннего сгорания II и установки I, вырабатывающей биотопливо III поколения

Устройство для переработки сине-зеленых водорослей в биотопливо III поколения содержит емкость 17 с сине-зелеными водорослями, соединенную трубопроводом с насосом 11 высокого давления с биореактором 6, в котором имеются свечи 12 с несгораемыми электродами для осуществления плазменной обработки концентрата водорослей. Биореактор соединен трубопроводом с ректификационной колонной 14, причем устройство содержит бак 1 с гидравлическим маслом, соединенный трубопроводом 4 высокого давления с гидроцилиндром 6, шток 5 поршня гидроцилиндра шарнирно соединен с одним концом коромысла 9, закрепленного на стойке 7 с возможностью поворота вокруг оси, второй конец коромысла шарнирно соединен со штоком поршня биореактора, соединенного трубопроводом 10 высокого давления с гидроцилиндром, подпоршневое пространство биореактора содержит свечи 12, для питания которых установлен блок 13 конденсаторов, а коро-

мысло 9 выполнено с возможностью регулировки длины плеч для получения заданного давления на массу сине-зеленых водорослей в подпоршневом пространстве биореактора. Для создания давления масла на поршень гидроцилиндра 6 служит масляный насос 2 высокого давления. Для управления потоками служат краны 3. В ректификационной колонне происходит разделение фракций на отстоявшиеся примеси 11 и отстоявшееся масло – биотопливо III поколения. Стойка 7 закреплена на опорной площадке 8.

Предлагаемое устройство работает следующим образом. После выращивания сине-зеленых водорослей с последующим получением биотоплива производят закачку массы водорослей в емкость 17. Гидравлическое масло из бака 1 насосом 2 высокого давления через краны 3 поступает в гидроцилиндр 6 и биореактор. Шток 5 гидроцилиндра 6 через коромысло 9 воздействует на шток биореактора, сжимая вподпоршневой полости биореактора поступившую из емкости 17 через насос высокого давления смесь сине-зеленых водорослей. Под двойным действием от нагнетаемого насосом 2 масла и коромысла 9 смесь сине-зеленых водорослей сжимается в полости биореактора, дополнительное давление на смесь оказывает насос 3. Через доведенную до необходимого высокого давления смесь (20–35 атмосфер) проходит искра от свечей 12, создающих высокую температуру (примерно 350 градусов). Под действием высокой температуры и давления из сине-зеленых водорослей выделяется так называемое «масло» – биотопливо III поколения. Переработанная смесь с выделенным биотопливом поступает в ректификационную колонну 14, где оно разделяется на чистое масло и примеси – отстой. Биореактор представляет собой цилиндрическую емкость из нержавеющей стали с системами, обеспечивающими плазменную обработку концентрата водорослей путем работы в заданной последовательности несгораемых электродов, установленных внутри биореактора, где концентрат водорослей под повышенным давлением обрабатывается плазмой. Регулировка длины плеч коромысла (для получения заданного давления в биореакторе) может производиться, например, путем смещения положения оси на коромысле 9 в ту или другую сторону. При этом стойка 7 также будет смещена на опоре 8 и закреплена на ней заново.

Предлагаемая полезная модель позволяет повысить выход биотоплива III поколения из смеси сине-зеленых водорослей до 50–60% от массы водорослей.

Литература

1. Милюткин, В.А. Технические средства для обеспечения безопасной экологической среды в водоемах [Текст] / В.А. Милюткин, И.В. Бородулин, З.П. Антонова, Н.Ф. Стребков // Прикладные науки и технологии в США и Европе, общие проблемы и научные открытия. – США: Нью-Йорк, 25.06.2014. – С. 216–220.

2. Патент № 2548075 Российская Федерация, МПК С02Р 3/00. Устройство для очистки водоемов от сине-зеленых водорослей с помощью биопрепарата / Милюткин В.А., Стребков Н.Ф., Котов Д.Н.; заявл. 24.06.2013; опубл. 10.04. 2015, Бюл. № 10. – 5 с.

3. Патент № 2551172 Российская Федерация, МПК С02Р 3/00 Устройство для очистки водоемов от сине-зеленых водорослей / Милюткин В.А., Стребков Н.Ф., Бородулин И.В., Котов Д.Н.; заявл. 28.01.2014; опубл. 20.05.2015, Бюл. № 14. – 5 с.

4. Патент № 2555896 Российская Федерация, МПК С 02 Р 1/00. Устройство для очистки водоемов от сине-зеленых водорослей / Милюткин В.А., Стребков Н.Ф., Бородулин И.В.; заявл. 20.02.2014, опубл. 10.07.2015, Бюл. № 19. – 5 с.

5. Патент № 2582365. Российская Федерация, МПК Е 02В15/10, Устройство для очистки водоемов от сине-зеленых водорослей / Милюткин В.А., Стребков Н.Ф., Бородулин И.В.: заявл. 31.07.2014; опубл. 20.02.2016, Бюл. № 5. – 5 с.

6. Патент № 2596017. Российская Федерация, МПК Е02В15/00, А01Д 44/00. Агрегат для очистки водоемов от водорослей / Милюткин В.А., Стребков Н.Ф., Котов Д.Н., Бородулин И.В.; заявл. 28.05.2015; опубл. 27.08.2016, Бюл. № 24. – 5 с.

7. Милюткин, В.А. Технологии и технические средства механического сбора сине-зеленых водорослей в водоеме [Текст] / В.А. Милюткин, Г.В. Кнурова, С.П. Симченкова, В.Н. Сысоев, И.В. Бородулин, З.П. Антонова // Сборник научных статей по итогам международной научно-практической конференции (28–29 марта 2014 г.). – СПб., 2014. – С. 79–82.

8. Милюткин, В.А. Техническое устройство и технология для биологической (химической, бактериологической) борьбы с сине-зелеными водорослями [Текст] / В.А. Милюткин, С.П. Симченкова, Г.В. Кнурова и др. // Сборник научных статей по итогам международной научно-практической конференции (28–29 марта 2014 г.). – СПб., 2014. – С. 83–85.

9. Милюткин, В.А. Технологии и технические средства (на уровне изобретений – патентов) эффективного исполь-

зования сине-зеленых водорослей (цианобактерий) [Текст] / В.А. Милюткин, И.В. Бородулин //American Journalof Scienceand Technologies. – 2015. – Т. 2. – № 2 (20). – С. 595–601.

10. Милюткин, В.А. Энергосберегающая технология сбора и утилизации сине-зеленых водорослей с открытых водных поверхностей мобильным, автономным комплексом [Текст] / В.А. Милюткин, И.В. Бородулин // Международная научно-практическая конференция «Энергосбережение в сельском хозяйстве» (25–26 ноября 2015 г.). – Ярославль, 2015. – С. 45–52.

11. Патент № 2606811. Российская Федерация, МПК А01Д 44/00. Сушилка для сине-зеленых водорослей / Милюткин В.А., Бородулин И.В., Стребков Н.Ф., Антонова З.П.; заявл. 13.08.2015: опубл. 10.01.2017. Бюл. № 1. – 5 с.

12. Патент № 2599436. Российская федерация, МПК С 12 М 1/04, А 01 С 7/02. устройство для утилизации продуктов сгорания энергоустановок, использующих природный газ / Бородулин И.В., Милюткин В.А., Антонова З.П., Панкеев С.А.; заявл. 04.08.2015, опубл. 10.10.2016. Бюл. № 5. – 5 с.

13. Патент № 2608495. Российская федерация, МПК А 01Q 7/ 02, А 01Q 33/ 00, С 12N 1/ 12, С 12М 1/ 04. Способ утилизации продуктов сгорания установок, использующих природный газ.: заявл. 04.08.2015; опубл. 18.01.2017. Бюл. № 2. – 5 с.

14. Заявка на полезную модель № 2017126694. Российская Федерация. Устройство для переработки синезеленых водорослей в биотопливо. заявл. 25.07.2017.

УДК 631.371

РОЛЬ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АПК

д.т.н. Н.В. Нестерова, А.С. Галеженко
(ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия)

Ключевые слова: отопление, геотермальная энергия, чистые технологии.

В статье рассматривается роль применения геотермальной системы отопления предприятий аграрного сектора, особенности использования. Проанализированы характеристики и свойства

установок, рассматривается вероятность использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) на предприятиях агропромышленного комплекса.

THE ROLE OF THE USE OF THE GEOTHERMAL SYSTEM HEATING OF AGRICULTURAL ENTERPRISES

Doctor of Technical Sciences N.V. Nesterova, A.S. Galezhenko (FSBEI HE Belgorod SAU, s. Maiskiy, Russia)

Key words: heating, geothermal energy, clean technology.

The role of the application of the geothermal heating system of enterprises of the agricultural sector, their features of use is considered in the article. The characteristics and properties of plants are analyzed, the probability of using renewable energy sources (RES) at enterprises of the agro-industrial complex is considered.

Отопление производственных помещений предприятий агропромышленного комплекса с применением газового и электрического обогрева – весьма непростое занятие.

Зачастую, в связи с удаленностью расположения предприятий АПК, подвод газовых коммуникаций проблематичен, а применение электрического обогрева экономически невыгодно. Для многих сельскохозяйственных производителей, имеющих газовый обогрев, растущая цена на энергоносители делает невыгодным производство. Коственно это отрицательно влияет на качество производимой продукции.

Имея высокую стоимость, газовые отопители нуждаются в качественном обслуживании и частой замене элементов, а работу в условиях пониженного давления в газопроводах никак нельзя назвать удовлетворительной.

Казалось бы, что же делать в такой ситуации? На помощь производителям АПК может прийти использование такого альтернативного источника энергии, как геотермальный, и возможность отапливать производственные помещения геотермальной системой отопления [1].

Геотермальная энергия – энергия, создаваемая теплом Земли. Сам принцип работы геотермальной установки аналогичен системе кондиционирования. В данных установках отопления тепловая энергия берется из грунта при помощи теплового насоса.

Общий принцип работы заключается в следующем: в производственном помещении устанавливается непосредственно тепловой насос, а в землю укладывают теплообменник, по которому циркулирует теплоноситель.

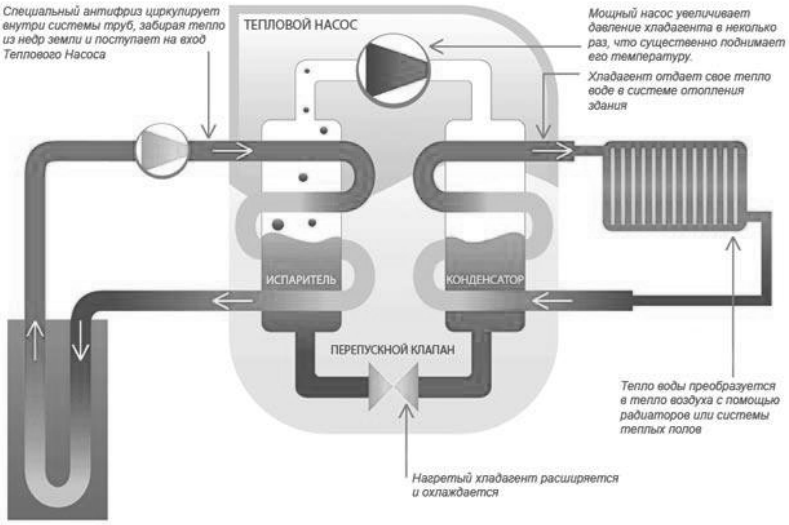


Рисунок 1 – Принцип работы геотермальной установки

В настоящее время имеется несколько вариантов осуществления геотермального отопления производственных помещений. Главное отличие в них – это расположение внешнего теплообменного контура. Разные варианты исполнения внешнего теплообмена имеют одинаковый внутренний контур [2].

Способы реализации теплообменника геотермальной установки:

– вертикальный;
– горизонтальный.

Отдельно стоит отметить то, что порой встречаются горизонтальные системы, где теплообменник находится в рядом находящемся водоеме (порой искусственном).

Система с вертикальным теплообменником

На глубине около 100 м грунт поддерживает температуру, равную 9–12°С в течение всего года. Для применения технологии с вертикальным теплообменником осуществляется бурение сква-

жин. Во избежание негативного влияния на окружающую среду бурение скважин происходит под специальными рациональными углами (рассчитанные специалистами для определенных зон) из одной точки. Затем в пробуренных скважинах устанавливают внешний контур системы геотермального отопления.

Система геотермальной установки с использованием вертикального теплообменника считается наиболее аккуратной, с наименьшим воздействием на окружающую среду. Минусом данной системы можно считать то, что без применения специального оборудования его осуществить невозможно.

Система с горизонтальным теплообменником

Данная система заключается в укладке внешнего теплообменного контура по земле, на определенной глубине. Глубина закладки определяется исходя из глубины промерзания земли, для каждого региона глубина будет отличаться в связи с разными показателями промерзания.

Трубки теплообменника помещаются в специальные траншеи, которые глубже уровня промерзания.

Для отопления животноводческого помещения площадью 1400 м² необходимо положить теплообменник на площади 3000 м². Соотношение обогреваемой и используемой поверхности составляет 1:2.

Данная система не нуждается в использовании специальных машин для бурения, но основным недостатком можно считать огромное пространство, тратящееся на укладку горизонтального теплообменника.

Система с теплообменником в водоеме

Данная система встречается весьма редко, ведь производственное помещение должно находиться в районе 80–100 м от водоема, где будет находиться теплообменник, также данный водоем должен быть определенной глубины, чтобы не промерзать в климатических условиях своего региона, так как на его дне укладывают теплообменник. Немаловажным фактором являются размеры водоема. Соотношение к обогреваемой площади должно составлять 1:(1,5–1,8), то есть для отопления помещения на 1400 м² необходим водоем 2520 м².

Данный способ актуален и минимален по затратам при наличии рядом с предприятием АПК бесхозного водоема с соответствующим размером, в противном случае целесообразней применение системы горизонтального теплообменника в земле.

Особенности применения геотермальных установок

Основное отличие геотермальной системы отопления от классических электрических и газовых отопителей состоит в том, что в них не нужно производить нагрев теплового носителя до высоких температур. Установки работают в низкотемпературном режиме и характеризуются более низкими энергетическими затратами.

Чтобы компенсировать низкую температуру теплового носителя, применяют большие по величине поверхности радиатора. Но данное решение проблемы громоздко и затратно, чтобы этого избежать, целесообразней будет применить «теплые полы».

Данный вид отопления производственного помещения актуален, так как тепло сразу будет подаваться в зону обитания (животных, птиц, растений), а не конвекцией воздуха в пространство под потолком, а потом вниз. Тепловые потери, как правило, зависят от дельты температур. При низком температурном режиме система геотермального отопления данные потери минимизирует. Также при использовании «теплого пола» осуществляется прямой нагрев пола, делая обогрев помещения более равномерным, что является существенным плюсом для животноводства и птицеводства. При использовании классического радиаторного или калориферного нагрева воздух лишь немного охватывает часть близлежащей стены и неравномерно распространяется по помещению [3].

Достоинства применения геотермального отопления на сельскохозяйственных предприятиях:

– геотермальная энергия – это почти неисчерпаемый источник энергии;

– данная система, после окупаемости, становится дешевле по сравнению с классическим (газовым и электрическим обогревом);

– применяется чистая технология, не наносящая вред окружающей среде;

– свойство обратимости. В холодное время установку можно использовать для обогрева производственных помещений АПК, в теплое время года, наоборот, – для охлаждения;

– установку можно использовать, комбинируя с классическим отоплением.

Недостатки применения геотермального отопления на сельскохозяйственных предприятиях:

– большие затраты на оборудование и его монтаж;

– продолжительный срок окупаемости отопительной установки.

Расходы на установку геотермального оборудования составляют в среднем 25–35% от цены геотермальной установки. При использовании классического отопления сельскохозяйственных производственных помещений в среднем на отопление 1 м² тратится от 30 до 40 рублей, то с использованием геотермального отопления показатель снижается до13–20 рублей. В среднем, срок окупаемости такой системы отопления на предприятии будет составлять от 4 до 10 лет.

Таким образом, технико-экономическая эффективность от использования геотермальной установки на предприятиях АПК заключается в том, что мы получаем экологически чистый и безопасный для окружающей среды способ получения тепловой энергии. Внедрение возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в сельском хозяйстве позволит добиться снижения расходов на электрическую энергию, снизить расход сырья (газа). Получить систему отопления и при необходимости охлаждения.

Литература

1. Нестерова, Н.В. Основные проблемы развития агропромышленного комплекса в России [Текст] / Н.В. Нестерова, А.Н. Мануйленко, А.С. Галеженко // Проблемы и решения современной аграрной экономики: материалы XXI Международной научно-производственной конференции. – 2017. – Том 1. – С. 60.

2. Матвиенко, М.М. Альтернативные источники энергии [Текст] / Н.В. Нестерова, М.М. Матвиенко // Материалы международной студенческой конференции. – 2015. – С. 226.

3. Копп, О.А. Геотермальное отопление. Тепловые насосы [Текст] / О.А. Копп, Н.М. Семененко // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2017. – Том 1. – С. 84.

УДК 631.371

РОЛЬ СОЛНЕЧНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АПК БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ, ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

д.т.н. Н.В. Нестерова, А.Н Мануйленко, А.С. Галеженко
(ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия)

Ключевые слова: солнечная энергия, солнечный генератор, возобновляемые источники энергии (ВИЭ), «зеленый» сертификат, чистые технологии.

В статье рассматривается роль солнечных генераторов на сельскохозяйственных предприятиях Белгородской области, их особенности использования. Проанализированы характеристики и свойства установок, рассматривается вероятность использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) на предприятиях агропромышленного комплекса Белгородской области.

THE ROLE OF SOLAR GENERATORS AT ENTERPRISES AIC OF THE BELGOROD REGION, FEATURES OPERATION

Doctor of Technical Sciences N.V Nesterova,
A.N Manuylenko, A.S. Galezhenko
(FSBEI HE Belgorod SAU, s. Maiskiy, Russia)

Key words: solar energy, solar generator, renewable energy sources (RES), «green» certificate, clean technology.

The role of solar generators at agricultural enterprises of the Belgorod region, their features of use is considered in the article. The characteristics and properties of plants are analyzed, the probability of using renewable energy sources (RES) at enterprises of the agro-industrial complex of the Belgorod region is considered.

Солнечный термоэлектрический генератор – это устройство для прямого преобразования солнечной энергии в электрическую. Установка состоит из термоэлектрического генератора и системы, помогающей сконцентрировать лучистый поток.

Виды солнечных генераторов:

– фотоэлектрические преобразователи – это полупроводниковые устройства, которые прямо преобразуют энергию солнца в

электрическую энергию. Соединенные между собой солнечные элементы (СЭ) получили название «солнечные батареи»;

– гелиоэлектростанции – это установки, применяющие очень сильно концентрированное излучение солнечной энергии для осуществления работы тепловых и прочих машин, работающих от тепла, к примеру: парогенераторы, газотурбины, термоэлектрические машины и прочие;

– солнечные коллекторы – это нагревательные установки низкой температуры;

– органические батареи – это установки, осуществляющие преобразование энергии солнечных лучей (энергии солнца) в электрическую энергию благодаря генетически модифицированным клеткам, которые печатают на тонком специальном пластике с проводником.

Солнечные электрические станции имеют возможность быть подключенными к электросетям и осуществлять передачу в них произведенной электроэнергии. Также они могут использовать автономные или же резервные источники электрического питания потребителей. Электрическая энергия, произведенная в солнечном генераторе, применяется напрямую (подача в сеть) или же накапливается в специальных аккумуляторных батареях для дальнейшего использования [1].

На сегодняшний момент в России преобладают современные технологии применения солнечной энергии для преобразования в электрическую. Есть ряд предприятий и организаций, занимающихся разработкой и совершенствованием электротехнологий фотоэлектрических преобразователей: как на базе кремниевых, так и на базе многопереходных структур.

Компания ООО «Альт-Энерго» создала на хуторе Крапивенские Дворы Яковлевского района Белгородской области солнечно-энергетический парк, выполненный из поликристаллических и аморфных солнечных панелей. Солнечная электростанция мощностью 100000 Вт запущена в эксплуатацию компанией ООО «Альт-Энерго» в октябре 2010 года. Данная площадка альтернативной электрической энергии осуществляет работу на опытных образцах оборудования. ООО «Альт-Энерго» установило 1320 модулей 2-х видов: аморфные и поликристаллические, с суммарной активной поверхностью 1230,2 м^2. В ходе попадания на их поверхность солнечных лучей в установке осуществляется движение электронов и производится постоянный электрический ток, который, в свою очередь, преобразуется в переменный [2].

«Зеленый» сертификат выдается НП «Совет рынка» предприятию каждый месяц и подтверждает месячный объем выработки энергии объектами возобновляемого источника энергии (ВИЭ). Данный сертификат подтверждает то, что определенное число ватт-часов выработано благодаря ВИЭ. Исходя из сертификата, солнечная электрическая станция компании «Альт-Энерго» на хуторе Крапивенские Дворы Яковлевского района Белгородской области выработала 10050000 Вт×ч электрической энергии в сентябре 2016 года, при мощности установки 100000 Вт.

Впервые в России солнечная электростанция получила «зеленый» сертификат.

Рисунок 1 – Солнечная подстанция
Крапивенские Дворы Яковлевского района ООО «Альт-Энерго»

Параметры солнечной установки Крапивенские Дворы Яковлевского района ООО «Альт-Энерго»:

– мощность – 100000 Вт;
– площадь поликристаллических модулей – 347 м²;
– площадь аморфных модулей – 883,2 м²;
– номинальная мощность одного поликристаллического модуля находится в районе 210–215 Вт;
– номинальная мощность одного аморфного модуля составляет 50 В.

Поликристаллические модули для солнечной установки Крапивенские Дворы Яковлевского района ООО «Альт-Энерго» производит Рязанский завод металлокерамических приборов, а аморфные модули производит Венгерская компания под названием «BudaSolar».

Основными преимуществами использования солнечных станций, по сравнению с другими источниками энергии (невозобновляемыми), можно считать: экологичность (чистая технология),

экономия ресурсов для производства электрической энергии обычным способом, простота обслуживания, автономность работы, отсутствие шума, быстрый срок окупаемости и долговечность.

Стоит отметить то, что солнечные батареи осуществляют свою работу при следующих климатических условиях:

– рабочая температура – от минус 50°С до плюс 75°С;
– атмосферное давление – от 84000 до 106700 Па;
– относительная влажность – до 100%;
– интенсивность дождя – до 5–6 мм/мин.;
– снеговая и ветровая нагрузка – до 2 кПа.

Немаловажным плюсом солнечных электростанций можно считать то, что они вырабатывают электрическую энергию из энергии солнца не только в ясную и солнечную погоду, но и во время повышенной облачности и пасмурные дни, вследствие чего электрическая энергия генерируется почти ежедневно [3].

Основное условие для поддержания максимальной работоспособности солнечных панелей – это своевременно производить очистку рабочей поверхность от пыли и снега, чтобы установка получала по всей рабочей площади солнечную энергию.

Модули мощностью от 40 до 250 Вт используются в роли источника электрической энергии для систем как автономного, так и резервного электрического снабжения. Солнечные модули передают электроэнергию на аккумуляторы через контроллеры заряда.

Проведя анализ системы ВИР на примере электрической станции Крапивенские Дворы Яковлевского района ООО «Альт-Энерго», можно сделать вывод о том, что данная установка может быть использована на предприятиях агропромышленного комплекса Белгородской области.

Территория Белгородской области лежит на центральной черноземной равнине, что способствует преобладанию умеренного климата и достаточного времени солнечной активности.

Белгородская область является передовой в аграрном секторе, преобладающие предприятия – это предприятия АПК. Отличительной особенностью сельского хозяйства является то, что невозможно расположить рядом все объекты АПК, поэтому они разбросаны по всей территории области. Данное расположение негативно сказывается на нагрузках электрической сети и электрических потерях в ней. Прокладка линий электропередач до некоторых объектов АПК экономически невыгодна несмотря на всю универсальность электроэнергетики. Внедрение таких альтернативных источников энергии,

как солнечные генераторы, поможет весомо снизить эту проблему. Во время минимумов нагрузок выработанную энергию можно или запасать для будущего использования, или же продавать излишки.

Мировой опыт использования солнечных установок энергообеспечения доказал, что они рентабельны, надежны и являются основой увеличения уровня производительности электрического снабжения агропромышленного комплекса.

Использование фотоэлектрических модулей может быть достаточно эффективным для фермерских хозяйств, особенно удаленных от ЛЭП. Стоимость такой электроэнергии может быть сопоставима с электроэнергией от сети, а в дальнейшем, при повышении цен на энергоносители, будет еще меньше. Фотоэлектричество целесообразно применять для внутреннего и внешнего освещения, работы двигателей, орошения, опреснения и очистки воды, автоматического включения кормушек и многого другого, всего, что присуще сельскому хозяйству [4].

Как сказано выше, солнечная установка в ходе своей работы не потребляет топлива и не загрязняет окружающую среду. Исходя из этого, работа такой установки мощностью всего 100 кВт за 20 лет поможет сэкономить в районе 2000 тонн угля или 9000 баррелей нефти. Если провести внедрение данной технологии на многие объекты АПК Белгородской области, можно весомо снизить расход электроэнергии, снизить нагрузку на сеть и расход невозобновляемых источников энергии.

Таким образом, технико-экономическая эффективность от использования солнечных генераторов заключается в том, что мы получаем экологически чистый и безопасный для окружающей среды способ получения электрической энергии для предприятий АПК. Внедрение ВИЭ в сельском хозяйстве позволит добиться снижения расходов на электрическую энергии, снизить расход сырья (невозобновляемые источники энергии) на электростанциях и выровнять потенциал нагрузок в электрической сети, повысив ее производительность и срок службы.

Литература

1. Матвиенко, М.М. Альтернативные источники энергии [Текст] / Н.В. Нестерова, М.М. Матвиенко // Материалы международной студенческой конференции. – 2015. – С. 226.

2. Солнечные батареи [Электронный ресурс] Офиц. сайт ООО «Альт-Энерго». – Режим доступа: http://altenergo.su.

3. Безруких, П.П. Состояние и перспективы развития возобновляемой энергетики [Текст] / П.П. Безруких // Электрика. – 2008. – № 9. – С. 3–10.

4. Нестерова, Н.В. Основные проблемы развития агропромышленного комплекса в России [Текст] / Н.В. Нестерова, А.Н. Мануйленко, А.С. Галеженко // Проблемы и решения современной аграрной экономики: материалы XXI Международной научно-производственной конференции. – п. Майский, 2017. – Том 1. – С. 60–61.

УДК 621.31

МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ, НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКИХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

д.т.н. П.С. Орлов, к.ф.-м.н. В.В. Морозов,
к.ф-м.н. Н.В. Воронина, С.П. Кочкин
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия)

Ключевые слова: надежность электроснабжения, симметричная нагрузка, потери электрической энергии.

Авторы предлагают повысить пропускную способность распределительных электрических сетей, надежность электроснабжения и безопасность однофазных потребителей электрического тока устройством для симметричного распределения однофазной нагрузки по фазам трехфазной сети.

MEASURES TO IMPROVE THE EFFICIENCY, RELIABILITY AND SECURITY OF POWER SUPPLY TO RURAL CONSUMERS

Doctor of Technical Sciences P.S. Orlov,
Candidate of Physico-Mathematical Sciences V.V. Morozov,
Candidate of Physico-Mathematical Sciences N.V. Voronina,
S.P. Kochkin
(FSBEI HE Yaroslavl SAA, Yaroslavl, Russia)

Key words: reliability of power supply, symmetrical load on, losses of electric energy.

The authors propose to increase the throughput of RAS is concerning switch power electric networks, reliability of power supply and safety of single-phase consumers of electric current device for symmetrical distribution of single-phase load on phase a three-phase network.

В четырехпроводных электрических сетях 0,4 кВ России и других стран СНГ в основном используются трансформаторы со схемой соединения Y/Y_H. Это самые дешевые в изготовлении трансформаторы, они экономичны лишь при симметричной нагрузке по фазам. Реально же в сетях с большим удельным весом однофазных нагрузок (до 60% всей потребляемой электроэнергии) равномерность распределения нагрузок по фазам нарушается во времени, что ведет к резкому возрастанию потерь в трансформаторах и в сетях. Несколько лучше ситуация при применении трансформаторов со схемой соединения обмоток Y/Z_H, но такие трансформаторы значительно дороже. Потери короткого замыкания P_K трансформатора Y/Y_H зависят от величины тока в нулевом проводе и с его увеличением резко растут, что обусловлено появлением магнитных потоков нулевой последовательности Φ_0 в магнитопроводах трехфазных трансформаторов Y/Y_H, создаваемых токами небаланса $I_{НБ}$ фаз по мощности, протекающими в нулевом проводе сети. Магнитные потоки нулевой последовательности Φ_0 в магнитопроводах трехфазных трансформаторов Y/Y_H носят характер потоков рассеяния, аналогичных магнитным потокам короткого замыкания $F_{0КЗ}$, но по величине они гораздо больше, о чем свидетельствуют соотношения полных сопротивлений Z_X холостого хода и короткого замыкания $Z_{КЗ}$ трансформатора: $Z_X = (5 \div 8)\ Z_{КЗ}$.

Неизбежным последствием неравномерности нагрузок фаз в сетях с трансформаторами Y/Y_H является резкое искажение фазных напряжений (смещение нуля) в сетях 6, 10 кВ и, как результат, – увеличение потерь в линиях 0,4 кВ. Для снижения несимметрии завышают установленную мощность трансформаторов Y/Y_H, но это резко повышает уровень потерь электрической энергии в сети. Токи нулевой последовательности при несимметрии нагрузки в магнитной системе трансформатора Y/Y_H создают магнитные потоки нулевой последовательности, замыкающиеся через бак, дно и крышку, разогревают их вихревыми токами, ухудшая охлаждение

активной части (магнитной системы трансформатора) и повышая температуру изоляции обмоток, и трансформатор (при суммарной нагрузке ниже номинальной) оказывается перегруженным по одной или двум фазам, снижая свою пропускную способность и пропускную способность сети [1, 2].

До настоящего времени практически единственным способом обеспечения симметричной загрузки трехфазных трех- четырех- и пятипроводных сетей (три фазы – ноль и 3 фазы – ноль и защитный проводник) переменного тока напряжением до 1000 В (и трехфазных силовых трансформаторов того же напряжения) на вторичной обмотке равномерной нагрузкой по фазам, при наличии в сетях однофазных потребителей, является как можно более равномерное (по потребляемой мощности) физическое подключение нагрузки к фазам трехфазной сети (симметричное распределение нагрузки по фазам). Этот прием тем не менее не обеспечивает постоянной (хотя бы примерной) симметрии нагрузки ни сетей, ни силовых трансформаторов как из-за различной потребляемой мощности однофазных потребителей, так и из-за несовпадения графиков их нагрузки по фазам во времени, что влечет за собой снижение пропускной способности силовых сетей и трансформаторов, повышение потерь в сети вследствие протекания тока по нулевому проводу, снижение надежности электроснабжения потребителей из-за возможной перегрузки одной из фаз и ее отключения защитой. Для обеспечения требуемого напряжения в каждой из фаз сети традиционно используются однофазные и трехфазные стабилизаторы напряжения: феррорезонансные, автотрансформаторные, с вольтдобавочными автотрансформаторами.

На сегодняшний день характер электрической нагрузки социально-бытового сектора однофазный и нелинейный. До 50% промышленно-индустриального сектора составляет нелинейная нагрузка. Распределительные сети и силовые трансформаторы нагружены асимметрично, что приводит к дополнительным потерям электроэнергии в сетях и в силовых трансформаторах. При искажении формы тока возникают дополнительные потери на нагрев проводников и обмоток и металлоконструкций трансформаторов. При 100% искажении формы тока пропусканная способность трансформатора падает на 55%, растут потери в измерительных трансформаторах, приборах учета тока и напряжения, нарушая работу релейной автоматики. В нулевых проводниках появляются

токи нулевой последовательности, достигающие и превышающие значения фазных токов, приводящих к «отгоранию» нулевого провода и возгоранию электропроводки [3].

Несимметричные и импульсные нагрузки приводят к искажениям синусоидальности, что требует учета этого фактора и наряду с энергетическими показателями полной S, активной P и реактивной Q мощностями (Q – мощность Фризе) вводятся реактивноподобные показатели «асимметричности» DAC и «импульсности» DИ нагрузки, учитываемые суммарным показателем нелинейных нагрузок реактивноподбной мощностью искажений – мощностью Буденау: $D^2_В = (| D^2_{АС} + D^2_И |)^2 = U^2 \times I^2_Б$; $S^2 = P^2 + Q^2 + D^2_В$ [4].

В сети появляется избыточная реактивная мощность, нагружающая генераторы (для поддержания номинального напряжения сети) и создающая дополнительные потери в сетях.

Общая оценка потерь электроэнергии в РФ достигает 15–20%. В целом по стране это составляет 100–2000 млрд кВт. час – примерно 20–25 ГВт электрической установленной мощности.

В США с конца 60-х годов XX в. введены жесткие ограничения на уровень искажения синусоидальности тока потребителями: при искажениях от 5 до 10% растет стоимость электроэнергии, при искажениях более 10% увеличение стоимости разоряет (!!!) потребителя [3].

Промышленность выпускает однофазные столбовые трансформаторные подстанции мощностью до 50 кВт. Трансформаторов такой мощности достаточно для электроснабжения маломощных потребителей, объектов сельскохозяйственного производства, общественных учреждений и потребителей коммунально-бытового сектора. Широко используются однофазные трансформаторы и для питания потребителей железных дорог.

Сеть низкого напряжения может быть выполнена в 4-х вариантах. Два однофазных трансформатора осуществляют электроснабжение как однофазных (стандартное включение однофазных трансформаторов), так и трехфазных симметричных потребителей (рисунок 1А), питающихся от трехфазной трехпроводной системы (3 линейных напряжения по 220 В). 3 однофазных трансформатора позволяют дать трехфазную 4-х (и 5-ти) проводную системы 380/220 В, позволяющую питать и однофазные, и двухфазные, и трехфазные нагрузки (рисунок 1В).

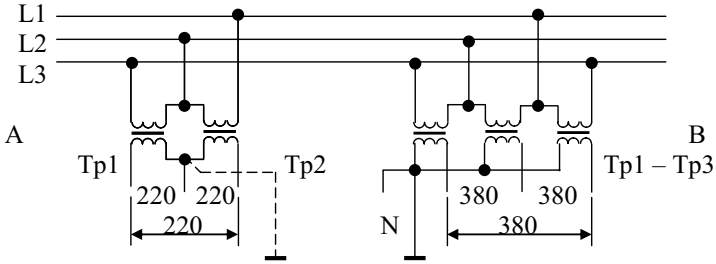


Рисунок 1 – Питание трехфазной сети низкого напряжения однофазными трансформаторами

Электроснабжение трехфазных потребителей можно осуществить и через преобразователь числа фаз (электромашинный, статический, полупроводниковый).

Подключение однофазной нагрузки к линии 10 кВ приводит к изменению величины линейных напряжений, оцениваемой коэффициентом несимметрии напряжений обратной последовательности K_{2U}.

Напряжение обратной последовательности нарушает оптимальные режимы работы электрооборудования: токи обратной последовательности вызывают дополнительный разогрев асинхронных электродвигателей, создают обратный вращающий момент, повышая скольжение ротора, снижают скорость вращения ротора асинхронных машин. Снижение числа оборотов ротора машины уменьшает крутящий момент на валу машины и ее производительность. Падение числа оборотов ротора (рост скольжения) сопровождается увеличением тока через электродвигатель и потреблением реактивной мощности, приводящим к снижению напряжения на зажимах машины. Описанные негативные явления ведут к перегреву электрических машин и сокращают срок их службы.

В связи с введенными ограничениями на несимметрию напряжений определена зависимость допустимого сопротивления питающей линии в зависимости от мощности однофазной нагрузки. В протяженных сетях несимметрия напряжений может выйти за нормированные значения: при однофазной нагрузке 100 кВ·А допустимая длина линии, выполненная проводом АС-79/11, составляет не более 39,5 км. При двухфазной нагрузке $S_{НАБ}$ = 100 кВ·А, $S_{НВС}$ = 10 кВ·А, Cos $\varphi_{НВС}$ = 0,9 длина линии не должна превышать 44,2 км.

Потребитель, запитанный от однофазного трансформатора, может питаться от двухпроводной сети с фазным и нулевым глухозаземленным рабочим проводником (рисунок 2А), которая не может считаться безопасной: в случае прикосновения к электропроводному корпусу электроприемника (при замыкании фазы на корпус) ток через человека превышает напряжение отпускания.

Трехпроводная сеть с фазным и нулевыми рабочим и защитным проводниками (рисунок 2В) напряжением 0,24 кВ считается безопасной, поскольку принципиально возможна установка дополнительного средства защиты от поражения электрическим током быстродействующим УЗО.

Рисунок 2 – Сети однофазного тока с глухим заземлением «нейтрали»

Двухпроводная изолированная сеть с двумя фазными проводниками, один из которых соединен с заземляющим устройством через пробивной предохранитель FV (рисунок 3А), безопасна для человека при условии, что емкость проводов относительно земли не превышает критического значения. Для ВЛ напряжением 0,24 кВ, выполненной проводом А-35, критическое значение достигается при длине линии 5,5 км.

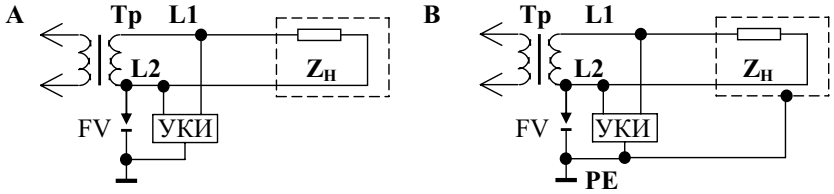


Рисунок 3 – Изолированные сети однофазного тока

Трехпроводная электрическая сеть с двумя фазами и с нулевым защитным проводником (рисунок 3В) может считаться безопасной только в случае наличия защитного отключения при замыкании

второго проводника на землю (или при двойном замыкании на землю) [5].

Парк асинхронных машин в сельском хозяйстве РФ, по данным 2003 года, составлял до 10 млн единиц.

Современное состояние парка асинхронного электропривода выдвигает ряд технико-экономических и научных проблем, связанных с моральным старением и физическим износом парка электрооборудования, обеспечивающего электропривод в сельскохозяйственном производстве, несоответствием его структуры условиям эксплуатации, высоким уровнем потерь электроэнергии в сельском хозяйстве РФ, низким качеством диагностики и ремонта электродвигателей. Следствие этого – высокий расход сельскохозяйственных предприятий на оплату электрической энергии, внеплановые ремонты и замену асинхронных машин, компенсацию затрат, связанных с простоем технологического оборудования.

Основные причины потерь электроэнергии и преждевременного выхода из строя асинхронных электродвигателей – несимметричные режимы их работы, прежде всего из-за несимметричных режимов работы электрических сетей, характерных для большинства сетей, питающих сельскохозяйственные предприятия. Это вызвано и физическим износом электродвигателей, малой мощностью длинных сельских электрических сетей, распространением неполнофазнных режимов трехфазных электродвигателей и широким применением электродвигателей, питающихся от однофазной сети.

Прямые потери электроэнергии сельского хозяйства РФ в связи с несимметричными режимами составляют около 1 млрд кВт часов в год. Несимметричные режимы способствуют выходу из строя асинхронных электродвигателей. При допустимом (в соответствии с ГОСТ 13109-97) значении действующего постоянно напряжения симметричных составляющих обратной последовательности в 4% срок безаварийной эксплуатации электродвигателей сокращается наполовину. Вместе с тем нередки случаи, когда на сельскохозяйственных предприятиях симметричные составляющие обратной последовательности достигают 15–20%. Положение усугубляется тем, что 93% асинхронных электродвигателей сельскохозяйственного парка составляют электродвигатели общего назначения, не приспособленные и не предназначенные для эксплуатации в условиях сельскохозяйственного производства. Средний ущерб от отказа одного электродвигателя в сельском хозяйстве оценивается в

8,2 тыс. рублей. Принимая во внимание ежегодный выход из строя до 20% парка асинхронных машин, сумма ущерба от несимметричных режимов в масштабе РФ составляет свыше 15 млрд рублей в год. Ухудшает эту картину то, что послеремонтные показатели симметрии обмоток асинхронных машин ниже новых.

Парк электродвигателей в сельском хозяйстве на 78% укомплектован морально устаревшими двигателями серий А2, А02, А4А. 93% асинхронных машин не предназначены для эксплуатации в условиях сельского хозяйства. Способствуют физическому износу наличие агрессивной внешней среды (газов, резких суточных и сезонных колебаний температуры и влажности воздуха), низкое качество электроэнергии длинных и маломощных «сельских» электрических сетей, широкое распространение однофазных и нелинейных нагрузок, частые переходные процессы, низкое качество ремонта и обслуживания электродвигателей, удаленность ремонтных баз, неукомплектованность их современным диагностическим и испытательным оборудованием.

Все это способствует высокому уровню потерь электрической энергии, интенсивному износу и выходу из строя электрических машин. В настоящее время износ электрооборудования перерабатывающих предприятий агропромышленного комплекса превышает 50%, а животноводческих ферм – достигает 85%. Ежегодно в АПК выходит из строя до 38,5% парка асинхронных машин, направляется в ремонт 20% электродвигателей [6].

Авторы предлагают повысить пропускную способность распределительных электрических сетей, надежность электроснабжения и безопасность однофазных потребителей электрического тока устройством для симметричного распределения однофазной нагрузки по фазам трехфазной сети, представляющем собой трехфазный разделительный одно- или многообмоточный (во вторичной цепи) трансформатор потребителя, каждая из вторичных обмоток которого имеет независимые от основной обмотки дополнительные витки, предназначенные для компенсации падения напряжения на линии, а каждый из потребителей многообмоточного разделительного трансформатора запитан от своей или от общей (для однообмоточного трансформатора) вторичной обмотки, в которой линия каждого потребителя запитана от трех фазных катушек трансформатора, соединенных последовательно, любые две из которых включены согласованно, а третья – встречно (рисунок 4) [7, 8, 9].

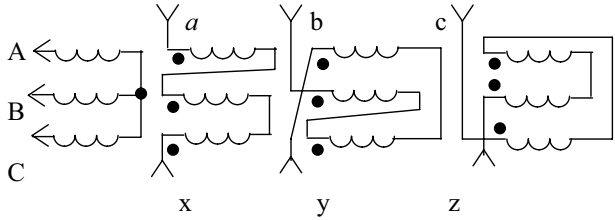


Рисунок 4 – Устройство для симметричного распределения однофазной нагрузки

Включение трех фазных катушек каждой вторичной обмотки трансформатора последовательно, любые две из которых включены согласованно, а третья – встречно, позволяет получить однофазное переменное напряжение с равномерно распределенной нагрузкой по фазам трехфазной сети и обеспечивает абсолютную симметрию нагрузки линии и трансформатора подстанции независимо от того, отбирает однофазную нагрузку один или несколько потребителей, или все потребители одновременно потребляют различную мощность.

Симметричная нагрузка линии и трансформатора подстанции позволяет увеличить пропускную способность электрической сети при пиках нагрузки, исключить перегрузку одной из фаз и предотвратить протекание тока по нулевому проводу, что позволит обеспечить повышение надежности всех защитных мероприятий, так как в принципе защищает сеть от «отгорания» нулевого провода.

Наличие у каждой из вторичных обмоток независимых от основных обмоток дополнительных витков позволяет получить 3 ступени регулирования напряжения вверх и при необходимости 3 – вниз, что повышает качество электроснабжения.

Питание каждого из потребителей от своей обмотки многообмоточного трансформатора полностью исключает гальваническую связь с другими электропотребителями, повышает качество и безопасность электроснабжения.

Питание потребителя через разделительный трансформатор обеспечивает гальваническую развязку потребителя от внешней мощной сети и повышает безопасность электроснабжения.

Симметричная нагрузка по фазам исключает перекос фаз и появление симметричных составляющих обратной последовательности и появление обратного крутящего момента у асинхронных машин.

Питание каждой однофазной обмотки одновременно от трех фаз позволяет получить одинаковый угол сдвига тока по всем фазам, снизит расходы на приборы учета потребления электрической энергии, повысит точность учета и упростит расчеты за электрическую энергию

Питание однофазной обмотки одновременно от трех фаз позволяет при исчезновении напряжения на любой из фаз обеспечить электроснабжение от оставшихся двух фаз, включенных встречно друг к другу, на уровне 0,95 номинального напряжения сети при числе дополнительных витков, составляющих 10% от числа витков обмотки, что повышает качество и надежность электроснабжения потребителя электрической энергии.

В этом случае появление тока в нулевом проводе свидетельствует либо об аварийной ситуации, либо о наличии у потребителя импульсной нагрузки (тоже «аварийная» ситуация).

Исключения тока в нулевом проводе добиваются установкой фильтров высших гармоник. Наиболее эффективны в этом случае активные фильтры. Разделительный трансформатор потребителя также является заградительным фильтром, предохраняющим сеть от импульсных нагрузок.

Для защиты микропроцессорных устройств, критичных к высоковольтным импульсным помехам, которые приводят к сбою их работы, к пробою электроники и выводу ее из строя, разработан способ защиты входов операционных усилителей от перегрузок [10].

Предложения авторов повышают надежность электроснабжения, снижают потери в распределительных сетях и электротравматизм, исключают перекос фаз, перегрев и «отгорание» нулевого провода, симметрируют работу трансформаторов, повышают нагрузки на оборудование электрических сетей, снижают потери в сетях, облегчают учет расходуемой электроэнергии, снижают опасность электротравматизма (прежде всего, однофазных потребителей) из-за наличия гальванической развязки между мощными питающими сетями и маломощным потребителем. Питание каждого из однофазных потребителей от своих обмоток приводит к созданию у него сети с изолированной нейтралью, более безопасной в эксплуатации.

Предлагаемые мероприятия одновременно позволят повысить надежность устройств защитного отключения, которые еще далеки от совершенства, капризны в наладке и ненадежны в работе [11].

Актуальность задачи вытекает из масштаба потерь электрической энергии; социальных потерь вследствие повышенного травматизма в электроэнергетике.

Питание каждого из потребителей от своей обмотки многообмоточного трансформатора полностью исключает гальваническую связь с другими электропотребителями, повышает качество и безопасность электроснабжения.

Питание потребителя через разделительный трансформатор обеспечивает гальваническую развязку потребителя от внешней мощной сети и повышает безопасность электроснабжения. В этом случае появление тока в нулевом проводе свидетельствует либо об аварийной ситуации, либо о наличии у потребителя импульсной нагрузки.

Каждая из трех вторичных обмоток фазы генерирует 110 В, а их последовательное соединение обеспечивает на зажимах трансформатора фазное напряжение 220 В при условии включения каждой третьей обмотки фазы встречно по отношению к двум другим обмоткам. Независимо от нагрузок любой из фаз сеть и генератор всегда будут загружены равномерно по фазам, обеспечивая наиболее благоприятные условия работы генератора.

Питание однофазных потребителей сохраняется даже после обрыва одной из фаз линии простым переключением обмоток: при исчезновении напряжения любой из фаз обеспечение электроснабжения от оставшихся двух фаз на уровне 0,95 номинального напряжения сети добиваются при числе дополнительных витков каждой из катушек трансформатора, составляющих 10% от числа витков обмотки, что повышает качество и надежность электроснабжения однофазного потребителя электрической энергии (хотя и без равномерного распределения нагрузки по фазам и нарушении углов сдвига между фазами).

Учитывая неразрывность магнитных потоков в магнитопроводе трансформатора, появляется возможность восстановления трехфазного напряжения у трехфазного потребителя даже при обрыве одного (любого) фазного проводника сети между генератором и трансформатором, повышая надежность и бесперебойность электроснабжения потребителей в аварийных режимах (при несимметричной нагрузке по фазам при соблюдении стандартных значений углов сдвига между фазами), переключением вторичных обмоток трансформатора (рисунок 5) при наличии в схеме устройства вольтдобавочных обмоток.

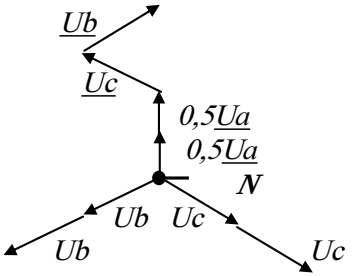


Рисунок 5 – Векторная диаграмма напряжений вторичных обмоток трансформатора с восстановленным вторичным напряжением оборванной фазы

Литература

1. Сердешнов, А. Симметрирующее устройство для трансформаторов – средство стабилизации напряжения и снижения потерь в сетях 0,4 кВ [Текст] / А. Сердешнов, И. Протосвицкий, Ю. Леус, П. Шумра // Новости электротехники. – 2005. – № 3 (81). – С. 1–5.

2. Рембалович, Г.К. Повышение надежности технических систем в сельском хозяйстве на основе оценки качества технического обслуживания, ремонта и диагностирования [Текст] / Г.К. Рембалович, В.В. Акимов, А.О. Большаков, А.В. Старунский // Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве: Материалы 68-й МНПК 26–27 апреля 2017 года. – Рязань: Изд-во Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, 2017. – Часть 2. – С. 260–264.

3. Яковлев, Г.Н. Неотложные меры по снижению потерь электроэнергии у потребителя [Текст] / Г.Н. Яковлев // Сборник материалов III Ярославского энергетического форума (4–6 декабря 2012 г.). – Ярославль, 2012. – С. 208–209.

4. Цицикян, Г.Н. Качество электроэнергии и смежные вопросы [Текст] / Г.Н. Цицикян. – СПб.: Элмор, 2011. – 176 с.

5. Шагиморданов, Д.Э. Разработка трехфазно-однофазной сети для электроснабжения сельских потребителей [Текст] / Д.Э. Шагиморданов. – Кострома: ФГБОУ ВПО «Костромская ГСХА», 2014. – 20 с.

6. Курилин, С.П. Развитие теории несимметричных режимов и энергетических процессов асинхронных двигателей сельскохозяйственных электроустановок [Текст] / С.П. Курилин; ГОУ ВПО «МЭИ ТУ». – Москва – Смоленск. – 44 с.

7. Устройство для симметричного распределения однофазной нагрузки по фазам трехфазной сети [Текст]: патент 2506676 Рос. Федерация: МПКН02J 3/00 (2006.01) / Орлов П.С., Голдобина Л.А., Шкрабак В.С., Казиловка Н.Р., С.П. Орлов; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Ярославская государственная сельскохозяйственная академия. – 2012115381/07; заявл. 17.04.2012; опубл. 10.02.2014, Бюл. № 4.

8. Орлов, П.С. Трехфазный трехобмоточный трансформатор, предназначенный для симметричного распределения нагрузки по фазам трехфазной сети [Текст] / П.С. Орлов, В.В. Морозов, С.П. Кочкин. – Решение о выдаче патента РФ.

9. Томаков, М.В. Санитарно-бытовое обслуживание, организация труда и отдыха работников на строительных площадках [Текст] / М.В. Томаков, В.И. Томаков, Р.И. Сафронов, Ю.М. Казакова, М.В. Писарев // Известия Юго-Западного государственного университета. – № 3 (54). – 2014. – С. 69–76.

10. Способ защиты входа операционного усилителя от перегрузок [Текст]: патент 2489799 Рос. Федерация: МПКН03F 1/54 / Орлов П.С., Шабров С.Е., Степанов А.С.: заявитель и патентообладатель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Ярославская государственная сельскохозяйственная академия. – № 2010146517/07; заявл. 15.11.2010; опубликовано: 10.08.2013, Бюл. № 22.

11. Монаков, В.К. УЗО. Теория и практика [Текст] / В.К. Монаков. – М.: Энергосервис, 2007. – 368 с.

УДК 644.36

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛЯ КОРОННОГО РАЗРЯДА И СВЕТОДИОДНОГО ДОСВЕЧИВАНИЯ ДЛЯ СОКРАЩЕНИЯ СРОКОВ ВЕГЕТАЦИИ ЛУКОВИЧНЫХ ЦВЕТОЧНЫХ КУЛЬТУР В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ

Е.В. Соцкая
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия)

Ключевые слова: светодиоды, поле коронного разряда, луковичные цветочные культуры, фитолюминесцентные лампы, люминесцентные лампы, защищенный грунт.

В статье рассматривается способ выгонки цветочных луковичных культур с применением поля коронного разряда и светодиодного досвечивания при помощи разработанного устройства для выращивания луковичных цветочных культур в защищенном грунте. Анализируются полученные данные исследуемых объектах.

RATIONALE FOR THE APPLICATION OF THE CORONARY DISCHARGE FIELD AND LED STREAMING TO REDUCE THE VEGETATION OF VOLUNTARY FLORAL CROPS IN THE PROTECTED GROUND

E.V. Sotskaya
(FSBEI HE Yaroslavl SAA, Yaroslavl, Russia)

Key words: light-emitting diodes, corona discharge, bulbous flower crops, phytoluminescent lamps, fluorescent lamps, protected ground.

The article considers a method of forcing flower onion crops with the use of a corona discharge field and LED lightening by means of a developed device for growing bulbous flower crops in a sheltered soil. The obtained data of the investigated objects are analyzed.

В области применения конструктивных особенностей характеристик светодиодов, параметров их досвечивания проводилось достаточно большое количество исследований. А.В. Соколов в своей работе рассматривает обоснование параметров и разработку широкополосной системы освещения растений в защищенном грунте с резонансным электропитанием [1]. А.Н. Ерохин проводил исследование по оптимизации системы освещения растений для конвейерной цилиндрической салатной оранжереи как компонента СЖО пилотируемого космического корабля [2]. Айхайти Исыхакэфу изучал метод многоэтапного контроля качества светодиодных осветительных приборов на основе исследования их характеристик [3]. С.Г. Никифоров рассматривал разработку методик контроля деградации характеристик светодиодов на основе твердых растворов AlGaInP и AlGaInN [4]. С.А. Тарасов исследовал физико-технологические основы создания светоизлучающих и фотоприемных твердотельных приборов с заданными спектрально-энергетическими характеристиками [5]. А.В. Феопентов

предложил фотолюминесцентный преобразователь в эффективных светодиодах белого цвета излучения [6].

Методика

Для сокращения сроков вегетации цветочных луковичных культур в защищенном грунте нами разработано лабораторное устройство, позволяющее одновременно воздействовать на растения полем коронного разряда и светодиодным досвечиванием (рисунок1). Устройство состоит из: рамки с коронирующими электродами, осадительных электродов – заземляющих пластин, регулировочного винта для опускания и поднимания рамки с коронирующими электродами, боксов с грунтом, разделяющей стенки из диэлектрика, светодиодного светильника LED-M80-20W/SP/E27/CL ALS55WH. Для сравнения результатов исследований в экспериментальном устройстве находятся фитолюминесцентные лампы OSRAM L36W/77 и люминесцентные лампы Philips TL-D 36 W/54-765 4H.

Рисунок 1 – Устройство для выращивания цветочных луковичных культур в защищенном грунте

В эксперименте изучаются процессы вегетативного периода от первоначальных всходов ростков до развития, закладки листьев, бутонизации, формирования цветоносной розетки, появления окололуковичных деток. Делаются замеры параметров каждого этапа роста растения. Контролируется уровень освещенности при помощи специального прибора – Light meter-CEM DT-1300 (рисунок 2).

Рисунок 2 – Light meter-CEM DT-1300

Результаты

Экспериментальные исследования с использованием луковиц гиацинтов и тюльпанов начаты 27 февраля 2017 года. По итогам проведенных замеров выявлены основные параметральные характеристики развития растений (таблица 1).

Таблица 1 – Основные показатели луковичных цветочных культур: гиацинтов и тюльпанов – на момент цветения (30 марта 2017 г.)

Название цветка	Экспериментальная ячейка со светодиодными лампами LED-M80-20W/SP/E27/CL ALS55WH				Экспериментальная ячейка с фитолюминесцентными лампами OSRAM L36W/77				Контрольная ячейка с люминесцентными лампами Philips TL-D 36 W/54-765 4H			
	Площадь самого большого листа S, см^2	Длина листьев, см	Ширина листьев, см	Высота цветка, см	Площадь самого большого листа S, см^2	Длина листьев, см	Ширина листьев, см	Высота цветка, см	Площадь самого большого листа S, см^2	Длина листьев, см	Ширина листьев, см	Высота цветка, см
Гиацинт «Блю фестивал»	19,6	4–8	1–3,5	10	27,3	10–13	1,7–3	13	27,1	11–15,5	1–2,5	18
Гиацинт «Ян Босс»	42	12–20	1–3	22	18,9	8–9	1,7–23	16	луковица не дала росток			

Продолжение таблицы 1

Название цветка	Экспериментальная ячейка со светодиодными лампами LED-M80-20W/SP/E27/CL ALS55WH				Экспериментальная ячейка с фитолюминесцентными лампами OSRAM L36W/77				Контрольная ячейка с люминесцентными лампами Philips TL-D 36 W/54-765 4H			
	Площадь самого большого листа S, см^2	Длина листьев, см	Ширина листьев, см	Высота цветка, см	Площадь самого большого листа S, см^2	Длина листьев, см	Ширина листьев, см	Высота цветка, см	Площадь самого большого листа S, см^2	Длина листьев, см	Ширина листьев, см	Высота цветка, см
Гиацинт «Карнеги»	28	9–16	2–3,5	12	25,2	6–12	2,5–3	9	луковица не дала росток			
Тюльпан «Ван Эйк»	58,8	12–14	5–6	нет бутона	31,5	7–7,5	5–6	нет бутона	57,8	13–14	4–5,5	нет бутона

а)

б)

в)

Рисунок 3 – Развитие и цветение луковичных цветочных культур на примере гиацинта сорта «Блю фестивал»:
а) экспериментальная ячейка с полем коронного разряда и светодиодным досвечиванием при помощи ламп LED-M80-20W/SP/E27/CL ALS55WH;
б) контрольная ячейка с люминесцентными лампами Philips TL-D 36 W/54-765 4H; в) экспериментальная ячейка с полем коронного разряда и фитолюминесцентными лампами OSRAM L36W/77

Экспериментальные исследования с использованием восьми луковиц лилий сортов «Аэлита», «Голден Стоун» и «Жиронде» начаты 24.04.2017 г. Проведено сравнение развития лилий сорта «Жиронде» и «Аэлита» в контрольной ячейке с люминесцентными лампами Philips TL-D 36 W/54-765 4H и экспериментальной ячейке со светодиодными лампами для растений LED-M80-20W/SP/E27/CL ALS55WH. В ходе эксперимента было посажено 4 луковицы сортовых лилий, по две в каждую ячейку. Измерение высоты всходов лилий представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Высота всходов лилий, см

Даты измерений	Контрольная ячейка с люминесцентными лампами Philips TL-D 36 W/54-765 4H		Экспериментальная ячейка со светодиодными лампами для растений LED-M80-20W/SP/E27/CL ALS55WH	
	лилия «Жиронде»	лилия «Аэлита»	лилия «Жиронде»	лилия «Аэлита»
24.04.2017	Посадка в защищенный грунт			
26.04.2017	4,5	8	8,5	10,5
28.04.2017	6	10	13	9
02.05.2017	10	16	19	11
05.05.2017	14,5	20	22	13
10.05.2017	20	31	34	18
12.05.2017	21	33	36	19
15.05.2017	22,5	35,5	37	21
17.05.2017	23,5	37,5	39,5	24

Согласно полученным результатам лилии сорта «Жиронде» и «Аэлита» произрастали активнее в экспериментальной ячейке, чем в контрольной.

Также проведено сравнение развития лилий сорта «Голден Стоун» и «Аэлита» в контрольной ячейке с фитолюминесцентными лампами OSRAM L36W/77 и экспериментальной ячейке со светодиодными лампами PPG PAR38 Agro 15WIP54 E27 185-240V JC1216. В ходе эксперимента было посажено 4 луковицы сортовых лилий, по две в каждую ячейку. Измерение высоты всходов лилий представлено в таблице 3.

Таблица 3 – Высота всходов лилий, см

Даты измерений	Экспериментальная ячейка со светодиодными лампами PPG PAR38 Agro 15WIP54 E27 185-240V JC1216		Контрольная ячейка с фитолюминесцентными лампами OSRAM L36W/77	
	лилия «Голден Стоун»	лилия «Аэлита»	лилия «Голден Стоун»	лилия «Аэлита»
24.04.2017	Посадка в защищенный грунт			
26.04.2017	9,5	8	7,5	6,5
28.04.2017	12	10	8	10
02.05.2017	21	15	11	12
05.05.2017	27	20	15	15
10.05.2017	39	30	34	25
12.05.2017	40	31	36	27
15.05.2017	42	33	41	31
17.05.2017	46	35	44,5	34

Результаты показали, что лилии сорта «Голден Стоун» произрастали активнее в экспериментальной ячейке, чем в контрольной. Лилии сорта «Аэлита» также развивались динамичнее в экспериментальной ячейке.

Длительность экспериментальных исследований над лилиями в защищенном грунте продолжалась с 24.04.2017 по 19.05.2017 г. и составила 26 дней. Высадка в открытый грунт осуществлена 19.05.2017 г. при температурном режиме воздуха +18°С.

Согласно проведенным наблюдениям, лилии сорта «Жиронде» из экспериментальной ячейки со светодиодными лампами для растений LED-M80-20W/SP/E27/CL ALS55WH дали лучший результат, расцвели первыми из всех остальных лилий, подвергшихся эксперименту. Необходимо отметить, что данная лилия имела раздвоение ростков и одинаковое развитие черенков с соцветиями (рисунок 4).

Рисунок 4 – Лилия сорта «Жиронде»

Лилия сорта «Голден Стоун» расцвела только из экспериментальной ячейки со светодиодными лампами PPG PAR38 Agro 15WIP54 E27 185-240V JC1216 и имела пять полноценно развитых соцветий (рисунок 5).

Рисунок 5 – Лилия сорта «Голден Стоун»

Лилия сорта «Аэлита» расцвела только из экспериментальной ячейки со светодиодными лампами PPG PAR38 Agro 15WIP54 E27 185-240V JC1216 и имела четыре полноценно развитых соцветия (рисунок 6).

Рисунок 6 – Лилия сорта «Аэлита»

Выводы

В результате проведенного исследования установлено, что луковичные цветочные растения – гиацинты, посаженные в экспе-

риментальной ячейке, под воздействием светодиодного досвечивания и поля коронного разряда развивались более продуктивно, чем аналогичные луковичные цветочные растения в остальных ячейках. Применение светодиодного досвечивания и поля коронного разряда, а также применение фитолюминесцентного и люминесцентного досвечивания при выгонке луковиц тюльпанов оказалось неэффективным из-за отсутствия цветения. Положительный результат светодиодного досвечивания и одновременной обработки полем коронного разряда также показали проведенные эксперименты над луковицами сортовых лилий. Цветение отличалось яркостью, красочными тонами, стойкостью к различного рода воздействиям со стороны окружающей среды: дождей, насекомых, вредоносных болезней.

Литература

1. Соколов, А.В. Обоснование параметров и разработка широкополосной системы освещения растений в защищенном грунте с резонансным электропитанием [Текст]: дис. … канд. техн. наук / А.В. Соколов. – М., 2015. – 139 с.

2. Ерохин, А.Н. Оптимизация системы освещения растений для конвейерной цилиндрической салатной оранжереи как компонента СЖО пилотируемого космического корабля [Текст]: дис. … канд. техн. наук / А.Н. Ерохин. – М., 2015. – 120 с.

3. Исыхакэфу Айхайти Метод многоэтапного контроля качества светодиодных осветительных приборов на основе исследования их характеристик [Текст]: дис. … канд. техн. наук / Айхайти Исыхакэфу. – Казань, 2016. – 168 с.

4. Никифоров, С.Г. Разработка методик контроля деградации характеристик светодиодов на основе твердых растворов AlGaInP и AlGaInN [Текст]: дис. … канд. техн. наук / С.Г. Никифоров. – М., 2006. – 224 с.

5. Тарасов, С.А. Физико-технологические основы создания светоизлучающих и фотоприемных твердотельных приборов с заданными спектрально-энергетическими характеристиками [Текст]: дис. … докт. техн. наук / С.А. Тарасов. – М., 2016. – 326 с.

6. Феопентов, А.В. Фотолюминесцентный преобразователь в эффективных светодиодах белого цвета излучения [Текст]: дис. … канд. техн. наук / А.В. Феопентов. – СПб., 2011. – 120 с.

УДК 631.371:621.311.4

К ВОПРОСУ ЭКСПЛУАТАЦИИ РАЗЪЕДИНИТЕЛЕЙ В СЕТЯХ 6–10 КВ

Д.Н. Тришин, д.т.н С.В. Вендин
(ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия)

Ключевые слова: разъединители, распределительные сети, эксплуатация.

В статье рассмотрены конструктивные особенности, недостатки эксплуатируемых разъединителей 6–10 кВ и возможная модернизация в АПК.

TO THE QUESTION OF OPERATION OF DISCONNECTORS IN NETWORKS 6–10 KB

D.N. Trishin, Doctor of Technical Sciences S.V. Vendin
(FSBEI HE Belgorod SAU, s. Maiskiy, Russia)

Key words: disconnectors, distribution networks, operation.

The article considers design features, disadvantages of operated 6–10 kV disconnectors and possible modernization in the agroindustrial complex.

Разъединители – аппараты, предназначенные для включения и отключения участков электрических цепей под напряжением при отсутствии нагрузочного тока. Они применяются во всех высоковольтных установках для обеспечения видимого разрыва при отключении какого-либо участка цепи, а также для производства переключений и набора нужной схемы. Все операции с разъединителями, как правило, выполняются при обесточенных [1, 2]. Кроме того, разъединители наружной установки рассчитываются на возможность разрыва посредством их ножей зарядных токов воздушных и кабельных линий, а также токов холостого хода силовых трансформаторов и токов небольших нагрузок; поэтому их контакты часто снабжаются дугогасительными рогами. Отличительной чертой разъединителей, а также отделителей и короткозамыкателей в сравнении с выключателями является отсутствие дугогасительных устройств.

Разъединители строятся для внутренней и для наружной установки на всю шкалу токов и напряжений. Они могут выполняться

как трехполюсными на общей раме (обычно при напряжениях до 35 кВ), так и однополюсными при более высоких напряжениях. Последнее обусловлено тем, что при напряжениях свыше 35 кВ полюс разъединителя независимо от разнообразия конструкций состоит из неподвижного и подвижного (ножа) контактов, укрепленных на соответствующих изоляторах, опорной плиты или рамы и привода [3].

Основным элементом разъединителя являются его контакты. Они должны надежно работать при номинальном режиме, а также при перегрузках и сквозных токах короткого замыкания. В разъединителях применяют высокие контактные нажатия. При больших токах контакты выполняют из нескольких (до восьми) параллельных пластин. Применяют пластины прямоугольного, швеллерного и круглого сечений. Для обеспечения высокой электродинамической устойчивости широко используют электромагнитные и электродинамические компенсаторы (часто говорят «замки») [4].

Разъединители могут иметь приводы: ручной – оперативную штангу, рычажный или штурвальный; и двигательный – электрический, пневматический или гидравлический. Во избежание ошибочных действий, т. е. размыкания под током, что может привести к крупным авариям и несчастным случаям, разъединитель всегда блокируется с выключателем. Блокировка допускает оперирование разъединителем только при отключенном выключателе. По исполнению блокировка может быть механической, механически-замковой, электромагнитно-замковой или другой.

Большое внимание следует уделять технике выполнения операций с разъединителями. В распределительных устройствах операции по отключению и включению разъединителей присоединения, имеющего в своей цепи выключатель, должны выполняться после проверки отключенного положения выключателя на месте его установки.

Прежде чем отключить или включить разъединители, необходимо произвести их внешний осмотр. Разъединители, приводы и блокирующие устройства не должны иметь повреждений, препятствующих выполнению операций. Особое внимание должно быть обращено на отсутствие шунтирующих разъединители перемычек. В случае обнаружения тех или иных дефектов операции с разъединителями под напряжением должны выполняться с большой осторожностью и только с разрешения лица, отдавшего распоряжение

о переключении. Запрещаются операции с разъединителями под напряжением, если на изоляторах обнаружены трещины.

Включение разъединителей ручным приводом следует выполнять быстро и решительно, но без удара в конце хода. При появлении между контактами дуги ножи разъединителей не следует отводить обратно, так как при расхождении контактов дуга может удлиниться, перекрыть промежуток между фазами и вызвать КЗ. Операция включения во всех случаях должна проводиться до конца. При соприкосновении контактов дуга погаснет, не причинив повреждений оборудованию.

Отключение разъединителей, наоборот, проводят медленно и осторожно. Вначале делают пробное движение рычагом привода, чтобы убедиться в исправности тяг, отсутствии качаний и поломок изоляторов. Если в момент расхождения контактов возникнет дуга, разъединители необходимо немедленно включить и до выяснения причины образования дуги операции с ними не производить.

Операции включения однополюсных разъединителей выполняют в обратном порядке.

В цепях, содержащих выключатели с пружинными приводами, операции с разъединителями следует выполнять при ослабленных пружинах, чтобы избежать случайных включений выключателей во время производства операций с разъединителями.

В сетях 6–10 кВ, работающих с компенсацией емкостного тока замыкания на землю, перед отключением разъединителями тока намагничивания трансформатора, в нейтраль которого включен дугогасящий реактор, следует прежде всего отключить дугогасящий реактор, чтобы избежать перенапряжений, причиной которых может быть неодновременность размыканий контактов трех фаз разъединителей.

Личная безопасность персонала, выполняющего операции с разъединителями. При выполнении любой операции с разъединителями, находящимися под напряжением, выполняющий операцию (и контролирующий его действия – в случае участия в переключениях двух лиц) должен предварительно выбрать такое место у привода аппарата, чтобы избежать травм от возможных разрушений и падений вниз изоляторов аппарата вместе с закрепленными на них токопроводящими элементами, а также защитить себя от прямого воздействия электрической дуги при ее возникновении.

Не рекомендуется в момент проведения операции смотреть на контактные части аппарата. Однако после завершения операции

включения или отключения проверка положений главных ножей разъединителей и ножей стационарных заземлителей является обязательной, поскольку на практике неоднократно наблюдались случаи недовключения главных ножей, неотключения ножей стационарных заземлителей отдельных фаз, попадания ножей мимо контактных губок, обрывы тяг от приводов и т.д. При этом каждая фаза разъединителей должна проверяться отдельно, независимо от фактического положения ножей других фаз и наличия механических связей между ними.

Одной из проблем эксплуатации распределительных сетей 6–10 кВ является отказ линейных разъединителей наружной установки. В энергосистемах Российской Федерации оценка распределения разъединителей по срокам службы выглядит следующим образом:

– до 15 лет – 42%;
– 16–25 лет – 40%;
– свыше 25 лет – 18%.

При этом повреждаемость разъединителей в отдельных районах Российской Федерации достигает 2,5% от числа установленных.

Основными условиями, при которых происходили отказы разъединителей, были:

– оперирование разъединителем эксплуатационным персоналом;
– гроза; замыкание птицами (или другими посторонними предметами);
– бой (расстрел) изоляторов;
– воздействие посторонних лиц (в частности, при оперировании под нагрузкой).

Наиболее частыми причинами повреждения узлов линейных разъединителей являются:

– контактная группа – несоостность и большой люфт осей ножей, деформация (изгиб) ножей разъединителей, низкое качество обработки поверхностей, окисление поверхностей контактов в процессе эксплуатации (алюминий), низкое качество нажимных пружин неподвижных контактов, ненадежная конструкция узла присоединения шлейфов к контактам;
– привод – большие люфты во всех соединениях, сложность регулировка тяги с рычагами подвижных колонок, заклинивание вала привода во втулках (малые зазоры, черный металл, коррозия),

низкая надежность узла соединения тяги с рамой разъединителя, низкое качества сварного соединения ручки привода;

– изоляторы – низкая механическая и электрическая прочность изоляторов, изломы при оперировании, перекрытия при перенапряжениях.

В заключение отметим, что для устранения недостатков, присущих разъединителям нынешнего поколения, нужно разработать принципиально новый тип линейных разъединителей, который исключит все известные недостатки разъединителей 6–10 кВ и будет являться практически необслуживаемым и надежным при эксплуатации. При этом необходимо уделять внимание следующим моментам:

– работоспособность при сильных загрязнениях: полимерные изоляторы с трекингостойким покрытием имеют высокие разрядные характеристики в загрязненном и в увлажненном состоянии, обеспечивают надежную работу разъединителя при сейсмических воздействиях;

– главный токоведущий контур выполнен из луженных медных деталей;

– на концах главных ножей установлены противогололедные кожухи, надежно защищающие разъемный контакт от гололеда;

– работоспособность при гололеде;

– надежная защита от коррозии: основные части разъединителей выполнены из черных металлов и имеют стойкое антикоррозионное покрытие, в том числе горячий, термодиффузионный цинк;

– полная комплектная поставка для монтажа;

– монтаж без сварки – только сборочными единицами.

Литература

1. Лабок, О.П. Управление разъединителями, сигнализация и блокировка [Текст] / О.П. Лабок, Г.Г.Семенов. – М.: Энергия, 1978. – 97 с.

2. Васильев, А.А. Электрическая часть станций и подстанций [Текст] / А.А. Васильев, И.П. Крючков, Е.Ф. Наяшкова, М.Н. Околович. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 229 с.

3. Афанасьев, В.В. Разъединители переменного тока высокого напряжения [Текст] / В.В. Афанасьев. – Л.: Энергоатомиздат, 1963. – 224 с.

4. Чунихин, А.А. Электрические аппараты [Текст] / А.А. Чунихин. – М.: Энергия, 1975. – 297 с.

УДК 62-9

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ (В MATLAB/SIMULINK) БИОРЕАКТОРА С ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКОЙ ИМПУЛЬСНЫМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПОЛЕМ ДРЕВЕСНОЙ ЩЕПЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БИОТОПЛИВА (ЭТАНОЛА)

к.т.н. А.С. Угловский
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия)

Ключевые слова: мембрана, биореактор, лигноцеллюлоза, этанол, ферменты.

В большинстве стран использование древесных отходов для получения биотоплива является вопросом номер одни. Статья посвящена исследованию видов топлива и сырья для производства этанола, приводится технология производства биотоплива с учетом концентрации биомассы древесных отходов.

DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL (IN MATLAB/SIMULINK) OF A BIOREACTOR WITH PRETREATMENT OF A PULSED ELECTRIC FIELD OF WOOD CHIPS FOR THE PRODUCTION OF BIOFUEL (ETHANOL)

Candidate of Technical Sciences A.S. Uglovsky
(FSBEI HE Yaroslavl SAA, Yaroslavl, Russia)

Key words: membrane, bioreactor, lignocellulose, ethanol, enzymes.

In most countries, the use of wood waste to produce biofuels is a number one issue. The article is devoted to the study of fuels and raw materials for the production of ethanol, the technology of biofuel production is given taking into account the concentration of wood waste biomass.

В настоящее время решение проблемы энергоэффективности – один из приоритетов национальной политики России. В частности, основное внимание уделяется сокращению выбросов CO_2 и других

парниковых газов. Более того, производство биоэтанола уменьшит зависимость от природных запасов нефти, что может быть связано с их ограниченной географической локализацией, вызывая экономическую нестабильность [2].

Биоэтанол можно смешивать при низких концентрациях с бензином (обычно 10% этанола и 90% бензина) или дизельным топливом для использования в современных транспортных средствах без модификаций двигателей и без ущерба для гарантии на автомобиль, что считается устойчивым транспортным топливом. Если биоэтанол используется в более высоких или 100% концентрациях, то в этом случае обычно требуются двигатели с двигателями. Начиная со сбора биомассы, существует ряд шагов, которые следует выполнить до получения конечного продукта, этанола (рисунок 1).

В настоящее время существует опасение, что использование таких продуктов, как сахарный тростник и кукурузный крахмал в качестве субстратов для производства биотоплива, такого как биоэтанол, приводит к увеличению цен на продовольствие из-за большего спроса на эти культуры. Использование биотопливных микроорганизмов, способных использовать лигноцеллюлозные материалы, такие как лесное хозяйство и сельскохозяйственные отходы, муниципальные твердые отходы (например, отходы макулатуры и ярд), а также древесные и травянистые культуры, также будет выгодным, поскольку использование этих материалов не повлияет на продовольственные ресурсы (Wyman, 1999).

Целлюлозный этанол и этанол, полученные из других ресурсов биомассы, дают возможность сократить выбросы парниковых газов на 86%. Приблизительно 90% сухой массы большинства растительных материалов хранится в виде целлюлозы, гемицеллюлозы, лигнина и пектина.

Структура клетки растения состоит из первичной клеточной стенки, вторичной клеточной стенки и клеточной мембраны. Первичная клеточная стенка состоит из целлюлозы, гемицеллюлозы и пектина. Схема преобразования биомассы в топливо показана на рисунке 1. Процесс преобразования биомассы в топливо включает гидролиз различных компонентов в лигноцеллюлозных материалах в ферментируемые восстановительные сахара и последующую ферментацию сахаров на топливо, такое как этанол и бутанол.

Для преобразования биомассы в топливо целлюлоза и гемицеллюлоза должны быть разбиты на соответствующие мономеры

(сахара), чтобы микроорганизмы могли их использовать. Предварительная обработка в основном необходима для эффективного гидролиза целлюлозы в ее составные сахара. Переваримость целлюлозы, присутствующей в лигноцеллюлозной биомассе, затруднена многими физико-химическими, структурными и композиционными факторами. При конверсии лигноцеллюлозной биомассы в топливо биомассу необходимо предварительно обработать, чтобы была показана целлюлоза в растительных волокнах. Факторы, влияющие на гидролиз целлюлозы, включают пористость (доступную площадь поверхности) материалов биомассы, кристалличность целлюлозного волокна и содержание как лигнина, так и гемицеллюлозы.

Присутствие лигнина и гемицеллюлозы затрудняет доступность целлюлазных ферментов и кислот к целлюлозе, что снижает эффективность процесса гидролиза. Предварительная обработка необходима для изменения размера и структуры биомассы, а также ее химического состава. Процесс гидролиза может быть значительно улучшен путем удаления лигнина и гемицеллюлозы, восстановления кристалличности целлюлозы и увеличения пористости в процессе предварительной обработки.

Состав лигноцеллюлозы

Лигноцеллюлоза является основным строительным блоком растительных клеточных стенок и состоит в основном из целлюлозы, гемицеллюлозы и лигнина (рисунок 2), а также меньшего количества пектина, белка, экстрактов. Состав лигноцеллюлозы зависит от ее источника: существует значительная разница в соотношении целлюлозы, гемицеллюлозы и лигнина между лиственной, мягкой древесиной и травами и дальнейшего изменения между видами в этих группах (Jørgensen et al., 2007).

Предварительная обработка

Одной из экономических проблем превращения лигноцеллюлоз в ферментируемый сахар является высокая стоимость фермента целлюлазы. Для гидролиза целлюлозы следует использовать небольшое количество фермента. Присутствие лигнина в биомассе затрудняет проникновение фермента в целлюлозу и иногда связывается с лигнином, что делает его нефункциональным (Guffey et al., 2002).

Предварительная обработка используется для разрушения структуры лигноцеллюлозы, что делает фермент более доступ-

ным для целлюлозы, что, в свою очередь, облегчает превращение углеводных полимеров в сахара для ферментации, как показано на рисунке 3. Предварительная обработка является одной из самых дорогих процедур для производства биоэтанола, которая составляет около 30 центов на галлон полученного этанола. Дальнейшие исследования и разработки, а также поддержка и субсидии правительства необходимы для разработки новых технологий использования биомассы для биотоплива, чтобы сделать его более конкурентоспособным для ископаемых видов топлива (Mosier et al., 2005).

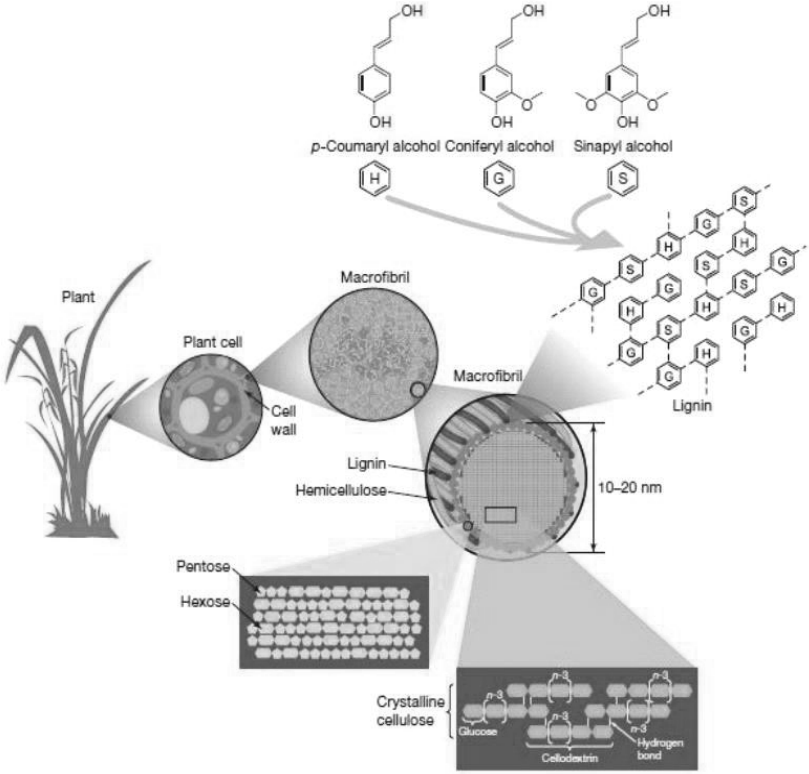


Рисунок 1 – Структура лигноцеллюлозы (Rubin, 2008)

Эффективная предварительная обработка характеризуется уменьшением некоторых процессов, таких как механическое измельчение биомассы, результатов для сохранения фракций пентозы (гемицеллюлоз) и ограничения образования тормозных продуктов,

что снижает потребность в энергии и затратах. Методы должны быть также сбалансированы с его воздействием на последующую обработку, которая включает в себя гидролиз и ферментацию, эксплуатационные расходы, капитальные затраты и затраты на биомассу (Mosier et al., 2005).

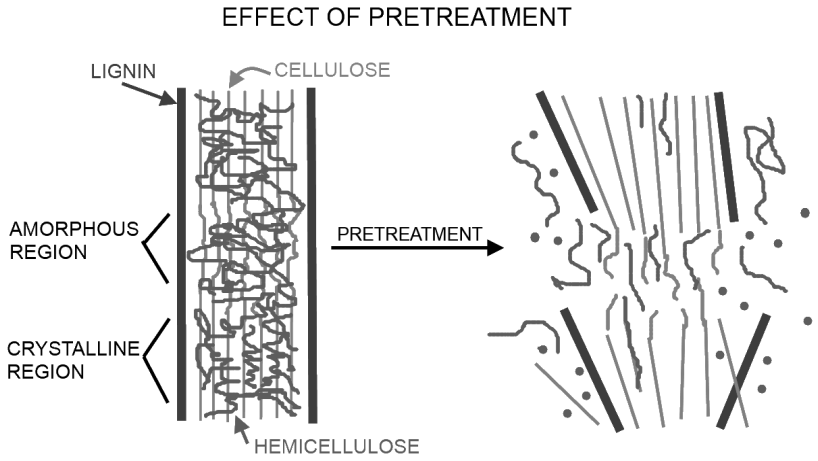


Рисунок 2 – Схема целей предварительной обработки лигноцеллюлозного материала (адаптирована из Mosier et al., 2005)

Различные методы предварительной обработки биомассы

Американский ученый Крамэр проводит исследования новой обработки древесины с использованием импульсного электрического поля (PEF) биомассы [1]. Насколько нам известно, не проводилось никаких исследований для предварительной обработки биомассы с использованием PEF. Импульсное электрическое поле (PEF) предполагает применение очень короткого импульса (~100μs) высокого напряжения к образцу, помещенному между двумя электродами. Применение высокоинтенсивного внешнего электрического поля приводит к индукции критического электрического потенциала по клеточной мембране, что приводит к быстрому электрическому пробою и локальным структурным изменениям клеточной мембраны и клеточной стенки и, следовательно, растительной ткани. Электрическое поле приводит к резкому увеличению массовой проницаемости и в некоторых случаях механическому разрыву растительной ткани.

Исходя из этого явления, многие области применения высоких электрических полей для обратимой или необратимой пермеабилизации различных биологических систем изучались на полях медицины и бионауки. Пермеабилизация растительных мембран для улучшения массопереноса метаболитов в настоящее время представляет интерес для пищевой промышленности. В последнее время также появились сообщения о применении PEF для инактивации ферментов.

Импульсные электрические поля также применяются на растительных тканях для улучшения операций массопереноса, таких как диффузия растворимых веществ, экстракция соков и процессы дегидратации.

При применении сильных полей в диапазоне 5-20 кВ/см клетки растения могут быть значительно разрыты. Применяя электрические импульсы сильных полей, PEF может создавать повреждение в растительной ткани и, следовательно, способствовать введению кислот или ферментов, используемых для разрушения целлюлозы в ее составных сахара. В случае химической модификации растительной ткани, особенно при гидролизе лигноцеллюлозы, в ткань могут потребоваться соответствующие химикаты для облегчения разрушения клеточной стенки и пищеварения, и предварительная обработка с помощью PEF важна для облегчения процесса. В этой статье мы сообщаем о PEF-обработке высушенных растительных тканей, таких как отходы и древесная щепа, для которых клеточные мембраны уже разрушены, и поэтому PEF не будет влиять на клеточные мембраны. Однако PEF также приводит к разрушению клеточной стенки растений и ферментов. Преимущество PEF заключается в том, что его можно проводить при окружающих условиях, а потребление энергии низкое, поскольку время импульсов очень короткое (100 мкс). Таким образом, большое количество импульсов может быть применено в течение очень короткого времени. Кроме того, сам процесс PEF не включает движущиеся части, поэтому оборудование не является сложным. Обработка PEF имеет свои преимущества, которые включают низкую энергию и обработку при нормальных температурах и давлении. Мы сообщаем о применении PEF для предварительной обработки древесной щепы лигноцеллюлозной биомассы и отбросов. Образцы древесной щепы обрабатывались PEF с напряженностью поля до 10 кВ/см, а для определения степени проницаемости биомассы после применения PEF использовались эксперименты по поглощению нейтральных красных красителей.

Разрабатываемая экспериментальная установка

Автоматизированная лабораторная установка показана на рисунке 3.

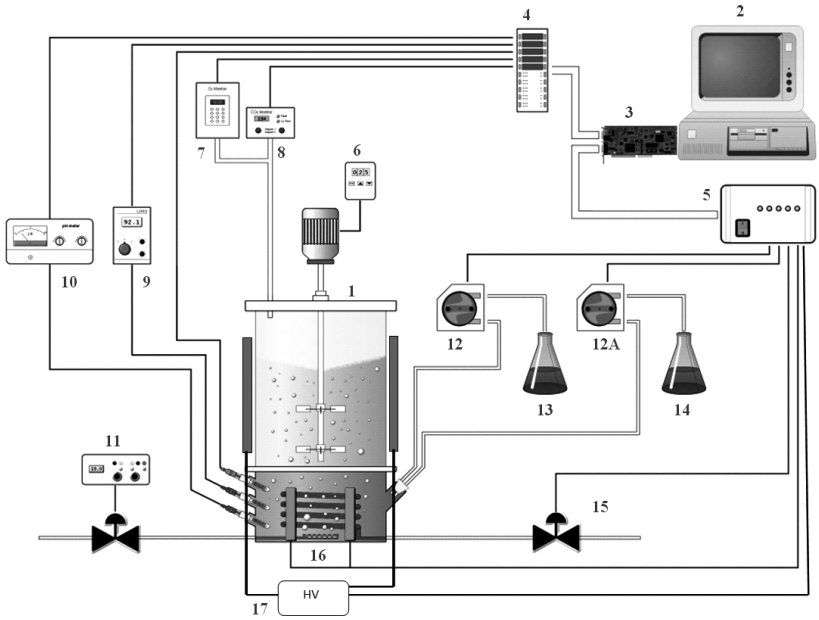


Рисунок 3 – Принципиальная схема лабораторной установки: 1 – литровый биореактор; 2 – ПК-компьютер; 3 – плата сбора данных; 4 – модули ввода/вывода; 5 – ПЛК DVP-SS2: 14 точек дискретного ввода/вывода (8DI + 6DO); 6 – IGBT-инвертор J100 0,4 кВт; 7 – парамагнитный анализатор кислорода, Servomex 1100; 8 – Guardian II Infrared CO 2 Monitor, Edinburgh Sensors Ltd.; 9 – Mikro Sauerstoffsensor 301 производства UMS GmbH кислородный датчик; 10 – pH-метр; 11 – контроллер потока воздуха ERG 5000 N 2, изготовленный из β-ERG Warsaw; 12, 12 а – перистальтические насосы ECOLINE VC-280 производства ISMATEC; 13 – 25% -ный резервуар для этанола; 14 – резервуар подачи глюкозы; 15 – клапаны холодной воды; 16 – нагреватели; 17 – высоковольтный электронный трансформатор с электродами

Реактор имеет общий объем 1 л (его рабочий объем составлял 0,5 л). Поддерживали температуру 32 ± 0,5° С. PH – 4,75-6,0. Концентрация растворенного кислорода, а также объемы CO_2 и O_2 в газах, выходящих из биореактора, определяются в режиме онлайн. Измерялись обороты и объемная скорость поступления воздуха.

Поток дозировали порциями перистальтическим насосом (12 А) каждые 5 минут. Объем каждой порции и время начала каждой процедуры дозирования зависел от используемого профиля подачи. Напряжение источника питания – 200 кВ.

Американским ученым Крамэром разработана и изготовлена система для обработки исходных материалов биомассы – PEF. Схема системы PEF показана на рисунке 4. Система PEF состоит из высоковольтного источника питания, импульсного/функционального генератора (импульсного / функционального генератора HP811A), схемы переключения и держателя образца. Коммутационная схема состоит из транзистора MOSFET, который управляется функциональным генератором, конденсатором и резисторами. Функциональный генератор подает импульс желаемой частоты и рабочего цикла в коммутационную схему. Коммутационная схема включается, когда импульс подается на нее, и передает высокое напряжение, подаваемое источником питания через держатель образца. Следовательно, высоковольтные импульсы квадратной формы могут быть применены к образцу с использованием функционального генератора и схемы переключения.

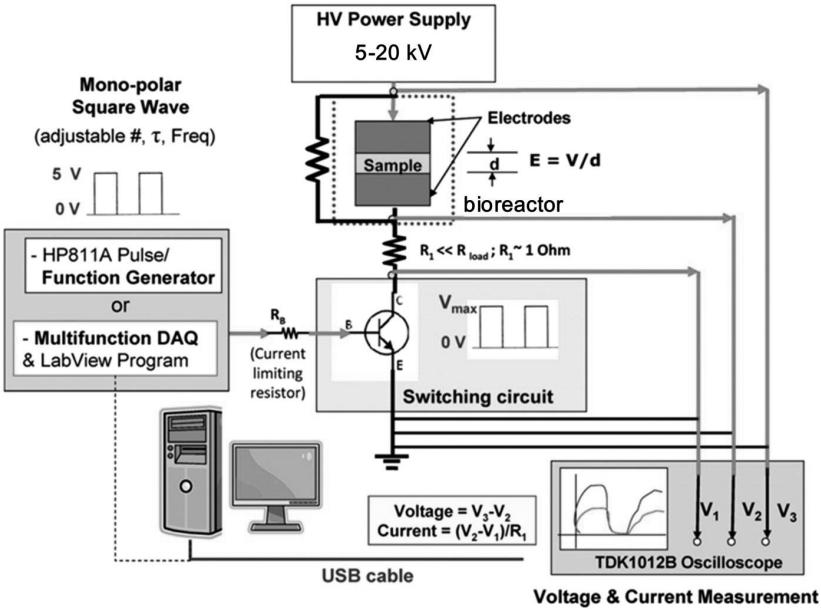


Рисунок 4 – Система PEF для предварительной обработки сырья для биомассы

Воздействие электростатического поля на образцы древесных щепок производилось при 1000 и 2000 импульсов 1 кВ/см и 1000, 2000 и 5000 импульсов 10 кВ/см с длительностью импульса 100 мкс и частотой 3 Гц. Образцам Polgrass давали 1000, 2000 и 5000 импульсов 2,5; 5; 8 и 10 кВ/см с шириной импульса 100 мкс и частотой 3 Гц. Изучали поглощение окрашенного красителя нейтральным красным C15H17ClN4, MW = 289 на необработанных и обработанных PEF образцах, чтобы количественно оценить эффективность обработки PEF при разложении в образцы отрывков и древесных стружек. Образцы быстро перемешивали (400 об/мин) в водном растворе нейтрального красного и измеряли концентрацию красителя в воде в зависимости от времени с использованием спектрофотометра с видимым ультрафиолетовым излучением. Для количественного определения эффективности обработки PEF были рассчитаны кажущиеся коэффициенты распределения красителя в необработанных и обработанных PEF-образцах биомассы. Мы используем термин «кажущийся коэффициент распределения», поскольку поглощение красителя в смоченной биомассе является сложным процессом, и биомасса не является однородной фазой. Баланс массы для красителя был сделан для получения кажущегося коэффициента распределения в соответствии со следующими уравнениями:

$$C_0 V_0 = C V_0 + C_{sample}\, V_{sample}$$

$$V_0 = \left(\frac{C}{C_0}\right) V_0 + \left(\frac{C_{sample}}{C_0}\right) V_{sample}$$

$$V_0 = \left(\frac{C}{C_0}\right) V_0 + K_{distribution}\ V_{sample}$$

где C_0 – начальная концентрация красителя;

C – конечная концентрация красителя;

V_0 – объем раствора;

V_{sample} – объем образца.

Результаты проведения опытов гидролиза

Для эксперимента по поглощению красителя 0,02 г необработанных и обработанных PEF-образцов биомассы перемешивали в водном нейтральном красном растворе. Начальную концентрацию раствора красителя получали по калибровочной кривой путем получения кривой поглощения в зависимости от концентрации с использованием УФ-спектрофотометра. Концентрацию водно-

го нейтрального красного раствора устанавливали для получения первоначальной абсорбции раствора ниже 1. Затем поглощали нейтральный красный раствор в зависимости от времени и превращали в концентрацию с использованием калибровочной кривой. Изменение нейтральной красной концентрации раствора было составлено по графику со временем на время эксперимента по поглощению для количественного определения влияния обработки PEF. Этот эксперимент был выполнен для изучения генерации пористости в образцах за счет использования PEF. В результате создания пористости из-за обработки PEF материалов биомассы скорость поглощения красителя в образцах биомассы должна быть увеличена, поскольку краситель может проникать через образцы биомассы через поры.

Результаты экспериментов по нейтральному красному поглощению для образцов древесной стружки, обработанных на 1 кВ/см по сравнению с необработанными образцами древесной стружки, показаны на рисунке 5.

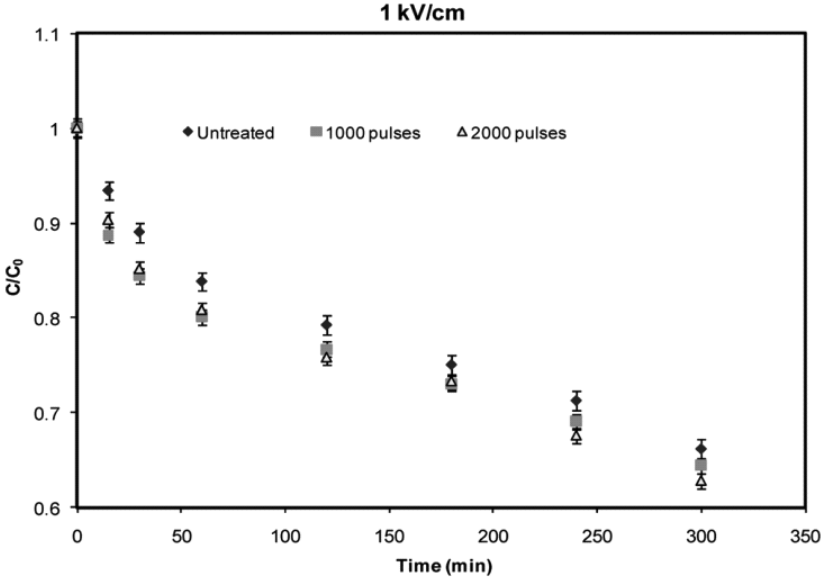


Рисунок 5 – Эксперименты по поглощению нейтрального красного красителя (NR) для необработанных древесных и обработанных PEF-образцов при 1 кВ/см

Образцы древесной стружки, обработанные PEF, показывают характеристики поглощения красителя, аналогичные ха-

рактеристикам необработанных образцов, что указывает на незначительный эффект PEF на образцах древесной стружки для состояния 1 кВ/см. Результаты экспериментов по поглощению красителя для образцов древесной стружки, обработанных на 10 кВ/см по сравнению с необработанными образцами, показаны на рисунке 6.

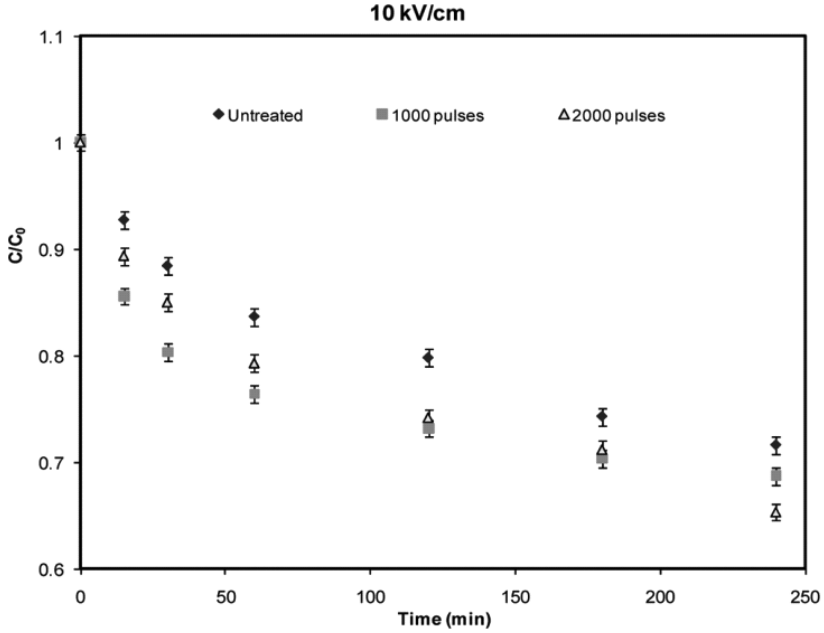


Рисунок 6 – Эксперименты по поглощению нейтрального красного красителя (NR) для необработанных (свежих) древесных и обработанных PEF-образцов при 10 кВ/см.

Образцы древесных щепок, обработанные при 10 кВ/см, показывают более быстрое и более высокое поглощение красителя по сравнению с необработанными образцами, что указывает на изменение пористости древесной щепы. Для количественного определения влияния обработки PEF на образцы рассчитывали очевидные коэффициенты распределения красителя в необработанных и обработанных образцах древесной стружки. Значения кажущихся коэффициентов распределения необработанных и обработанных образцов древесной стружки показаны в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение коэффициента прозрачности
для необработанных и обработанных образцов древесных щепок

Образец	$(C/C0)_{final}$	$K_{distribution}$
Необработанный	0,55	1300
1 kV/cm, 1000 pulses	0,55	1300
1 kV/cm, 2000 pulses	0,545	1325
10 kV/cm, 2000 pulses	0,54	1350
10 kV/cm, 2000 pulses	0,535	1400

Очевидные коэффициенты распределения для нейтрального красного красителя для образцов древесной стружки, обработанных при напряжении поля 10 кВ/см, имеют более высокие значения, чем значения для необработанной древесины щепок. Очевидный коэффициент распределения красителя очень высок, что указывает на то, что большая часть красителя связана с регидратированной биомассой.

Модель биореактора в Matlab/ Simulink

Математическое описание модели биоректора

Кинетическое уравнение, используемое в модели биореактора, представляет модифицированные уравнения, основанные на кинетике Михаэлиса-Ментена, предложенные Aiba et al и описанные Z.K. Nagy.

Массовые остатки для биомассы выражаются формулой (1):

$$\frac{dc_x}{dt} = \mu_x c_x \frac{c_s}{K_s + c_s} e^{-K_P c_P} - \frac{F_e}{V} c_x \,, \qquad (1)$$

где c_X представляет концентрацию биомассы (дрожжей) (h^{-1});

μ_x – максимальная удельная скорость роста (h^{-1});

c_S – концентрация глюкозы (г/л);

K_S – постоянна в субстратном сроке роста (g/l);

K_p – константа ингибирования роста этанолом (г/л);

c_P – концентрация продукта (g/l);

F_e – выходной поток из реактора ($1h^{-1}$);

V – объем массы реакции (l).

Баланс массы для продукта получается по формуле (2):

$$\frac{dc_p}{dt} = \mu_p c_x \frac{c_s}{K_{s1} + c_s} e^{-K_{p1} c_p} - \frac{F_e}{V} c_p \,, \qquad (2)$$

где μ_P – максимальная удельная скорость ферментации (h^{-1});

K_{S1} – константа в терминах субстрата для производства этанола (g/l);

K_{P1} – константа ингибирования ферментации этанолом (g/l).

Формула (3) представляет баланс массы для подложки:

$$\frac{dc_s}{dt} = -\frac{1}{R_{sx}}\frac{dc_x}{dt} - \frac{1}{R_{sp}}\frac{dc_p}{dt} + \frac{F_1}{V}c_{s\,in} - \frac{F_e}{V}c_s\,, \qquad (3)$$

где R_{SX} – отношение количества клеток, вырабатываемых на глюкозу, потребляемую для роста;

R_{SP} – отношение этанола, вырабатываемого на глюкозу, потребляемую для ферментации;

c_S – концентрация глюкозы в потоке сырья.

Для реактора и рубашки описывается энергетический баланс по формулам (4) и (5) [2]:

$$\frac{dT_r}{dt} = \frac{F_i}{V}(T_{in} + 273) - \frac{F_e}{V}(T_r + 273) + \frac{r_{O_2}\Delta H_r}{32\rho_r c_{heat,r}} + \frac{K_T A_T}{V_{\rho_r} c}\,, \qquad (4)$$

$$\frac{dT_{ag}}{dt} = \frac{F_{ag}}{V_j}\left(T_{in.ag} - T_{ag}\right) + \frac{K_T A_T (T_r - T_{ag})}{V_j\,\rho_{ag}\,c_{heat.ag}}\,, \qquad (5)$$

где T_{in} – температура потока субстрата в реактор (ºC);

T_r – температура в реакторе (ºC);

r_{O_2} – скорость потребления кислорода ($mgl^{-1}h^{-1}$);

ΔH_r – теплота реакции, генерируемая процессом ферментации;

ρ_r и ρ_{ag} – плотность массы реакции, соответственно, плотность охлаждающего агента (g/l);

K_T – коэффициент теплопередачи ($Jh^{-1}m^{-2}K^{-1}$);

A_T – площадь теплообмена (m^2);

$C_{heat.ag}$, C_{heat} – редкая теплоемкость охлаждения агента и массы реакции ($Jg^{-1}K^{-1}$).

Скорость потребления кислорода определяется по формуле (6) [2]:

$$r_{o_2} = \mu_{o_2}\frac{1}{Y_0}c_x\frac{c_{o_2}}{K_{O_2} + c_{O_2}}\,, \qquad (6)$$

где μ_{O2} (h^{-1}) – максимальная потребляемая кислота;

K_{O2} – константа потребления кислорода (g/l);

c_{O2} – концентрация кислорода в жидкой фазе (mg/l).

Баланс для общего объема для реакционной среды оределяется по формуле (7):

$$\frac{dV}{dt} = F_i - F_e \ , \tag{7}$$

Что касается модели процесса нейтрализации pH, то известно, что pH означает концентрацию ионов [H +] через следующую логарифмическую функцию (8).

$$pH = -\log_{10}[H^+] \ , \tag{8}$$

Формула (9), описывающая динамику процесса нейтрализации pH, составляет [5–7].

$$V\frac{dX}{dt} = c_B F_B - c_A F_A - (F_A + F_B) \ , \tag{9}$$

где F_A, F_B – поток кислоты и основания;

c_A, c_B – концентрация кислоты и основания.

Формулы (8), (10) и (11) соответствуют модели нейтрализации pH, и эта модель реализована в Simulink.

Реализация модели биореактора

Реализация биореакторной модели с использованием Matlab Simulink представлена на рисунке 7.

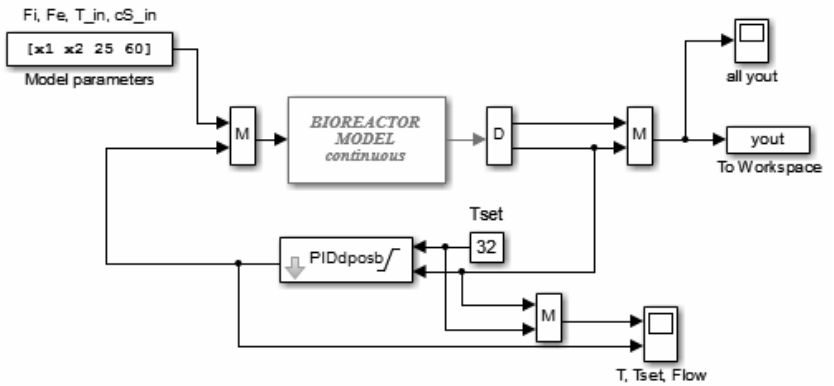


Рисунок 7 – Реализация модели биореактора

Каждое из уравнений, описывающих модель, было реализовано с использованием функциональных блоков из Simulink. Некоторые из параметров могут быть изменены, как можно видеть на рисунке 8.

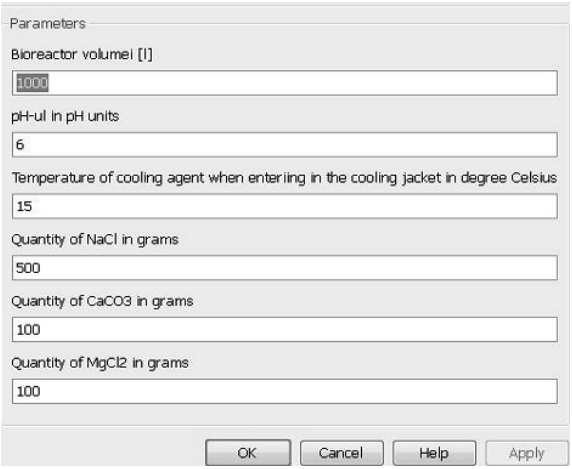


Рисунок 8 – Главное окно биореактора ввода параметров

Поскольку температура в реакторе зависит от потока охлаждающего агента, первым шагом в нашем анализе было применение ступенчатого изменения потока охлаждающего агента для изучения влияния температуры реактора. Применяемое изменение шага и эволюция температуры в реакторе показаны на рисунке 9.

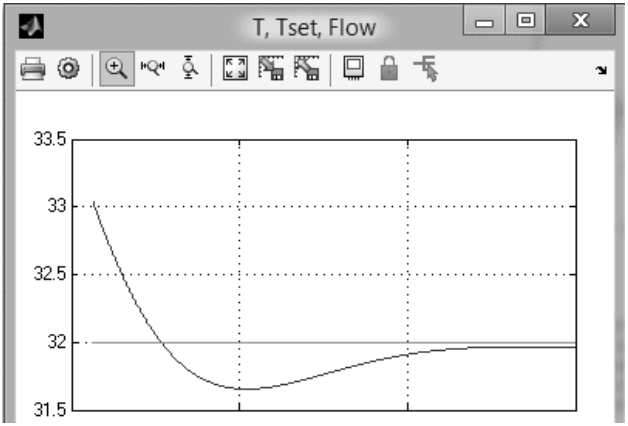


Рисунок 9 – Изменение температуры реактора

Для изучения динамического поведения биореакторной системы применялось ступенчатое изменение с температурой входного потока 20ºC, что может происходить из-за температуры окружающей среды [2]. Результаты представлены на рисунке 10.

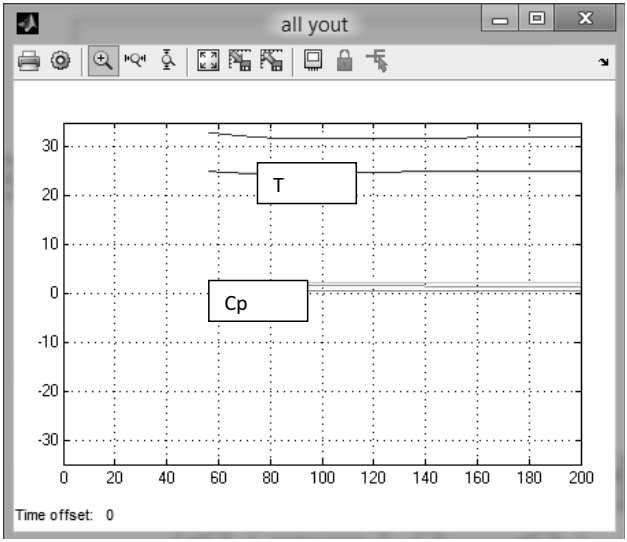


Рисунок 10 – Динамический отклик биореактора
в случае ступенчатого изменения входного потока температуры

Входные данные модели биореактора: Fi , Fe – поток субстрата биомассы ($l \cdot h^{-1}$), T_{in} – температура потока субстрата, поступающего в биореактор (°C), Cs_in – концентрация глюкозы в исходном потоке ($g \cdot l^{-1}$) [значение: 30].

Выходные данные: Tset – установленная температура в биореакторе (°C), V – вместимость биореактора, L; Cx – концентрация биомассы ($g \cdot l^{-1}$) [значение: 5,86]; Cp – концентрация этанола ($g \cdot l^{-1}$) [значение: 12,2] ; CO_2 – концентрация кислорода в жидкой фазе ($mg \cdot l^{-1}$) [значение: 3]; Tset – реальная температура в биореакторе (°C) [значение: 32].

Выводы

Была спроектирована и изготовлена система импульсного электрического поля (PEF) для обработки образцов отхода и древесной стружки. Система PEF использовалась для обработки древесных стружек до напряженности поля 10 кВ/см. Аналогичные явления наблюдаются для образцов древесных щепок, обработанных при 10 кВ/см. Образцы древесных стружек, обработанные при 1 кВ/см, показывают поглощение красителя, аналогичное тому, которое было получено необработанными образцами древесной стружки. Однако 2000 импульсов достаточно, чтобы вызвать изменение поглощения красителя по образцам древесной биомассы при на-

пряженности поля 10 кВ/см. Образцы, обработанные с большим количеством импульсов, показывают нейтральное поглощение красного цвета, аналогичное образцу, обработанному 2000 импульсами. Увеличение пористости биомассы может быть полезным для увеличения скорости гидролиза фермента или кислотного гидролиза образцов биомассы. Поэтому PEF может стать перспективной технологией для улучшения предварительной обработки лигноцеллюлозной биомассы для производства биотоплива.

Литература

1. Kumar, P. Pulsed Electric Field Pretreatment of Switchgrass and Wood Chip Species for Biofuel Production [Text] / Parveen Kumar, Diane M. Barrett, Michael J. Delwiche, Pieter Stroeve // Ind. Eng. Chem. Res. – US, 2011. – № 50 (19). – P. 10996–11001.

2. Коняев, Н.В. Биоэнергия как альтернативный источник энергии в масштабах агропромышленного предприятия [Текст] / Н.В. Коняев, Е.М. Иванова // Инновационная деятельность в модернизации АПК: Материалы Международной науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых: в 3 частях. – Курск: Изд-во Курск. гос. с.-х. ак., 2017. – С. 235–237.

УДК 621.31

ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОГЕНЕРАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ В ХОЗЯЙСТВЕ ЗАО «АГРОФИРМА «ПАХМА»

В.Е. Шарловский, М.Д. Луцков, А.С. Степанов
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия)

Ключевые слова: когенерационная установка, биогаз, экономия.

Рациональное использование электроэнергии с применением когенерационной установки (далее КГУ). КГУ позволяет утилизировать отходы производства, улучшать экономику предприятия, а также экологию окружающей среды. Это позволит снизить эксплуатационные расходы на топливо и расходы на поддержание исправного состояния газопроводов. Мы предлагаем два перспективных направления в производстве биогаза в России: строительство промышленных станций и реализация модульных установок заводского производства. С точки зрения технологических решений производство биогазовых реакторов развивается так же по двум направлениям. Первый вид биогазовых установок представляет

собой модульные горизонтальные реакторы цилиндрической формы с мешалками серийного производства, поставляемые в готовом виде. Второй конструктивный вид – вертикальные метантеки, которые обычно монтируют на месте установки.

EXPERIENCEAND OPPORTUNITY OF APPLIANCE COGENERATION PLANTS IN FARM CJSC "AGRICULTURAL COMPANY "PAKHMA"

V.E. Sharlovskiy, M.D. Lutskov, A.S. Stepanov
(FSBEI HE Yaroslavl SAA, Yaroslavl, Russia)

Key words: the cogeneration plant, the biogas, economy.

The rational use of energy with the use of cogeneration plants (hereinafter KGU). KGU is able to recycle waste production, improve Economics and the ecology of the environment. This will reduce the operational fuel costs and the costs of maintaining the operational condition of the pipelines. We offer two promising directions in the production of biogas in Russia: construction of the stations and the development of modular units of factory production. From the point of view of technological solutions, manufacturing of biogas reactors is like that in two ways. The first type of biogas plants is a modular horizontal reactor of cylindrical shape with agitators, batch production and supply. Second constructivist view – vertical matantei, which are usually assembled at the installation site.

Введение

Одной из основных проблем предприятий сельского хозяйства Ярославской области является рост себестоимости продукции в связи с повышением цен на энергетические ресурсы, в том числе на электроэнергию и природный газ.

Для решения этой проблемы в хозяйстве ЗАО «Агрофирма «Пахма» в 2013 году был закуплен источник собственной генерации – когенерационная установка (КГУ). Данная установка была приобретена в Китае, а именно производство фирмы Weifang Hualing Power Co., Ltd – Марки CHP 100GF № HL100GF-6126NGCHP, двигатель № 1208251.

Генератор – Marathon MP100-4 с КПД 0,8, 50 Гц, 1500 об/мин., 400 В, номинальной мощности 100 кВт.

Двигатель HL 6126 Gasengine – газопоршневой, внутреннего сгорания.

Для эксплуатации установки был подготовлен обслуживающий персонал из двух человек. Обучение проходило в Германии. В обязанности персонала входило: обслуживание газоаппаратуры, силового электрооборудования, замена масла, запуск и выключение установки. Обслуживанию одного из основных элементов установки, а именно контроллера двигателя, не обучались.

Проблемы КГУ ЗАО «Агрофирма «Пахма»

После запуска КГУ работала стабильно около двух лет. В первый месяц работы установки у ЗАО «Агрофирма «Пахма» себестоимость производства электрической энергии составляла 3,50 руб./квт.ч., в то время как тариф на электроэнергию составлял 6,50 руб./квт.ч. При работе установки экономия предприятия составляла около 30 т.р. в месяц.

В дальнейшей работе установки возникли проблемы с обслуживанием контроллера двигателя, который отвечает за регулирование работы установки. У страны-производителя можно было купить вместе с КГУ сервисное обслуживание за дополнительную плату, но ЗАО «Пахма» отказалось от данной услуги. Предполагалось, что грамотное и правильное обслуживание установки смогут произвести сотрудники ЗАО «Пахма», либо привлеченные сотрудники других предприятий. Однако ремонт китайского контроллера не осуществим по следующим причинам:

1. Языковой барьер. Описание технических характеристик журнала по обслуживанию установки было на китайском языке. Это вызвало затруднение, поскольку сотрудники хозяйства не обладали знанием китайского языка.

2. Несоответствие фактического и гарантированного времени работы установки. Согласно техническому паспорту, когенерационная установка должна проработать 4000 часов без дополнительного обслуживания. В системе оборудования примерно после полутора лет эксплуатации вышел из строя электронный блок управления (ЭБУ). При запуске КГУ выдает значение 600 оборотов в минуту, далее разогревается 5 минут. После разогрева проверяются все системы и датчики. При условии, что все системы работают корректно и датчики отвечают, происходит переход в рабочий режим – 1500 оборотов в минуту. С заводским ЭБУ установка проработала 300 часов. После замены контроллера КГУ проработала еще 860 часов, и снова требовалось заменить контроллер, что было экономически невыгодно.

После вышеперечисленных проблем принято решение приостановить работу КГУ.

Вывод

При покупке КГУ следует сделать выбор в сторону проверенных производителей, которые предоставляют полную техническую документацию по монтажу. Для бесперебойной работы вышеуказанной установки необходимо вместе с оборудованием приобретать полный пакет на сервисное обслуживание.

Перспективы применения КГУ в хозяйстве ЗАО «Агрофирма «Пахма»

В настоящее время в хозяйстве идет увеличение производства молочной продукции. В селе Богослов ЗАО «Агрофирма «Пахма» проводится реконструкция животноводческого комплекса, а именно увеличение поголовья КРС до 2-х тысяч голов. В связи с этим нами предлагается применить когенерационную установку на биогазе для надежного электроснабжения и теплоснабжения животноводческого комплекса.

Приведем основные цифры КГУ на биогазе:

1. Одна корова в сутки дает 35 кг навоза.
2. Весь комплекс на 2 тысячи голов будет давать 70 тонн.
3. Переработка 1 тонны навоза дает до 50 м³ биогаза.
4. Из одного кубометра биогаза можно получать 2 квт/ч электроэнергии.

Весь комплекс может произвести 3500 м³ и соответственно 7000 кВт.

Мощность КГУ будет 700 кВт, или 7 установок по 100 кВт.

В качестве этой установки предлагается применить КГУ отечественного производства фирмы «Газовые машины», которая находится в Ярославле.

Проект строительства и применения КГУ будет являться темой дипломного проекта (ВКР).

УДК 644.36

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ И СВЕТОДИОДНЫХ ЛАМП ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ЛУКОВИЧНЫХ ЦВЕТОВ

д.т.н. В.В. Шмигель, к.ф.-м.н. Н.В. Воронина, Е.В. Соцкая
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия)

Ключевые слова: светодиодиодные лампы, люминесцентные лампы, луковичные цветы.

В статье рассматриваются способы выгонки цветочных луковичных культур на примере фрезии Сингл Еллоу (Freesia single Yellow) с применением светодиодного и люминесцентного досвечивания в защищенном грунте. Анализируются полученные данные для выяснения эффективности светового воздействия на луковицы фрезии.

PROSPECTS OF USING LUMINESCENT AND LED LAMPS FOR GROWING BULBOUS FLOWERS

Doctor of Technical Sciences V.V. Shmigel,
Candidate of Physico-Mathematical Sciences N.V. Voronina,
E.V. Sotskaya
(FSBEI HE Yaroslavl SAA, Yaroslavl, Russia)

Key words: LED lamps, fluorescent lamps, bulbous flowers.

The article considers a method of forcing flower onion crops on the example of Freesia single Yellow with the using LED`s and luminescent lighting in a protected ground. The obtained data are analyzed to determine the effectiveness of light exposure to freesia bulbs.

Светодиодный светильник обеспечивает спектр излучения, необходимый для полного цикла выращивания растений от проращивания до цветения и плодоношения. Светодиодные светильники обладают низким выделением тепла, поэтому их можно располагать в непосредственной близости от растений без риска нанести им повреждения. Важно также малое энергопотребление светодиодов, один светодиодный светильник потребляет в три раза меньше электроэнергии по сравнению с типовым светильником с натриевой лампой [1]. Более 95% сухого вещества растений создается в результате процесса фотосинтеза. Управление фотосинтезом – наиболее эффективный путь воздействия на продуктивность и урожайность растений [2]. За рубежом уже более 10 лет применяют на фермах и в теплицах светодиодную светотехнику. Светодиодные светильники для сельского хозяйства выгодны тем, что они служат 30–50 тыс. часов. Благодаря применению светодиодов происходит повышение производительности тепличного агрохозяйства, обеспечение идеальных условий освещения для растений [3].

Люминесцентная лампа представляет собой компактную лампу, в цоколь которой помещается электронный балласт, обеспечивающий ее запуск. Достоинства компактных люминесцентных ламп в следующем: достаточно большой срок службы, до 10000 часов; высокий КПД и, как следствие, низкий уровень нагрева. Недостатки энергосберегающей лампы следующие: содержащий ртуть люминофор; в процессе работы генерируются высшие гармоники, что приводит к повышению коэффициента гармоник в электрической распределительной сети и, как следствие, к увеличению потери электрической мощности и энергии [4].

В последнее время все больше растениеводческих комплексов используют различного рода досвечивание для выращивания растений как овощных культур, так и цветочных. Достоверно выявлено, что для фотосинтеза в искусственных условиях растениям подходит сочетание красного и синего спектра, поэтому светодиодная досветка имеет преимущественные характеристики при выборе ламп для вегетативного периода. Также в агрохозяйствах используют люминесцентные лампы, что дешевле светодиодных, но недостаточно эффективно для динамики роста, бутонизации, цветения и плодоношения.

Нами исследован период вегетации цветочных луковичных культур в защищенном грунте с применением двух типов светодиодных ламп и люминесцентного светильника.

Методика

В специальное устройство для выращивания цветов монтируются лампы следующих видов: светодиодные лампы LED-M80-20W/SP/E27/CL ALS55WH (рисунок 1, рисунок 2) – в первую ячейку; светодиодные лампы PPG PAR38 Agro 15WIP54 E27 185-240V JC1216 (рисунок 3, рисунок 4) – во вторую ячейку и люминесцентные лампы Philips TL-D 36 W/54-765 4H (рисунок 5) – в третью ячейку.

Светодиодные лампы LED-M80-20W/SP/E27/CL ALS55WH для растений имеют особый спектр излучения с преобладающей составляющей синего и красного цвета, аналогичный излучению, способствующему фотохимическим процессам. Благодаря такому излучению активизируются процессы фотосинтеза и ускоряется рост и развитие растений.

Рисунок 1 – Светодиодная лампа LED-M80-20W/SP/E27/CL ALS55WH

Рисунок 2 – Светодиодные лампы LED-M80-20W/SP/E27/CL ALS55WH в экспериментальном устройстве

Светодиодные лампы PAR38 Agro 15WIP54 E27 185-240V JC1216 позволяют полностью заменить естественное освещение на всех этапах выращивания растений. Преимущество данных ламп в том, что они безопасны для окружающей среды, имеют большой срок службы, экономичны в эксплуатации.

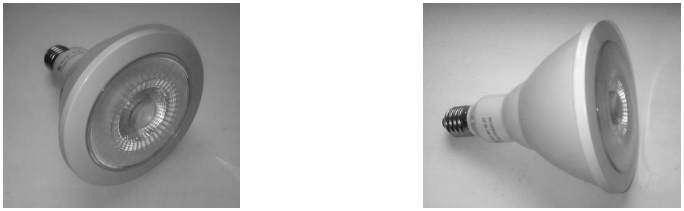


Рисунок 3 – Светодиодная лампа PPG PAR38 Agro 15WIP54 E27 185-240V JC1216

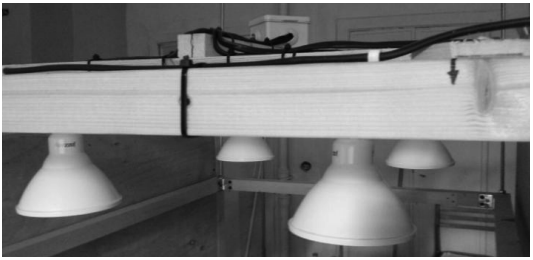


Рисунок 4 – Светодиодные лампы PPG PAR38 Agro 15WIP54 E27 185-240V JC1216 в экспериментальном устройстве

Технические характеристики используемых нами светодиодных ламп для растений представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики светодиодных ламп LED-M80-20W/SP/E27/CL ALS55WH и PPG PAR38 Agro 15WIP54 E27 185-240V JC1216

Технические характеристики	Светодиодная лампа LED-M80-20W/SP/ E27/CL ALS55WH	Светодиодная лампа PPG PAR38 Agro 15WIP54 E27 185-240V JC1216
Цвет свечения	красный 650 нм, синий 575 нм	красный 650 нм, синий 450 нм
Материал корпуса	алюминий	поликарбонат
Температура эксплуатации	–20...+40 °С	–10...+40 °С
Входное напряжение, В	175-250	100-240
Коэф. мощности	0,7	0,6
Угол излучения	160°	40°
Срок службы, часов	25000	25000

Лампы Philips TL-D 36 W/54-765 4H вырабатывают свет в диапазоне от теплого белого до холодного дневного. Лампы умеренной эффективности и цветопередачи. Технические характеристики люминисцентной лампы Philips TL-D 36 W/54-765 4H даны в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики люминесцентной лампы Philips TL-D 36 W/54-765 4H

Светотехнические характеристики	Показатели
Срок службы	до 10% отказов (ном.) 10000 h
Срок службы	до 50% отказов (ном.) 13000 h
Технические характеристики освещения	Код цвета 54-765
Светоотдача (ном.)	2500 lm
Обозначение цвета	Cool Daylight
Стабильность светового потока	10 000 ч (ном.) 75%
Стабильность светового потока	2000 ч (ном.) 90%
Стабильность светового потока	5000 ч (ном.) 80%
Координата цветности X (ном.)	315
Координата цветности Y (ном.)	341
Коррелированная цветовая температура (ном.)	6200 K
Коэффициент цветопередачи (ном.)	72

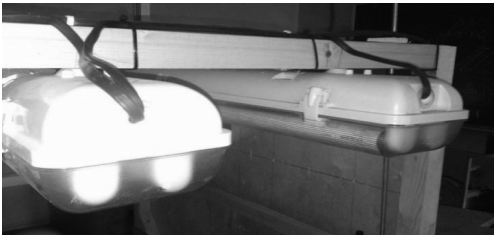


Рисунок 5 – Люминесцентные лампы Philips TL-D 36 W/54-765 4H в экспериментальном устройстве

В ходе проведения экспериментального исследования для выяснения эффективности светового воздействия нами взяты три луковицы фрезии Сингл Еллоу (Freesia single Yellow). Произведена посадка в три ячейки с грунтом: светодиодную с лампами LED-M80-20W/SP/E27/CL ALS55WH, светодиодную с лампами PPG PAR38 Agro 15WIP54 E27 185-240V JC1216 и люминесцентную с лампами Philips TL-D 36 W/54-765 4H. Эксперимент над фрезиями в защищенном грунте продолжался с 24.04.2017 г. по 19.05.2017 г. и составил 26 дней. Высадка в открытый грунт осуществлена 19.05.2017 г. при температурном режиме воздуха + 18ºС.

Результаты

Показатели развития луковичных цветков фрезия Сингл Еллоу (Freesia single Yellow) представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Показатели замеров фрезий Сингл Еллоу (Freesia single Yellow)

Название цветка	Экспериментальная ячейка со светодиодными лампами LED-M80-20W/SP/E27/CL ALS55WH				Экспериментальная ячейка со светодиодными лампами PPG PAR38 Agro 15WIP54 E27 185-240V JC1216				Контрольная ячейка с люминесцентными лампами Philips TL-D 36 W/54-765 4H			
	Площадь самого большого листа S, см^2	Длина листьев, см	Ширина листьев, см	Высота цветка в открытом грунте, см	Площадь самого большого листа, S, см^2	Длина листьев, см	Ширина листьев, см	Высота цветка в открытом грунте, см	Площадь самого большого листа, S, см^2	Длина листьев, см	Ширина листьев, см	Высота цветка в открытом грунте, см
Фрезия Сингл Еллоу (Freesia single Yellow)	4,2	7–20	1,5–3	70	3,8	4–17	2–3	20	Луковица не дала росток			

Из данных таблицы 3 видно, что лучше по всем параметрам развивалась фрезия в экспериментальной ячейке со светодиодными лампами LED-M80-20W/SP/E27/CL ALS55WH. Стебель с цветоносной розеткой достиг 70 см в высоту, она имела красивый, яркий окрас, крупные (5–7 см в диаметре) цветки, собранные в кисть соцветия из 16 штук. Также цветок дал второй бутон соцветия после увядания первого, это свидетельствует о наличии здоровой, крепкой луковицы. Фрезия из второй светодиодной ячейки с лампами PPG PAR38 Agro 15WIP54 E27 185-240V JC1216 развивалась менее динамично, а соцветие достигло в высоту 20 см и не раскрылось (рисунок 6). Фрезия, посаженная в ячейку с люминесцентными лампами, не дала всходов.

а) б)

Рисунок 6 – Цветение фрезии Сингл Еллоу (Freesia single Yellow):
а) фрезия Сингл Еллоу (Freesia single Yellow), выращенная в экспериментальной ячейке со светодиодным досвечиванием при помощи ламп LED-M80-20W/SP/E27/CL ALS55WH;
б) фрезия Сингл Еллоу (Freesia single Yellow), выращенная в экспериментальной ячейке со светодиодным досвечиванием при помощи ламп PPG PAR38 Agro 15WIP54 E27 185-240V JC1216

Фрезия относится к теплолюбивым многолетним луковичным растениям. Еще десять лет назад ее выращивали исключительно в тепличных условиях для получения срезки. В настоящее время фрезия произрастает в открытом грунте не только южной полосы,

но и в западных регионах. Благодаря применению досвечивания можно улучшить и ускорить вегетационный период растения и повысить качественные характеристики роста растения.

Выводы

Ввиду значительных изменений климатических условий на протяжении последних лет, холодного температурного режима летнего периода, большого количества осадков в виде дождей, целесообразно проводить посадку цветочных культур в защищенный грунт с применением искусственного досвечивания. Наши исследования показали положительные результаты: динамика роста растения значительна, листва имеет ярко изумрудный окрас, корневая система окрепшая, сохраняется устойчивость к внешним воздействиям, болезням, появляются достаточно окрепшие окололуковичные детки для последующего размножения растения. Именно светодиодное досвечивание полностью отвечает потребностям цветка в фотосинтезе, что сокращает сроки вегетации и приводит к полноценному цветению и возможности получения деток для сохранения сортовых качеств и преумножения устойчивости к вредным воздействиям для последующего поколения цветов.

Литература

1. Применение светодиодных светильников для освещения теплиц: реальность и перспективы [Текст] / И. Бахарев, А. Прокофьев, А. Туркин [и др.] // Разработки сельское хозяйство. – 2010. – Вып. 2. – С. 80.

2. Прокофьев, А. Перспективы применения светодиодов [Текст] / А. Прокофьев, А. Туркин, А. Яковлев // Полупроводниковая светотехника. – 2010. – С. 60.

3. Статистика рынка светодиодов от ЛБК [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://svet-con.ru/news/detail.phpID = 99908.

4. Аронов, Л.В. Исследование влияния компактных люминесцентных ламп на несинусоидальность токов и напряжений электрической распределительной сети [Текст] / Л.В. Аронов, Т.Н. Васильева // Актуальные вопросы технических наук: материалы II Междунар. науч. конф. – Пермь: Меркурий, 2013. – С. 31–35.

УДК 62-589

РАЗРАБОТКА РЕГУЛЯТОРА ОБОРОТОВ ОДНОФАЗНОГО КОЛЛЕКТОРНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

д.т.н. В.В. Шмигель, А.А. Юдин
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия)

Ключевые слова: коллекторный двигатель, регулятор оборотов.

В статье рассматриваются способы регулирования частоты оборотов универсального коллекторного двигателя на примере универсального коллекторного двигателя типа УЛ-042-25УХЛ4 с применением тиристорной (симисторной) схемы.

DEVELOPMENT OF SPEED CONTROLLER SINGLE-PHASE COMMUTATOR MOTOR

Doctor of Technical Sciences V.V. Shmigel, A.A. Yudin
(FSBEI HE Yaroslavl SAA, Yaroslavl, Russia)

Key words: commutator motor, motor speed controller.

The article discusses methods of regulation of speed of universal commutator motor, for example, a universal commutator motor type UL-042-25UHL4 using thyristor (triac) circuit.

Коллекторные двигатели часто можно встретить в бытовых электроприборах (рисунок 1) и в электроинструменте: стиральная машина, болгарка, дрель, вентиляторы.

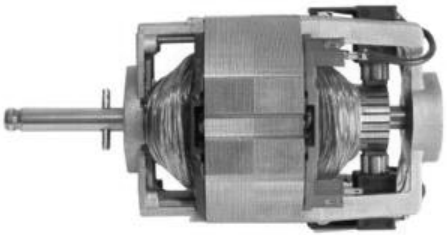


Рисунок 1 – Общий вид коллекторного двигателя

Это совсем не удивительно, ведь коллекторные двигатели позволяют получать и высокие обороты, и большой крутящий момент

(в том числе высокий пусковой момент) – что и нужно для большинства электроинструментов. При этом коллекторные двигатели могут питаться как постоянным током (в частности, выпрямленным), так и переменным током от бытовой сети. Для плавности пуска и управления скоростью вращения ротора коллекторного двигателя применяют регуляторы оборотов.

Методика

Коллекторный двигатель (рисунок 2) состоит обычно из ротора (якоря), статора, щеток и тахогенератора.

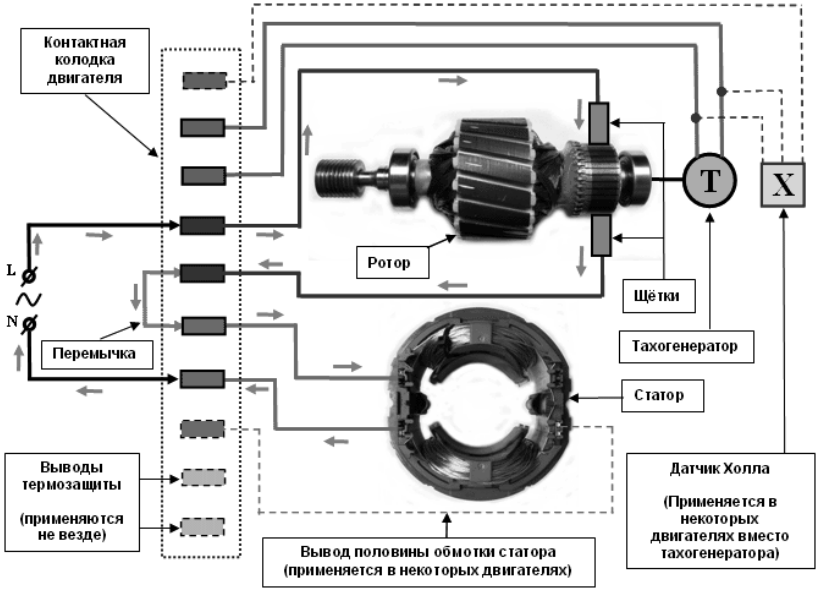


Рисунок 2 – Схема универсального коллекторного электродвигателя

Когда питание подается на статор и на якорь, их магнитные поля начинают взаимодействовать, ротор начинает в итоге вращаться. Питание на ротор подается через графитовые щетки, плотно прилегающие к коллектору (к ламелям коллектора). Для изменения направления вращения ротора необходимо изменить фазировку напряжения на статоре или на якоре. Регулировать частоту вращения мотора достаточно просто. Она зависит от величины подаваемого напряжения. Перечислим несколько вариантов для примера: лабораторный автотрансформатор (ЛАТР); заводские платы регули-

ровки, используемые в бытовых приборах (можно использовать, в частности, те, которые применяются в миксерах или в пылесосах); кнопки, используемые в конструкции электроинструментов; бытовые регуляторы освещения с плавным действием.

Однако все вышеперечисленные способы имеют очень важный изъян. Вместе с уменьшением оборотов одновременно уменьшается и мощность работы мотора. В некоторых случаях его можно остановить даже просто рукой. Иногда это может быть приемлемо, но большей частью это является серьезным препятствием.

Результаты

Электродвигатель УЛ-042-25 универсальный коллекторный используется нами для регулируемого электропривода на лабораторных планшетах (рисунок 3).

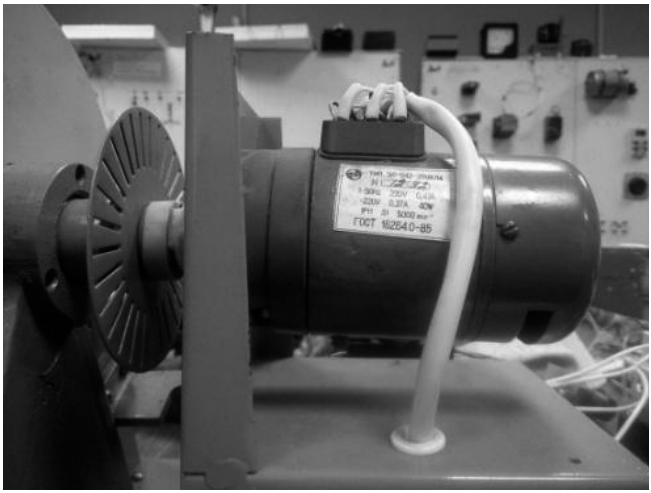


Рисунок 3 – Общий вид двигателя УЛ-042-25УХЛ4, установленного на лабораторном планшете

Технические характеристики УЛ–042–25УХЛ4: мощность – 40 Вт; род тока – постоянный, переменный; напряжение – 220В; ток – 0,37 А, 0,43 А; частота вращения – 5000об/мин; КПД – 51%; коэффициент мощности – 0,85; масса – 1,3 кг.

На рисунке 4 показана схема подключения электродвигателя УЛ-042-25УХЛ4 к сети переменного тока (схема слева), схема справа – подключение к сети постоянного тока.

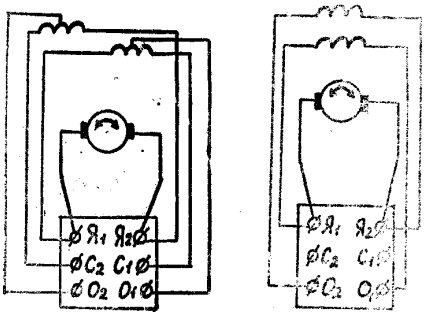


Рисунок 2 – Схема подключения двигателя УЛ-042-25УХЛ4

На рисунке 5 показана схема регулятора оборотов, которую мы доработали и используем. Работа схемы: на каждом периоде сетевого напряжения конденсатор заряжается через резистор до напряжения отпирания динистора, присоединенного к управляющему электроду основного ключа (симистора), после чего симистор открывается и пропускает ток к нагрузке (к коллекторному двигателю).

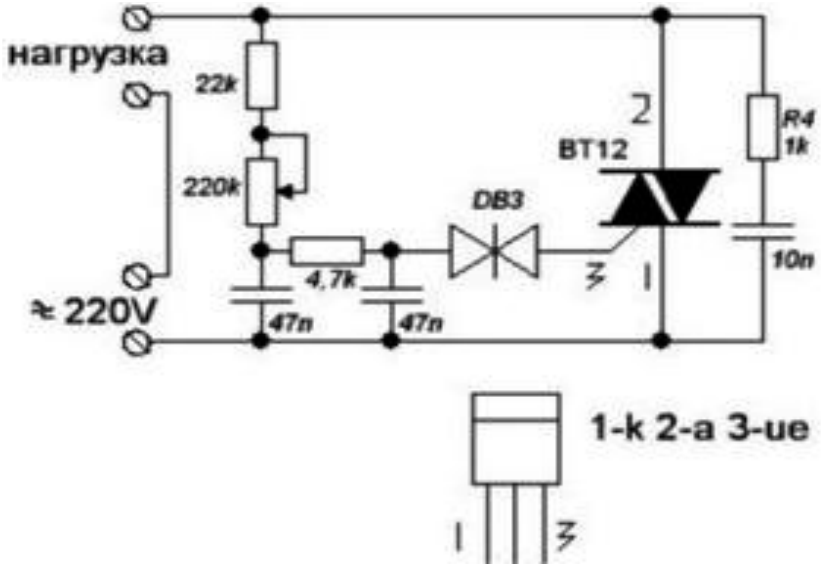


Рисунок 5 – Схема регулятора оборотов коллекторного двигателя

Регулируя время зарядки конденсатора в цепи управления открыванием симистора, регулируют среднюю мощность, подавае-

мую на двигатель, соответственно регулируют обороты. Это регулятор без обратной связи по току.

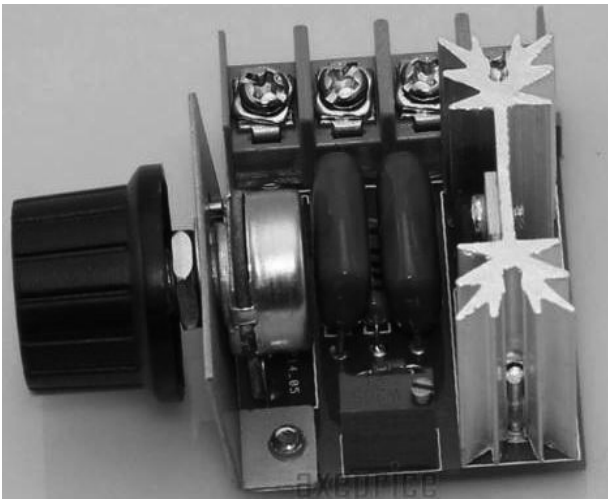


Рисунок 6 – Общий вид регулятора оборотов коллекторного двигателя

На рисунке 6 показан общий вид изготовленного нами регулятора оборотов коллекторного двигателя.

Литература

1. Андрианов, В.Н. Электрические машины и аппараты [Текст] / В.Н. Андрианов. – М.: Колос, 1971. – 448 с.

2. Электрик Инфо [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://electrik.info/remont/1281-regulyatory-oborotov-kollektonyh-dvigateley.html

СОДЕРЖАНИЕ

Г.А. Бибик (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия) Карусельная сушилка 3
С.В. Вендин (ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия) Исследование влияния СВЧ-обработки на всхожесть семян люпина 6
С.В. Вендин, С.В. Соловьев (ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия) Пути повышения энергоэффективности устройств на базе альтернативных источников 10
Н.С. Капустин, С.В. Вендин (ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия) К вопросу о повышении эффективности использования ветро-солнечных электростанций 12
С.В. Килин, С.В. Вендин (ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия) Анализ несинусоидальности и несимметрии в электрических сетях 0,4–10 кВ 15
Н.В Коняев, А.С. Скворцов, С.Н. Бурлаков, Ю.В. Назаренко (ФГБОУ ВО Курская ГСХА, Курск, Россия) К производству комбикорма 21
Н.В. Коняев, Б.С. Блинков, С.И. Жданов, Р.В. Степашов (ФГБОУ ВО Курская ГСХА, Курск, Россия) Модернизация гальванической установки 26
Н.В. Коняев, С.И. Жданов, Б.С. Блинков, Ю.В. Назаренко (ФГБОУ ВО Курская ГСХА, Курск, Россия) Совершенствование навозоуборочного шнекового транспортера 29
Н.В. Коняев, А.С. Брехов, Б.С. Блинков, Ю.В. Назаренко (ФГБОУ ВО Курская ГСХА, Курск, Россия) Энергосберегающая система освещения для птичника 34
Н.В. Коняев, Ю.В. Назаренко, Е.С. Жданова, Б.С. Блинков (ФГБОУ ВО Курская ГСХА, Курск, Россия) Электромагнитный пульсатор 38
Л.Г. Мамонова, М.А. Мясоедова (ФГБОУ ВО Курская ГСХА, Курск, Россия) Вектор развития электрификации сельского хозяйства 41
А.Ю. Мамонтов, С.В. Вендин (ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия) Система управления режимами работы электрооборудования в многокамерном биогазовом реакторе непрерывной загрузки сырья 45

В.А. Милюткин (ФГБОУ ВО Самарская ГСХА, Самара, Россия), ***И.В. Бородулин, Е.А. Агарков*** (ООО «ЭКОВОЛГА», Самара, Россия) Установка для производства альтернативного топлива (биотопливо III поколения) к комплексам – силовой агрегат – генератор.....49
Н.В. Нестерова, А.С. Галеженко (ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия) Роль применения геотермальной системы отопления на предприятиях АПК 55
Н.В. Нестерова, А.Н Мануйленко, А.С. Галеженко (ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия) Роль солнечных генераторов на предприятиях АПК Белгородской области, особенности эксплуатации 61
П.С. Орлов, В.В. Морозов, Н.В. Воронина, С.П. Кочкин (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия) Мероприятия по повышению эффективности, надежности и безопасности электроснабжения сельских потребителей 66
Е.В. Соцкая (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия) Обоснование применения поля коронного разряда и светодиодного досвечивания для сокращения сроков вегетации луковичных цветочных культур в защищенном грунте 78
Д.Н. Тришин, С.В. Вендин (ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, п. Майский, Россия) К вопросу эксплуатации разъединителей в сетях 6–10 КВ 87
А.С. Угловский (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия) Разработка математической модели (в Matlab/Simulink) биореактора с предварительной обработкой импульсным электрическим полем древесной щепы для производства биотоплива (этанола).....92
В.Е. Шарловский, М.Д. Луцков, А.С. Степанов (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия) Опыт и перспективы использования когенерационной установки в хозяйстве ЗАО «Агрофирма «Пахма».....108
В.В. Шмигель, Н.В. Воронина, Е.В. Соцкая (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия) Перспективы использования люминесцентных и светодиодных ламп для выращивания луковичных цветов 111
В.В. Шмигель, А.А. Юдин (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия) Разработка регулятора оборотов однофазного коллекторного электродвигателя 119

Научное издание

ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Сборник научных трудов
по материалам Всероссийской
научно-практической конференции
15 ноября 2017 г.

Начальник редакционно-издательского отдела Е.А. Богословская
Технический редактор Е.В. Клименко
Художественный редактор Т.Н. Волкова

Статьи публикуются в авторской редакции.
Авторы несут ответственность за содержание публикаций.

Подписано в печать 06.04.2018 г.
Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Печать ризографическая.
Усл. печ. л. 7,3. Тираж 500 экз. Заказ № 9.

Издательство ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА.
150042, г. Ярославль, Тутаевское шоссе, 58.

Отпечатано в типографии
ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА.
150042, г. Ярославль, Тутаевское шоссе, 58.

ISBN 978-5-98914-188-3
9 785989 141883