

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«Саратовский государственный аграрный университет
имени Н.И. Вавилова»**



АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ АПК

**Материалы XII Национальной научно-практической
конференции с международным участием**

САРАТОВ, 2021 г.

УДК 338.436.33:620.9

ББК 31:65.32

А 42

Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы XII Национальной научно-практической конференции с международным участием / Под общ. ред. Трушкина В.А. – Саратов: Амирит, 2021. – 296 с.

ISBN 978-5-00140-794-2

В сборнике представлены материалы XII Национальной научно-практической конференции, ежегодно организуемой кафедрой «Инженерная физика, электрооборудование и электротехнологии» ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ и проходившей на базе факультета инженерии и природообустройства 29 и 30 апреля 2021 года. В работах, в частности рассмотрены вопросы энергоресурсосбережения в тепло- и электротехнологиях; автономного, в том числе, с использованием нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, электроснабжения сельскохозяйственных объектов; представлены новые подходы по совершенствованию методов и средств электротехнологий АПК. Тематика представленного в сборнике материала будет интересна специалистам в области электроэнергетики, преподавателям и студентам технических ВУЗов и всем интересующимся указанными направлениями.

Редакционная коллегия:

Трушкин В.А., заведующий кафедрой «Инженерная физика, электрооборудование и электротехнологии», ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ;

Каргин В.А., доцент кафедры «Инженерная физика, электрооборудование и электротехнологии», ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ;

Артюхов И.И., профессор кафедры «Электроэнергетика и электротехника», ФГБОУ ВО Саратовский ГТУ им. Ю.А. Гагарина;

Степанов С.Ф., профессор кафедры «Электроэнергетика и электротехника», ФГБОУ ВО Саратовский ГТУ им. Ю.А. Гагарина;

Садыкова Л.А., руководитель Высшей Школы «Электротехника и автоматика» Западно-Казахстанского аграрно-технического университета;

Левин М.А., доцент кафедры «Инженерная физика, электрооборудование и электротехнологии», ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ.

УДК 338.436.33:620.9

ББК 31:65.32

ISBN 978-5-00140-794-2

© ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, 2021

Андреев А.Е., Мамонтов А.Ю., Вендин С.В.

ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина», г. Белгород

КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА БИОГАЗОВОГО РЕАКТОРА

Аннотация. В статье дано описание конструкции биогазового реактора для получения биогаза и органических удобрений. Особенностью конструкции является непрерывность технологического процесса и управление режимами сбраживания органического сырья.

Ключевые слова: биогаз, реактор, многокамерный, нагревательные элементы, контроль температуры, перемешивание сырья, очистка биогаза.

Технологический процесс производства биогаза из органического сырья предполагает применение различных видов технологического оборудования и биогазового реактора. Кроме того, эффективность процесса переработки органического сырья существенно зависит от соблюдения температурных режимов и перемешивания субстрата в процессе сбраживания [1-7]. Отметим, что получаемая при сбраживании газовая смесь, кроме метана может содержать и другие газы, например, сероводород. Следовательно, конструкция биогазового реактора должна содержать устройства для очистки биогаза от нежелательных газовых примесей.

Для получения биогаза предлагается разработанная в Белгородском ГАУ конструкция реактора [8], схема которого приведена на рисунке 1. Конструкция биогазового реактора обеспечивает непрерывность процесса и повышает эффективность производства биогаза и органических удобрений за счет лопастей-мешалок, которые обеспечивают равномерное распределение твердой фазы субстрата по всему объему реактора, контроль температуры субстрата при сбраживании. Кроме того, биогазовая установка оснащена устройством очистки биогаза для удаления сероводорода.

Технологический процесс производства биогаза в данной конструкции реактора состоит в следующем. Компрессором из нижнего отверстия 7 биомассу подают в емкость 1 после чего она продвигается вверх в другие камеры. В каждой камере обеспечивается перемешивание биомассы лопастями-мешалками 5, приводимыми в движение электроприводом 4. Электропитание привода обеспечивается через силовые кабели, которые установлены в кабельных каналах 6. Нагревательные элементы 3, теплоизоляционная защита 2 и датчики температуры 10 обеспечивают поддержание и контроль температуры в объеме биомассы. В результате происходит сбраживание.

По истечению цикла сбраживания, отработанный субстрат откачивают в отверстие для слива отработанного сырья в емкость удобрений 8. Вывод выделенного биогаза осуществляют компрессором через отверстия в верхней части реактора. Далее биогаз под высоким давлением пропускают через гидрозатвор

11 и фильтр H_2S 12 в газгольдер 9. В гидрозатворе вода поглощает углекислый газ из биогаза, затем в фильтре сероводород поглощается металлическими стружками.

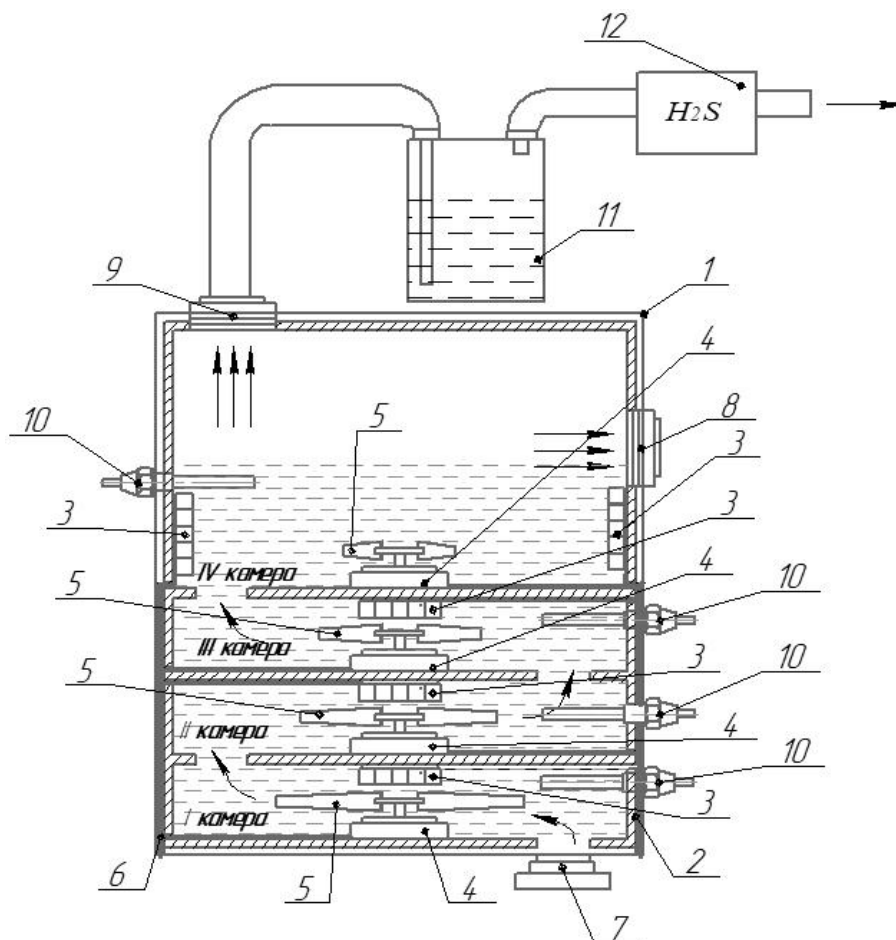


Рисунок 1 – Схема биогазового реактора непрерывной загрузки сырья

Уменьшение размеров лопастей-мешалок на поздних стадиях сбраживания способствует интенсивному перемешиванию и разрушению связей между бактериями. Перемешивание субстрата проводят периодически с определенной циклическостью, частотой и интенсивностью. Применение фильтра очистки позволяет удалить из биогаза углекислый газ и сероводород, благодаря чему доля метана в биогазе составляет 94–97%.

Выводы.

Представлено описание эффективной конструкции биогазового реактора для получения биогаза и органических удобрений. Особенностью конструкции является непрерывность технологического процесса и управление режимами сбраживания органического сырья.

Технологический результат достигается за счет лопастей-мешалок, которые обеспечивают равномерное распределение твердой фазы субстрата по всему объему реактора, устройств подогрева субстрата и датчиков температуры, обеспечивающих контроль температуры субстрата при сбраживании. Кроме того, биогазовая установка оснащена устройством очистки биогаза для удаления сероводорода. Поддержание температурного режима при сбраживании и перемешивание субстрата обеспечивают интенсивность газообразования. Применение

фильтра очистки позволяет удалить из биогаза углекислый газ и сероводород, благодаря чему доля метана в биогазе составляет 94–97%.

Список литературы

1. Вендин, С.В. Автоматизация механических и тепловых процессов в многокамерном биогазовом реакторе непрерывной загрузки сырья / С.В. Вендин, А.Ю. Мамонтов // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина.- №4 (74), 2016.- С.55-60.
2. Вендин, С.В. Обоснование параметров терморегуляции и перемешивания при анаэробном сбраживании / С.В. Вендин, А.Ю. Мамонтов // Сельский механизатор. – №7, 2016. – С. 20-22.
3. Вендин, С.В., Мамонтов А.Ю., Каплин А.В. Программа расчета геометрических и конструкционных параметров биогазового реактора / С.В. Вендин, А.Ю. Мамонтов, А.В. Каплин // Промышленная энергетика. –№3, 2017. - С. 51-55.
4. Вендин, С.В. Электрооборудование биогазового реактора / С.В. Вендин, А.Ю. Мамонтов // Сельский механизатор. –№5, 2017. - С. 26-27.
5. Вендин, С.В. Расчет мощности дополнительных источников теплоты для подогрева биомассы в биогазовом реакторе / С.В. Вендин, А.Ю. Мамонтов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им.В.Г. Шухова.- №7, 2017.- С.97-99.
6. Вендин, С.В. Оценка величины мощности дополнительных источников теплоты для биогазового реактора / С.В. Вендин, А.Ю. Мамонтов // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. –№1(25), 2020. - С. 76-84.
7. Вендин, С.В. К выбору теплоизоляции для корпуса биогазового реактора с учетом дополнительного подогрева сырья / С.В. Вендин, А.Ю. Мамонтов, Ю.Н. Ульяновцев // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. –№2(26), 2020. - С. 16-26.
8. Патент РФ195 674. Биогазовый реактор непрерывной загрузки сырья: патент РФ № 195 674: МПК С02F11/04 / Вендин С.В, Мамонтов А.Ю., Андреев А.Е. (RU) - №2019137688, 21.11.2019. Оpubл. 03.02.2020.

УДК 631.131

Бакиров С.М., Логачева О.В., Осипов А.А.

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова», г. Саратов

РОБОТИЗАЦИЯ КОРМОПРИГОТОВЛЕНИЯ В СВИНАРНИКЕ

Аннотация. В работе приводится роботизация кормоприготовительного процесса в свиноматке. Рассмотрен в комплексе технологический процесс кормления и выделен этап дозирования корма. В соответствии с программой кормления, которая зависит от возраста животного, дозировка сухого корма выполняется путем открытия заслонки. Установлено, что продолжительность открытия заслонки зависит от диаметра трубопровода, массы и вида корма.

Ключевые слова: роботизация свиноматки, кормление свиней, кормораздатчик, ультразвуковой приемопередатчик, электропривод заслонки.

Кормление свиней является основным процессом производства, так как качество корма, режим кормления и поения влияют на конечный выходной параметр – суточный прирост веса свиней. Главным требованием этого процесса является дозировка видов кормов: белки, жиры, углеводы, витамины и т.п.; на основе возраста животных [1].

Согласно справочным данным в цикле выращивания свиней на мясо (от 4-6 месяцев) предусматриваются несколько программ (рисунок 1).

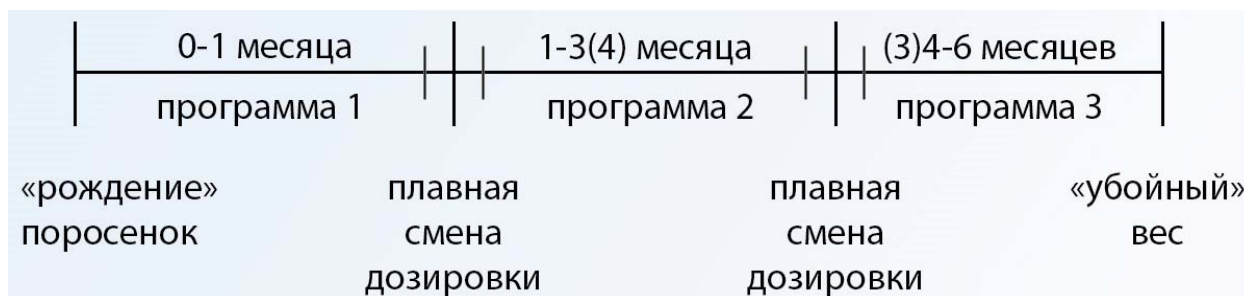


Рисунок 1 – Программы кормления

На основе данных программ кормления в процесс кормления закладываются режимы работы оборудования. В кормление входит: кормоподготовка, кормоприготовление, кормораздача и поение [2]. Предложенная конструкция учитывает эти этапы. Изобразим структурную схему кормления, чтобы в дальнейшем роботизировать его.

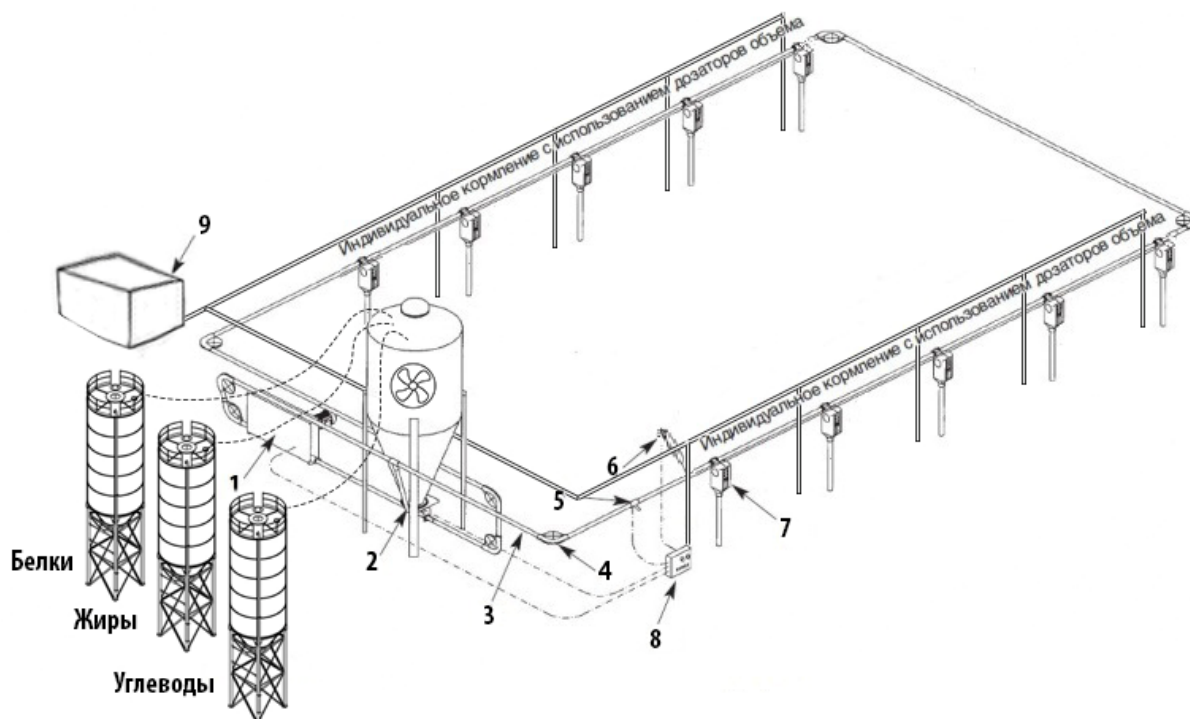


Рисунок 2 – Оборудование кормления (1 – привод; 2 – емкость для корма с принудительной обратной подачей; 3 - транспортная труба; 4 – поворотный механизм (угол 90 град); 5 – сенсор для отключения; 6 – автоматический пусковой узел для дозаторов объема; 7 – дозатор объема; 8 – узел управления; 9 – бак для воды)

Роботизация кормления заключается в комплексном выполнении процесса от загрузки корма в бункера рабочим персоналом до поедания корма свиньями. При этом роботизация и анализ выполненных процессов, а также сравнение и улучшение показателей процесса, которые ориентированы на достижение главной цели – максимальный привес животных.

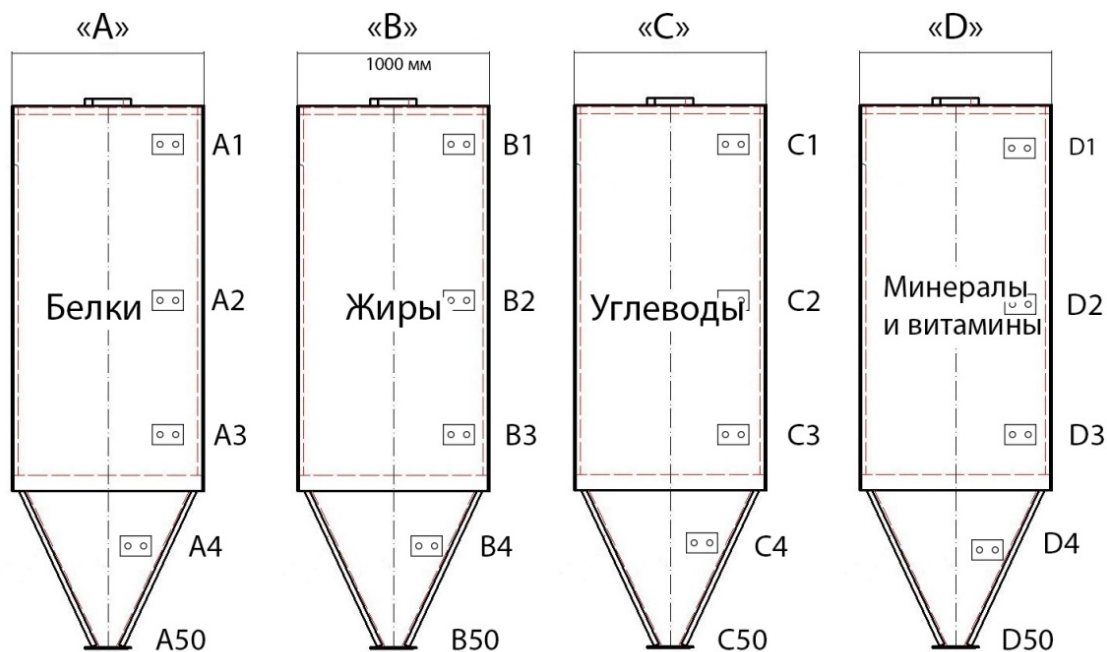


Рисунок 3 – Структурная схема расположений ультразвуковых приемо-передатчиков во внешних бункерах

Запуск «Главного компьютера», где контролируются и управляются все процессы, выполняют ветеринар или ответственный оператор дистанционно. Это выполняется в момент начала «цикла выращивания».

В этот момент выставляются дата, время, включается запись всех процессов, измерений и т.п. По состоянию здоровья определяется программа кормления животного и сравнивается с установленными данными оператора.

Кормление начинается с определения времени суток, программы кормления и анализа данных 1 этапа.

Вид сверху

Вид слева

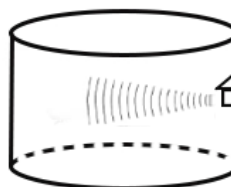
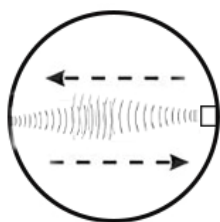


Рисунок 4 – Принцип устройства оценки уровня корма в бункере

1 этап. Оценка уровня кормов внешних бункеров. Данные бункеров установлены снаружи свинарника для пополнения кормами (рисунок 3).

Оценка уровня кормов осуществляется на основе данных ультразвуковых приемопередатчиков, которые установлены в каждом бункере А-белки, В-жиры, С-углеводы, D-витамины и минералы. Датчики веса в представленной конструкции бункеров в виде цилиндров с конусами не смогут адекватно оценивать объем корма.

Место установки датчиков определено с учетом объема бункера и работоспособности датчика (рисунок 4).

Программирование данного процесса выполняется просто на базе любого программатора, например, Arduino. Полученные данные с датчиков передаются на главный компьютер и оператор, в обязанности которого входит пополнение бункеров нормами. Информация обрабатывается следующим образом (таблица 1).

Таблица 1 – Логика выполнения процесса дозирования

Датчики	Значение, см	Логика	Решение-программирование	Сигнализация
A1	100	A1→и↓	Емкость 60-80%→	А Отправка оператору
A2	5	A2→и↓		
A3	5	A3→и↓		
A4	4	A4↓		
A50	-	A50		
B1	5	B 1→и↓	Емкость 90-100%→	В Отправка оператору
B2	4	B 2→и↓		
B 3	5	B 3→и↓		
B 4	5	B 4↓		
B 50	-	B 50		
C1	100	C 1→и↓	Емкость 20-40%→	С Отправка оператору
C 2	51	C 2→и↓		
C 3	5	C 3→и↓		
C 4	4	C 4↓		
C 50	-	C 50		
D1	100	D 1→и↓	Емкость 60-80%→	D Отправка оператору
D 2	5	D 2→и↓		
D 3	5	D 3→и↓		
D 4	5	D 4↓		
D 50	-	D 50		

Окончание первого этапа заключается в фиксации решений, которые программируются на основе датчиков. Если уровень корма достигает до логических действий 3-х датчиков со значениями 100 см (диаметр бункера), то кормление не начинается до повторного сигнала (обратной реакции оператора) о начале следующего этапа.

2 этап. Дозирование кормов. Для кормления используются сухие корма. Дозировка корма важный этап, который позволяет создать наиболее эффективный рацион питания по программе (m – t).

Дозирование корма по массе определяется временем открытия заслонки электроприводом для подачи необходимой массы корма [3]. Представим, что масса корма определяется по выражению:

$$m = \frac{pS}{g}, \quad (1)$$

где p – давление на заслонку электропривода, Па; S – площадь поперечного сечения трубопровода подачи корма, м²; g – ускорение свободного падения, м/с².

Изобразим заслонку электропривода, по времени работы которого определяется необходимая масса корма, на рисунке 4.

Представим площадь поперечного сечения S через диаметр трубопровода d , а ускорение свободного падения выразим как отношение конечной скорости ко времени, тогда выражение (1) примет вид:

$$m = \frac{\pi d^2 pt}{4v}, \quad (2)$$

где t – продолжительность работы электропривода заслонки, с; v – скорость падения корма в трубопровод диаметром d , м/с.

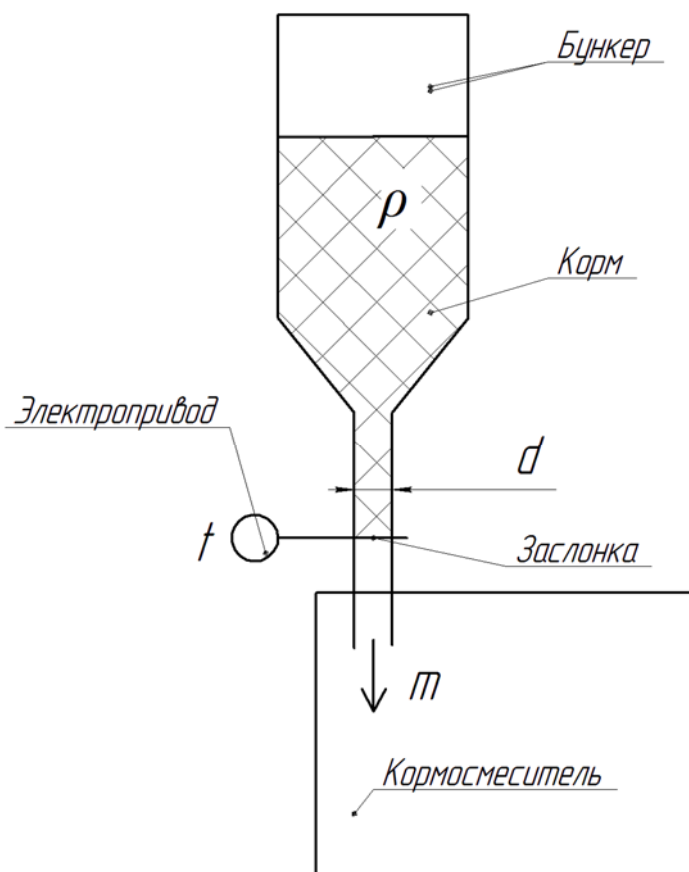


Рисунок 5 – Технологический процесс подачи корма в кормосмеситель

Открытие и закрытие заслонки будет переходным процессом. В момент подачи сигнала, заслонка открывается и часть корма высыпается до момента полного открытия и, наоборот, при закрытии часть корма также высыпается. Распределение величины (массы) корма подчиняется нормальному закону распределения Гауса (рисунок 6).

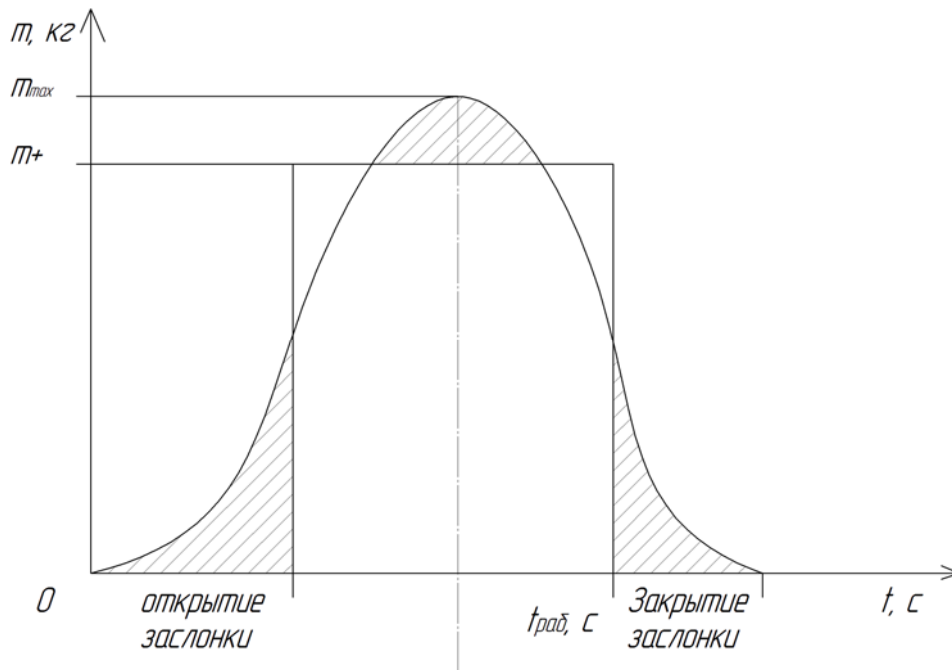


Рисунок 6 – Распределение массы корма по времени открытия заслонки по закону Гаусса

Если скорость потока корма выразить по формуле Торричелли и преобразовать (2), то получим:

$$t = \frac{m}{0,55\rho\sqrt{g\Delta h(t)d^2}}, \quad (3)$$

где ρ – плотность корма, кг/м³; $\Delta h(t)$ – максимальная высота падения корма из бункера, зависящая от времени t , м.

Виды кормов

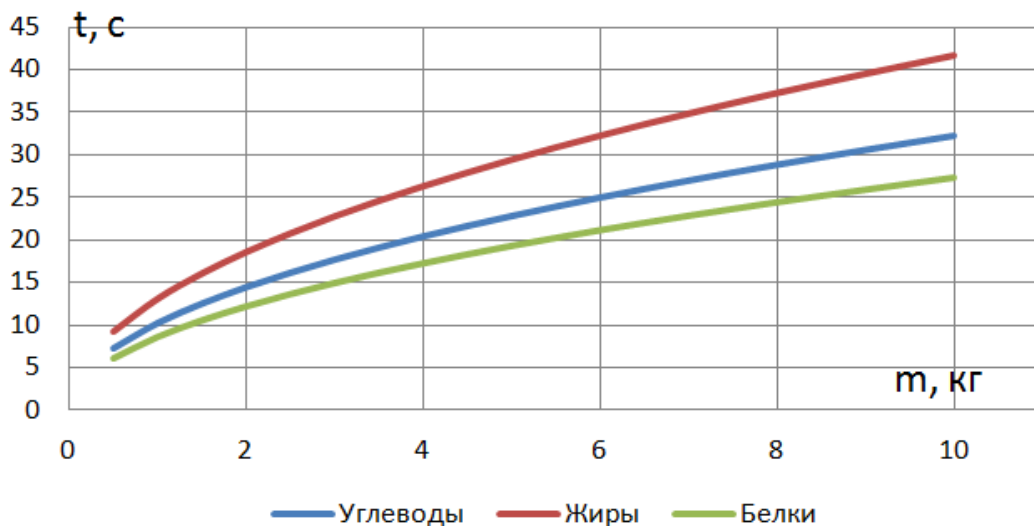


Рисунок 7 – Зависимость работы электропривода от требуемой массы корма по программам кормления (диаметр трубопровода $d = 0,05$ м, плотность белков 0,7; жиров 0,3; углеводов 0,5)

С учетом того, что максимальная высота падения корма из бункера также меняется в зависимости от времени по выражению:

$$\Delta h(t) = 2gt^2, \quad (4)$$

тогда запишем зависимость времени работы электропривода заслонки от требуемой массы корма (рисунок 7):

$$t = \sqrt{\frac{m}{0,785\rho g d^2}}. \quad (5)$$

Таким образом, установлено, что кормление проходит по трем программам (младший, средний и забойный возраст), по которым требуется контролировать количество дозировок того или иного вида корма. Установленная программой масса корма регулируется открыванием заслонки каждого бункера. Время открытия заслонки зависит от плотности корма, диаметра трубопровода и самое главное от требуемой массы.

Список литературы

1. Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство»: официальное издание. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 48 с.
2. Кабанов, В.Д. Свиноводство: учебник для ВУЗов / В.Д.Кабанов. - М.: Колос, 2001. – 431 с.
3. Каргин, В. А. Программная система автоматического управления производительностью дозирующего устройства / В.А. Каргин, А.В. Волгин, А. П. Моисеев. – В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы инновационной агроэкономики. Сборник статей Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции. – ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ (Саратов). – 2020. – с. 153-158.

УДК 636.01

Бакиров С.М., Осипов А.А.

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова», г. Саратов

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ РОБОТИЗИРОВАННОГО УЧЕБНОГО СВИНАРНИКА

Аннотация. В данной работе предложена конструкция свинарника для роботизации процессов с возможностью непосредственного наблюдения и изучения вопросов содержания свиней учащимися, а также для возможности непрерывного совершенствования процессов их роботизации и создания на его базе нейронных сетей и развития искусственного интеллекта в области животноводства.

Ключевые слова: роботизация, умный свинарник, технологический процесс, роботизированный микроклимат, роботизированное кормоприготовление.

В дорожной карте проекта «Цифровизация сельского хозяйства Российской Федерации» указаны направления развития, в которых приоритетными задачами являются разработка комплексного программного обеспечения, разработка соответствующего оборудования и подготовка квалифицированных кадров для осуществления задуманных планов [1]. Для существующих конструкций сви-

нарников разработать комплексные решения по роботизации и цифровизации процессов невозможно в связи с тем, что многоукладность большинства процессов ориентирована под ручной труд. Вместе с этим изучение процессов в свиноматке ограничено из-за негативного влияния на развития свиней при присутствии человека. Поэтому целью данной работы является разработать конструкцию роботизированного свиноматки с возможностью изучения процессов обучающимися.

Предлагается проект «умного» учебного свиноматки-откормочника на 50 свиней. Норма площади для одной свиньи от 1 до 2,5 м². В проектируемом свиноматке предлагается содержать по 5 свиней в загоне, размер которого 5х3 м² [2]. Общая площадь свиноматки с учетом технологической зоны составит 200 м² (рисунок 1).

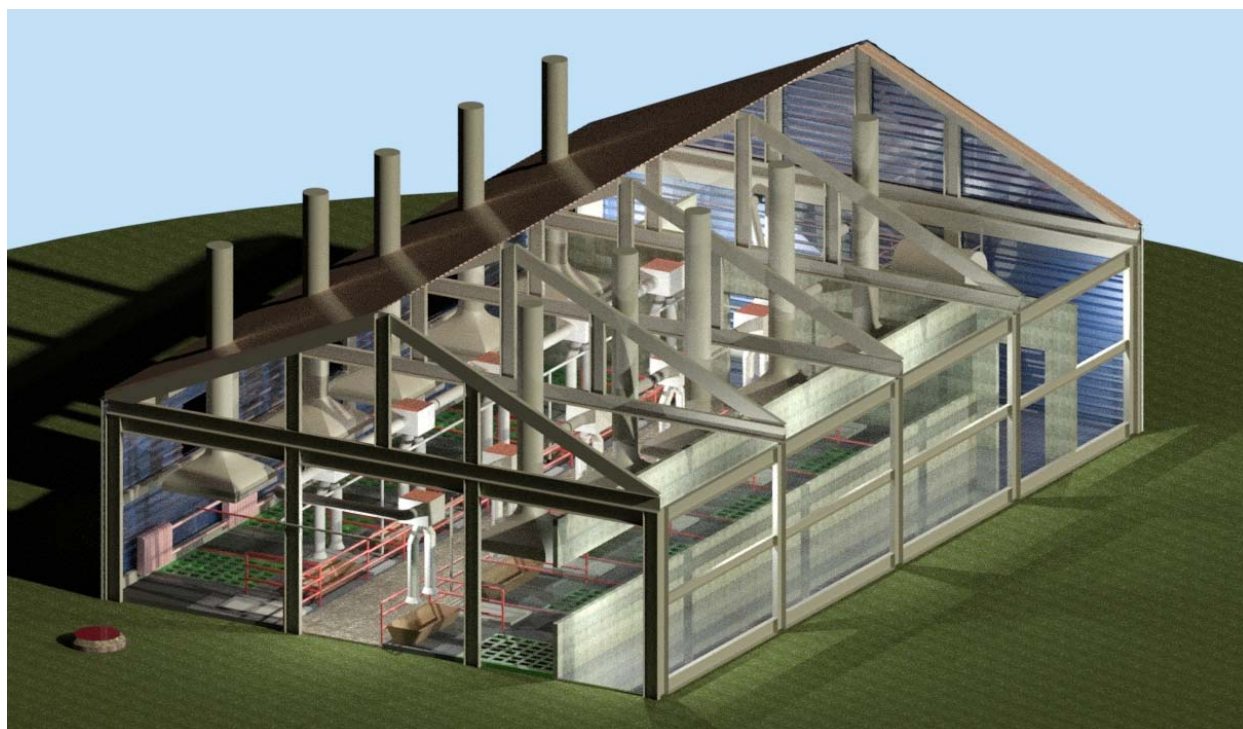


Рисунок 1 - Металлический каркас свиноматки

Проект свиноматки учитывает целый комплекс необходимых требований и санитарно-гигиенических условий содержания свиней [3]:

- технические характеристики проектного решения с подробным описанием расчета необходимой площади для размещения поголовья;
- подбор внутреннего оборудования свиноматки с расчетом количества поилок и кормушек;
- организация навозоудаления;
- схемы подключения к источникам водоснабжения и электропитания;
- устройство микроклимата помещений;
- разработка мероприятий по пожарной безопасности и т. п.

В конструкции свиноматки предусмотрен специальный стеклянный коридор для наблюдения за свиньями, а также за работой оборудования (рисунок 2).

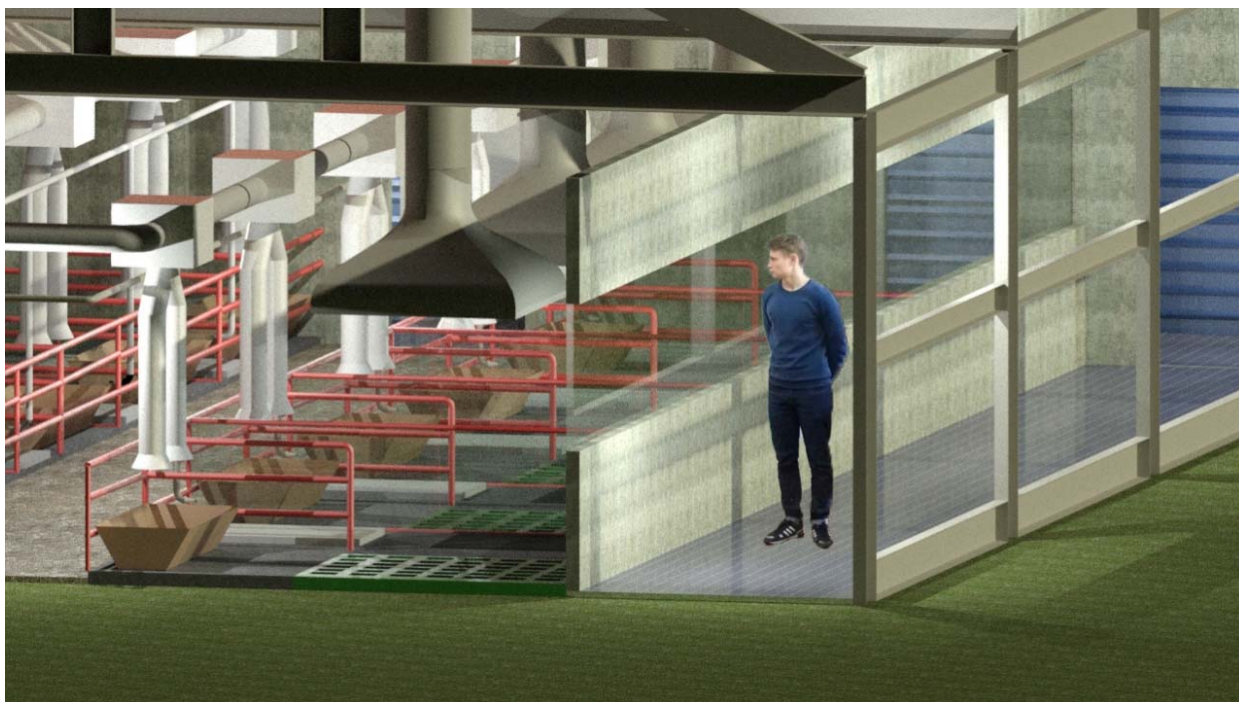


Рисунок 2 - Коридор для наблюдения за процессами в свиарнике

В предусматриваемом коридоре предлагается проводить занятия по совершенствованию процессов. Например, процесс кормления животных, при котором выполняется большое количество операций (рисунок 3).



Рисунок 3. - Модель кормораздаточного агрегата (1- ёмкость для смешивания, 2- дозаторы корма, 3- трубопровод с шайботросом, 4- кормушка).

Помимо процесса кормления в свиарнике проходит ряд других основных и вспомогательных процессов (рисунок 4), которые также предлагается роботизировать в конструкции данного свиарника.

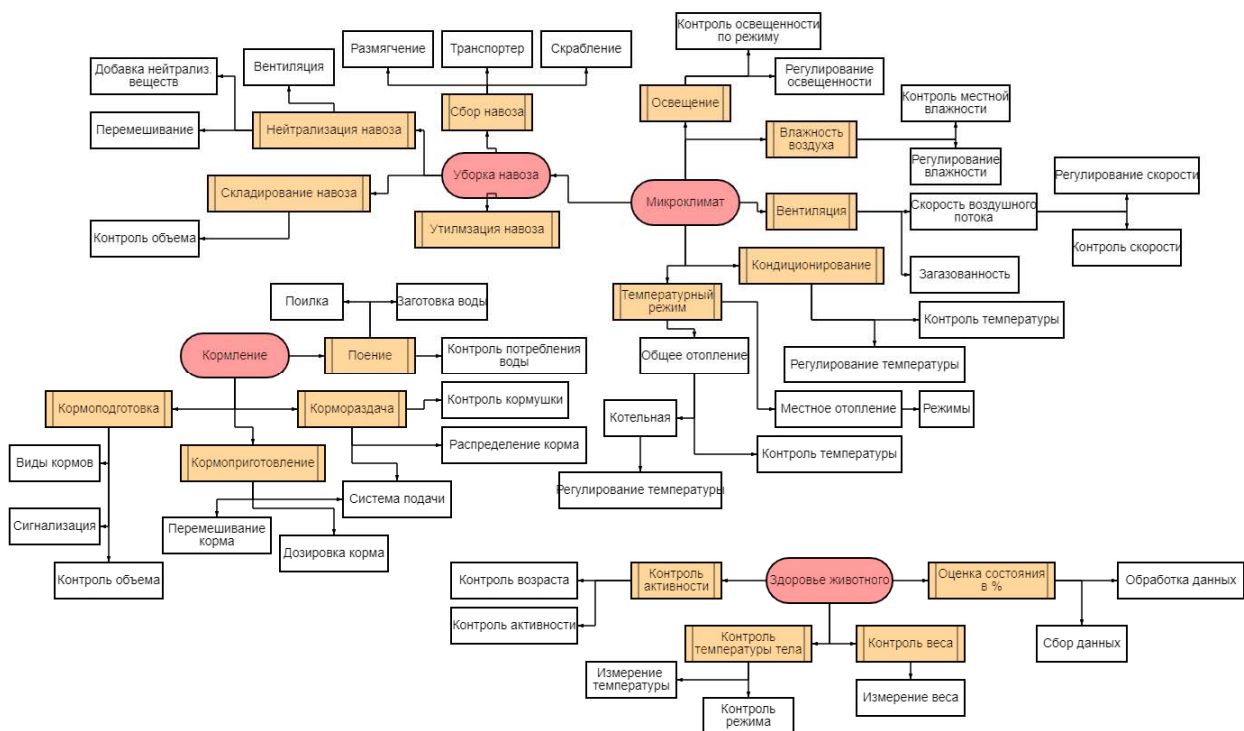


Рисунок 4 - Классификация процессов роботизации многого учебного свинарника

В каждом загоне свинарника предусмотрено навозоудаление через щелевые полы [4]. Под поверхностью пола предусмотрен продольный транспортер, совершающий возвратно-поступательные движения, который убирает навоз из помещения, сбрасывая его в навозный канал поперечного транспортера, который транспортирует навоз в сливную яму (рисунок 5).



Рисунок 5 - Поперечный и продольные каналы для навозоудаления и сливная яма

Таким образом, предложенная конструкция данного свинарника позволяет роботизировать основные процессы в свинарнике: кормление, микроклимат, навозоуборка, а также добавить систему слежения за здоровьем животных. В

предложенной конструкции сводится к минимуму присутствие человека в сви-нарнике. Предусмотренный коридор для обучающихся позволит наглядно сле-дить за процессами, а также их совершенствовать.

Список литературы

1. Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство»: официальное издание. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 48 с.
2. Кабанов, В.Д. Свиноводство: учебник для ВУЗов / В.Д. Кабанов. - М.: Колос, 2001. – 431 с.
3. Антонов, П.П. Улучшение микроклимата животноводческих зданий. // Животноводство. 2006. - №2 - с. 54-57.
4. Долгов, В.С. Гигиена уборки и утилизации навоза: монография / В.С. Долгов.– М.: Рос-сельхозиздат, 1984. – 175 с.

УДК621.313.3

Белов В.В.

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный аграрный университет»,
г. Чебоксары

ПРОБЛЕМЫ ИЗМЕНЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ НАПРЯЖЕНИЯ ПИТА- НИЯ НА СРОК СЛУЖБЫ БЫТОВЫХ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ

Аннотация. Рассмотрены результаты и исследования влияния увеличения напряжения с 220 В до 240 В на разные электроприемники. на основе исследований доказано, что повышение даже в бытовой сети до 240 В до 240 В. отрицательно сказывается не только на электро-приемниках, но и оказывает бесспорное влияние на электробезопасность. Повышение напря-жения на 10% сокращает срок службы обычных лампочек накаливания,

Ключевые слова: напряжение, электрооборудование, электроприемники, светиль-ники, срок службы, моделирование.

Современное развитие любой отрасли производства немислимо без элек-троэнергетики [1,2]. Особенно сельскохозяйственное производство в высокой степени зависим от электроснабжения и срока службы электрооборудования [2,3,5]. Допустим, что произошел выход из строя электропривода или отключе-ние электроснабжения доильных установок. В этом случае нарушение техноло-гического цикла периодичности доения коров приведет и к невозможным по-терям [3-6]. Отключение или выход из строя электрооборудования по управле-нию микроклиматом в инкубаторе приведет к гибели будущего молодняка кур, гусей, уток и т.д., если время восстановления, устранения неполадок или отклю-чения электроснабжения превысит допустимые пределы [1].

Бесспорно, что превышение напряжения на 5-10%: в питающей сети особо остро сказывается на сроке службы светотехнических приборов [5,7].

Увеличение с 220 В до 230 В для находящихся в эксплуатации электропри-боров, предназначенных для эксплуатации под номинальным напряжением 220 приводит к превышению напряжения почти на 5% от номинального [1,7].

Известно, что при превышении напряжения происходит снижение срока, что в итоге приводит к повышению себестоимости сельскохозяйственной продукции [5,6].

Также отметим, что имеющаяся автоматическая система защиты сети и находящаяся в эксплуатации электроснабжения 220 В рассчитана и спроектирована также для случая электроснабжения на 220 В. Снижение или увеличение напряжения, например, для ламп накаливания более 10% приводит к снижению срока службы почти на 30%(лампы накаливания) особенно при превышении напряжения. Указанные факты подтверждают особую актуальность рассматриваемой проблемы [1,2].

Исследованию подвергались нормативные документы и соответствие номинального напряжения в сети и эксплуатационным требованиям самих электротехнических приборов.

В соответствии с ГОСТ 32144-2013 (Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения) напряжение в электросети должно соответствовать номинальным отклонениям. Допустимым диапазоном изменением напряжения считается в $\pm 5\%$ и максимально должны отличаться в кратковременных промежутках не более $\pm 10\%$ [7,8].

Из электротехники известно, что максимальный момент асинхронного двигателя пропорционален квадрату напряжения сети.

Соответственно можно смело утверждать, что электромагнитный момент сильно зависит от подведенного напряжения ($M \sim U_1^2$). При снижении напряжения на 10%, электромагнитный момент снизится на 19 % ($M \sim (0,9U_1)^2 = 0,81U_1^2$). Это является одним из существенных недостатков асинхронных двигателей, так как в реальных производственных условиях приводит к снижению производительности труда и увеличению брака, а также снижению срока службы электрооборудования [4,5,6].

Очевидно, что частный отказ, выход из строя насосов артезианских скважин, как показывает практика эксплуатации глубинных насосов, особенно водонапорных башен в сельскохозяйственном производстве вызвано именно перепадом (снижением) напряжения в сети электропитания насоса.

Для электропривода снижение напряжения в виду недостаточности крутящего момента, приводит к перегреву обмоток соответственно к снижению срока службы.

Увеличение напряжения до 230 В не решает задачи надежности электрооборудования и обеспечения бесперебойности электроснабжения.

Напряжение в сети исторически менялось от минимальных значений до высоких. На текущее время в соответствии с ГОСТ 29322-2014 «Напряжения стандартные» в сети бытового назначения рекомендовано 230 В.

Номинальным напряжением у источников и приёмников электроэнергии называется такое напряжение, на которое они рассчитаны в условиях нормальной работы. но к сожалению, в обиходе и на приборах, производимых даже в 2021 году, как в инструкциях, так и на самих электротехнических приборах указывают 220 В.

Следовательно, производители различных электротехнических приемников не учитывают нормативные положения об изменении напряжения в сети электропитания. Такой подход к производству и эксплуатации электроприемников является отражением безответственности производителей, несоблюдения требований нормативных документов, а также подтверждает бездействие контролирующих органов.

Анализ нормативных материалов по электроснабжению показывает, что напряжение в сети в разных странах по мере развития менялось.

В разных странах мира приняты различные стандарты сетевого ГОСТ 29322-2014 устанавливает на территории РФ бытовое напряжение не 220 В, а 230 В. Из всего этого вытекает следующие, увеличение напряжения на 10 В (более 4,5%, а на 20 В около 10%) приводит к негативным последствиям и уменьшению срока службы всего электрооборудования.

Как показывают результаты моделирования теоретическое отклонения допускается в диапазоне от 198 В до 242 В, а при номинальном напряжении – 230 В, отклонения допускается в пределах 207-253 В.

Анализируя и сравнивая полученные путем моделирования [4,5,6] данные показывают, что при напряжении в сети 230 В взамен 220 В, максимально допустимое напряжение также увеличивается до 253 В, взамен 242 В при напряжении 220 В.

Выводы. Результаты моделирования подтвердили предположения и показывают, что переход на напряжение 230 В взамен 220 В для некоторых случаев благоприятно сказывается на оборудовании, а в основном оказывает отрицательное воздействие. Увеличение напряжения от 220 В до 240 В уменьшает потери напряжения в кабеле.

Список литературы

1. Белов В.В. Результаты исследования влияния величины напряжения питания на срок службы электроприемников E-Scio. 2019. № 6 (33). С. 913-923
2. Влияние параметров источника излучения на биообъект / Белов В.В. [и др.] // Известия Международной академии аграрного образования. 2016. № 30(2016). - С. 122-126.
3. Исследование комбинированного облучательного прибора с лампой типа ЛБ-36 и модулем красных светодиодов / Белов В.В. [и др.] Известия Международной академии аграрного образования. – СПб., 2018. Вып. № 43. - С. 5-9.
4. Применение светильников, ламп и облучателей в АПК / Белов В.В. [и др.] // Известия Международной академии аграрного образования. – СПб., 2018. № 39. - С. 14-18.
5. Эксплуатационная надежность, безопасность и экологичность установок с разрядными лампами в сельскохозяйственном производстве / Белов В.В. [и др.] // Известия Международной академии аграрного образования. – СПб., 2018. № 38. - С. 5-8.
6. Белов В.В. и др. Проект развития сельскохозяйственного предприятия. //Белов В.В., Белов С.В., Белова О.В. В книге: экономика и управление в XXI веке: актуальные вопросы, достижения и инновации. монография. Пенза, 2017. С. 81-92.
7. Стандарты напряжений и частот в разных странах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.Wikipedia.org/wiki/>. – (Дата обращения: 13.02.2021).
8. Правила устройства электроустановок. –Изд-во «НОРМАТИКА». 2015 – 464с.

Белов В.В., Белов Е.Л., Шаронова Т.В.

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный аграрный университет»,
г. Чебоксары

ОБОГРЕВ ТЕПЛИЦ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Аннотация. Рассмотрены вопросы выращивания теплолюбивых культур во второй световой зоне; применение обычных и сезонных теплиц, эффективное их использование для выращивания томатов, огурцов и рассады; исследование суммы активных температур, необходимых для развития определенного вида растения.

Ключевые слова: микроклимат теплиц, сумма активных температур, фитоактивная радиация, выращивание теплолюбивых растений, солнечная радиация.

Обеспечение населения России овощной продукцией является важной задачей. После введенных санкций против России, в стране встал острый вопрос по обеспечению продовольствием населения. До этого часть продукции завозилась из ближнего и дальнего зарубежья. Данная мера позволила нашим производителям, фермерам увеличить объём продукции и реализовать на своём же рынке [1,2].

Для снабжения продукцией населения, также можно использовать сезонные теплицы. Они обеспечивают получение овощной продукции начиная с ранней весны, заканчивая поздней осенью. Но чтобы охватить такой большой промежуток времени, необходимы дополнительные меры для получения тепла. Нужно поддерживать необходимую температуру, учитывая вегетативный период выращиваемых растений. Такие теплицы востребованы в фермерских, частных и других подсобных хозяйствах. Значимость сезонных теплиц на данном этапе высока [3, 4].

При построении сезонных и обычных теплиц, нужно обратить внимание на температуру окружающей среды. В зависимости от географического расположения хозяйств, климатических условий, а также вида возделываемых культур, следует обратить внимание на минимальную температуру, при которой начинается вегетация конкретного вида растений. Зная этот важный параметр, можно примерно определить, будет ли расти тот или иной вид растения в данной местности, и как повлияет микроклимат участка на его рост и развитие [5].

Географическое, территориальное расположение земель сельскохозяйственного назначения в России разбиты по количественной характеристике - фитоактивной радиации (ФАР) на несколько зон. Районирование территории России по притоку естественной ФАР, проникающей в теплицы в осенне-зимний период делится всего на 7 световых зон. Так территория Чувашской Республики попадает во II световую зону ФАР с суммой 400...580 кал/см². Аналогично указано, в соответствии [5] Чувашия находится во 2-й световой зоне с суммарных ФАР до 400-580 кал/см².

Следует отметить, что перепад ФАР в республике до 31% существенный и приводит к большим рискам сельскохозяйственного производства на нашей территории.

Нужно учитывать, что погода из года в год не стоит одинаковая. Зима 2020 года удивила нас высокими температурами, столбик термометра практически не опускался ниже 8 °С. Но в этом году всё наоборот - зима 2021 года стала одной из холодных за последние 10 лет. Летние месяцы также не всегда нас радуют. Наличие летнего сезона не обеспечивает высокими температурами и солнечными днями.

Существующие обстоятельства требуют максимально использовать солнечную радиацию для обогрева почвы в летний период и продлить жизнь растений глубокой осенью с возможностью получения овощной продукции в разных категориях хозяйствования.

Исследуя климатические условия местности, нужно правильно подобрать устройства для поддержания микроклимата в теплицах. Тщательно изучить климатические зоны и существующие риски. Производители теплиц и устройств к ним предлагают достаточно широкий спектр оборудования для поддержания микроклимата, из которого можно подобрать экономически выгодные варианты для любых типов.

Для поддержания оптимальной температуры предлагается в сезонной теплице установить систему трубопроводов для теплообмена между верхними и нижними слоями воздуха и почвы. Известно, что все тепло собирается вверху в избытке. Эту теплоту необходимо вентилятором загнать в трубопровод и подать в нижние слои теплицы – над уровнем растений. Также, избыточную теплоту мы рекомендуем отправить в подпочвенную систему трубопроводов, закопанные ниже глубины корней растений (от 0,5 до 2 м) для подогрева почвы. Таким образом создается оптимальная температура в почве и в теплице в целом. При этом почва будет являться аккумулятором тепла, что в холодную осень продлит жизнь растений, и таким же образом весной почва будет пригодна к посадке растений раньше, чем в обычных теплицах.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что большую часть тепловой энергии надо стараться получить от естественного источника – солнца. Для проведения более раннего посева культур, необходимо греть почву. Воздух в теплице нагревается в течение светового, желательного солнечного дня, под воздействием лучей, а почва успевает нагреваться незначительно.

Повышение эффективности использования солнечного тепла возможно при использовании вентиляционной системы, снабженной автоматическим управляющим устройством для включения и выключения вентилятора в зависимости от температурного режима внутри теплицы.

В результате исследований подтверждается, что возможно создать необходимый микроклимат в сезонной теплице для выращивания растений в ранние сроки. Экспериментальные исследования в подобной теплице доказали возможность выращивания растений от ранней весны, когда на улице еще не растаял снег и до глубокой осени – до постоянных отрицательных температур воздуха.

Список литературы

1. Евграфов О.В. и др. Региональные аспекты управления земельными ресурсами / Евграфов О.В., Царегородцев Е.И., Захаров А.И., Евграфов С.О., Белов В.В. // Известия Международной академии аграрного образования. 2017. № 34. С. 76-81.
2. В.В. Белов, и др. Повышение эффективности обогрева теплиц / В.В. Белов, Е.Л. Белов, С.В. Белов, Р.В. Гасанов, В.А. Иванов, Н.А. Фадеева // Известия Международной академии аграрного образования. – СПб., 2019. Вып. № 46. - С. 12-18.
3. В.В. Белов, и др. Экспериментальная теплица с естественным обогревом / В.В. Белов, Р.В. Гасанов, Е.Л. Белов, О.Г. Огнев, В.А. Иванов, В.С. Павлов // Известия Международной академии аграрного образования. – СПб., 2019. Вып. № 46. - С. 7-12.
4. Пат. 2723036 Российская Федерация, Тепличное устройство с обогревом почвы / В.В. Белов, Е.Л. Белов, С.В. Белов и др.; заявитель и патентообладатель Белов В.В. - № 2019114890 (028373) от 12.05.2019.
5. <http://firstgrapes.ru/stati/poleznyy-material/132-samma-aktivnykh-temperatur>. Сумма активных температур. Электронный ресурс. Заглавие с экрана. Доступ свободный.

УДК 621.31

¹Бирюлин В.И., ¹Куделина Д.В., ²Гнездилова Ю.П., ²Калуцкий Е.С.

¹ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск

²ФГБОУ ВО «Курская государственная сельскохозяйственная академия», г. Курск

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПРЕДЕЛЬНЫХ НОРМАТИВНЫХ ЗНАЧЕНИЙ МЕДЛЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ НАПРЯЖЕНИЯ

Аннотация. В статье рассматривается влияние изменений напряжения, не выходящих за пределы нормативных значений, приведенных в действующем ГОСТ 32144-2013. Указаны основные проблемы, неизбежно проявляющиеся при возникновении отклонений напряжения от номинального значения. Проведен анализ влияния снижения напряжения на различные электроприемники, выполнена оценка падения производительности труда производственного персонала вследствие уменьшения светового потока электрических ламп, в первую очередь газоразрядных.

Ключевые слова: качество, электрическая энергия, напряжение, электроприемник, электрическое освещение, электродвигатели, нормативные значения.

Электрическая энергия в настоящее время имеет огромное значение для промышленного производства, транспорта, сельского хозяйства и других сторон национальной экономики. Как всякая товарная продукция, электрическая энергия должна обладать необходимым качеством компонентов, необходимых для процесса производства. Качество электроэнергии (КЭ) в большой степени влияет на работу различных электроприемников, технологических установок и других видов оборудования.

Для нормирования КЭ применяются показатели качества электроэнергии (ПКЭ), устанавливаемые соответствующими документами, в которых определя-

ются значения ПКЭ. В настоящее время требования к КЭ в системах электроснабжения нормируется действующим в настоящее время ГОСТ 32144-2013 [1]. Этот документ определяет величины ПКЭ, связанных с характеристиками напряжения электропитания, относящимися к частоте, значениям и форме напряжения, а также к симметрии напряжений в трехфазных системах электроснабжения [1].

Требования ГОСТ 32144-2013 для значений отрицательных и положительных изменений напряжения устанавливаются следующие нормы: эти изменения не должны превышать 10% от номинального или согласованного напряжения в течение 100% длительности интервала времени в одну неделю. Согласованное напряжение определяется для конкретного пользователя электроэнергии при технологическом присоединении к электрической сети.

Таким образом, требования ГОСТ 32144-2013 по величине напряжения установлены для точек передачи электроэнергии, но не для выводов ЭП, что ставит задачу оценки такого, достаточно широкого диапазона отклонений напряжения особенно актуальной.

В различных источниках, в том числе [2,3] указывается, что поддержание напряжения на ЭП, даже в рамках требований ГОСТ 32144-2013, для ряда потребителей становится трудной или даже невыполнимой задачей. Это объясняется тем, что в точке передачи электроэнергии напряжение может быть ниже, чем номинальное значение, на 10%.

Это приводит к тому, что, несмотря на выполнение требований ГОСТ 32144-2013 на значения ПКЭ в точке передачи электроэнергии, напряжение на ЭП окажется заметно ниже номинальной величины. Такая ситуация неизбежно отразится на работе систем электрического освещения, электродвигателей, электрических печей и другого оборудования.

Вопросы поддержания КЭ рассматривались различными авторами [4,5], в этих работах отмечалось неблагоприятное влияние снижения КЭ на работу ЭП.

Но в данных работах все же не приведены хотя бы приблизительные оценки итогового влияния на работу ЭП достаточно большого снижения напряжения, пусть и на 10%. Такие оценки позволили бы более объективно обосновывать применение средств регулирования напряжения в электрических сетях потребителей электрической энергии.

В системе электрического освещения при снижении напряжения в питающей сети происходит уменьшение светового потока и освещенности. Падение освещенности неблагоприятно сказывается на производительности труда работников различных предприятий.

Для оценки возможного сокращения производительности при отрицательных изменениях напряжения, соответствующих требованиям ГОСТ 32144-2013 следует определить снижение светового потока при таких значениях питающего напряжения. Чтобы найти величину светового потока Φ при напряжении U , отличающемся от номинального, воспользуемся следующим выражением [6]:

$$\Phi = \Phi_{ном} \left(1 + \frac{n(U - U_{ном})}{U_{ном}} \right), \quad (1)$$

где $\Phi_{\text{ном}}$ - световой поток рассматриваемого источника света при номинальном напряжении; n - коэффициент, зависящий от типа используемого источника света; $U_{\text{ном}}$ - номинальное напряжение.

Коэффициент n имеет следующие значения [6]:

- для газоразрядных ламп низкого давления или люминесцентных ламп принимается равным 1,5;
- для ламп типа ДРЛ принимается равным 2,5;
- для ламп типа ДРИ принимается равным 3,0.

Используя приведенные значения коэффициента n и выражение (1), найдем величины падения светового потока для различных типов ламп в случае отрицательных изменений напряжения, достигающих величин минус 10%, что соответствует требованиям ГОСТ 32144-2013. В ходе вычислений были получены следующие данные:

- люминесцентные лампы, световой поток Φ составляет 0,85 от номинального или падение на 15%;
- лампы типа ДРЛ, световой поток Φ составляет 0,75 от номинального или падение на 25%;
- лампы типа ДРИ, световой поток Φ составляет 0,7 от номинального или падение на 30%.

По этим значениям можно сделать предварительный вывод, что получены довольно большие изменения светового потока. Так, при расчетах мощности осветительных установок методом коэффициента использования необходимо, чтобы световой поток выбранных в итоге ламп отличался от расчетного значения, принимаемого по требованиям выполнения нормативной освещенности, не более чем на $\pm 10\%$. С точки зрения этого требования снижение светового потока получается больше допустимого значения.

Для оценки снижения производительности воспользуемся графиком, показывающим зависимость между снижением производительности труда и освещенностью, приведенным в [7]. По этому графику находим, что при уменьшении светового потока до значения 0,7 в относительных единицах или на 30%, производительность труда падает примерно на 25%.

Таким образом, достаточно глубокое снижение светового потока, возникающее при уровне напряжения, составляющем 0,9 от номинального значения, приводит к серьезному падению производительности труда.

Также изменения напряжения неблагоприятно влияют на срок службы ламп всех типов. Согласно данным, приведенным в [8] срок службы люминесцентных ламп и ламп типа ДРЛ сокращается как при положительных, так и при отрицательных изменениях напряжения.

Если они достигают величины $\pm 10\%$, то срок службы люминесцентных ламп уменьшается на 20–25%. Для ламп типа ДРЛ сокращение срока службы составит примерно 35%.

Приведенные результаты даже в первом приближении показывают неблагоприятное воздействие больших отрицательных и положительных изменений напряжения, но при этом соответствующих требованиям ГОСТ 32144-2013, на

системы электрического освещения - либо значительное снижение освещенности и производительности труда (отрицательное изменение), либо резкое снижение срока службы ламп (положительное изменение).

Большое многообразие производственных установок и технологических процессов не позволяют в ограниченных рамках статьи подробно рассмотреть влияние на них отклонений напряжения от номинального значения.

Приведенные результаты моделирования работы показывают, что потребители электрической энергии, не имеющие средств регулирования напряжения в своих электрических сетях, могут столкнуться со значительными негативными последствиями снижения напряжения до значений минус 10% от номинального в точке передачи электроэнергии. Напряжение на выводах ЭП, особенно удаленных, окажется еще меньше из-за потерь напряжения в электрических сетях потребителей. Это создаст большие затруднения для нормального хода производственных процессов.

Список литературы

1. ГОСТ 32144–2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. - Введ. 2014.07.01. — М.: Стандартинформ, 2013. - 10 с.
2. Суднова В.В., Карташев И.И., Тульский В.Н., Козлов В.В. Допустимые отклонения напряжения в точках передачи электроэнергии // Новости ЭлектроТехники. - 2013. - № 4(82).
3. Суднова В.В., Карташев И.И., Тульский В.Н., Козлов В.В. Диапазоны отклонений напряжения в точках передачи электроэнергии. Необходимость дифференцирования.// Новости ЭлектроТехники. - 2014. - № 2(86).
4. Электромагнитная совместимость и качество электро-энергии: учеб. пособие / И. И. Артюхов, А. Г. Сошинов, И. И. Бочкарева. – Волгоград: ИУНЛ ВолгГТУ, 2015. – 124 с.
5. Жежеленко, И. В. Качествоэлектроэнергии на промышленных предприятиях/ И. В. Жежеленко, Ю. Л. Саенко. – М.: Энергоатомиздат, 2005. – 261 с.
6. Конюхова Е.А. Режимы напряжений и компенсация реактивной мощности в цеховых электрических сетях. - М.: НТФ Энергопрогресс, 2000. — 56 с.
7. Воут Ван Боммель. Освещение и производительность труда.// Иллюминатор. 2003. № 1(3).
8. Козловская В. Б., Радкевич В. Н., Колосова И. В. Влияние напряжения на основные характеристики ламп электрического освещения. //Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. - 2009. № 1. – С.5-13.

¹*Бирюлин В.И.,* ¹*Куделина Д.В.,* ²*Серебровский В.И.,* ²*Сафронов Р.И.*

¹ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск

²ФГБОУ ВО «Курская государственная сельскохозяйственная академия», г. Курск

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ НАПРЯЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ НА РАБОТУ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Аннотация. Электрические печи сопротивления имеют широкое распространение на различных предприятиях, в том числе и сельскохозяйственных. Мощность нагревателей данных печей зависит от напряжения электрической сети во второй степени и при снижении напряжения происходит уменьшение выделяемой мощности и температуры нагревателей. Это приводит к падению производительности процессов нагрева изделий в печах сопротивления, и неизбежно негативно скажется на выпуске продукции. Это снижение производительности можно компенсировать применением средств регулирования напряжения. Но для принятия решения о внедрении данных средств нужно владеть информацией о влиянии снижения напряжения на производительность печей сопротивления.

Ключевые слова: электрическая печь, нагревательный элемент, качество электроэнергии, производительность, температура нагрева, мощность нагревателей.

Электротермические установки предназначены для выполнения различных технологических процессов, в которых используется преобразование электрической энергии в тепловую. Наибольшее распространение среди них получили электрические печи сопротивления (ЭПС), в которых теплота выделяется за счет разогрева нагревательных элементов или нагревателей данных печей при протекании электрического тока через нагреватели [1].

Мощность нагревателей ЭПС зависит от напряжения электрической сети во второй степени. Следовательно, у этих печей при отклонениях напряжения сети от номинального значения изменяется мощность, выделяемая нагревательными элементами. Для электрических сетей промышленных предприятий характерны проблемы, связанные с качеством электроэнергии, в том числе и отклонениями напряжения от номинального значения [2].

Уменьшение мощности нагревателей при снижении напряжения в электрической сети приводит к падению производительности ЭПС. В связи с этим является актуальным изучение взаимосвязи между производительностью печей сопротивления и напряжением питающей сети.

Рассмотрение влияния отклонения напряжения в электрической сети, к которой подключена печь сопротивления, для получения оценок такого влияния, чтобы определить снижение производительности электрических печей и в конечном итоге величину ущерба для предприятия от снижений напряжения на вводах ЭПС.

Для этой цели необходимо определить время нагрева изделий до заданной температуры при понижении напряжения в электрической сети. Это время зависит от температуры нагревательных элементов печи сопротивления, принимающей

разные значения при изменениях напряжения. Температура нагревателей при нормальном режиме работы с номинальным напряжением сети заранее известна, так как она определяется при проектировании электрической печи сопротивления.

Значение температуры нагревателей при пониженном напряжении находится по значению удельной поверхностной мощности нагревательных элементов, используя для этого площадь нагревателей, мощность этих элементов при том или ином значении напряжения и графики зависимости между температурой нагревателей и их удельной поверхностной мощностью. Далее по графикам нагрева изделий находится время нагрева при пониженном напряжении сети и в конечном итоге – снижение производительности электрической печи сопротивления.

Печи сопротивления используются в основном для процессов нагрева различных изделий, например, для последующей закалки [3]. Для выделения тепловой энергии используются нагревательные элементы различной конструкции, расположенные на стенах рабочего пространства электропечи. В зависимости от характера производства эти печи могут использовать питание либо от однофазной электрической сети, либо от трехфазной. При работе ЭПС от трехфазной сети мощность, потребляемая такой печью, может быть определена как:

$$P = \frac{3U_{\phi}^2}{R}, \quad (1)$$

где U_{ϕ} – фазное напряжение электрической сети; R – активное сопротивление нагревательного элемента.

Согласно формуле (1), мощность, выделяемая нагревателями ЭПС, зависит от квадрата питающего напряжения. Следует признать, что в формуле (1) и активное сопротивление нагревателей не является постоянной величиной и зависит в некоторой степени от напряжения питания, так как при снижении напряжения уменьшается температура нагревательных элементов.

Но данным изменением активного сопротивления при различных температурах можно пренебречь в практической деятельности. Это объясняется тем, что нагревательные элементы для ЭПС производятся из материалов, обладающих низкими значениями ТКС. Поэтому в дальнейшем не принимаем во внимание изменение величины сопротивления при колебаниях температуры нагревателей.

Согласно нормативному документу по качеству электроэнергии, действующему в настоящее время, снижение напряжения относительно его номинального значения не должно превышать 10%. Понижение напряжения сопровождается уменьшением мощности, выделяемой нагревателями ЭПС. В конечном итоге это приводит к падению температуры нагревательных элементов и в рабочем пространстве электрической печи.

По формуле (1) мощность нагревателей пропорциональна квадрату напряжения питающей сети, следовательно, если напряжение составит 0,9 от номинального значения (допустимая величина согласно ГОСТ), то мощность нагревателей снизится в $0,9^2 = 0,81$ раз.

При разработке производственных процессов нагрева изделий технологиями задается величина конечной температуры этих изделий, при которой процессы нагревания заканчиваются. Используя значение этой температуры, можно

выбрать величину удельной поверхностной мощности идеального нагревателя согласно [3]. После этого по данной величине находится реальная удельная поверхностная мощность нагревателя, примененного в рассматриваемой ЭПС, $W_{нагр}$ как:

$$W_{нагр} = \alpha W_{ид}, \quad (2)$$

где α – добавочный коэффициент, учитывающий наличие потерь теплоты в рассматриваемой ЭПС и зависящий от реализованной конструкции нагревательных элементов.

Для дальнейших действий представим удельную поверхностную мощность нагревателя ЭПС через соотношение мощности и площади нагревателя как:

$$W_{нагр} = \frac{P}{S}, \quad (3)$$

где P – мощность нагревателей ЭПС; S – площадь поверхности нагревательных элементов.

Из полученной формулы выразим мощности ЭПС для двух режимов – первый с номинальным напряжением электрической сети, второй с пониженным напряжением питающей сети.

Для режима работы ЭПС с номинальным напряжением электрической сети мощность нагревательных элементов P_H определяется как:

$$P_H = SW_{нагр.H}. \quad (4)$$

При пониженном напряжении электрической сети мощность нагревателей ЭПС P_1 определяется следующим соотношением:

$$P_1 = SW_{нагр.1}. \quad (5)$$

Используя формулы (4) и (5), выразим удельные мощности нагревателей печи сопротивления для каждого из рассматриваемых режимов и найдем затем их отношение:

$$W_{нагр.1} = \frac{P_1}{S}, \quad W_{нагр.H} = \frac{P_H}{S}; \quad (6)$$

$$\frac{W_{нагр.1}}{W_{нагр.H}} = \frac{P_1}{P_H}. \quad (7)$$

Из формулы (7) выражаем удельную мощность нагревательных элементов ЭПС в режиме работы с пониженным напряжением электрической сети:

$$W_{нагр.1} = \frac{P_1 W_{нагр.H}}{P_H}. \quad (8)$$

В полученной формуле (8) все величины, находящиеся в правой части, известны. Поэтому, используя ее, можно рассчитать удельную мощность нагревателей для режима с пониженным напряжением $W_{нагр.1}$. Зная эту величину по соответствующему графику, применяя значения найденное значение $W_{нагр.1}$ и задаваемую технологами температуру изделий $t_{изд}$, нагреваемых в печи сопротивления, находим температуру нагревательных элементов ЭПС, соответствующую режиму работы ЭПС с пониженным напряжением.

Предложенный в данной статье способ позволяет определить, как изменится время нагрева обрабатываемых изделий в рабочем пространстве ЭПС при

снижении напряжения в электрической сети относительно номинального значения. Основываясь на полученной величине увеличенного времени нагрева изделий, можно рассчитать возрастание длительности всего рабочего цикла и в конечном итоге - снижение производительности работы ЭПС.

Список литературы

1. Lupi S. Induction and direct resistance heating: theory and numerical modeling : monograph / S. Lupi, M. Forzan, A. Aliferov. - Heidelberg : Springer, 2015. - 370 p. - ISBN 978-3-319-03478-2, eISBN 978-3-319-03479-9. - DOI 10.1007/978-3-319-03479-9.
2. Вагин, Геннадий Яковлевич; Куликов, Александр Леонидович. Качество электрической энергии в системах электроснабжения. Анализ состояния методов нормирования и контроля. Электрические станции, [S.l.], n. 6, p. 54-59, июнь 2019. URL: <http://elst.energy-journals.ru/index.php/elst/article/view/1103>>. Дата доступа: 12.11.2020. doi:<http://dx.doi.org/10.34831/EP.2019.1055.44184>.
3. Использование электрической энергии / Под общ. ред. профессоров МЭИ В. Г. Герасимова и др. (гл. ред. А. И. Попов). – 9-е изд., стер. – М.: Издательство МЭИ, 2004. – 696 с.
4. Гусовский, В. Л. Современные нагревательные и термические печи (конструкции и технические характеристики) : справочник / В. Л. Гусовский, М. Г. Ладыгичев, А. Б. Усачев; под ред. А. Б. Усачева. – М. : «Теплотехник», 2007. – 656 с.
5. Чередниченко, Владимир Семенович. Электрические печи сопротивления: конструкции и эксплуатация электропечей сопротивления / В. С. Чередниченко, А. С. Бородачев, В. Д. Артемьев ; под ред. В. С. Чередниченко. - Новосибирск : [б. и.], 2006. - 571 с.

УДК 621.311.42

Будко С.И., Клочкова Н.Н.

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»,
г. Самара

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ ЧИСЛА И МОЩНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛОГО РАЙОНА

Аннотация. В данной статье рассматривается одно из направлений оптимизации систем электроснабжения жилого района – оптимизация числа и мощности, а также места размещения трансформаторных подстанций (ТП). При решении поставленной задачи учитываются стоимость трансформаторных подстанций, потери в электрической сети, а также стоимость линий электропередач для двух классов напряжений (0,4 кВ и 10 кВ). Решение поставленной задачи осуществляется в зависимости от выбранной программы и заключается в подготовительных расчетах и перебором возможных вариантов решения, среди которых выбирается вариант с минимальными затратами.

Ключевые слова: трансформаторная подстанция (ТП), электроснабжение, оптимизация, мощность, потери, затраты, перебор возможных вариантов решения.

Неуклонный рост численности городского населения в настоящее время требует постоянного строительства новых жилых районов, в которые, несомненно, необходима поставка электроэнергии и наличие экономичной системы электроснабжения.

Важнейшей задачей оптимизации системы электроснабжения жилого района является снижение расходов на ее капитальные вложения и эксплуатацию, что сделает данную систему экономичной и максимально эффективной.

Оптимизация системы электроснабжения района может осуществляться по нескольким направлениям:

1. Оптимизация схем питающей и распределительной сети;
2. Оптимизация числа и мощности трансформаторных подстанций;
3. Оптимизация сечений линий электропередачи и другие.

Задачи оптимизации могут рассматриваться как отдельные на каждой стадии проектирования, так и в совокупности, в виде многокритериальной задачи оптимизации.

В данной статье рассматривается оптимизация одного из ряда возможных направлений: оптимизация числа и мощности трансформаторных подстанций (ТП) в системах электроснабжения (СЭС) жилого района. Для решения поставленной задачи необходимо учесть ряд экономически зависимых характеристик: стоимость трансформаторных подстанций и потери в них, стоимость линий электропередач для двух напряжений (0,4 кВ и 10 кВ), а также потери в электрической сети.

При выборе числа и мощности трансформаторов учитываются следующие факторы:

1. Категория надёжности потребителей, от которой зависит минимальное количество источников питания и как следствие количество трансформаторов на одной подстанции;
2. Перегрузочная способность трансформаторов в нормальном и аварийном режимах;
3. Шкала стандартных мощностей трансформаторов;
4. Экономичные режимы работы трансформаторов в зависимости от их загрузки.

Выбор мощности и количества трансформаторов и трансформаторных подстанций определяется уровнями электрических нагрузок и технико-экономическими расчетами.

Постановка и решение задачи оптимизации состоит из следующих этапов:

- обработки и сбора исходных данных;
- математического представления реального объекта оптимизации;
- выбора методики решения;
- производства математических вычислительных действий;
- анализа решения поставленной задачи.

Исходными данными являются генеральный план жилого района, характеристика зданий: этажность, количество квартир, тип плит для приготовления

пищи, наличие и мощность лифтовых установок и двигателей приточно-вытяжной вентиляции, расположение центра питания. На основании полученных данных определяется потребляемая мощность, выбираются или принимаются по планировочным решениям местоположения вводных распределительных устройств (ВРУ) в зданиях, рассчитываются удельные стоимости кабелей, стоимость трансформаторных подстанций и стоимость потерь электрической энергии.

В качестве критерия оптимизации принимается минимум приведенных затрат [3]:

$$Z_{\text{пр}} = E_{\text{н}}(K_{\text{тр}} + K_{04} + K_{10}) + C_0(\Delta p_{\text{тр}} + \Delta p_{04} + \Delta p_{10}) \rightarrow \min, \quad (1)$$

где $E_{\text{н}}$ – нормативным коэффициентом эффективности, принимается 0,223; $K_{\text{тр}}$, K_{04} , K_{10} – капиталовложения на трансформаторные подстанции и линий электропередач (ЛЭП) 0,4 кВ и 10 кВ соответственно; C_0 – стоимость потерь в электрической сети; $\Delta p_{\text{тр}}$, Δp_{04} , Δp_{10} – потери в трансформаторах и линиях электропередачи 0,4 кВ и 10 кВ [3].

Граничные условия и ограничения принимаются следующие [0]:

$$N_T \rightarrow S_{\text{н.тр}}, \quad (2)$$

$$S_{\text{н.тр}} \geq \frac{S_p}{K_3 n_T}, \quad (3)$$

$$N_T \geq 0 \quad (4)$$

Кроме того, необходимо иметь в виду, что мощность трансформатора является дискретной переменной.

Задача оптимизации сопровождается следующими расчетами:

1. Расчет капиталовложений и эксплуатационных расходов на трансформаторные подстанции и линии электропередачи;
2. Расчет мощности и потерь электроэнергии в трансформаторах;

$$\Delta p_{\text{тр}} = \sum_1^{\sum n_{\text{тр}}} \left(\Delta p_{\text{хх}} + \left(\frac{S_p}{S_{\text{н.тр}}} \right)^2 \Delta p_{\text{кз}} \right), \quad (5)$$

3. Расчет потерь в линиях электропередач.

$$\Delta p_{\text{ЛЭП}} = \sum \left(\frac{S_p}{\sqrt{3} U_{\text{н}}} \right)^2 \frac{\rho L}{F} \quad (6)$$

Так же необходимо отметить, что расчетная часть оптимизации ТП не обойдется без следующих вычислений:

1. Расчет затрат на трансформаторы и линии электропередач

$$Z_{\text{тр}} = \sum_1^{\text{MT}} n_{\text{тр}} K_{\text{тр}}, \quad (7)$$

$$Z_{\text{ЛЭП}} = \sum Z_0 L, \quad (8)$$

2. Определение длины одной линии исходя из координат исходной ($x_{\text{н}}$, $y_{\text{н}}$) и конечной ($x_{\text{к}}$, $y_{\text{к}}$) точки подключения

$$L = \sqrt{(x_{\text{к}} - x_{\text{н}})^2 + (y_{\text{к}} - y_{\text{н}})^2}, \quad (9)$$

3. Выбор сечения кабелей 0,4 кВ, который выполняется по нагреву токами аварийного режима, а выбор сечения кабелей 10 кВ, который выполняется по экономической плотности тока [3].

Для упрощения решения и автоматизации поставленной задачи вводятся следующие допущения:

- схемы питания вводных распределительных устройств (ВРУ) и ТП принимаются радиальными;
- мощность трансформаторов рассчитывается по суммарной мощности ВРУ, что приведет к увеличению мощности трансформаторов;
- электрическая сеть выполняется кабелями из алюминия.

Выбранное направление оптимизации в системе электроснабжения микрорайона необходимо для получения оптимального варианта расположения трансформаторных подстанций, мощности и их количества, что повлечет за собой получение минимальных приведенных затрат. Данную оптимизацию возможно производить как на базе программного обеспечения EXCEL, так и при помощи других, более сложных и тонких языков программирования – python, anylogic.

Решение поставленной задачи осуществляется в зависимости от выбранной программы и заключается в подготовительных расчетах и перебором возможных вариантов решения, среди которых выбирается вариант с минимальными затратами.

Перебор вариантов начинается с рассмотрения максимального количества трансформаторов, установленных в каждом здании в непосредственной близости к ВРУ. Далее определяется минимально полезная подстанция, с позиции минимального коэффициента загрузки, которая исключается из расчета, а здание подключается к ближайшей подстанции. Процесс повторяется пока приведенные затраты уменьшаются или рассматриваются все варианты пока не останется одна подстанция.

После нахождения варианта с минимальными затратами производится перерасчет мощностей потребителей и уточнение мощности трансформаторов и сечения проводников, проводится расчет минимума приведенных затрат.

Список литературы

1. Тульчин И.К., Нудлер Г.И. Электрические сети и электрооборудование жилых и общественных зданий. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 480с.
2. Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы, ПУЭ-6 и ПУЭ-7., издательство Норматика, 2020.
3. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий: учебник для студентов высших учебных заведений. / Б.И. Кудрин. – М.: Интернет Инжиниринг, 2006. – 672 с.

Будко С.И., Малышев С.А., Осипов В.С.

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»,
г. Самара

ПЛАВНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НАГРЕВА ПЕЧИ СОПРОТИВЛЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФИЛЬТРА «LINEATOR» ДЛЯ ПОДАВЛЕНИЯ ВЫСШИХ ГАРМОНИК

Аннотация. В данной статье рассматривается применение универсального фильтра «LINEATOR» для подавления высших гармоник при подключении печи сопротивления с плавным регулированием температуры нагрева. Рассматривается влияние высших гармоник на систему электроснабжения, а также способы их устранения. Произведен расчет параметров универсального фильтра «LINEATOR».

Ключевые слова: высшие гармоники, фильтр, универсальный фильтр «LINEATOR», печь сопротивления.

В современном мире необходимо уделять большое внимание к вопросу качества электроэнергии в системе электроснабжения. В век быстрого научно-технического развития появляются все больше электронных устройств (оборудований), искажающих форму напряжения в сети из-за нелинейности нагрузки.

Искажение синусоидальности напряжения происходит из-за возникновения высших гармоник. Высшие гармоники – это токи или напряжения, частота которых превышает основное колебание 50/60 Гц и кратна этой частоте основного колебания [1-4].

Влияние высших гармоник негативно сказывается на системе электроснабжения. Искажение напряжения может привести к таким последствиям, как: увеличение потерь активной мощности на нагрев, перегрев, а следовательно и ухудшение работы, элементов системы электроснабжения, вызов ложных срабатываний защиты, вызывает помехи в сетях передачи данных [2].

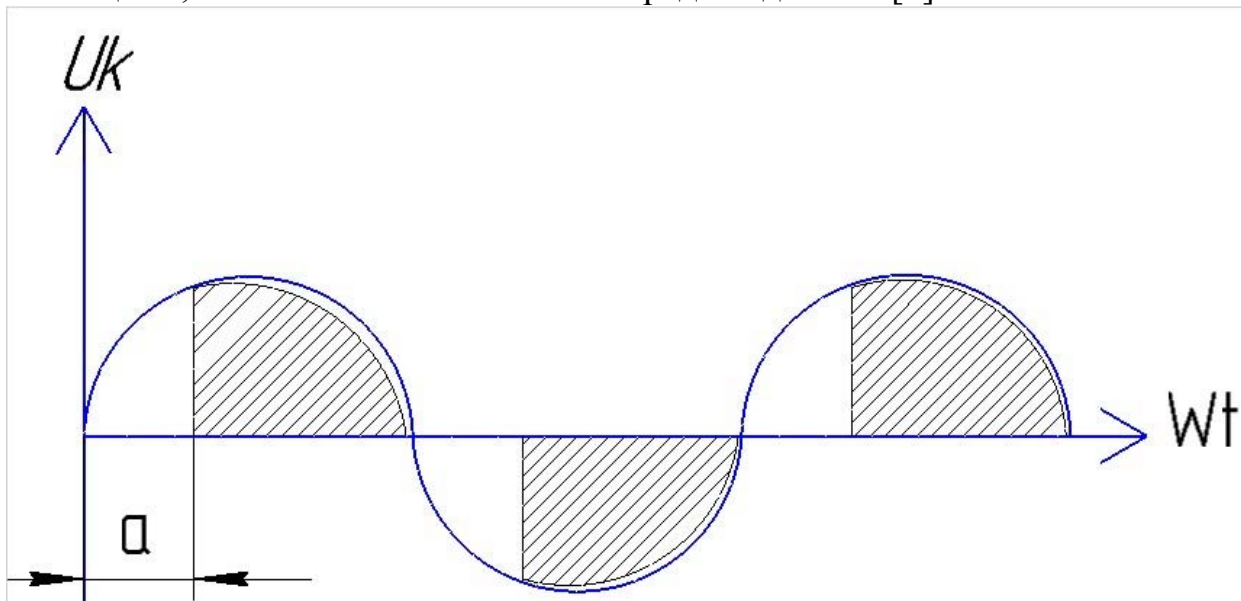


Рис. 1 – График напряжения печи сопротивления

К источникам гармоник можно отнести [3]: тиристорный контроллер; частотный привод; устройство плавного пуска двигателя; конденсаторную установку для компенсации реактивной мощности; полупроводник; дуговую сварка; трансформатор и реактор; нелинейную нагрузку, искажающую форму кривой тока, что в свою очередь, генерирует гармоники.

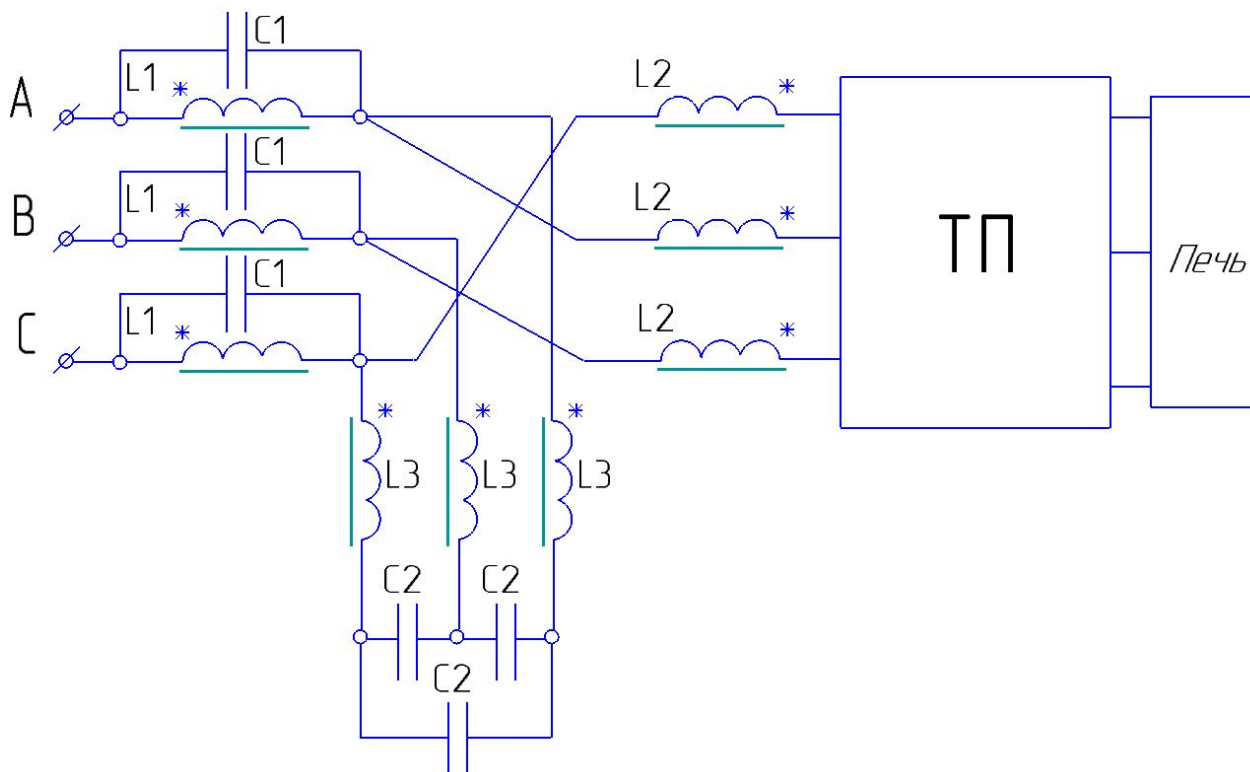


Рис. 2. Схема подключения печи сопротивления через универсальный фильтр «LINEATOR»

Для увеличения качества электроэнергии применяются фильтры высших гармоник [2]. Фильтр LINEATOR – оптимальное инженерное решение для уменьшения гармонических искажений тока и напряжения в сети. Данный фильтр соответствует всем требованиям ГОСТ 13109-97 и стандарта IEEE 519.

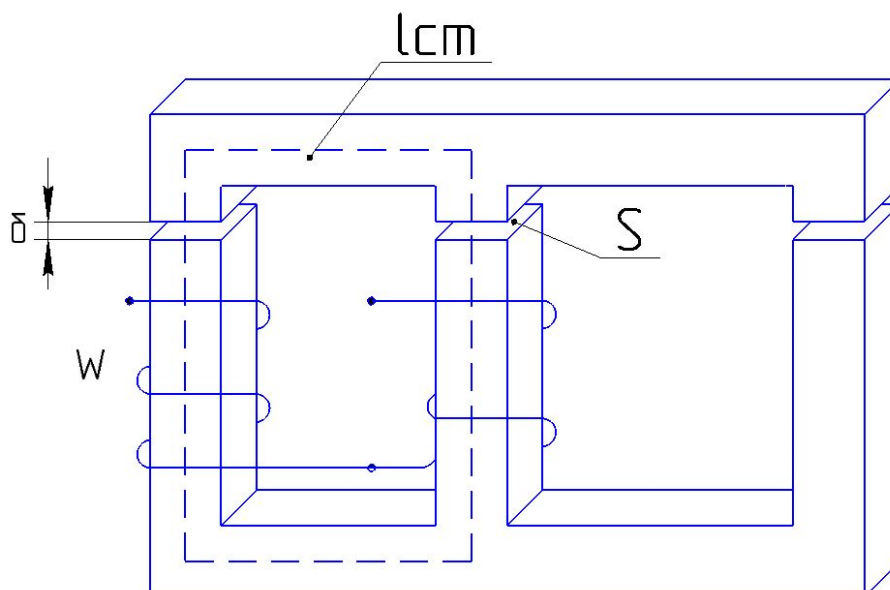


Рис. 3. Схема расположения обмоток для одной фазы

Отличительной особенностью данного фильтра является размещение на каждом стержне сердечника дросселя трех обмоток (для каждой фазы): основной (сетевой) с индуктивностью L_1 , поперечной (в цепи конденсаторов) L_3 , и компенсационной (выходной) с индуктивностью L_2 . Таким образом, все девять обмоток оказываются магнитно-связанными, причем три выходных обмотки включены встречно по отношению к остальным шести [1-4].

В данный момент не существует научной литературы по расчету параметров универсального фильтра «LINEATOR». Таким образом основная задача и цель данной статьи – разработка методики расчета параметров «LINEATOR», для обеспечения правильной работы по подавлению высших гармоник. Благодаря такой методике, появляется возможность ликвидировать возникновение нежелательных гармонических влияний, что в свою очередь положительным образом будет сказываться на работе системы электроснабжения.

Расчет полного сопротивления фильтра «LINEATOR»:

$$Z = \frac{jX_{L1}(-jX_{C1})}{j(X_{L1}-X_{C1})} - jX_{L2} = j\left(\frac{X_{L1} \cdot X_{C1}}{X_{C1}-X_{L1}} - X_{L2}\right) = j\frac{X_{L1} \cdot X_{C1} - X_{C1} \cdot X_{L2} + X_{L1} \cdot X_{L2}}{X_{C1}-X_{L1}},$$

Так как, $X_L = \omega L$ и $X_C = \frac{1}{\omega C}$, то

$$Z = \frac{\omega L_1 \frac{1}{\omega C_1} - \frac{1}{\omega C_1} \cdot \omega L_2 + \omega L_1 \cdot \omega L_2}{\frac{1}{\omega C_1} - \omega L_1} = \frac{\frac{\omega L_1 - \omega L_2}{\omega C_1} + \omega L_1 \cdot \omega L_2}{\frac{1 - \omega^2 \cdot L_1 \cdot C_1}{\omega C_1}};$$

$$Z = \frac{\omega L_1 - \omega L_2 + \omega^3 \cdot L_1 \cdot L_2 \cdot C_1}{1 - \omega^2 \cdot L_1 \cdot C_1} \quad (1)$$

Для 1-й гармоники:

$$Z = \frac{\omega L_1 - \omega L_2 + \omega^3 \cdot L_1 \cdot L_2 \cdot C_1}{1 - \omega^2 \cdot L_1 \cdot C_1} = 0; \quad (2)$$

Для 5-й гармоники:

$$Z = \frac{5\omega L_1 - 5\omega L_2 + (5\omega)^3 \cdot L_1 \cdot L_2 \cdot C_1}{1 - (5\omega)^2 \cdot L_1 \cdot C_1}; \quad (3)$$

По второму закону Кирхгофа для магнитной цепи находится значение МДС:

$$F = I \cdot w = U_M; \quad (4)$$

Падение магнитного напряжения на участке магнитной цепи:

$$U_M = B_m S \cdot R_M; \quad (5)$$

Магнитное сопротивление воздушного зазора:

$$R_{M0} = \frac{\delta}{\mu_0 \cdot S}; \quad (6)$$

Из Формул (4), (5) и (6), получим выражение, для нахождения величины воздушного зазора:

$$\delta = \frac{I \cdot w \cdot \mu_0}{B_m} \quad (7)$$

Компенсационная (выходная) с индуктивностью L_2 :

$$L_2 = \frac{W^2}{R_M}; \quad (8)$$

Индуктивность основного (сетевого) дросселя:

$$L_1 = \frac{(W-1)^2}{R_M}; \quad (9)$$

Для примера, мощность нагрузки $P = 100$ кВт:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{100000}{\sqrt{3} \cdot 380} = 152 \text{ A}$$

Принимается: $B_m = 0,7$ Тл, $w = 30$ витков.

По формуле 7 определяется величина воздушного зазора:

$$\delta = \frac{I \cdot w \cdot \mu_0}{B_m} = \frac{152 \cdot 30 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}}{0,7} = 0,008 \text{ м.}$$

При площади поперечного сечения сердечника (450x450) $S=0,2025 \text{ м}^2$, магнитное сопротивление:

$$R_M = \frac{0,08}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 0,2025} \approx 32155 \frac{\text{А}}{\text{Вб}};$$

Компенсационная (выходная) с индуктивностью L_2 , полученная из выражения (8):

$$L_2 = \frac{30^2}{32155} = 0,028 \text{ Гн};$$

По формуле (9) определяется индуктивность основного (сетевого) дросселя:

$$L_1 = \frac{(30 - 1)^2}{32155} = 0,0262 \text{ Гн};$$

Аналогичный расчет производится для площади поперечного сечения сердечника $0,25 \text{ м}^2$.

Результаты расчета приведены в таблице 1.

Таблица 1

	При $w = 30$	
$S, \text{ м}^2$	0,2025	0,25
$\delta, \text{ м}$	0,008	
$R_M, \frac{\text{А}}{\text{Вб}}$	32155	26046
$L_2, \text{ Гн}$	0,028	0,0346
$L_1, \text{ Гн}$	0,0262	0,0323

Полное сопротивление цепи:

Полное сопротивление при первой гармонике $Z=0$.

$$Z = \frac{\omega L_1 - \omega L_2 + \omega^3 \cdot L_1 \cdot L_2 \cdot C_1}{1 - \omega^2 \cdot L_1 \cdot C_1} = 0;$$

Следовательно,

$$\omega L_1 + \omega^3 \cdot L_1 \cdot L_2 \cdot C_1 - \omega \cdot L_2 = 0; \quad (10)$$

Для нахождения емкости C_1 , ее необходимо выразить из формулы (10):

$$C_1 = \frac{\omega^2 \cdot L_2 \cdot (L_2 - L_1)}{L_1} \quad (11)$$

Из выражения (11) определяется емкость C_1 (при найденных значениях индуктивностей L_1 и L_2 и $w = 30$ виткам, площадь сечения $S=0,2025 \text{ м}^2$), которая получена $C_1 = 25 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$.

При этом для пятой гармоники полное сопротивление $Z=108 \text{ Ом}$, полученное из выражения (3), что значительно снизит величину тока пятой гармоники, поступающей в сеть.

Для подавления третьей гармоники необходимо выполнения условия:

$$3\omega L_3 = \frac{1}{3\omega C_2}; \quad (12)$$

Для нахождения емкости C_2 , ее необходимо выразить из формулы (12)

$$C_2 = \frac{1}{9\omega^2 L_3};$$

При поперечной (в цепи конденсаторов) индуктивности $L_3=0,028 \text{ Гн}$, емкость $C_2 = 40 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$.

Таким образом представлен расчет параметров универсального фильтра «LINEATOR». При полученных значениях основной обмотки (сетевой) с индуктивностью L_1 и компенсационной обмотки (выходной) с индуктивностью L_2 происходит подавление высших гармоник (пятой гармоники), что оказывает положительное влияние на работу системы электроснабжения: повышает качество электроэнергии, значительно сокращает потери активной мощности на нагрев и перегрев, стабилизирует работу отдельных элементов системы электроснабжения, а также исключает возможность ложных срабатываний защиты и создание помех в сетях передачи данных.

Список литературы

1. Артюхов, И.И. Электромагнитная совместимость и качество электроэнергии: учеб. пособие / И. И. Артюхов, А. Г. Сошинов, И. И. Бочкарева. – Волгоград: ИУНЛ ВолгГТУ, 2015. – 124 с.
2. Харлов Н.Н. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 207 с.
3. И.В. Жежеленко, А.К. Шидловский, Г.Г. Пивняк и др. – М.: Машиностроение, 2012. – 351 с.
4. Цицикян Г.Н. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике: Учебное пособие. – СПб.: Изд-во СЗТУ, 2006,-59с.

Верзилин А.А.

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ОЧЕРЕДНОСТИ ЗАПУСКА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ НА ВЫХОДНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СИСТЕМЫ С АВТОНОМНЫМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕМ

Аннотация. Рассмотрен алгоритм последовательного запуска многодвигательного механизма для исследования влияния очередности запуска электродвигателей на устойчивость электрического режима и показателей энергоэффективности ЭГУ

Ключевые слова: автономное электроснабжение, последовательность запуска, электрогенераторная установка, асинхронный электродвигатель, падение напряжения.

Применения электрогенераторных установок (ЭГУ) в сельскохозяйственной отрасли носит не новый характер, электроснабжение технологических процессов, а также обеспечение выполнения ремонтных или строительных работ в сельхозпредприятии осуществляется с помощью ЭГУ. В 50 % случаях ЭГУ используются для обеспечения электроэнергией электрифицированных дождевальных машин. [1-3].

Повышение показателей энергоэффективности применяемых ЭГУ для автономного электропитания передвижных сельхозмашин и достижение энергосбережения в операциях и процессах с/х предприятий, является актуальной научно-практической задачей. Одним из способов её решения представляется такое определение потребной мощности ЭГУ, в котором учитывается, последовательность подключения двигателей электропривода к ЭГУ.

Экспериментальные исследования влияния очередности запуска электродвигателей на выходные показатели системы с автономным электроснабжением обусловлены необходимостью получения полной информации о зависимости влияния очередности запуска на устойчивость электрического режима и улучшение показателей энергоэффективности ЭГУ [4-6].

Функциональная схема и общий вид экспериментального стенда для исследования влияния очередности запуска электродвигателей на выходные показатели системы (пусковой ток, напряжение и др.) показаны на рис.1 и рис. 2 соответственно [7].

Преобразование значений тока i по фазам двигателя во входной сигнал напряжения u аналого-цифрового преобразователя АЦП обеспечивается стандартным измерительным шунтом RS. Тогда $i=k_1u$, где k_1 – постоянная, определяемая номиналом измерительного шунта.

Значения АЦП обрабатываются таблицами *Excel Microsoft Office*, где выполняется построения переходных характеристик [7,8].

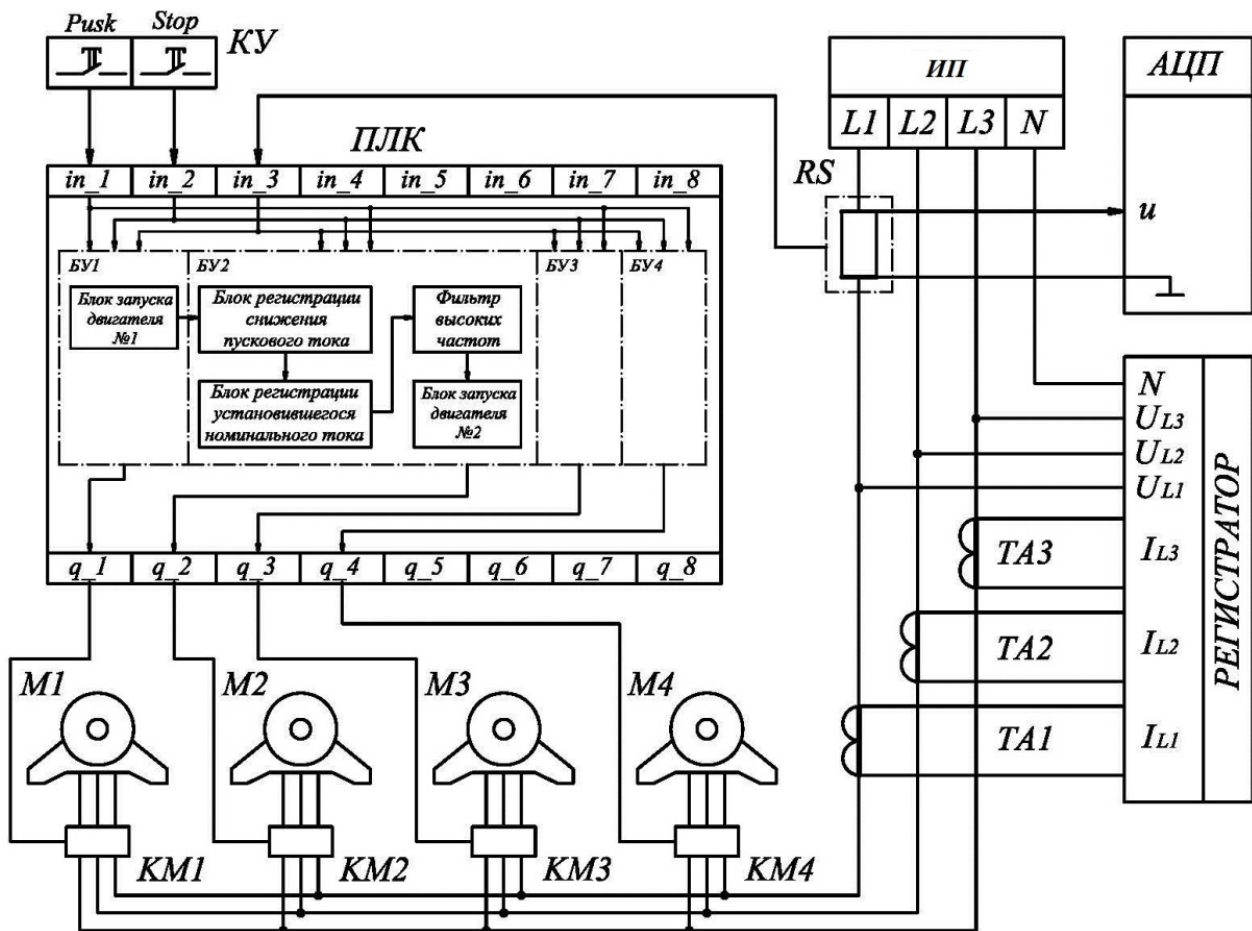


Рис.1 – Функциональная схема экспериментального стенда для исследования влияния очередности запуска электродвигателей на выходные показатели системы: КУ – кнопки управления; ПЛК – программируемый логический контроллер; БУ1...БУ2 – блок управления; М1...М4 – электродвигатель; КМ1...КМ4 – коммутационные элементы; RS – измерительный шунт; ИП – источник питания; АЦП – аналого-цифровой преобразователь; ТА1...ТА3 – трансформатор тока.



Рис.2 – Общий вид экспериментального стенда для исследования влияния очередности запуска электродвигателей на выходные показатели системы: 1 – регистратор; 2 – ноутбук; 3 – электродвигатели; 4 – программируемый логический контроллер.

Система управления (рис.1) выполнена на программируемом логическом контроллере ПЛК, позволяет осуществлять автоматический пуск М1...М4 с заданной последовательностью (определяется оператором при программировании).

Пуск первого электродвигателя М1 производится нажатием кнопки управления КУ (пуск) и подачей сигнала на дискретный вход in_1 программируемого логического контроллера ПЛК (функция реализуется в блоке запуска двигателя №1 – БУ1). Тогда на дискретном выходе q_1 контроллера формируется управляющий сигнал для КМ1.

Условием включения следующего ЭД, например, М2, является снижение пускового тока $I_{\text{пуск}}$ первого двигателя до номинального $I_{\text{ном}}$ и осуществляется с помощью управляющего аналогового сигнала от измерительного шунта RS на входе in_3 и блока управления БУ2 контроллера, содержащего следующие структурные элементы: блок регистрации снижения пускового тока, блок регистрации установившегося номинального тока, фильтр высоких частот, блок запуска двигателя №2.

Далее, по рассмотренному выше алгоритму, происходит последовательный пуск остальных электродвигателей – М3, М4 (рис.1). Остановка электродвигателей осуществляется нажатием кнопки КУ (stop).

Для технической реализации предложенного алгоритма последовательного запуска многодвигательного механизма с электроснабжением от генераторной установки важным является разработка и проверка логической схемы управления для программирования логического контроллера ПЛК.

Универсальность данной управляющей системы состоит, в том, что конфигурация функциональных блоков схемы не зависит от мощности, подключаемых двигателей.

Список литературы

1. Автономная система электроснабжения пасечного хозяйства / Г. В. Никитенко [и др.] // Young Science. – 2014. – № 3. – С. 56–60.
2. Глухарев В.А., Попов И.Н., Верзилин А.А., Шляпников М.В. Определение мощности генератора источника электроснабжения в локальной энергетической системе. // Энергетик. – 2019. - № 2. С. 16-18.
3. Кольниченко, Г. И. Экспериментальное исследование характеристик дизель-генератора, работающего на дизельном топливе с биодобавками / Г. И. Кольниченко, А. В. Сиротов, Я. В. Тарлаков // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2012. – № 3 (86). – С. 58–61.
4. Усанов, К.М. Экспериментальная оценка силовых показателей электропривода тросошайбового транспортера с линейным электромагнитным двигателем / К.М. Усанов, В.А. Каргин, А.П. Моисеев, Е.А. Четвериков // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н. И. Вавилова, 2015. – № 6. – С. 69–72.
5. Усанов К. М. Линейные электромагнитные двигатели и приводы в импульсных процессах и технологиях : [монография] / К. М. Усанов, В. И. Мошкин, В. А. Каргин, А. В. Волгин. – Курган: Изд-во Курганского государственного университета, 2015. – 202 с. – ISBN 978-5-4217-0313-6.
6. Усанов, К.М. Методика визуализации динамических характеристик электромагнитных импульсных машин / К.М. Усанов, В.А. Каргин, А.В. Волгин // Вавиловские чтения-2009: Материалы Межд. науч.-практ. конф. – Саратов: ООО Издательство «КУБиК», 2009. – С.373–376.

7. Каргин, В.А. Экспериментальные стенды для исследования электромагнитных машин / В.А., Каргин, А.П. Моисеев, М.Ю. Сахнов // В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы VIII Международной научно- практической конференции. – Саратов: ООО «ЦеСАин» 2017. – С. 109-113.
8. Каргин, В.А. Регистрация динамических характеристик электромагнитных двигателей импульсных машин / В.А. Каргин, А.В. Волгин, А.К. Федотов, А.С. Панкратов // В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы X национальной научно-практической конференции. Саратов, 2019. – С. 113-116.

УДК 621.313.1; 62.833

Верзилин А.А., Каргин В.А.

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

ПРОГРАММНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬЮ ЗАПУСКА МНОГОДВИГАТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ С АВТОНОМНЫМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕМ

Аннотация: Рассмотрена система автоматического управления последовательностью запуска многодвигательных механизмов с автономным электроснабжением. Программа позволяет осуществлять последовательный пуск любого количества электродвигателей, число которых может быть ограничено только количеством дискретных выходов самого ПЛК.

Ключевые слова: автономное электроснабжение, последовательность запуска, электрогенераторная установка, асинхронный электродвигатель, программируемый логический контроллер, логическая схема.

Рассматривая условия работы электрогенераторной установки (ЭГУ) на определенную группу электроприемников в пределах локальной системы или на многодвигательный электропривод одной машины, следует учитывать, что решения по электроснабжению должны обеспечивать подбор ЭГУ соответствующей мощности. Расчетная мощность ЭГУ выбирается по условию питания присоединяемой нагрузки в длительном режиме работы с возможностью последовательного пуска присоединяемой нагрузки без перегрузки электрогенератора [1,2].

Для реализации алгоритма последовательного запуска многодвигательного механизма с электроснабжением от ЭГУ важным является разработка и проверка логической схемы управления для программирования логического контроллера ПЛК [3-7].

Программирование логического контроллера осуществляется в среде CoDeSys, которая является функционально полным инструментом программирования МЭК 61131-3 [8,9]. В качестве языка программирования будем использовать язык SFC – непрерывные функциональные схемы.

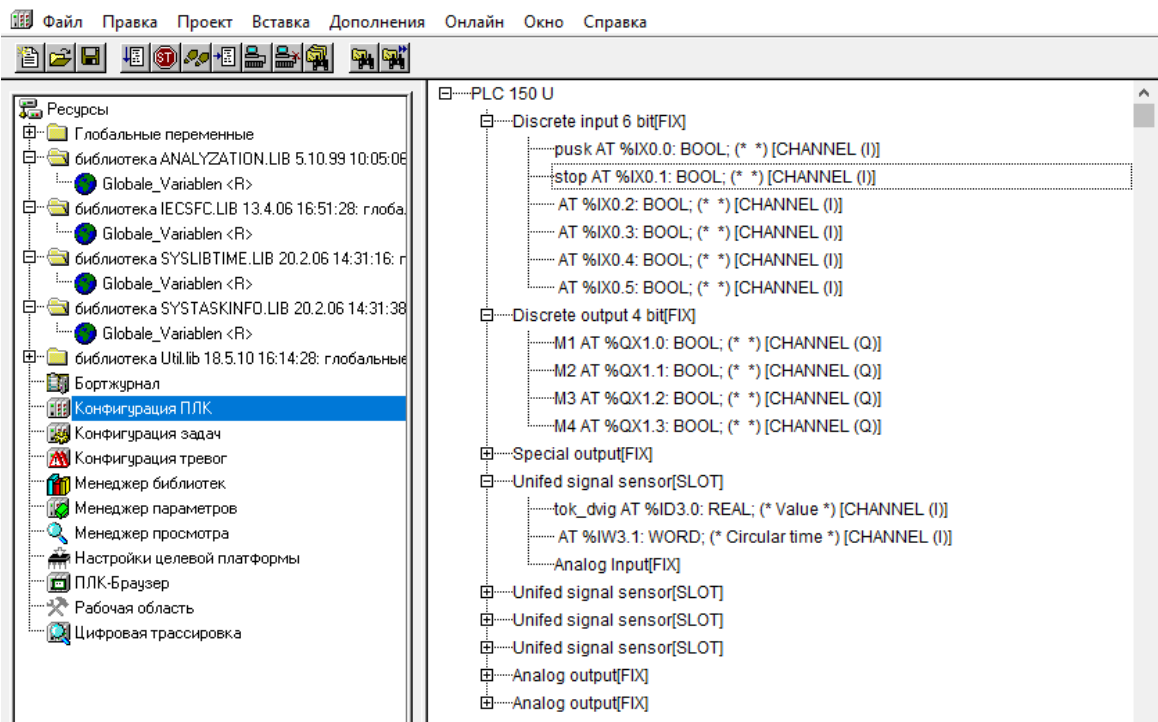


Рис.1 – Объявление имен глобальным входам и выходам

Важной операцией при программировании является объявление имен глобальным входам и выходам логического контроллера, ошибка в которой не обеспечивает правильную работу всей системы (рис.1):

- дискретные входы: in_1 – pusк (кнопка управления КУ запуском многодвигательного механизма); in_2 – stop (кнопка управления КУ остановкой многодвигательного механизма);
- аналоговый вход: in_3 – tok_dvig (непрерывный сигнал напряжения с измерительного шунта);
- дискретные выходы: q_1 – M1; q_2 – M2; q_3 – M3; q_4 – M4 (коммутационные элементы электродвигателей M1...M4).

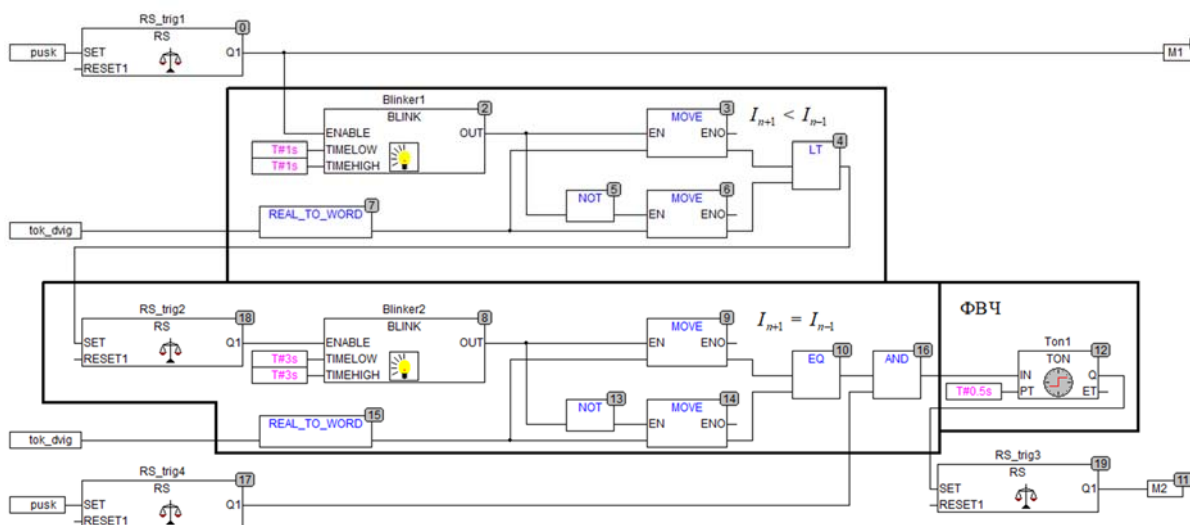


Рис.2 – Логическая схема управления заданной последовательностью автоматического пуска многодвигательного механизма, выполненная на языке CFC с использованием библиотек CoDeSys

Разработана логическая схема управления заданной последовательностью автоматического пуска многодвигательного механизма при питании от автономного источника – электрогенераторной установки ЭГУ, представленная на рис.2.

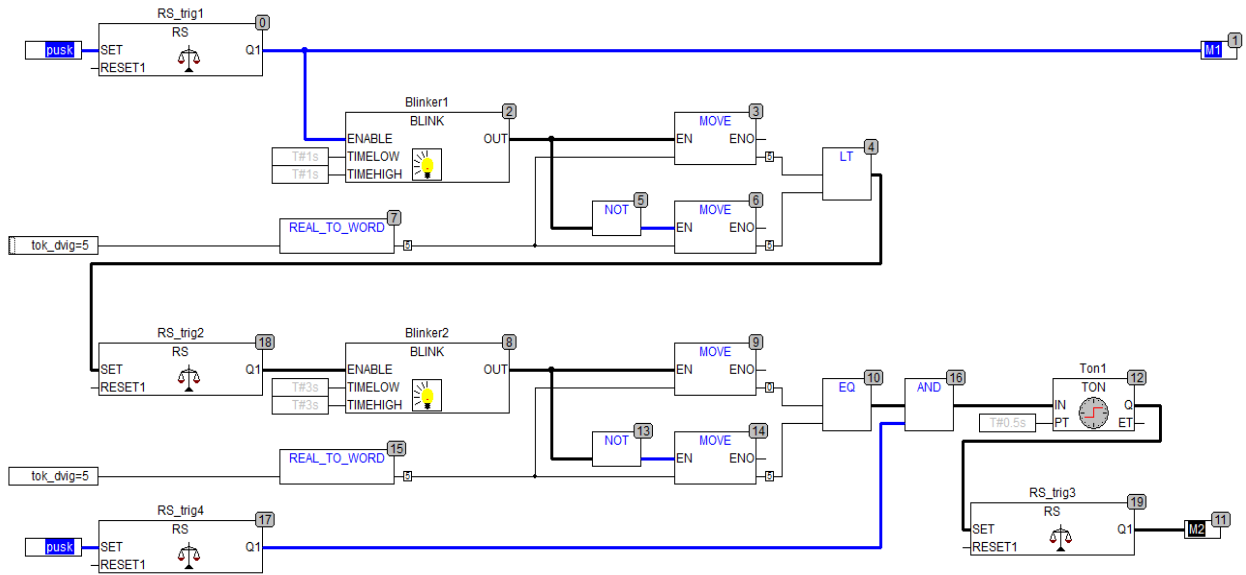


Рис.3 – Эмуляция работы логической схемы при запуске первого двигателя М1

При нажатии на кнопку пуск на дискретном входе in_1 (push) логического контроллера формируется сигнал TRUE (логическая единица), который подается на вход SET функционального блока RS_trig1 (2) [4]. Тогда на его выходе Q1 устанавливается TRUE, включая дискретный выход q_1 (M1) с подключенным к нему электродвигателем М1.

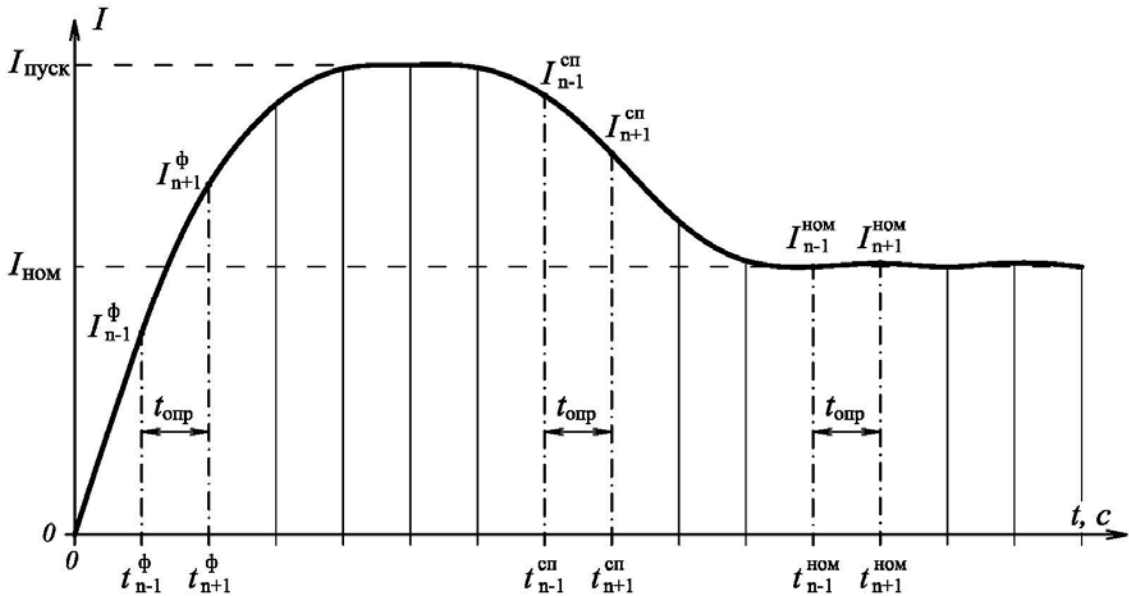


Рис.4 – Диаграмма изменения тока при запуске электродвигателя

На аналоговый вход ПЛК in_3 (tok_dvig) непрерывно подается сигнал напряжения типа REAL от измерительного шунта соответствующий мгновенным значениям тока двигателей [9].

Одновременно с двигателем M1 включается блок регистрации снижения пускового тока ($I_{n+1} < I_{n-1}$), подачей сигнала TRUE на вход ENABLE функционального блока Blinker1, который формирует на выходе OUT прямоугольные импульсы с временем пауза TIMELOW и временем импульса TIMEHIGH (задаются при программировании) (рис.3).

Таким образом для установления начала снижения пускового тока регистрируются его значения через равные промежутки времени, которые подаются от входа in_3 (tok_dvig) на входы блоков MOVE, осуществляющие присвоения значений одной переменной другой соответствующего типа, то есть при входе EN=TRUE, значение переменной in_3 (tok_dvig) будет присвоено выходам функциональных блоков MOVE.

Сравнение предыдущего значения тока I_{n-1} и последующего I_{n+1} и осуществляется в функциональном блоке LT (меньше) – двоичном операторе, устанавливающим TRUE на выходе, если значение первого параметра меньше второго. Так, например, при запуске двигателя и росте тока на первом входе блока LT формируется значение tok_dvig на уровне I_{n-1}^ϕ зарегистрированном в момент времени t_{n-1}^ϕ (рис.4). Тогда через t_{onp} в момент времени t_{n+1}^ϕ установится ток $I_{n+1}^\phi > I_{n-1}^\phi$, что не позволит переключить выход блока LT с FALSE (логический ноль) на TRUE.

Условием включения блока LT и запуск блока регистрации установившегося номинального тока ($I_{n+1} = I_{n-1}$) является начало спада пускового тока двигателя, когда I_{n+1}^{cn} в момент времени t_{n+1}^{cn} становится меньше I_{n-1}^{cn} за предыдущий опрос t_{n-1}^{cn} , то есть $I_{n+1}^{cn} < I_{n-1}^{cn}$ (рис.4).

Блок регистрации установившегося номинального тока ($I_{n+1} = I_{n-1}$) работает аналогично блоку регистрации снижения пускового тока ($I_{n+1} < I_{n-1}$). При этом, условием включения двигателя M2 (q_2) является равные значения токов $I_{n+1}^{nom} = I_{n-1}^{nom}$ регистрируемые соответственно в t_{n+1}^{nom} и t_{n-1}^{nom} (рис.5).

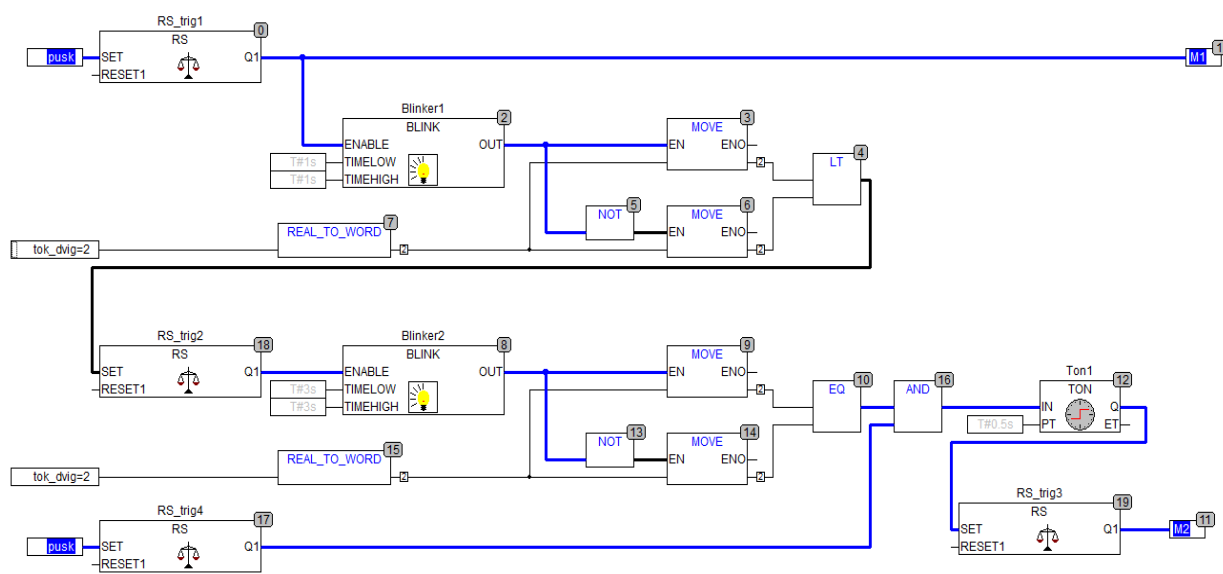


Рис. 5 – Эмуляция работы логической схемы при запуске второго двигателя M2

Сравнение сигналов $I_{n+1}^{НОМ}$ и $I_{n-1}^{НОМ}$ осуществляется в функциональном блоке EQ (равно) – двоичном операторе, устанавливающим TRUE, если значение первого параметра равно второму.

Для обеспечения устойчивой работы автоматической системы управления и исключения ложных срабатываний при кратковременном снижении пускового тока предусмотрен фильтр высоких частот ФВЧ (рис.2), выполненный на функциональном блоке «таймер с отсрочкой включения» TON [9].

Запуск остальных электродвигателей происходит аналогично (на логической схеме не показано).

Разработанная логическая схема автоматического управления (рис.2) позволяет осуществлять последовательный пуск любого количества электродвигателей, число которых может быть ограничено только количеством дискретных выходов самого ПЛК. При этом универсальность данной управляющей системы состоит, в частности в том, что конфигурация функциональных блоков схемы не зависит от мощности, подключаемых двигателей.

Список литературы

1. Глухарев В.А., Попов И.Н., Верзилин А.А., Шляпников М.В. Определение мощности генератора источника электроснабжения в локальной энергетической системе. // Энергетик. – 2019. - № 2. С. 16-18.
2. Степанов С.Ф., Артюхов И.И., Ербаев Е.Т., Молотов С.В. Особенности построения автономной ветро-дизельной системы электроснабжения объектов с электроприемниками разного типа // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1-1. С. 121.
3. Каргин, В.А. Система управления плавным ходом якоря ЛЭМД кормораздаточных транспортеров за счет автоматической корректировки выходного усилия / В.А. Каргин, А.П. Моисеев, А.В. Волгин, Н.Н. Белова // Известия Международной академии аграрного образования. – 2017. – № 37. – С. 15–18.
4. Каргин, В.А. Система управления электромагнитным прессом для отжима сока / В.А. Каргин // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2019. – № 4 (174). – С. 155–160.
5. Вахрушев А.А. Программирование и настройка адаптивной управляющей системы / А.А. Вахрушев, Каргин В.А. // Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы XI Национальной научно-практической конференции с международным участием. – Саратов: ООО «ЦеСАин» 2020. – С.34-37.
6. Каргин, В.А. Система автоматического управления электромагнитным сводообрушителем / В.А. Каргин. – Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2019. № 6 (176). – С. 148-154.
7. Усанов, К.М. Линейные электромагнитные двигатели и приводы в импульсных процессах и технологиях : монография [Текст] / К.М. Усанов, В.И. Мошкин, В.А. Каргин, А.В. Волгин. – Курган : Изд-во Курганского гос. ун-та, 2015. – 202 с.
8. Петров, И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования / Под ред. В.П. Дьяконова. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 256 с.
9. Руководство пользователя по программированию ПЛК в CoDeSyS 2.3. – редакция RU 2.4, для CoDeSyS v2.3.6.x.

Внуков Е.В., Левин М.А.

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АГРОИНЖЕНЕРИИ

Аннотация: в данной статье рассматриваются цифровые технологии, применяемые в агроинженерных задачах АПК с целью автоматизации производства и снижения трудоемкости производства.

Ключевые слова: цифровая технология, цифровые устройства, датчики, автоматизация, дроны, оптимизация, мониторинг земель.

Для России тема автоматизации и роботизации особенно актуальна, так как сельскохозяйственные угодья в стране простираются на миллионы гектаров, и каждый из них требует бережного и рационального использования. Для большинства сельхозпредприятий остро стоит вопрос в квалифицированных кадрах, а автоматизированная система вполне подойдет на эту роль [1].

«Роботизация» производства особо актуальна для больших фермерских хозяйств. Совершая полеты над полями, беспилотники с помощью камеры и датчиков позволяют фермерам в режиме реального времени видеть, как выглядит каждое растение, как происходит процесс созревания с/х культур и как изменяется цвет почвы [2].

«Сельскохозяйственные» беспилотники позволяют создавать электронные карты полей в формате 3D, рассчитывать показатель Normalized Difference Vegetation Index (нормализованный вегетационный индекс) с целью эффективного удобрения культур, инвентаризировать проводимые работы и охранять сельхозугодья.

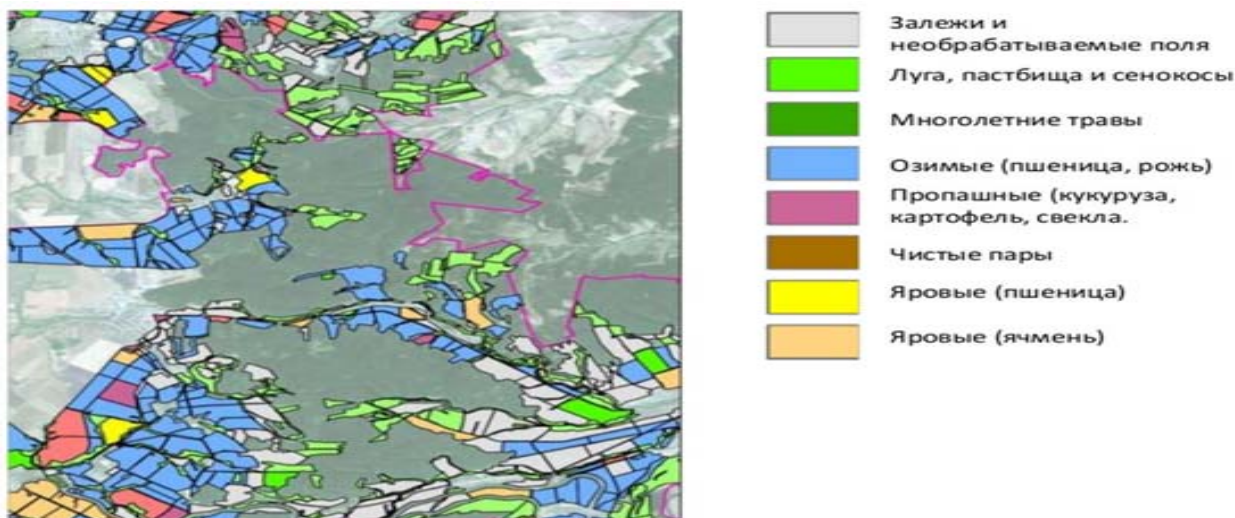


Рис.1 – Векторные карты, полей созданные с помощью беспилотников

Примеры работ, которые могут выполняться сельскохозяйственными беспилотниками:

- **Анализ состояния почвы.** С помощью камер и специально установленных на БПЛА датчиков фермеры анализируют состояние почвы на различных участках и определяют, на каких из них наиболее целесообразно проводить посадку семян.
- **Посадка семян.** На рынке можно найти ряд стартапов, которые предлагают сажать растения с помощью специальных дронов, выстреливающие в почву капсулами с семенами.
- **Мониторинг состояния урожая.** Для фермеров очень важно своевременно обнаружить вредителей, от которых гибнут сельхозугодия, чтобы оперативно предпринять необходимые меры. Уже давно известно, что первые признаки ухудшения состояния растений проявляются в изменении хлорофилла. Поэтому, установив на БПЛА инфракрасные камеры, фермеры могут своевременно узнать о начале гибели урожая.
- **Обработка урожая.** Еще одна потенциальная сфера применения БПЛА в сельском хозяйстве – это равномерные опрыскивания урожая ядохимикатами и специальными удобрениями. С помощью беспилотников фермеры смогут проводить подобные работы удаленно.
- **Прогноз урожайности.** Собранные в ходе мониторинга данные могут быть использованы для построения различных аналитических отчетов. В этом случае БПЛА будет применяться как платформа для сбора данных, в то время как основной фронт работ ляжет на специализированное ПО, обрабатывающее собранную информацию. Многие эксперты даже полагают, что будущее «сельскохозяйственных» БПЛА именно за этой моделью развития – сами аппараты станут «коммидити», в то время, как основную ценность для рынка будут представлять специалисты, способные на основе результатов работы ПО принимать верные решения по дальнейшему развитию сельхозугодий [3].

Умный робот для прополки с/х культур La Chèvre.

Благодаря искусственному интеллекту робот успешно может определить именно сорное растение, не спутав его с сельскохозяйственной культурой. На основании проведенных в 2020 г. полевых испытаний удалось установить, что машина успешно удаляет с поля 95% сорняков. Эти результаты позволяют рассматривать робота в качестве альтернативной замены как ручного труда и снижения гербицидной нагрузки на сельхозкультуры в рамках ведения более экологичного сельского хозяйства [4].

Несколько датчиков RTK-gps контролируют и корректируют положение техники и ее ориентацию в пространстве для навигации. Сканирование посевов и сорняков осуществляется посредством камер и датчиков глубины. Технология SLAM калибрует и настраивает датчики с камерой.

SLAM (одновременная локализация и отображение) позволяет построить карту и локализовать транспортное средство на этой карте с одновременным отображением всех находящихся рядом с роботом объектов. Локальная карта содержит в себе данные и координаты всех произрастающих растений.

Роботизированная прополка — идеальный выбор для органического земледелия. Измерения датчика также используются для классификации растений сельскохозяйственных культур или сорняков. Установленные роботизированные манипуляторы визуально определяют наличие сорных растений, выполняя их захват клешнями именно на основании данных, полученных с цифровой карты.

ИТ - важный ресурс низкочастотного, устойчивого производства продуктов литания и сырья для промышленности, повышения качества и безопасности продуктов питания, уменьшения техногенной нагрузки на окружающую среду, снижения потерь в процессе производства сельскохозяйственной продукции,

ИТ - основа усиления вертикальной интеграции при производстве и реализации сельскохозяйственной продукции, что позволяет устранить ее потери из-за несогласованности (в ряде случаев до 30 %).

Сельское хозяйство - идеальная среда для применения ИТ. Но недостаточность финансовых средств в сфере аграрной науки не дает возможности для широкого применения современных ИТ.

Без внедрения автономных робототехнических устройств невозможно производство сельскохозяйственной продукции и в дальнейшем доля применяемых агробототехнических комплексов и цифровых технологий будет только увеличиваться [5,6].

Список литературы

1. Дринча В.М. Информационные системы на службе сельского хозяйства // Экономика и финансы. 2004, № 5.
2. Рунов Б.А. Анализ применения робототехнических средств в сельском хозяйстве / Б.А. Рунов, Н.Н. Новиков // Вестник ВНИИМЖ. - 2017.
3. Труфляк Е.В. Интеллектуальные технические средства в сельском хозяйстве. Краснодар: КубГАУ. - 2016.
4. Фагуцист И.А. Использование современных информационных технологий в агропромышленном комплексе / И.А. Фагуцист // Научно-методический электронный журнал Концепт. - 2015.
5. Гасликова И.Р., Гохберг Л.М. Информационные технологии в России. М.: ЦИСН, 2002.
6. Предпосылки создания цифровых подстанций напряжений 6 и 10 кВ. / Левин М.А., Травов Н.Н. / В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК. Материалы X национальной научно-практической конференции с международным участием. Под общ. ред. Трушкина В.А. 2019. С. 135-137.

Воякин С.Н., Шевченко М.В.

ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный аграрный университет»,
г. Благовещенск

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ НА ПС 35/10 КВ

Аннотация: На трансформаторной подстанции 35/10 кВ, филиала «Амурские электрические сети» СП «ЦЭС», выполнена оценка технического состояния силового трансформатора ТМ-6300/35 с помощью виброанализатора и одного датчика, который устанавливался в различные точки активной части силового трансформатора. Представлены измерения среднеквадратичных значений виброскорости в точках замера до и после проведения капитального ремонта.

Ключевые слова: трансформаторная подстанция, силовой трансформатор, измерение, виброанализатор, высокое напряжение (ВН), низкое напряжение (НН), спектроанализатор.

В энергосистеме России, около 50% силовых трансформаторов эксплуатируется с большим износом. Вместе с тем текущее техническое состояние активной части силовых трансформаторов, его физический износ и остаточный ресурс эксплуатации не определены. Обновление высоковольтного электроэнергетического оборудования составляет от 3-5 % в год. Смена такого объема электрооборудования с большим сроком службы на новое в ограниченные сроки технически и экономически невыполнимая задача, так как обновление, как показала практика, вовсе не гарантирует решение проблемы [2, 3]. Во-первых, из-за отсутствия в РФ эффективной системы по контролю качества монтажа на вновь вводимых объектах, а, во-вторых, из-за плохого качества комплектующих или выполняемых работ по монтажу. Эти недостатки приводят к снижению срока эксплуатации как минимум в два раза, по сравнению с проектным.

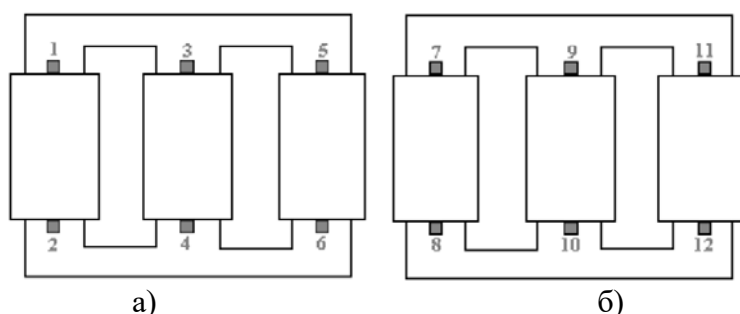


Рисунок 1 Схема проведения вибрационного обследования активной части трансформатора

В работе выполнена оценка технического состояния силового трансформатора с целью определения уровня надежности и продления его срока эксплуатации, а также своевременного ремонта или замены. Задачами исследования являются проведение вибрационного обследования и анализ полученных результатов на силовом трансформаторе ПС-35 кВ «Астрахановка» филиала «Амурские ЭС» СП «ЦЭС». Исследования проводились в зимний период 2015 и 2020 года, при

температуре окружающей среды -16°C , на высоковольтном трансформаторе ТМ-6300/35 с помощью виброанализатора переносного типа и одного датчика, который устанавливался на баке со стороны вводов низкого и высокого напряжения трансформатора по схеме, приведенной на рисунке 1 (а, б) [1].

Датчик для измерений, сначала устанавливался на высокой стороне в точках 1 – 6 (рис. 1, а) и перемещали против часовой стрелки для каждой фазы, а затем на стороне НН в точках 7 – 12 (рис. 1, б). Считанный вибродатчиком сигнал в каждой точке фиксировался спектроанализатором, экспериментальные исследования выполнялись в режиме холостого хода и нагрузки.

После фиксации измерений виброскорости или среднеквадратичных значений (СКЗ) виброперемещений в память виброанализатора - эта информация переписывалась в ПК, где производился ее анализ с помощью экспертной системы «ВЕСТА» [4], результаты приведены на рисунке 2.

Выполнив анализ проведенного исследования, в виде коэффициентов прессовки магнитопровода и обмоток по каждой фазе, в ходе вибрационного обследования силового трансформатора была выявлена распрессовка верхней части обмотки фазы «А» со стороны ВН; распрессовка нижней части магнитопровода в районе фазы «А» и верхней части магнитопровода в районе фазы «В» с обеих сторон, магнитопровода в районе фазы «С» с обеих сторон, магнитопровода в районе фазы «В» со стороны ВН, магнитопровода в районе фазы «А» со стороны НН.

Коэффициенты прессовки стали трансформатора. Коэффициенты опрессовки обмотки трансформатора.

Фаза А Фаза В Фаза С Фаза С Фаза В Фаза А Фаза А Фаза В Фаза С Фаза С Фаза В Фаза А

0.90 0.85 0.86 0.88 0.87 0.88 0.89 0.93 0.96 0.9 0.94 0.94

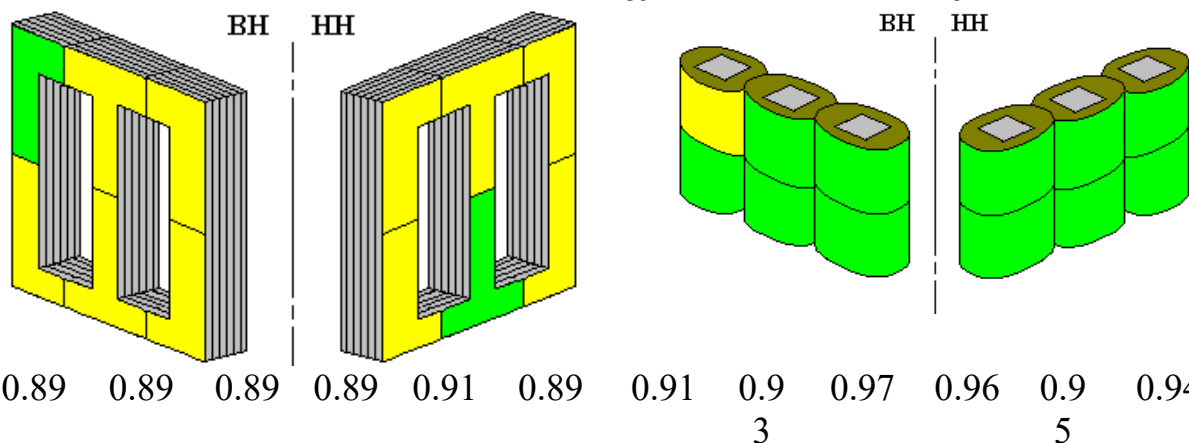


Рисунок 2 Состояние прессовки магнитопровода и обмоток трансформатора ТМ-6300/35

Представив результаты исследования в 2015 году руководству филиала «Амурские ЭС» СП «ЦЭС», было принято решение о выводе силового трансформатора на подстанции «Астрахановка» из работы для проведения капитального ремонта, чтобы не допустить изменений общего состояния работы в «худшую» сторону.

При выполнении капитального ремонта на трансформаторе, была проведена опрессовка магнитопровода стяжными шпильками и полубондажами, а также подпрессовка катушек активной части прессующей системой и фиксация распорными болтами.

Через четыре года после ремонтных работ было повторно проведено вибрационное обследование силового трансформатора ПС-35 «Астрахановка», результаты СКЗ виброскорости представлены таблице 1, а коэффициенты прессовки стали, опрессовки обмоток и качества прессовки конструкции трансформатора (по путям потоков рассеяния) на рисунке 3.

В результате обследования трансформатора ТМ-6300/35 выявлено хорошее общее состояние прессовки обмоток и стали трансформатора.

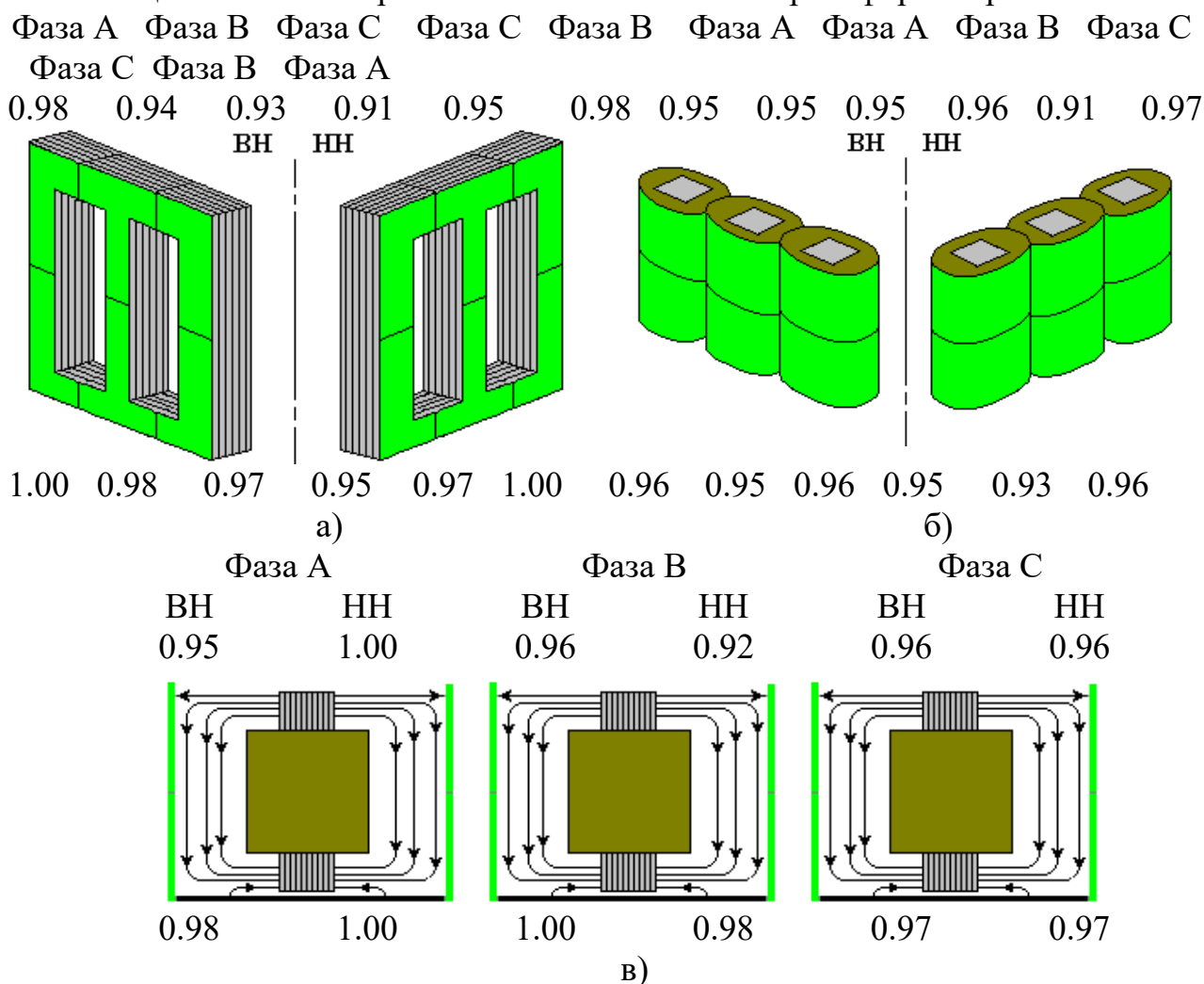


Рисунок 3 Обобщенное состояние силовых трансформаторов, ТМ-6300/35, после капитального ремонта: а – коэффициенты прессовки стали трансформатора; б – коэффициенты опрессовки обмотки трансформатора; в – коэффициенты качества прессовки конструкции трансформатора

При сравнительном анализе с предыдущим обследованием было выявлено улучшение состояния прессовки обмоток всех фаз, коэффициент опрессовки обмотки трансформатора ТМ-6300/35 0,88 на 0,94. Такое увеличение коэффициентов показывает улучшение состояния прессовки обмоток всех фаз после проведенного капитального ремонта с подпрессовкой активной части трансформатора.

Таблица 1 – СКЗ виброскорости в точках замера, мм/с

	Точки	Фаза А		Фаза В		Фаза С	
		ХХ	РН	ХХ	РН	ХХ	РН
Сторона ВН	Верх	3	4,9	2,3	11,1	5,6	7,1
	Низ	4,1	6,5	2,8	10,9	4,1	6,9
Сторона НН	Верх	3,7	6,9	3,9	3,7	1,8	6,2
	Низ	2,2	9	4,8	13,1	1,8	11,4

Полученный результат экспериментальных исследований позволяет сделать вывод, что регулярная оценка технического состояния силового оборудования ПС-35 «Астрахановка» позволило обнаружить на раннем этапе вероятные неполадки и спланировать проведение капитального ремонта. Все проводимые мероприятия обеспечивают рабочее состояние трансформатора вот уже 50 лет.

Список литературы

1. Гервиц М.Н., Емельянов В.И., Осотов В.Н. Методика диагностики усилия прессовки обмоток трансформаторов /М.Н. Гервиц, В.И. Емельянов, В.Н. Осотов [и др.] // Электрические станции. – 1997. - № 5. - С.58 – 60.
2. Давиденко И.В. Разработка системы многоаспектной оценки технического состояния и обслуживания высоковольтного маслонаполненного электрооборудования. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Екатеринбург, 2009. 46 с.
3. Дарьян Л.А. Научные основы физико-химической диагностики высоковольтного маслонаполненного электрооборудования с изоляцией конденсаторного типа. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Новосибирск, 2009. 48 с.
4. «Экспертная система диагностики качества прессовки активных материалов маслонаполненных трансформаторов по вибропараметрам», г. Пермь, «Вибро-Центр».

УДК 631.3

Волгин А.В., Козлов Д.В., Гольдштейн Д.В.

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ В ПАСТЕРИЗАЦИОННОЙ УСТАНОВКЕ

Аннотация. В настоящей статье разработаны и представлены функциональная и логические схемы управления пастеризационной установкой использованием программируемого логического контроллера. Программирование ПЛК осуществляется в среде CoDeSys с помощью языка SFC и стандартной библиотеки функциональных блоков.

Ключевые слова: системы автоматического управления, программируемый логический контроллер, автоматизированные системы управления, логические схемы управления.

Уровень автоматизации является определяющим фактором, в том числе, себестоимости производимой продукции – важного показателя конкурентоспособности производства в условиях рыночной экономики. Автоматизация технологических процессов (ТП) позволяет освободить человека от непосредственного выполнения функций управления ТП и передать эти функции автоматическим устройствам [1-5].

Применяемые в настоящее время системы управления оборудованием для первичной обработки молока зачастую не соответствуют современным требованиям [6,7]. В частности, сложность в использовании и настройке механических или электрических контактных пропорциональных регуляторов снижает надежность установок и точность регулирования управляемого параметра, увеличивает стоимость оборудования и, как следствие, себестоимость молока. Таким образом, совершенствование автоматизированных систем управления установками для первичной обработки молока является актуальным. При этом использование для этих целей современных микропроцессорных технических средств, например, программируемых логических контроллеров, представляется перспективным [8].

С учетом рекомендаций, методик и расчетов, изложенных, например, в [8,9], была разработана функциональная схема автоматизации процессов в пастеризационной установке с использованием программируемого логического контроллера, представленная на рис.1.

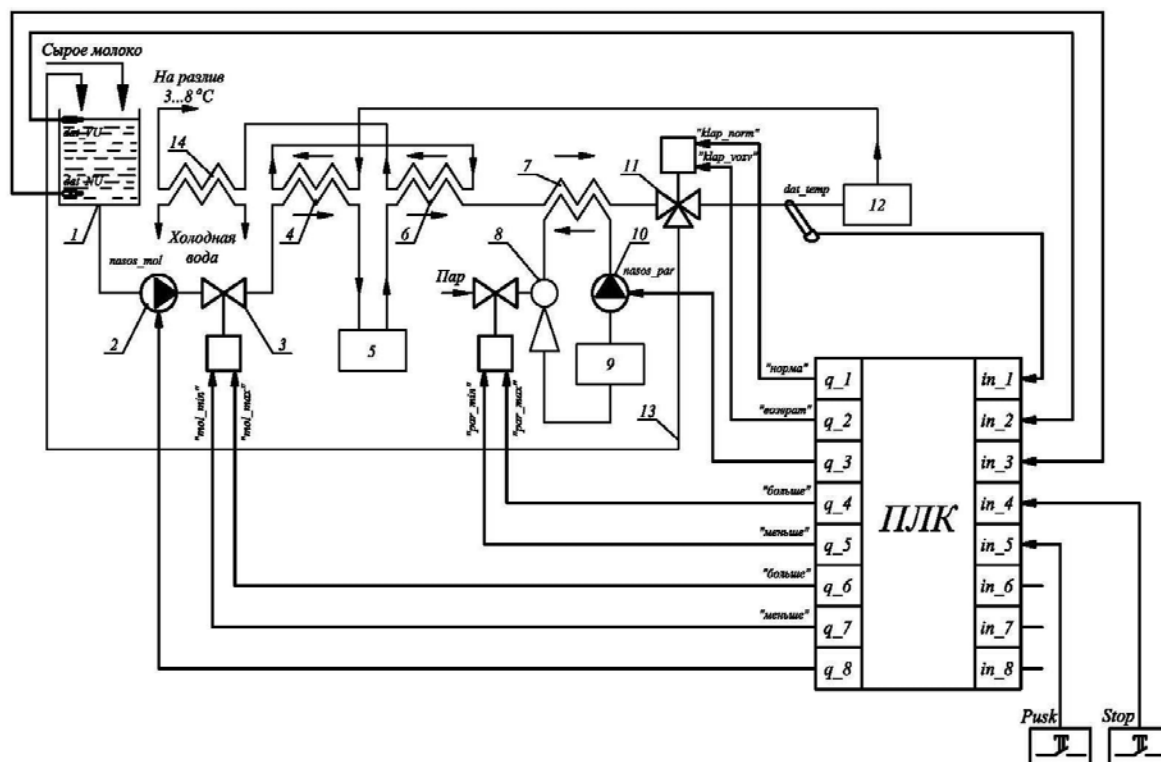


Рис.1 – Функциональная схема автоматизации процессов в пастеризационной установке с использованием программируемого логического контроллера: 1 – уравнильный бак; 2 – молочный насос; 3 – регулирующий клапан; 4 – первая секция регенерации; 5 – молокоочиститель; 6 – вторая секция регенерации; 7 – секция пастеризации; 8 – инжектор; 9 – бойлер; 10 – насос; 11 – клапан; 12 – выдерживатель; 13 – трубопровод возврата молока в уравнильный бак; 14 – секция охлаждения.

Обозначим глобальные входы и выходы контроллера и приведем их в виде таблицы 1 [10,11].

Управлением температурным режимом пастеризационной установки осуществляется по двум каналам:

- канал управления приводом клапана подачи пара в секцию пастеризации;
- канал управления приводом клапана подачи молока.

Управление пастеризационной установкой осуществляется нормально разомкнутыми кнопками (рис.1). При подаче сигнала от кнопки *pusk* (*in_5*) на дискретных выходах *q_3* и *q_8* появляется сигнал включения соответственно привода парового насоса *nasos_par* и привода молоконасоса *nasos_mol*. Для остановки процесса по окончании пастеризации или в случае аварии предназначена кнопка *stop* (*in_4*).

Табл.4.1 – Глобальные входы и выходы программируемого логического контроллера

№ п.п.	Наименование	Обозначение	Номер входа/выхода
1	2	3	4
ВХОДЫ			
1	Датчик температуры	<i>dat_temp</i>	<i>in_1</i>
2	Датчик верхнего уровня	<i>dat_VU</i>	<i>in_2</i>
3	Датчик нижнего уровня	<i>dat_NU</i>	<i>in_3</i>
4	Кнопка управления «СТОП»	<i>stop</i>	<i>in_4</i>
5	Кнопка управления «ПУСК»	<i>pusk</i>	<i>in_5</i>
ВЫХОДЫ			
6	Привод клапана возврата молока при недогреве «НОРМА»	<i>klap_norm</i>	<i>q_1</i>
7	Привод клапана возврата молока при недогреве «ВОЗВРАТ»	<i>klap_vozvr</i>	<i>q_2</i>
8	Привод парового насоса	<i>nasos_par</i>	<i>q_3</i>
9	Привод клапана подачи пара на увеличение	<i>par_max</i>	<i>q_4</i>
10	Привод клапана подачи пара на уменьшение	<i>par_min</i>	<i>q_5</i>
11	Привод клапана подачи молока на увеличение	<i>mol_max</i>	<i>q_6</i>
12	Привод клапана подачи молока на уменьшение	<i>mol_min</i>	<i>q_7</i>
13	Привод молоконасоса	<i>nasos_mol</i>	<i>q_8</i>

Сигнал обратной связи по температуре пастеризованного молока на выходе из секции пастеризации подается на аналоговый вход программируемого логического контроллера от термодатчика *dat_temp* (*in_1*) – термопары.

При снижении температуры молока формируется сигнал на дискретном выходе *q_4* контроллера по каналу управления приводом клапана на увеличение подачи пара *par_max* и на дискретном выходе *q_7* по каналу управления приводом клапана на уменьшение подачи молока *mol_min*. При превышении температуры молока выше заданного значения сигнал управления подается с выходов *q_5* и *q_6* соответственно на уменьшение подачи пара *par_min* и увеличении подачи молока *mol_max* [8].

При значительном снижении температуры молока на выходе секции пастеризации на дискретном выходе *q_2* формируется сигнал управления приводом

клапана возврата молока при недогреве *klap_vozvr* «возврат», который переключаясь возвращает продукт в емкость с непастеризованным молоком. Для возобновления процесса пастеризации сигнал с выхода *q_1* переводит клапан в положение «норма» (*klap_norm*).

Уровень молока в емкости контролируется поплавковыми датчиками. При снижении уровня ниже датчика нижнего уровня *in_3* (*dat_NU*) сигнал от него подается на дискретный вход ПЛК, на выходах *q_3* и *q_8* пропадает сигнал и привод парового насоса *nasos_par* и привод молоконасоса *nasos_mol* останавливаются. При достижении молока в емкости датчика верхнего уровня *in_2* (*dat_VU*), наполнение прекращается [8].

Программирование ПЛК [12] осуществляется в среде CoDeSys с помощью языка SFC (непрерывные функциональные схемы) и стандартной библиотеки функциональных блоков [11], совокупность и схема соединения которых представлены на рис.2 - рис.4.

Для запуска пастеризационной установки на рис.2 представлена логическая схема управления. Включение парового *q_3* (*nasos_par*) и молочного *q_8* (*nasos_mol*) насосов осуществляется замыканием нормально разомкнутой кнопки *pusk* и подачей на дискретный вход *in_5* логической единицы (TRUE – ИСТИНА). На вход SET функционального блока *RS_trig1* (приложение А) подается логическая единица, на его выходе Q формируется TRUE, включая выходы *q_3* и *q_8*.

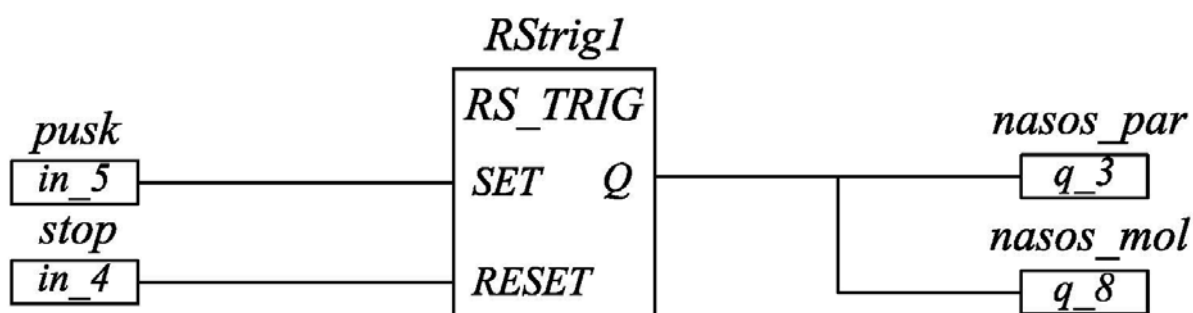


Рис.2 – Логическая схема запуском и остановкой пастеризационной установки

Остановка пастеризационной установки после завершения процесса либо при возникновении аварийной ситуации производится нажатием на кнопку с нормально разомкнутым контактом Stop и подачей TRUE на дискретный вход *in_4*. Для данного блока характерно то, что при одновременной подаче логической единицы на оба входа триггера приоритет осуществляется по входу RESET. Таким образом на выходе *RS_trig1* устанавливается FALSE (логический ноль или ЛОЖЬ), что приводит к отключению выходы *q_3* и *q_8* и остановке паровой *nasos_par* и молочный *nasos_mol* насосы [9].

Отключение пастеризационной установки также может производиться автоматически после окончания процесса пастеризации молока, сигналом для которой служит срабатывание поплавкового датчика нижнего уровня *in_3* (*dat_NU*) молока в баке 1 (рис.1). Логическая схема автоматического отключения пастеризационной установки представлена на рис.3.

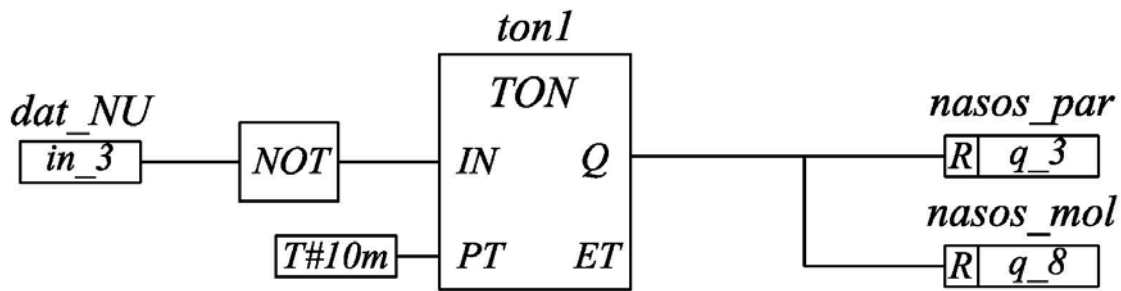


Рис.3 – Логическая схема автоматического отключения пастеризационной установки по окончании процесса

При достижении уровня молока датчика *in_3* (*dat_NU*) он размыкается, формируя логический ноль (FALSE). Инверсия данного сигнала осуществляется с помощью функционального блока NOT (побитное НЕ), через который он подается на вход IN функционального блока таймер с отсрочкой включения *ton1*. Таймер начинает отсчет времени, заданного оператором на входе PT. Если в бак 1 (рис.1) не добавляют молока и датчик нижнего уровня продолжит находиться в разомкнутом состоянии, то спустя некоторого заданного времени, например, 10 минут, на выходе таймера *ton1* появится TRUE, выходы *q_3* и *q_8* отключатся и приводы парового *nasos_par* и молочного *nasos_mol* насосов отключатся [3,18].

При автоматическом наполнении бака 1 (рис.1) молоком может использоваться датчик верхнего уровня *in_2* (*dat_VU*), при срабатывании которого отключается подача (на схеме рис.1 не показана) молока в бак 1.

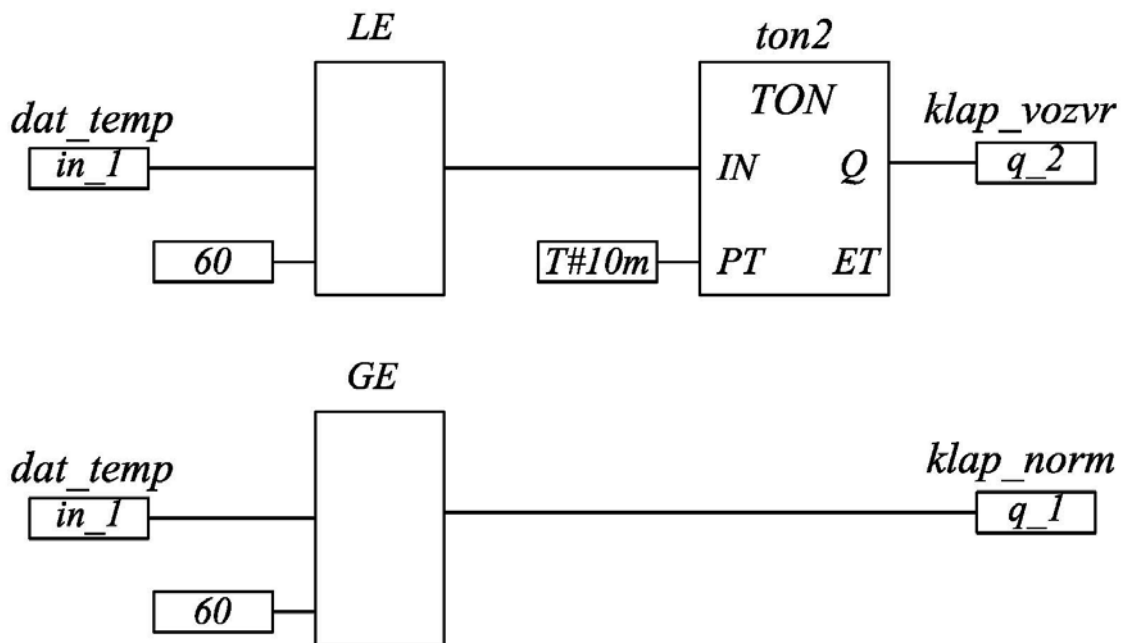


Рис.4 – Логические схемы управления приводом клапана возврата молока при недогреве

Сигнал обратной связи по температуре молока на выходе из секции пастеризации формируется термодатчиком (термопарой) на аналоговом входе *in_1* (*dat_temp*) контроллера. Как показано, например, в [8,9], для регулирования температуры молока рекомендуется использовать ПИД-закон регулирования. Таким

образом для обеспечения требуемых значений показателей качества регулирования воспользуемся стандартным функциональным блоком в CoDeSyS – APID_VALVE [10,11].

При длительном и значительном снижении температуры молока на выходе оно возвращается в бак для повторной пастеризации. Логические схемы управления приводом клапана возврата молока при недогреве представлены на рис.4.

Сигнал от термодатчика in_1 (dat_temp) сравнивается с заданным значением в двоичном операторе LE (приложение А), который устанавливает TRUE (логическую единицу) на выходе, если значение первого параметра, то есть входа in_1 (dat_temp), меньше или равно второму – заданному оператором, например, 60 °С. Таким образом, если температура ниже или равна требуемой, то формируется сигнал включения выхода q_2 (klap_vozvr) на возврат молока для повторной пастеризации. Если температура молока больше или равно заданному значению, то контроллер формирует сигнал на выходе q_1 и переводит клапан в нормальное состояние klap_norm.

Список литературы

1. Усанов, К.М., Импульсные электромагнитные двигатели в приводе оборудования пищевого производства / К.М. Усанов, В.А. Каргин, С.М. Зубарев, А.В. Ивченко. // Научное обеспечение агропромышленного производства: Материалы Международной научно-практической конференции – Курск: Изд-во Курская государственная сельскохозяйственная академия, 2010. – С.228-231.
2. Усанов, К.М. Дискретные электромагнитные приводы в процессах и технологиях сельхозпроизводства и АПК : [монография] / К.М. Усанов, В.А. Каргин, А.П. Моисеев, А.В. Волгин. – Саратов: Амирит, 2021. – 184 с.
3. Kargin, V.A. Electromagnetic Strike Action System with Self-Adjustment of Output Energy / V. A. Kargin, A. V. Volgin // 2018 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon, 2018 January 2019 8602647.
4. Каргин, В.А. Система автоматического управления электромагнитным сводообрушителем / В.А. Каргин / Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2019. – № 6 (176). – С. 148–154.
5. Каргин, В.А. Система управления электромагнитным прессом для отжима сока / В.А. Каргин. – Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2019. № 4.
6. Моисеев А.П. Электротехнологическое оборудование в сельскохозяйственном производстве: учебное пособие / В.А. Каргин, А.П. Моисеев, Л.А. Лягина, А.В. Волгин. – Саратов: Амирит, 2018. – 103 с.
7. Усанов, К.М. Проектирование электроустановок : учебное пособие / К.М. Усанов, В.А. Каргин, А.П. Моисеев, Л.А. Лягина. – Саратов: Амирит, 2017. – 123 с.
8. Змеев, А.Я. Проектирование систем электрификации: учебное пособие / А.Я. Змеев, К.М. Усанов, В.И. Мошкин, В.А. Каргин. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2016. – 292 с.
9. Каргин, В.А. Автоматизация систем управления технологическими процессами : учебное пособие / В.А. Каргин, А.П. Моисеев, А.В. Волгин, Л.А. Лягина, Е.А. Четвериков. – Саратов: Амирит, 2018. – 177 с.
10. Петров, И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования / И.В. Петров. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 246 с.
11. Руководство пользователя по программированию в CoDeSyS 2.3 – редакция RU 2.4, для CoDeSyS v 2.3.6x.
12. <https://owen.ru>. ОВЕН. Оборудование для автоматизации.

УДК 631.223.2:628.93, УДК 621.314.26,
УДК 535.5, УДК 699.86, УДК 628.81:697.7

¹Галкин Д.А., ¹Сидоров С.А., ²Лошкарева О.В.

¹ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

²ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», «Колледж радиоэлектроники имени П.Н. Яблочкова»

ВЕНТИЛЯЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕКСТИЛЬНЫХ ВОЗДУХОВОДОВ

Аннотация. С целью экономии электрической энергии нами рекомендуется применять в системе вентиляции тепличных комплексов систему текстильных воздуховодов.

Ключевые слова: энергосбережение, вентиляция, естественная вентиляция.

Многие фирмы, занимающиеся системами промышленной вентиляции, сталкивались с проблемами оптимизации воздухораспределения в помещениях большого объема и сложностью монтажа жестких воздуховодов на большой высоте. У фирм, работающих в области технологического кондиционирования, к вышеуказанным проблемам добавляются гигиенические аспекты, связанные с выпадением конденсата, способствующего развитию микроорганизмов [1-8].

Схема на базе текстильных воздуховодов — альтернатива традиционным системам воздухораспределения, превосходящая их по многим параметрам. Шумы, создаваемые вентилятором и потоком воздуха, гасятся самими текстильными воздуховодами, благодаря их шумоабсорбционным способностям [4].

Воздухообмен, даже при больших мощностях осуществляется неощутимо, с низкой скоростью движения воздуха, равномерно по всему помещению. Образование водного конденсата при охлаждении и высокой влажности в текстильных воздуховодах отсутствует. Это происходит благодаря большой поверхности воздухопроникновения через ткань, а также благодаря свойствам текстильных материалов. Одновременно с проникновением воздуха через тканевую поверхность воздуховода, отфильтровываются все твердые частицы, пыль и микроорганизмы размером до 5 мкм. Они оседают на внутренней поверхности воздуховода и легко отмываются в 40 °С щелочном растворе. В некоторых отраслях пищевой промышленности эти воздуховоды моют и дезинфицируют один раз в 14 дней. Значительно большие интервалы между чисткой (полгода и более) возможны в отраслях, где за основу приняты не гигиенические аспекты, а вентиляция "без сквозняков" и оптимальный температурный режим.

На сегодняшний день специалистами компании "ТЕРМОКУЛ" на ряде объектов производственного и офисного назначения успешно реализованы проекты по вентиляции и охлаждению с использованием текстильных воздуховодов. Среди

наиболее интересных проектов можно выделить оснащение камер хранения плодоовощной продукции компании "РУСАГРО", цеха вакуумной упаковки сосисок и экспедиция Таганского мясокомбината ("ТАМП", Москва), цех обвалки мясоперерабатывающего комплекса "МЕТАТР" (г. Королев), проект оснащения сырьевого цеха ($V_{ном} = 6300 \text{ м}^3$) Раменского мясокомбината (г. Раменское).

При выборе оптимальной схемы воздухораспределения с использованием текстильных воздуховодов необходимо учитывать нижеследующие критерии и технические характеристики. (смотрите таблицу №1).

Варианты воздухоподачи. Для того, чтобы предельно соответствовать сегодняшним рабочим условиям на базе текстильных воздуховодов существуют различные варианты воздухоподачи:

- воздухопроницаемые тканые каналы;
- воздухопроницаемые каналы с перфорацией.

Какой из этих вариантов применим — должно решаться в каждом проекте отдельно. Аналогично решается вопрос с размерами и заполняемостью объема канала в зависимости от длины воздуховода.

Форма текстильного воздуховода. Стандартная форма воздуховода — цилиндрическая. У нее наибольшая площадь проникновения воздуха и она, как правило, является наилучшим решением в промышленном использовании, где необходимо подавать большие массы воздуха в производственные и складские помещения без создания сквозняков. С развитием D-образных воздуховодов был внесен вклад в решение задач кондиционирования офисных помещений, так как это представляет еще более зрительно и технически комфортабельную альтернативу. D-образный профиль может быть установлен даже при низких потолках в помещении и сохраняет вид при отсутствии подачи воздуха. При большой длине текстильного канала в него вшиваются качественные молнии для облегчения монтажа и демонтажа.

Перфорированные воздуховоды. Они выполняют сугубо специальные воздухораспределительные задачи и состоят из воздухопроницаемой ткани, в которой для направленной подачи воздуха сделаны в той или иной части отверстия. Таким образом, воздух можно направлять в необходимом направлении. Эти воздуховоды подходят и для промышленного использования в помещениях с большим потолком от 4 м, они особо отличаются тем, что нужна короткая первичная фильтрация воздуха. Эти воздуховоды оборудованы застежками — молниями для монтажа\демонтажа.

Стабильность формы. В случае недостаточного давления от вентилятора или отключения установки форма воздуховода поддерживается вшитыми в него тонкими кольцами (интервал 0,5 м), создающими поддерживающий форму корсет. Так как статическое давление в воздуховоде во все стороны одинаково, то проектировщик может просчитать удельное количество воздуха, подаваемого в помещение. Производятся текстильные воздуховоды различной заполняемостью ($50-1650 \text{ м}^3/\text{ч}$), удовлетворяющие всем потребностям в различных производствах. Длина воздуховодов в зависимости от необходимости может достигать 100 м.

Таблица 1 - Области применения различных форм воздуховодов

Области применения	Круглая форма	D-образная форма	Перфорированная форма	Применение
Охлаждение	5	4	3-2	Мясопереработка, сыроварни, молокозаводы, хранилища овощей, фруктов, срезанных цветов, булочные, кондитерские, супермаркеты
Вентиляция	4	3	5-4	Промышленные склады, многоцелевые помещения, пекарни, кухни, строит. рынки, теплицы
Отопление	2	3-2	5	Промышленное отопление, склады, многоцелевые помещения, автомобилестроение, покрасочные камеры, теплицы
Комфорт	4	5	3-2	Рестораны, дискотеки, гостиницы, кухни, бюро, залы заседаний, лаборатории, операционные залы

Примечание: 5 — очень хорошо; 4 — хорошо; 3 — удовлетворительно; 2 — достаточно

Описанные воздуховоды состоят из износоустойчивой воздухопроницаемой искусственной ткани (ранее это был полипропилен, теперь полиэстэр), которая изготавливается специальным способом, и не разрушается бактериями и микроорганизмами. Воздух, вдуваемый в воздуховоды со скоростью 10 м/с распределяется равномерно по всему свободному пространству тканной трубы, и по принципу вытеснения течет с низким уровнем шума, низкой скоростью и пульсацией в кондиционируемое помещение. Так как эти воздуховоды обладают весом лишь 300 гр/м², то нет необходимости в монтаже тяжелых жестяных каналов, переходников и пр.

Экономичность. Экономичность установок складывается из низких затрат на монтаж и обслуживание. Текстильные воздуховоды легки и очень просто крепятся к любому потолку или стене. Они очень хорошо подходят для дооснастки имеющихся вентиляционных и климатических установок.

Таблица 2 - Области применения различных форм воздуховодов

Показатель	Обработанный хлопок	Полиэстэр с обработанным хлопком	Полипропилен
Антистатические свойства	5	5	1
Стабильность размеров (усадка остаточная)	3	5	5
Устойчивость к агрессивным средам	3	4	2
Огнестойкость	5	3	1
Цветовой дизайн	5	5	2

Примечание: показатели: 5 – отлично; 4 – хорошо; 3 – удовлетворительно; 2 – малопригодно; 1 – плохо.

Расчет системы и размеров воздуховодов. В каждом заказе на оборудование все элементы системы просчитываются отдельно в соответствии с поступившими исходными данными от Заказчика.



Рисунок 1- Форма текстильного воздуховода

Простой монтаж. Низкая стоимость монтажа и малый расход материалов для этого – вот предпосылка для быстрой установки оборудования. По желанию клиентов наши монтажники выполняют эти работы в непроизводственное время.

Простота обслуживания. Тип используемых материалов и удобные для обслуживания конструкции воздуховодов гарантируют простоту ухода и чистки оборудования. Воздушные каналы легко разбираются и также легко собираются вместе после мытья.

Образцовый сервис. Компетентность и опыт, консультации и планирование, качество и обслуживание — вот перечень услуг, которые Вы приобретаете вместе с текстильными воздуховодами. Опираясь на современную систему — от заключения контракта до монтажа оборудования наши опытные сотрудники справятся с любыми сложностями. Исходя из опыта и безупречного системного решения технологического кондиционирования и вентиляции, компания "ТЕР-МОКУЛ" предлагает выверенное соотношение цена/производственная мощность. Наша работа считается выполненной лишь в том случае, когда Заказчик полностью удовлетворен устойчивой работой установки.

Список литературы

1. Ерошенко, Г.П. Электроемкость продукции промышленного птицеводства / Г.П. Ерошенко, И.Ю. Лошкарев, И.В. Шестаков, В.И. Лошкарев // Аграрный научный журнал, №2,2016.
2. Ерошенко, Г.П. Рациональные варианты теплоснабжения животноводческих помещений/ Г.П. Ерошенко, И.Ю. Лошкарев// Научное обозрение, 2017, №3, С. 38-46
3. Лошкарев, И.Ю. Использование биотоплива в качестве источника тепла/ И.Ю. Лошкарев И.Ю., А.Я. Аберясьев, В.М. Наход //Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы

- IX международной научно-практической конференции/Под общ. ред. Трушкина В.А. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2018. – С.125-127 .
4. АНО ДПО «Учебно-консультационный центр «Университет климата» [Электронный ресурс]/. Справочно-информационный интернет-портал - Режим доступа https://www.hvac-school.ru/biblioteka/proektirovshhiku_materiali/materiali_zhurnala_mir_klimata_2/ventiljacija_tehnologicheskoe/. – (Дата обращения - 18.02.2019).
 5. Лошкарев, И.Ю. Методы выращивания культур в защищенном грунте /И.Ю. Лошкарев, В.М. Наход , А.Я. Аберясьев//Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы IX международной научно-практической конференции/Под общ. ред. Трушкина В.А. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2018. – С.117-120 .
 6. Ерошенко, Г.П. Специальные требования к электронагревательным установкам для систем микроклимата/ Г.П. Ерошенко, И.Ю. Лошкарев, О.В. Логачева, Д.В. Ульянов, Н.В. Шевчук//Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VIII международной научно-практической конференции/Под общ. ред. Трушкина В.А.- Саратов: ООО «ЦеСАин», 2017. С. 86-89.
 7. Ерошенко, Г.П. Электроемкость продукции промышленного птицеводства / Г.П. Ерошенко, И.Ю. Лошкарев, И.В. Шестаков, В.И. Лошкарев // Аграрный научный журнал, №2,2016.
 8. Лошкарев, И.Ю. Оценка возможности применения возобновляемых источников энергии в Александрово-Гайском районе Саратовской области /Лошкарев И.Ю., Клепиков А.П., Лошкарев В.И.//Актуальные проблемы энергетики АПК VI Международная научно-практическая конференция. Под общей редакцией Трушкина В.А.. 2015. С. 139-144.
 9. Ерошенко, Г.П. Рациональные варианты теплоснабжения животноводческих помещений/ Г.П. Ерошенко, И.Ю. Лошкарев// Научное обозрение, 2017, №3, С. 38-46.

УДК 631.223.2:628.93, УДК 621.314.26,
УДК 535.5, УДК 699.86, УДК 628.81:697.7

¹*Галкин Д.А., ¹Сидоров С.А., ²Лошкарева О.В.*

¹ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

²ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», «Колледж радиоэлектроники имени П.Н. Яблочкова»

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В КРЕСТЬЯНСКО-ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВАХ

Аннотация. В настоящей статье исследуются способы энергосбережения для крестьянско-фермерских хозяйств.

Ключевые слова: перераспределение, нагрузка, автоматическое управление нагрузками.

Проблема превышения лимита потребления выделенной мощности и несанкционированного подключения к электрическим сетям остро стоит во всех странах мира с развитой экономикой. В нашей стране эта проблема особенно актуальна,

принимая во внимание повсеместный дефицит электрической энергии, а также низкую правовую дисциплину потребителей. А, учитывая последние постановления правительства РФ в области энергосбережения и контроля за распределением электроэнергии, эта проблема выходит на первый план в сфере обеспечения потребителя бесперебойным электроснабжением [1-6].

Еще более драматично выглядит ситуация в домах старого фонда с их обветшавшими электрическими сетями и распределительными устройствами, которых немало в каждом населенном пункте нашей страны, а также в разветвленных электрических сетях общественных организаций типа рынков, ярмарок, торговых центров. Пропускная способность подобных сетей, зачастую не справляется с растущими «аппетитами» пользователей помещений, что приводит к их перегрузкам, нагреву, возгоранию. Не менее остро дефицит отпускаемой электроэнергии проявляется в дачном и коттеджном строительстве, садоводствах. Местные электросетевые компании вынуждены ставить опломбированные отключающие устройства на вводах потребителей, что влечет за собой, с одной стороны, дополнительные расходы сетевиков, связанные с установками самих устройств, с выездами для повторных включений, а, с другой стороны, самих потребителей вынуждает по несколько суток сидеть без электроэнергии, дожидаясь приезда электрика. Непрогнозируемый рост многоэтажного домостроения современных мегаполисов, в условиях недостаточности генерирующих и преобразующих мощностей, приводит к сдаче домов, не обеспеченных достаточным количеством электроэнергии. И, зачастую, собственники новых квартир, заплатив огромные деньги, неспособны полностью насладиться всеми достоинствами современного быта, так как рискуют в любую минуту оказаться без света.

Существуют и потребители, проживающие в домах, построенных несколько лет назад, по старым нормам, когда основными потребителями были телевизор, уют, настольная лампа и несколько ламп освещения. Ведь в большинстве таких сельских домов мощность на дом ограничивается вводным автоматическим выключателем номиналом, зачастую не превышающим 25 А. И если подключать несколько мощных современных электроприборов одновременно, то он просто будет постоянно «выбивать», придется постоянно включать этот отключившийся автомат. Схема подключения электроприборов в таком доме достаточно проста. На вводе устанавливается вводной автоматический выключатель на 25А, ограничивающий подводимую к дому мощность, после него счетчик электрической энергии, а далее — групповые автоматические выключатели.

В результате перегрузки сработает тепловая защита автоматического выключателя и он сработает, ограничивая потребляемую мощность. Это типичный случай, поскольку входная мощность на квартиру ограничена и одновременное подключение мощных потребителей будет приводить к постоянному срабатыванию тепловой защиты.

Для того, чтобы как-то справиться с этой ситуацией, придется контролировать количество одновременно подключенных приборов, контролировать их и мощность, и не включать одновременно несколько мощных потребителей [7-9].

Одним из вариантов ограничителей мощности (реле приоритета) является устройство компании Новатек-Электро. Выпускаются два типа реле для 1-фазного потребителя электроэнергии, включая бытовые сети, РМТ-101 – реле ограничения максимального тока и ОМ-110 – реле ограничения мощности, а также универсальное реле ограничения мощности (тока) ОМ310 для 3-фазного потребителя электроэнергии.

Однофазный ограничитель мощности предназначен для постоянного контроля потребляемой активной (полной) мощности в диапазоне от 0 до 20 кВт (кВА) и отключения потребителя, в случае превышения порога, с заданным пользователем временем. При снижении мощности ниже порога может быть осуществлено автоматическое повторное включение.

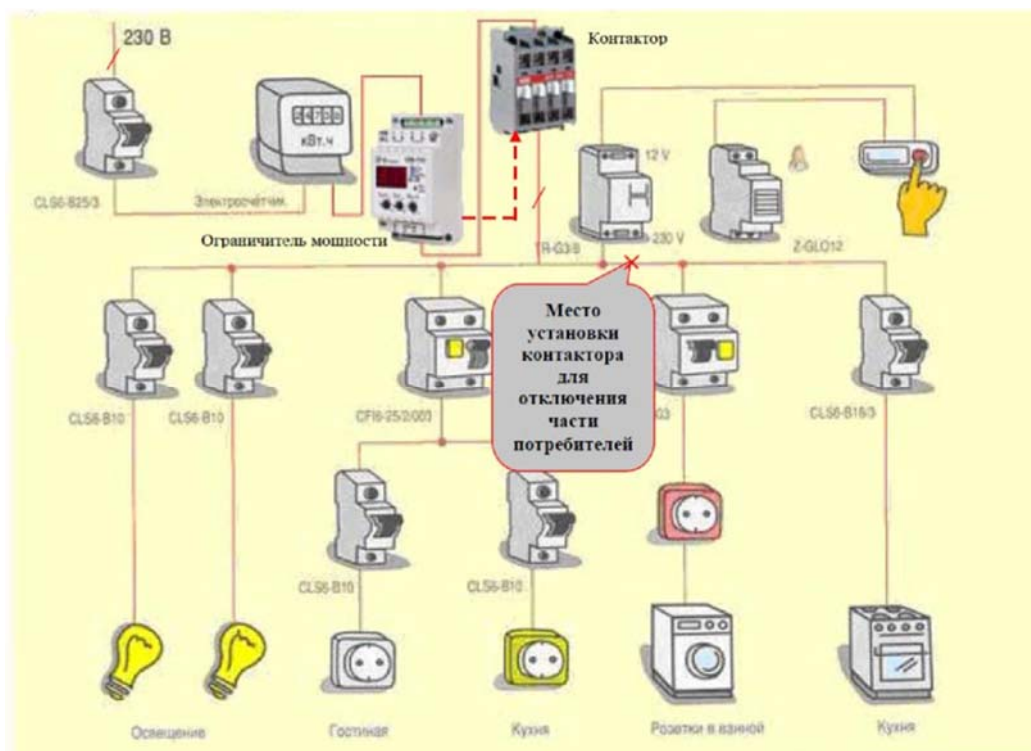


Рисунок 1- Пример схемы 1-фазной электропроводки дома с одной группой потребителей с полным отключением этой группы.

На рис. 1 изображена схема с полным отключением потребителей, не разделенных на категории по приоритетам, в случае превышения ими суммарной потребляемой мощности. Место установки ограничителя мощности может быть выбрано в зависимости от типа решаемых задач: если речь идет о фискальной установке прибора энергоснабжающей организацией, то до счетчика, если речь идет о превентивном срабатывании ограничителя мощности до отключения потребителя отключающим устройством на вводе, - после счетчика. Для более гибкого решения задачи управления отпущенной мощностью со стороны потребителя, контактор может быть установлен не как аппарат, отключающий всю нагрузку, а лишь ее часть. Например, как показано на рисунке, отключение только части потребителей: электроплиты и стиральной машины.

Трехфазный ограничитель мощности предназначен для постоянного контроля потребляемой активной (реактивной, полной) мощности в диапазоне от 0 до 450 кВт (кВАр, кВА) и отключения потребителя, в случае превышения им основного или дополнительного порога активной мощности, с регулируемым временем срабатывания на заданное пользователем время.

Реле, по выбору, осуществляет пофидерный, суммарный или суммарный, с защитой по перегрузке в каждой из фаз, контроль. Кроме того, реле может осуществлять защиту потребителя от аварий напряжения (функция реле напряжения), от токовых аварий (функция реле перегрузки), от токов утечки (функция реле токов утечки). Через встроенный интерфейс RS-232 или RS485, по выбору, прибор может осуществлять обмен информацией с системами верхнего уровня. Бесплатное программное обеспечение – графическая панель, позволяет организовать системы удаленного мониторинга или диспетчеризации с интуитивно понятным человекомашинным интерфейсом.

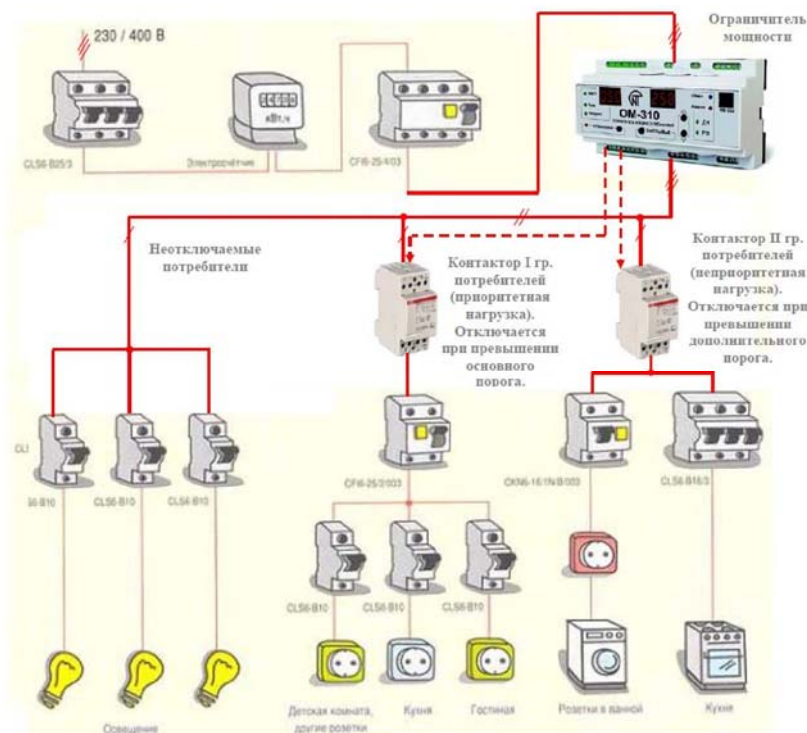


Рисунок 2- Пример схемы 3-фазной электропроводки квартиры с тремя группами потребителей с полным отключением двух групп (отключение нагрузки с двумя уровнями приоритета).

На рис. 2 изображена упрощенная схема 3-фазной распределенной нагрузки с ограничением по отпускаемой мощности. Для простоты, три фазы запитывают три независимые группы потребителей. При этом, неотключаемые потребители (в первую очередь – дежурное освещение, связь-сигнализация, отопление), выделяются в особую группу с общей потребляемой мощностью меньшей, чем уставка срабатывания теплового расцепителя вводного автомата. Оставшиеся мощности, необходимо распределить по отключаемым группам I и II с учетом разнопеременности подключаемых нагрузок и с учетом допустимой перегрузки теплового расцепителя автоматического выключателя на вводе. Для решения этой задачи, выбирается метод контроля потребляемой мощности ОМ-

310 с расчетом порога, как суммы мощностей по всем трем фазам и с учетом допустимой перегрузки по каждой из фаз.

Таблица 1 - Выбор уставок ограничителя мощности ОМ-310 с тремя группами потребителей с номинальной отпущенной мощностью $P_n=10$ кВт *

	Параметр	Значение/расчет	Комментарий
1	Номинальная отпущенная мощность	$P_{nn}=10$ кВт	Суммарная номинальная мощность трех фаз, определяющая пороги отключения ОМ-310
2	Номинальная мощность 1-й фазы	$10/3=3,3$ кВт	Средняя потребляемая мощность 1-й фазы
3	Максимальная мощность 1-й фазы с учетом допустимой перегрузки ограничителя мощности	$3,3*1,2=4$ кВт	При выборе параметра $grn=1$
4	Порог отключения неприоритетной (дополнительной) нагрузки	$P_{nn}*P_{2F}=10$; $P_{2F}=1=100\%$	При достижении суммарной мощности по трем фазам 10 кВт, либо по 1 фазе 4 кВт, будет отключена II группа потребителей- сработает функциональное реле ОМ-310
5	Время до отключения неприоритетной нагрузки	$t_{2n}=100$ сек	Выбирается из расчета $t_{2n}<t_{1n}$
6	Порог повторного включения неприоритетной нагрузки	$P_{2n}=0,5=50\%$; $10*0,5=5$ кВт	Должен быть не больше, чем мощность, определяемая п.9
7	Время отключения неприоритетной нагрузки	$t_{2F}=5$ мин	Выбирается из расчета $t_{2F}>t_{1F}$
8	Режим повторного включения неприоритетной нагрузки	$r_{2r}=2$	Функциональное реле включится после снижения мощности ниже уровня P_{2n} (п. 6) или после истечения времени t_{2F} (п. 7), в зависимости от того, что наступит раньше
9	Максимальная мощность 1-й фазы при отключении неприоритетной нагрузки	$10/2=5$ кВт	При отключении одной фазы, отпускаемая мощность одной фазы автоматически распределяется на оставшиеся две фазы
10	Порог отключения приоритетной нагрузки	$(P_{nn}*P_{1F}^*1,2)/3=5$; $P_{1F}=1,25=125\%$	Определяет предел мощности, при которой произойдет срабатывание реле нагрузки ОМ-310
11	Время до отключения приоритетной нагрузки	$t_{1n}=180$ сек	Может быть выбрано максимальным
12	Время отключения приоритетной нагрузки	$t_{1F}=1=1$ мин	Может быть выбрано минимальным
*Настройка прибора в условные обозначения параметров приведены в соответствии с техническим описанием ОМ-310			

Все три группы потребителей, в соответствии со схемой подключения и параметрами, определяемыми табл. 1, будут запитаны бесконечно долго, если суммарная мощность потребления по всем 3-м фазам не превысит 10 кВт (4 кВт по 1-й фазе). При превышении этого уровня в течение времени 100 сек., будет

отключена неприоритетная нагрузка II гр. потребителей. В течение этого времени допустима также суммарная перегрузка по трем фазам до 12,5 кВт (5 кВт по 1-й фазе). При отключении неприоритетной нагрузки, отпущенная мощность 10 кВт, автоматически распределяется на две фазы – неотключаемых потребителей и ответственных потребителей I гр. Это позволит повысить мощность подключения к этим фазам до 5 кВт на каждую. При превышении этого предела в течение времени 180 сек., будут отключены потребители I гр., что позволит оставаться под напряжением неотключаемым потребителям бесконечно долго, т. к. они по умолчанию подобраны так, чтобы их суммарная мощность не превышала уставки срабатывания теплового расцепителя автоматического выключателя ($1,45P_n < 1$ часа, для стандартных автоматов). Повторное подключение I гр. произойдет через 1 мин. Если мощность потребителей, подключенных к этой фазе, не будет снижена, то они отключатся снова.

Повторное подключение II гр. произойдет после снижения суммарной потребляемой мощности до 5 кВт или через 5 мин, в зависимости от того, какое событие наступит раньше. Как видим, применение ограничителя мощности в данной схеме, позволяет максимально использовать перегрузочную характеристику автоматического выключателя, как по фазной, так и по суммарной потребляемой мощности, а также автоматически производить перераспределение мощности в пределах выделенного лимита.

Кроме того, обеспечивается длительная и бесперебойная работа особо ответственных неотключаемых потребителей. Отключаемые потребители I и II гр. будут обесточены по мере роста приоритета, в случае превышения ими порога отпущенной мощности. Потребителю нет необходимости высчитывать какое количество и какие устройства он может одновременно включать в розетки отходящих линий, OM-310 это сделает за него самостоятельно и автоматически. И, в случае перегрузки фаз I – й или II - й гр. потребителей, сам подскажет, какую из них и насколько следует разгрузить.

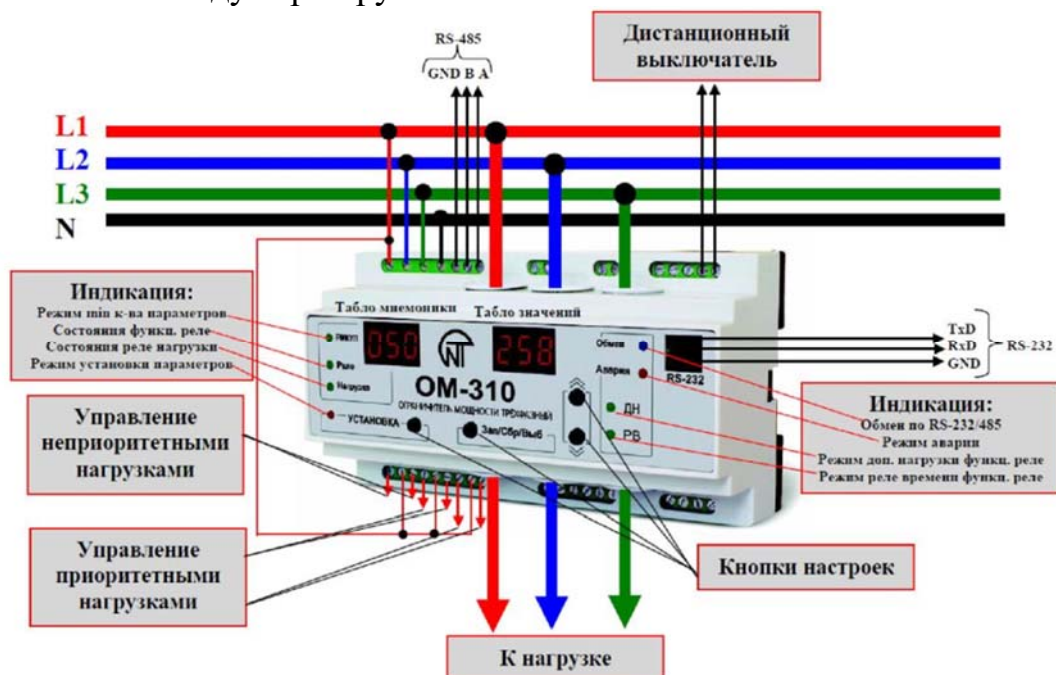


Рисунок 3- Органы управления и настройки OM-310.

На базе ограничителей мощности ОМ-310, возможна организация типовых щитовых устройств, устанавливаемых электроснабжающей организацией непосредственно на вводах потребителей. Эти устройства не только способны препятствовать несанкционированному превышению лимита мощности потребляемой абонентом электроэнергии, но и способствуют повышению пожаро- и электробезопасности и защите электроприборов потребителя от превышения напряжения сети выше нормативных значений. Использование ОМ-310 в качестве «контролёра» сети, позволит снизить перегрузку за счет контролирования превышения установленного лимита мощности, повысить пожаробезопасность за счет ограничения токовой перегрузки проводников, повысить электробезопасность за счет ограничения влияния на электросеть токов утечки, исключить потери электроэнергии от хищения посредством использования земли в качестве «ложного нуля» или другим подобным способом и защитить потребителя от перенапряжения сети.

Приборы защитного отключения на базе ограничителей мощности ОМ-310 (ОМ-110, ТР-100) служат, в первую очередь, для защиты сети от перегрузок и хищений электроэнергии. Метод контроля хищений электроэнергии потребителем, с помощью организации «ложного нуля», аналогичен принципу работы УЗО. Поэтому установка прибора не только повышает электробезопасность и пожаробезопасность, но и решает свою основную задачу, такую же, как у дифференциального автомата — прервать подачу электроэнергии при наличии утечки. Исходя из этого, прибор должен эксплуатироваться как дифференциальный автомат второй или третьей ступени защиты, уставка на дифференциальный ток может быть выше допустимых для УЗО норм, и должна рассчитываться в соответствии с нормами на паразитные утечки (п. 7.1.83 ПУЭ). Более того, - контроль дифференциального тока может быть отключен полностью, по нему может быть разрешено или запрещено АПВ.

Как промышленные, так и бытовые потребители, помимо чисто активной мощности, учитываемой большинством приборов учета электроэнергии и относительно которой настраиваются 1-я и 2-я ступень отсечки по мощности ОМ-310, потребляют и реактивную составляющую тока. Этот ток, не участвуя напрямую в создании полезной работы, тем не менее, совершенно необходим для поддержания электрических и магнитных полей, создаваемых индуктивными элементами электроприемников. Эта энергия, постоянно курсируя между источником и приемником электроэнергии, создает дополнительную нагрузку на провода и элементы электрических цепей.

Поэтому в ОМ-310 сохранена полноценная защита по токам, определяемых как TRUE RMS (истинное действующее значение), которая может действовать одновременно с основной защитой по мощности, предохраняя провода от перегрузки и перегрева. Действие этой защиты, АПВ после ее срабатывания, также могут быть разрешены или запрещены. Кроме того, функциональное реле прибора, может быть настроено на предел отключения по превышению установленного порога потребления реактивной мощности. Это позволяет применять его в качестве сигнализирующего устройства для промышленных потребителей

с отпущенным лимитом потребления именно реактивной мощности. В приборе сохранена полноценная защита потребителя от аварий сетевого напряжения, таких как перенапряжения, обрывы и перекосы (асимметрия) фаз, нарушение их правильной последовательности (чередования фаз). Каждую из этих аварий можно запретить, ввести или вывести АПВ после срабатывания защиты.

Наличие двух встроенных интерфейсов RS-232 или RS-485, по выбору, позволяет не только получить удаленный доступ ко всем запрограммированным и текущим значениям ОМ-310, но и вести сбор данных, сохранять их для дальнейшего использования, производить перенастройку прибора «на ходу», дистанционно управлять нагрузкой. Бесплатное программное обеспечение Мини-SCADA — Панель управления ОМ-310 предназначена для контроля состояния и сбора данных от 274 одновременно подключенных устройств.

Список литературы

1. Лошкарев, И.Ю. Энергосбережение в системе освещения в сельскохозяйственных и складских помещениях [Текст]/ И.Ю. Лошкарев, И.В. Шестаков, О.В. Малецкий, В.И. Лошкарев, Д.С. Куртмамбетов//Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы IX международной научно-практической конференции / Под общ. ред. Трушкина В.А. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2018. – С.106-109.
2. Ербаева, Н.Б. Автономная система электроснабжения с помощью солнечных панелей для электрического освещения территории университета/ Н.Б. Ербаева, Р.Р. Файзуллин, А.В. Садырин, Е.Т. Ербаев, И.Ю. Лошкарев, В.И. Лошкарев // Актуальные проблемы энергетики АПК материалы VII международной научно-практической конференции. Под общей редакцией Трушкина В.А.. 2016. С. 57-62.
3. Ербаева, Н.Б. Управление потоками энергии разной мощности в автономной системе электроснабжения ветро-дизельной установке/ Н.Б. Ербаева, Р.Р. Файзуллин, А.В. Садырин, Е.Т. Ербаев, И.Ю. Лошкарев, В.И. Лошкарев //Актуальные проблемы энергетики АПК материалы VII международной научно-практической конференции. Под общей редакцией Трушкина В.А.. 2016. С. 52-56.
4. Лошкарев, И.Ю. Оценка возможности применения возобновляемых источников энергии в Александрово-Гайском районе Саратовской области/ И.Ю. Лошкарев, А.П. Клепиков, В.И. Лошкарев//Актуальные проблемы энергетики АПК VI Международная научно-практическая конференция. Под общей редакцией Трушкина В.А.. 2015. С. 139-144.
5. Широбокова, Т.А. Методика оценки параметров светодиодного освещения в животноводческих помещениях [Текст] / Т.А. Широбокова, И.Ю. Лошкарев, Н.Н. Белова // Известия Международной академии аграрного образования. 2018. № 43. С. 47-50.
6. Ерошенко, Г.П. Рациональные варианты теплоснабжения животноводческих помещений [Текст]/ Г.П. Ерошенко, И.Ю. Лошкарев// Научное обозрение, 2017, №3, С. 38-46.
7. Лошкарев, И.Ю. Оценка эффективности внедрения светоаэратора в систему вентиляции коровника [Текст]/ И.Ю. Лошкарев, А.Я. Аберясьев, В.И. Лошкарев // //Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы IX международной научно-практической конференции/Под общ. ред. Трушкина В.А. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2018. – С.104-106
8. Лошкарев, И.Ю. Эффективность внедрения световодов для системы освещения в животноводческих помещениях [Текст]/ И.Ю. Лошкарев, О.В. Малецкий, В.И. Лошкарев, Н.Н. Белова // Известия Международной академии аграрного образования. 2018. № 39. С. 19-24.
9. Ерошенко, Г.П. Специальные требования к электронагревательным установкам для систем микроклимата/ Г.П. Ерошенко, И.Ю. Лошкарев, О.В. Логачева, Д.В. Ульянов, Н.В. Шевчук//Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VIII международной научно-практической конференции/Под общ. ред. Трушкина В.А.- Саратов: ООО «ЦеСАин», 2017. С. 86-89.

Елисеев С.С.

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

ОБОСНОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ АККУМУЛЯТОРНОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ С СОЛНЕЧНЫМИ БАТАРЕЯМИ

Аннотация. В работе приводятся факторы, влияющие на энергоснабжение дождевальной машины с применением аккумуляторного источника питания с солнечными батареями. Исследованы элементы схемы энергоснабжения электрифицированной дождевальной машины кругового действия. Рассмотрена схема энергоснабжения электрифицированной дождевальной машины кругового действия с использованием аккумуляторного питания с солнечными батареями. Проведен анализ пространственно – временных характеристик, влияющих на параметры энергоснабжения дождевальной машины кругового действия с применением аккумуляторного источника питания с солнечными батареями.

Ключевые слова: энергоснабжение; дождевальная машина; солнечная батарея; аккумуляторный источник питания, возобновляемая энергетика.

Возможность применения аккумуляторного источника питания с солнечными батареями в качестве источника энергоснабжения дождевальной машины зависит от многих факторов, характеризующих потребление электроэнергии дождевальной машиной [1]. Рассмотрим энергоснабжение электрифицированной дождевальной машины кругового действия (рисунок 1).

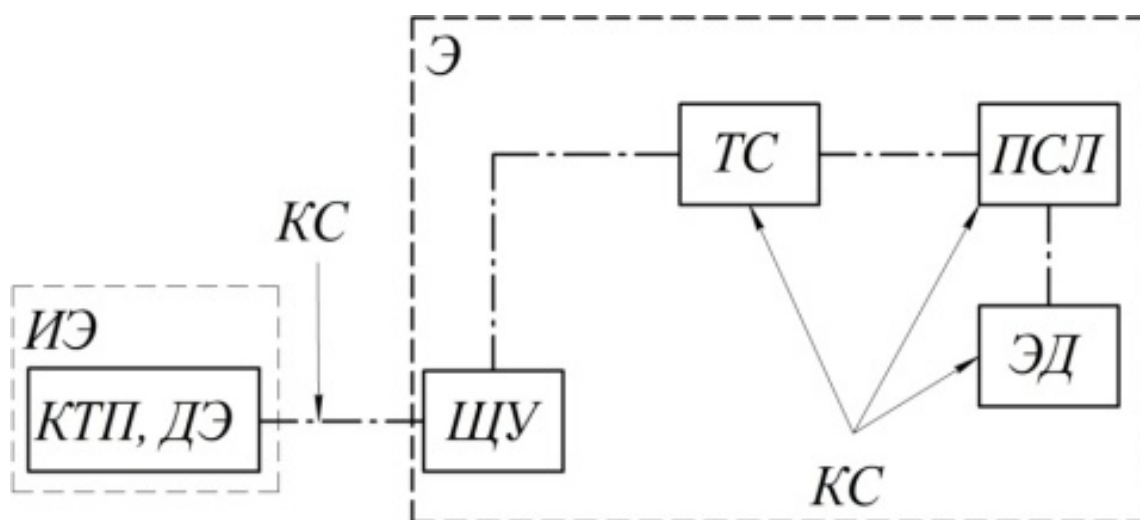


Рисунок 1 – Энергоснабжение электрифицированной дождевальной машины кругового действия: ИЭ – Источник обеспечения электроснабжения ДМ, КТП – комплектная трансформаторная подстанция, ДЭ – дизельная электростанция, КС – кабельное соединение, Э – энергопотребление ДМ, ЩУ – щит управления, ТС – токосъемник, ПСЛ – прибор синхронизации движения в линию, ЭД – электродвигатель

Электрическая система дождевальная машины кругового действия состоит из источника электроснабжения, которым является комплектная трансформаторная подстанция или дизельная электростанция.

Источник электроснабжения осуществляет питание электродвигателя, щита управления, прибора синхронизации в линию. Передача электроэнергии к каждому блоку происходит при помощи кабельных соединений.

Составим схему электроснабжения дождевальной машины с применением аккумуляторного источника питания с солнечными батареями (рисунок 2).

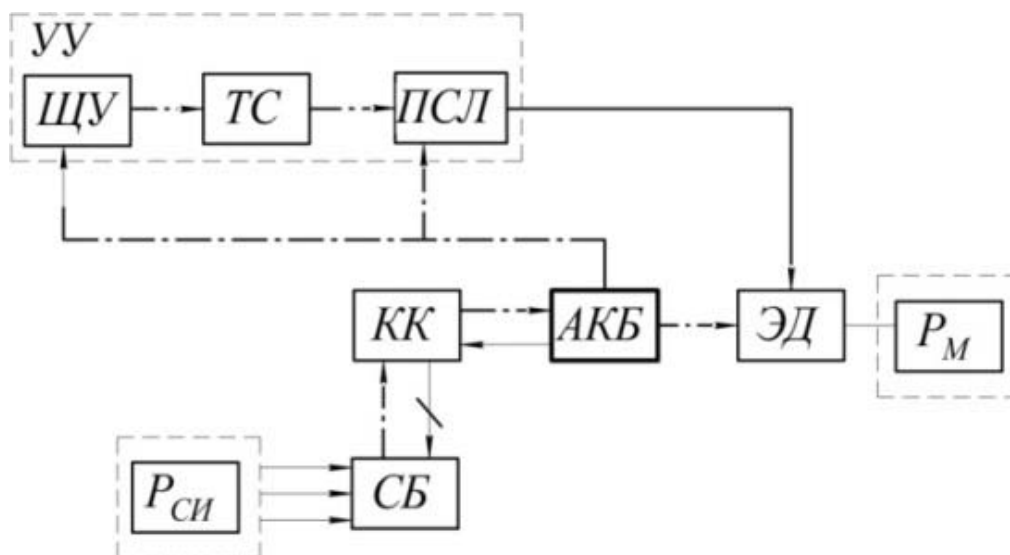


Рисунок 2 – Энергоснабжение электрифицированной дождевальной машины кругового действия с использованием аккумуляторного питания с использованием солнечных батарей: УУ – устройство управления, УА – устройство автоматизации.

Эффективностью данной системы будет являться обеспечение значения выходного параметра при минимальных затратах на преобразование электрической мощности. Выходным параметром блоков энергоснабжения ДМ от аккумуляторного источника питания с солнечными батареями будет являться преобразованная электрическая мощность, передаваемая электродвигателю.

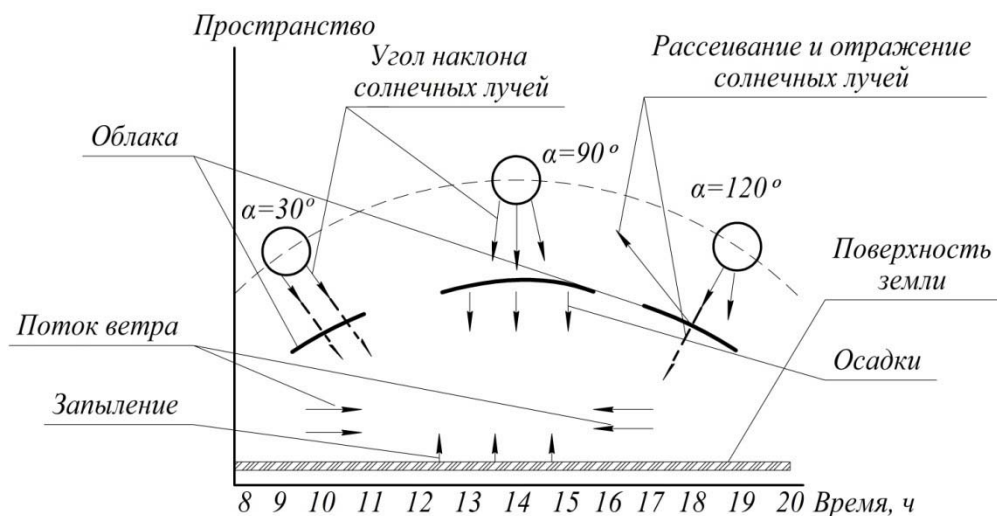


Рисунок 3 – Пространственно-временные характеристики, влияющие на параметры энергоснабжения ДМ с АИП с СБ

На эффективность энергоснабжения аккумуляторного источника питания с использованием солнечных батарей влияют параметры зоны эксплуатации и технических характеристик элементов электрической системы. Параметры зоны эксплуатации описываются характеристиками зоны эксплуатации в промежутки работы ДМ (рисунок 3) [2].

Временными характеристиками являются время года эксплуатации, продолжительность эксплуатации, измеряемая в количестве дней и количестве часов эксплуатации в сутки. Пространственными характеристиками являются факторы, влияющие на объект исследования за время эксплуатации.

На параметр мощности солнечного излучения за период эксплуатации влияют следующие факторы. Мощность солнечного излучения изменяется в зависимости от времени суток $t_c, ч$. Также от времени суток зависит угол падения солнечных лучей α , градусов [3]. В ясный день прохождению солнечных лучей до поверхности земли не оказываются препятствующих воздействий, соответственно, мощность солнечного излучения на границе атмосферы земли, примерно равна мощности солнечного излучения на поверхности земли [4]. Однако в облачный день солнечное излучение подвергается рассеиванию r , % и поглощению облачным покровом, поэтому количество солнечного излучения, достигающего до поверхности земли, сокращается, уменьшая мощность солнечного излучения на поверхности земли. Запыление солнечного модуля z_{CM} , % снижает количество преобразованной солнечным модулем электрической энергии [5].

Таблица 1 – Основные показатели, влияющие на параметры электрической системы

Наименование показателя	Обозначение	Единица измерения
Значение времени суток	t_c	Ч
Угол падения солнечных лучей	α	°, градусов
Рассеивание солнечных лучей	r	%
Запыление, загрязнение	z_{CM}	%
КПД солнечного модуля	η	%
Температура солнечного модуля	t_{cm}	°С, градусов
Емкость АКБ	C	Ач
Температура АКБ	t_{AKB}	°С, градусов
Длина проводников	l	м
Внутреннее сопротивление элементов	r	Ом
Скорость потока ветра	u	м/с

Мощность солнечного излучения является эксплуатационной характеристикой, влияющей на электрическую мощность преобразованной солнечной энергии. Также на мощность преобразованной электрической энергии влияют технические параметры солнечной батареи [6]. Примем за условие площадь солнечной батареи $1 м^2$. Количество электрической мощности, полученной с $1 м^2$ солнечной батареи зависит от коэффициента полезного действия солнечной батареи η , %. Коэффициент полезного действия, в свою очередь, зависит от структуры элементов солнечной батареи. Например, монокристаллические солнечные

элементы с гетероструктурным переходом производят большее количество мощности, чем поликристаллические элементы на 8 – 10 %.

На этапе передачи электрической мощности электродвигателю от АКБ, основное значение имеют технические характеристики АКБ, такие как ёмкость C , $Aч$, характеристики заряда и разряда, температура АКБ, длина проводников, внутреннее сопротивление проводников. Максимальное количество мощности в единицу времени, которая поступает на АКБ ограничено максимальным зарядным током и напряжением. Максимальное количество отдаваемой мощности электродвигателю в единицу времени зависит от характеристики разряда постоянной мощностью или током.

Установка солнечных батарей в конструкцию дождевальную машины не должна нарушать особенностей эксплуатации составных частей машины и процесс дождевания. К тому же, необходимо установить солнечные батареи так, чтобы на всю площадь поверхности попадали солнечные лучи, чтобы обеспечить надёжное крепление и отсутствие вибрации от потоков ветра и учесть возможность безопасного доступа для обслуживания [7]. Доступу к прямому воздействию солнечной инсоляции по всей площади солнечных батарей удовлетворяет установка на водопроводящем трубопроводе дождевальной машины. Однако возникает опасность разрушительного воздействия ветра. Чтобы решить эту проблему, необходимо распределить необходимую площадь солнечных батарей по всей длине трубопровода, расположенного на каждой секции. При такой установке сократится вероятность разрушительного воздействия ветра, а установка солнечной батареи с зазором между батареей и трубопроводом способствует охлаждению батареи от воздействия температуры, что позволит увеличить коэффициент полезного действия. При установке аккумуляторных батарей необходимо учесть факторы отсутствия вмешательства в особенности эксплуатации элементов дождевальной машины и безопасность эксплуатации батарей. Таким местом может быть рама подвижной опоры дождевальной машины.

Таким образом, были обоснованы факторы, влияющие на энергоснабжение дождевальной машины с применением аккумуляторного источника питания с солнечными батареями

Список литературы

1. Ерошенко Г.П., Бакиров С.М., Елисеев С.С. Оценка применения солнечных батарей в качестве источника питания мобильных сельскохозяйственных электрифицированных машин // Вестник Курганской ГСХА. №1 (29)/2019 – 70-73 стр.
2. Стребков Д.С., Митина И.В., Чарьев Я., Сарыев К. Исследование когенерационного солнечного модуля с призмным концентратором / Достижения науки и техники АПК. 2014. № 7. С. 53-56
3. Завойкин В.А., Феофанов С.А. Экспериментальные исследования модульной солнечной электростанции в различных погодных условиях при изменении угла падения солнечных лучей *Universum: технические науки*. 2019. № 6 (63). С. 108-112.
4. Амерханов Р.А., Григораши О.В., Аракелян Н.С., Антонов В.И. Технико-экономическое обоснование параметров комбинированной солнечной энергетической установки в климатических условиях г. Краснодара *Энергосбережение и водоподготовка*. 2019. № 5 (121). С. 67-76.
5. Bergin M.H., Ghoroi C., Dixit D., Schauer J.J., Shindell D.T. Large reductions in solar energy

production due to dust and particulate air pollution Environmental Science and Technology Letters. 2017. Т. 4. № 8. С. 339-344.

6. Lim Y.S., Lo C.K., Kee S.Y., Ewe H.T., Faiz A.R. Design and evaluation of passive concentrator and reflector systems for bifacial solar panel on a highly cloudy region - a case study in malaysia Renewable Energy. 2014. Т. 63. С. 415-425.
7. Харитонов В.А., Анурова Л.В., Басовский А.А., Жуков А.А., Дидык П.И. Способ изготовления бескорпусного диода для солнечных батарей космических аппаратов Патент на изобретение RU 2656126 С1, 31.05.2018. Заявка № 2017119459 от 05.06.2017.

УДК 621.311

Ефанов А.В., Ярош В.А., Федорцов М.А.

ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет»,
г. Ставрополь

ПОТРЕБИТЕЛИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

Аннотация. В статье рассмотрены основные потребители реактивной мощности, потери и генерация реактивной мощности в элементах электрических сетей. Дается обоснование необходимости поддержания баланса реактивной мощности как для системы в целом так и для отдельных узлов электрической сети.

Ключевые слова: реактивная мощность, баланс, потери мощности, генерация

На практике говоря о реактивной мощности мы имеем в виду индуктивную мощность. Реактивная (индуктивная) мощность потребляется индуктивными элементами электрической системы, а также реактивная мощность (емкостная) генерируется в емкостных или других аналогичных элементах. Суммарные потери реактивной мощности в электрической сети большие и составляют около 50 % от реактивной мощности, поступающей в эту сеть [1].

Потери в трансформаторах составляют основную часть потерь реактивной мощности, это примерно 70-75 % от всех реактивной мощности, поступающей в сеть [2, 3]. Например, в трансформаторе ТДТН-40000/220 при 80 % загрузке потери реактивной мощности составляют 12%. В реальных электрических сетях по пути от электростанции до конечного потребителя напряжение трансформируется самое меньшее 3 раза. Соответственно потери реактивной мощности в трансформаторах и автотрансформаторах увеличиваются пропорционально.

Вторы основным потребителем реактивной мощности являются асинхронные двигатели. На промышленных предприятиях на долю асинхронных двигателей приходится 65-70 % реактивной мощности, потребляемой предприятием. На трансформаторы приходится 20-25 % и около 10 % на воздушные линии электропередач и другие приемники – люминесцентные лампы, индукционные печи и т.д. [4].

Общая потребляемая реактивная мощность определяется выражением

$$\sum Q_{\text{потр}} = \sum Q_{\text{н}} + \sum \Delta Q,$$

где $\sum Q_n$ – суммарная реактивная мощность нагрузки; $\sum \Delta Q$ – суммарные потери реактивной мощности.

Суммарная реактивная мощность нагрузки

$$\sum Q_n = \sum P_{n,i} \operatorname{tg} \varphi_i,$$

где $\sum P_{n,i}$ – активная мощность i -й нагрузки; $\operatorname{tg} \varphi_i$ – тангенс угла φ i -й нагрузки.

Суммарные потери реактивной мощности

$$\sum \Delta Q = \sum \Delta Q_l - \sum \Delta Q_c + \sum \Delta Q_m,$$

где $\sum \Delta Q_l$ – суммарные потери реактивной мощности в линии; $\sum \Delta Q_c$ – суммарная генерация реактивной (ёмкостной) мощности в проводимостях продольной части линии; $\sum \Delta Q_m$ – суммарные потери реактивной мощности в трансформаторах [5].

Потери реактивной мощности в линии определяются выражением

$$\Delta Q_l = \frac{S_l^2}{U_{ном}^2} x_l.$$

Генерация реактивной (ёмкостной) мощности в проводимостях линии

$$\Delta Q_c = U_{ном}^2 b_l.$$

Генерация в линии длиной $l=100$ км приведена ниже:

$U_{ном}$, кВ	110	150	220
Q_c , Мвар	3	6,5	12,6

Приблизительно потери реактивной мощности и генерация ёмкостной мощности в линиях принимаются примерно равными:

$$\sum \Delta Q_l \approx 0,1 S_l, \quad \sum \Delta Q_c \approx 0,1 S_l.$$

Потери реактивной мощности в индуктивности и генерация в ёмкости имеют разные знаки, поэтому их сумма равна нулю

$$+j\Delta Q_l - jQ_c = 0.$$

Соответственно и суммарные потери по сети связаны равенством:

$$\sum Q_c \approx \sum \Delta Q_l.$$

Для воздушных линий при соблюдении этого равенства говорят о передаче по линии натуральной мощности.

Потери реактивной мощности в n параллельно работающих трансформаторах

$$\Delta Q_m \approx n S_{ном} \frac{U_k \%}{100}.$$

При стандартных значениях $U_k \%$, потери в трансформаторах равны:

$$\Delta Q_m \approx 0,1 n S_{ном} \approx 0,1 S_n,$$

где $S_n = n S_{ном}$ – полная мощность нагрузки на подстанции.

В сетях с несколькими ступенями трансформации m суммарные потери в трансформаторах примерно будут равны:

$$\Delta Q_{m,\Sigma} \approx 0,1mS_n$$

В любой электрической сети должен соблюдаться баланс полной мощности для поддержания нормального режима работы. При этом необходимо обеспечить баланс реактивной мощности как для системы в целом, так и для отдельных узлов питающей сети. Баланс реактивной мощности следует поддерживать для следующих режимов работы сети:

- а) наибольшая реактивная нагрузка при наибольшем потреблении реактивной мощности и наибольшей необходимой мощности компенсирующих устройств;
- б) наибольшая активная нагрузка, что связана с наибольшей загрузкой генераторов активной мощностью и с наименьшей их реактивной мощностью;
- в) наименьшая активная нагрузка, что связано с отключением части генераторов и невозможностью генерации ими заметного количества реактивной мощности;
- г) режимы послеаварийные и ремонтные, связанные с наибольшими ограничениями на передачу реактивной мощности по сети.

Список литературы

1. Эксплуатация линий распределительных сетей систем электроснабжения / Е.Е. Привалов, А.В. Ефанов, С.С. Ястребов, В.А. Ярош. Москва-Берлин: Директ-Медиа, 2018.
2. Электрические станции и Подстанции / Ярош В.А., Ефанов А.В., Привалов Е.Е., Ястребов С.С. Москва-Берлин: Директ-Медиа, 2019. Том. Часть 1. 79 с.
3. Электрические станции и Подстанции / Ярош В.А., Ефанов А.В., Привалов Е.Е., Ястребов С.С. Москва-Берлин: Директ-Медиа, 2019. Том. Часть 2. 92 с.
4. Сравнение стационарных и численных решений систем массового обслуживания при решении задач ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций в сельских электрических сетях / Ефанов А.В., Оськин С.В., Ястребов С.С., Ярош В.А., Букреев А.Г. // Сельский механизатор. 2019. № 4. С. 22-24.
5. Идельчик В.И. Электрические системы и сети. М.: Энергоатомиздат, 1989. 592 с.

УДК 621.316.925.1

Ефанов А.В., Ярош В.А., Ястребов С.С., Перьков Е.В., Цагикян А.А.
ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет»
г. Ставрополь

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОДНОФАЗНОГО ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ В СЕТЯХ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ ПО ПАРАМЕТРАМ АВРАИЙНОГО РЕЖИМА

Аннотация. В работе предлагается метод определения места возникновения однофазного замыкания на землю на линии, работающей в режиме с изолированной нейтралью, на основе частотного анализа осциллограмм переходных процессов фазных напряжений при перемежающихся дуговых замыканиях на землю.

Ключевые слова: однофазное замыкание на землю, распределительная сеть, изолированная нейтраль.

Как известно, распределительные электрические сети напряжением 6-35 кВ работают в режиме изолированной (компенсированной) нейтрали, и такое часто возникающее повреждение (60-70% повреждений) в них, как однофазное замыкание на землю (ОЗЗ), сопровождающееся током относительно небольшой величины (до нескольких десятков ампер) [1,2] не имеет достаточно точных, надежных и проработанных методов определения места повреждения (ОМП) по параметрам аварийного режима. Современные средства релейной защиты и автоматики (РЗА) применяют методы обнаружения режима ОЗЗ по таким параметрам аварийного режима как токи и/или напряжение нулевой последовательности, токи высших гармонических составляющих нулевой последовательности, в некоторых случаях используется методы дистанционной защиты (реле сопротивления), но оно эффективно при двойных замыканиях на землю. При этом следует отметить, что такой подход (использование измерения тока нулевой последовательности по основной гармонике) позволяет сделать только селективную сигнализацию присоединений при ОЗЗ, во многих случаях настроить РЗА на селективное отключение повреждённого присоединения не представляется возможным. В этой ситуации развивается активное направление по использованию резистивно заземленной нейтрали [3,4]. Однако применение данной технологии в существующих распределительных сетях приведет к снижению надежности электроснабжения потребителей (увеличению времени перерывов в электроснабжении, так как присоединение будет отключаться РЗА при возникновении в нем ОЗЗ). По этой причине актуальным является разработка таких методов, которые позволяли бы не только организовывать селективную сигнализацию и отключение присоединения с ОЗЗ, но и определять место возникновения ОЗЗ (хотя бы приблизительно), пример работы таких методов показаны в [5,6]. В данной работе предлагается метод, основанный на гармоническом анализе переходного процесса фазных напряжений при перемежающемся дуговым ОЗЗ.

В работе применялся метод математического моделирования участка распределительной сети, работающего в режиме с изолированной нейтралью. Для моделирования использовалась программа MICROCAP. Схема, применяемая при моделировании, показана на рисунке 1. Фазные ЭДС системы приняты равными $10000/\sqrt{3}$ В, $L_{зв}=1,27$ мГн, $C_{зв}=4$ нФ, $R_{зв} = 0,61$ Ом, что соответствует погонным параметрам воздушной линии (ВЛ), выполненной проводом АС – 50, при этом среднегеометрическое расстояние между проводами принято равным 1,3 м. Одно звено моделирует 1 км ВЛ, общая длина линии составляет 20 км. Емкости фаз системы относительно земли приняты равными 4 мкФ, что примерно соответствует максимальному току ОЗЗ, при котором не требуется компенсация емкостного тока ОЗЗ (20 А), согласно [2]. Сопротивление фазы питающей системы принято 1 Ом. Нагрузка линии оказывает влияние на переходные процессы при ОЗЗ, и была принята равной $Z_{нф}=200$ Ом, и для упрощения моделирования расположена на конце линии. При этом рассматривается возникновение ОЗЗ на

определённых участках линии, которое моделировалось управляемым ключом, переходное сопротивление при ОЗЗ принято равным 10 Ом.

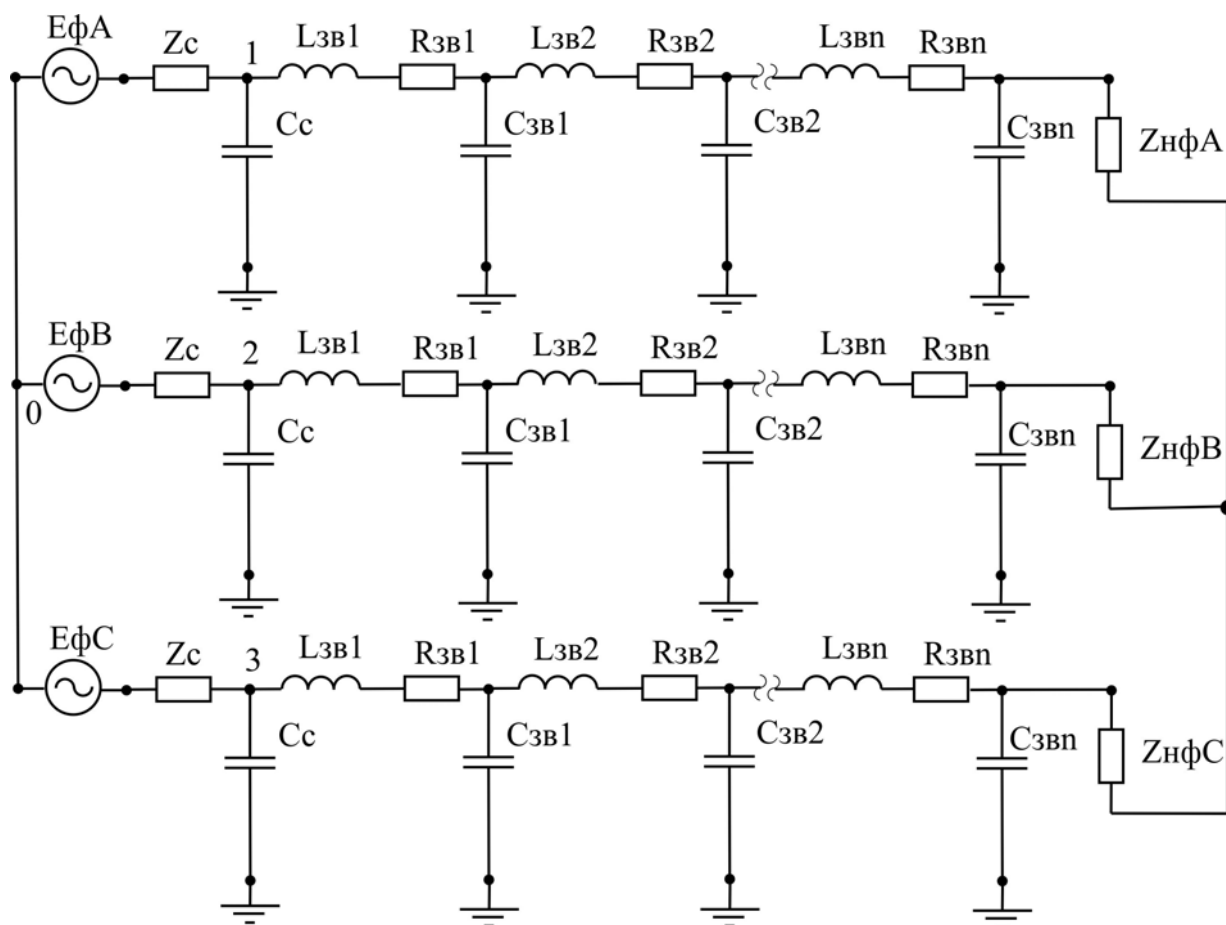


Рисунок 1 – Схема для моделирования ОЗЗ в распределительной сети

При исследованиях моделирование проводилось посредством выполнения анализа переходных процессов в программе MICROCAP. Шаг интегрирования принят равным постоянной величине – 1 мкс и общее время моделирования – 1 с, полученный массив мгновенных значений (10^6) напряжения повреждённой фазы обрабатывался в среде MATHCAD с использованием алгоритма комплексного быстрого преобразования Фурье (CFFT), и затем анализировался полученный результат преобразования. ОЗЗ моделировалось на различном расстоянии от начала линии, при этом использовалась теория Петерса и Слепяна – дуга возникает при максимуме напряжения на повреждённой фазе и гаснет при переходе через нуль тока промышленной частоты [7]. Напряжения регистрировались в точках 1, 2, 3 (рисунок 1).

На рисунке 2 показана часть результата разложения напряжения фазы А на гармонические составляющие (с помощью функции CFFT). Как видно, при анализе в частной области четко видна зависимость амплитуды 15 и 17 гармоники от места возникновения ОЗЗ на линии.

Как видно из проведенных опытов по численному моделированию, возможно использование осциллограмм аварийных процессов (фазных напряже-

ний) для получения информации об удаленности места возникновения повреждения типа ОЗЗ, при выполнении соответствующего частотного анализа. При этом нет необходимости в создании специфических систем заземления нейтрали, а в случае использования дугогасящего реактора возможно его временное отключение (на 2-3 периода промышленной частоты) или его временная отстройка от полной компенсации тока ОЗЗ.

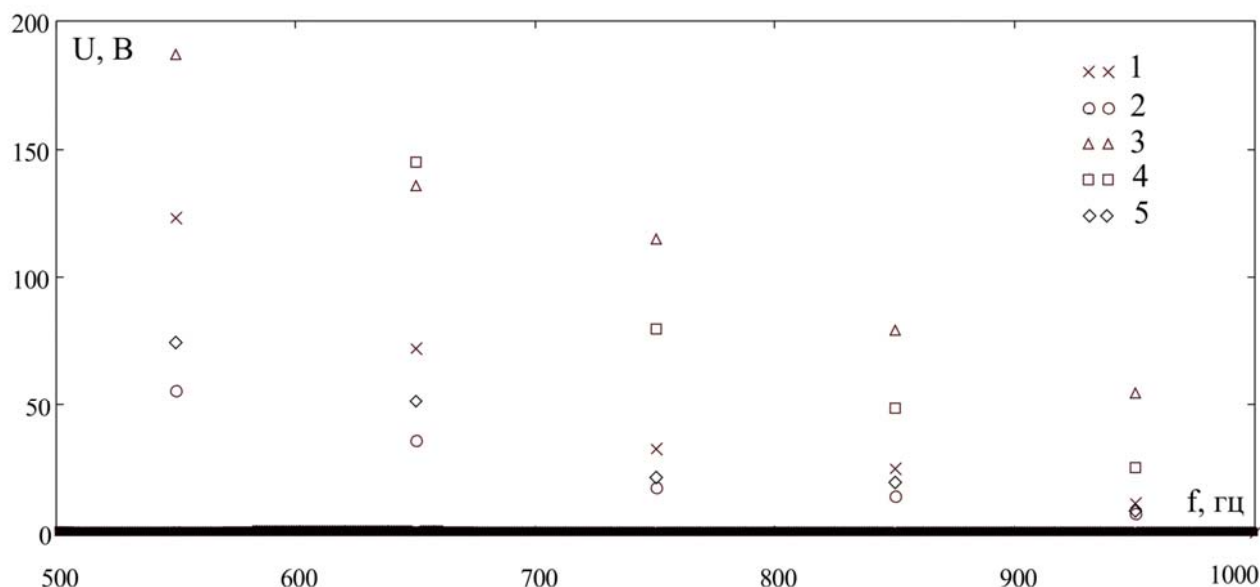


Рисунок 2 – Результат анализа напряжения фазы А в частотной области, при ОЗЗ на расстояниях от начала линии: 1 – 10 км, 2 – 20 км, 3 – 2 км, 4 – 5 км, 5 -15 км.

Единственным условием применения данного метода является достаточный уровень токов ОЗЗ для возникновения перемежающихся дуговых ОЗЗ, что достигается при большой протяженности ВЛ, подключенных к секции шин, а в случае кабельных линий соблюдается практически всегда. Если при этом применить селективную сигнализацию присоединений по токам высших гармоник, то одновременно решается проблема определения поврежденного присоединения и приблизительного места возникновения ОЗЗ на присоединении.

Список литературы

1. РД 153-34.3-35.125-99 Руководство по защите электрических сетей 6 - 1150 кВ от грозовых и внутренних перенапряжений
2. РД 34.20.179 Типовая инструкция по компенсации емкостного тока замыкания на землю в электрических сетях 6-35 кВ
3. СТО 34.01-21.1-001-2017 Распределительные электрические сети напряжением 0,4-110 кВ Требования к технологическому проектированию Стандарт организации Дата введения: 02.08.2017 ПАО «Россети»
4. СТО 56947007- 29.060.20.020-2009 СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ ОАО «ФСК ЕЭС» Методические указания по применению силовых кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжение 10 кВ и выше. Стандарт организации Дата введения: 2009-01-22 ОАО «ФСК ЕЭС» 2009
5. Качесов В.Е. Метод определения зоны однофазного замыкания в распределительных сетях под рабочим напряжением // Электричество.-2005.-№6. – С. 9-18.

6. Сарин Л.И. Определение места замыкания на землю на воздушных линиях 6-35 кв Л.И. Сарин, А.И. Шалин, М.В. Ильиных, А.Б. Пичхадзе, А.А. Михель (ОАО «Газпром», г. Москва) сб.трудов. IV Научно-технической конференции ограничение перенапряжений и режимы заземления нейтрали сетей 6-35 кВ. с 19 – 28 с.
7. Техника высоких напряжений: учебник для вузов / под ред. Д. В. Разевига. – 2-е изд., пер. и доп. – М.: Энергия, 1976. – 488 с.

УДК 62-523

Зорина Е.В.

ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет»,
г. Ульяновск

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОСРЕДСТВОМ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГРАММИРУЕМЫХ СИСТЕМ

Аннотация. В статье отображены способы применения современных систем числового-программного управления на производствах различных отраслей промышленности. Также выявлены особенности и преимущества данных систем.

Ключевые слова: вентильный двигатель, вентильный электропривод, электромеханические характеристики.

В настоящее время современные производства стремятся отвечать не только требуемым высоким качеством выпускаемой продукции, но и скоростью ее реализации. Для поддержания конкурентоспособности, производства стремятся уменьшить себестоимость выпускаемой продукции за счет уменьшения времени на обработку. Усовершенствованное оборудование дает возможность сократить расходы на этапах обработки. В связи с тем возникает необходимость модернизации оборудования и изменения структуры работы производства.

Программная инженерия активно развивается и охватывает весь спектр областей жизнедеятельности, поэтапно добиваясь новых высот в разных отраслях промышленности. Программируемые системы ускоряют и облегчают производственный процесс, увеличивая точность и технологичность изготавливаемого объекта.

Системы числового программного управления (ЧПУ), которыми оснащены станки, позволяют добиться значительного увеличения производительности и повысить качество обработки.

Особенность таких станков заключается в заранее программируемой траектории движения инструмента, которая описана в числовой форме относительно заготовки, благодаря чему и обеспечивается точность обработки [1].

УЧПУ может реализовать множество функций (рис.1.)

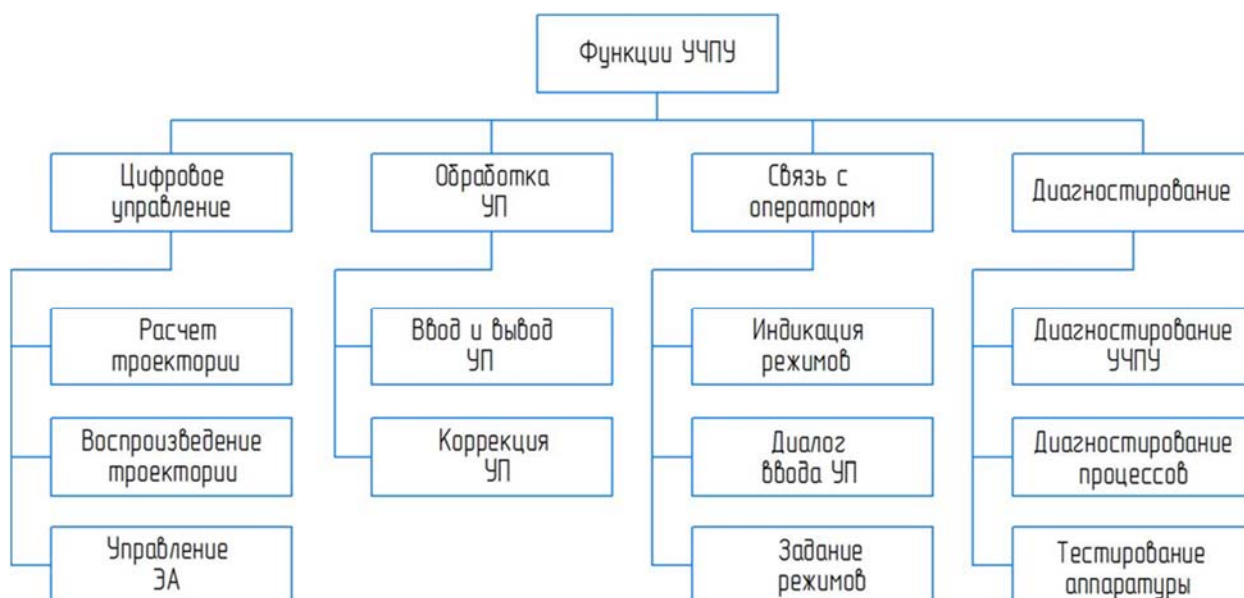


Рис.1. Функции устройства числового программного обеспечения

Использование систем ЧПУ позволяют сократить численность работников на производстве. Также из-за гибкости системы, возможностью управлять несколькими станками, работать с разными материалами по пяти координатной системе, при изготовлении деталей со сложными пространственными профилями, они более целесообразны, так как все это сокращает время на обработку изделий.

Таким образом, обогащая оборудование программируемыми системами, повышается рентабельность производства и способствуя их развитию.

Список литературы

1. Электроприводы с системами числового программного управления: учебное пособие / сост. В. М. Иванов. – Ульяновск: УлГТУ, 2006. – 152 с.

УДК 621.313.13

Зубков Ю.В., Владимиров Д.А.

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»,
г. Самара

КОНСТРУКЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН С КОМБИНИРОВАННЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ

Аннотация. Рассмотрены особенности конструктивного исполнения синхронных электрических машин с комбинированным возбуждением. Определены их преимущества по сравнению с машинами магнитоэлектрического и электромагнитного возбуждения. Описаны способы реализации последовательного и параллельного комбинированного возбуждения.

Ключевые слова: синхронные машины, комбинированное возбуждение.

Ввиду перехода к «зеленой» энергетике во всем мире происходит постепенный отказ от углеводородов, как первичного источника электрической энергии. С другой стороны, постоянно меняющаяся климатическая ситуация не позволяет сделать такой отказ безоговорочным. Поэтому синхронные электромеханические преобразователи с магнитоэлектрическим возбуждением широко используются в настоящее время и имеют прекрасные перспективы в будущем. Их отличает высокие энергоэффективность и удельная мощность. Однако регулирование выходного напряжения в режиме генератора и частоты вращения при работе двигателем в мощных ЭМП требует наличия дорогостоящего силового преобразователя. ЭМП с комбинированным возбуждением [1] являются надежной и экономичной альтернативой. Наличие постоянных магнитов и обмотки возбуждения позволяет реализовать в одном ЭМП достоинства машин с возбуждением от ПМ и СМ с электромагнитным возбуждением, а именно, хорошую энергетику и плавный контроль напряжения и скорости.

ЭМП с комбинированным возбуждением делятся на две группы по способу действия источников основного магнитного потока: с последовательным и параллельным возбуждением [2]. На рис.1 показаны конструкции активной зоны ЭМП с комбинированным возбуждением. В ЭМП, представленном на рис. 1а оба источника магнитного поля размещены в роторе, что предполагает наличие скользящего контакта или применение каскадной схемы с вращающимся выпрямителем. Оба варианта имеют трудности реализации. Первый - проблемы при работе в агрессивной среде и низких давлениях, второй - увеличения аксиального размера ЭМП и снижение надежности за счет размещения на вращающейся части полупроводникового преобразователя.

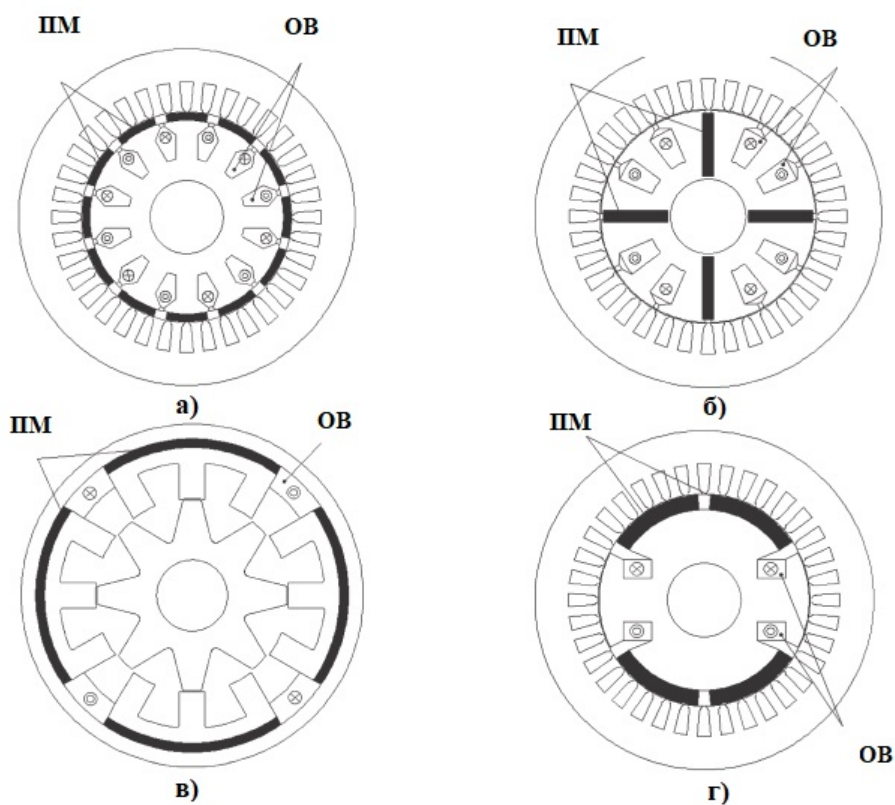


Рис.1. Конструкции ЭМП с комбинированным возбуждением:
а), в) – последовательным; б), г) - параллельным

В конструкции на рис.1 в оба источника расположены на статоре и скользящий контакт отсутствует. Ротор не содержит обмоток, ПМ и аналогичен ротору индукторной электрической машины.

В ЭМП с параллельным возбуждением магнитные потоки, создаваемые ПМ и ОВ замыкаются по разным путям, что предполагает более широкое конструктивное разнообразие реализации комбинированного возбуждения. В конструкциях б), г) оба источника размещены на вращающейся части. Все ЭМП рассмотренные здесь имеют радиальный магнитный поток, но машины с параллельным возбуждением могут быть реализованы на конструкции с осевым или радиально-осевым потоком.

Последовательное и параллельное возбуждение имеет достоинства и недостатки. Магнитная проницаемость редкоземельных ПМ, используемых в высокоэнергетических ЭМП, близка к проницаемости воздуха, поэтому в машинах с последовательным возбуждением требуется большая МДС обмотки возбуждения для проведения потока по участкам магнитной цепи. ЭМП параллельного возбуждения управляются меньшей по величине МДС ОВ и позволяют стабилизировать выходное напряжение и регулировать частоту вращения в широком диапазоне с использованием существенно меньшей мощности управления.

Увеличение составляющей потока, создаваемой ПМ, влечет уменьшение массы, габаритов, но увеличивает стоимость активной части. Рост составляющей потока, создаваемой обмоткой возбуждения, уменьшает стоимость ЭМП, но приводит к увеличению электрических потерь.

Таким образом, ЭМП комбинированного возбуждения имеют определенные преимущества как перед классическими СМ с электромагнитным возбуждением, так и перед магнитоэлектрическими машинами. Выбор конкретной конструкции и способа возбуждения зависит от области применения и режима работы электромеханического преобразователя.

Список литературы

1. Z. Zhu, Sh. Cai, Overview of Hybrid Excited Machines for Electric Vehicles / 2019 14 International Conference on Ecological Vehicles and Renewable Energies (EVER), 978-1-7281-3703-2.
2. Зубков Ю.В, Владимиров Д.А, Андрейкин Н.А. Обзор схем и конструкций генератора электростанции собственных нужд газоперекачивающего узла/ Материалы межд.науч.-техн.конф. «Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии» (21 Бернадосовские чтения), Электротехника, Иваново 2021.

Иванова З.И., Антошина Е.С.

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

ЗНАЧЕНИЕ ИНОСТРАННОГО ЯЗЫКА В ПОДГОТОВКЕ БУДУЩЕГО СПЕЦИАЛИСТА

Ключевые слова: подготовка специалиста, развитие личности, интеллектуальные обучающие системы.

Аннотация. Важная задача высшей школы – повысить профессиональную компетентность выпускников вузов. Сегодня это невозможно без овладения иностранным языком, так как современное общество все больше становится обществом информационным, коммуникационные технологии проникают практически во все сферы деятельности человека.

В российском обществе в последнее десятилетие сформировалась новая концепция национального богатства, в состав которого включаются не только природные материальные ресурсы, но и интеллектуальные продукты, представленные совокупным творческим потенциалом профессионалов, готовых и способных к высокоэффективной деятельности в современном мире. Появление концепции выявило ряд принципиальных положений, определяющих требования к будущему специалисту, уровень подготовки которого определяется качеством его учебных достижений [1-3].

Ускорение научно-технического процесса и радикальные изменения в социальной, экологической, экономической и культурной сферах привели к тому, что произошла кардинальная смена требований к личности человека, способного к опережающей созидательной деятельности на основе творческой и профессиональной активности, умеющего жить и работать в новых социокультурных условиях.

Гуманитарная цель таких преобразований детерминируется тем, что общество стало рассматривать способности, таланты и умения людей как национальное богатство и делать все для преумножения и эффективного использования. В связи с этим сегодня, как никогда ранее, актуальным становится вопрос о характере и уровне подготовки специалистов, готовых и способных преобразовать различные сферы социальной действительности. Это означает, что новая модель общественного развития требует иной мировоззренческой базы, основой которой должны стать общечеловеческие ценности, национально-культурные традиции, гуманизм, творчество.

В соответствии с данными требованиями формируются взгляды педагогов ведущих стран мирового сообщества на подготовку современных специалистов, поскольку развитому современному обществу необходимы самостоятельно мыслящие, конкурентные личности, готовые к самореализации на основе объективной оценки себя как профессионала на рынке труда.

Реалии сегодняшнего дня вынуждают современного специалиста все чаще становиться участником межкультурного диалога, позволяющего ему

анализировать и оценивать свои достижения как в интракультурном, так и в интеркультурном аспектах. Кроме того, Россия стремится стать обществом, информированным во всех сферах жизнедеятельности. В этой связи изучение иностранного языка рассматривается как значимый фактор, позволяющий современному специалисту лучше ориентироваться в профессиональной деятельности и окружающем мире [4,5].

Отличительной чертой системы образования XXI века является возросшая академическая мобильность. Ежегодно на научные конференции, семинары, учебу в различные страны мира выезжает несколько миллионов человек. Это развивает культурные и экономические связи между государствами, способствует общему научно-техническому прогрессу. Все это указывает на принципиально важные тенденции в системе образования, которые отражают реальную востребованность иностранных языков в современном мире.

Все более очевидным становится стремление современной молодежи изучать иностранные языки, которые выступают средством развития личности и расширения возможностей адаптироваться к изменениям экономической, социальной и культурной ситуации освоение им профессии – уровень знания языка может также характеризовать уровень его учебных и в дальнейшем профессиональных достижений. Язык является выражением культуры народа – носителя этого языка. Синтез родного и иностранного языков расширяет общую культуру личности, владеющей этими языками. Бесспорно, уровень владения языком отождествляется с духовным развитием индивида, с развитием его мышления.

В практику высшей школы для реализации этих целей внедряются технологии структурирования информации для моделирования функций управления учебным процессом. Базы данных представляют собой специальным образом сконструированную совокупность фактов. Информация, хранящаяся в базах данных, может быть связана между собой, например, список обучаемых, результаты контроля знаний, сравнительные диаграммы задолженности обучаемых. В процессе функционирования баз данных для систематизации, хранения и предоставления информации используются средства, позволяющие отбирать информацию по определенным критериям, структурировать её отдельными способами и т.д.

Интеллектуальные обучающие системы состоят из таких элементов, как базы данных, базы знаний, экспертно-обучающие системы. База знаний – это информационная система, содержащая модель изучения конкретной предметной области (определенный объем учебной информации, данные о формуемых знаниях и умениях обучаемого, способы их использования, структура обучения, экспертиза знаний, умений и навыков обучаемого, слежение за ходом обучения, механизмы адаптации системы к конкретному обучаемому).

Внедрение в учебный процесс интеллектуальных обучающих систем при изучении иностранного языка позволит усилить эмоциональное восприятие учебной информации, повысит мотивацию обучения за счет возможностей самоконтроля, индивидуального, дифференцированного подхода к каждому

обучаемому, развить процессы познавательной деятельности, создать условия для формирования умений самостоятельного приобретения знаний.

Гуманизация современного образования предполагает развитие общечеловеческих, общекультурных, нравственных и эстетических качеств будущих специалистов, формирование духовно богатой личности. Кроме того, сам процесс изучения иностранных языков может способствовать значительному расширению общей и профессиональной культуры будущих специалистов, что, на наш взгляд, необходимо учитывать в условиях изменившейся геополитической ситуации, связанной с интеграцией России в мировое экономическое и культурное пространство.

Список литературы

1. Иванова, З.И. Развитие профессиональной среды образования / З.И. Иванова, Е.С. Антошина // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы инновационной агроэкономики. Сборник статей Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции. 2020. С. 138-144.
2. Иванова, З.И. Основные идеи глобального образования / З.И. Иванова, Е.С. Антошина // В сборнике: Научный диалог в языковом пространстве. Сборник статей II Всероссийской (Национальной) научно-практической конференции. 2020. С. 34-37.
3. Иванова, З.И. Роль образования в становлении личности / З.И. Иванова, Е.С. Антошина // В сборнике: Научный диалог в языковом пространстве. Сборник статей II Всероссийской (Национальной) научно-практической конференции. 2020.
4. Иванова, З.И. Основные идеи глобального образования / З.И. Иванова, Г.Н. Жаксылыкова, Е.С. Антошина // В сборнике: АПК России: образование, наука, производство. сборник статей Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. 2020. С. 69-72.
5. Иванова, З.И. Роль образования в становлении личности / З.И. Иванова, Г.Х. Мирзозода, Е.С. Антошина // В сборнике: АПК России: образование, наука, производство. сборник статей Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. 2020. С. 73-77.

УДК 621.365

Исаченко Д.Д., Проценко А.Н., Скорик В.А.

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»,
г. Самара

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТЕПЛА ПРИ НАГРЕВЕ ШАРА ИНДУКТОРАМИ РАЗНОГО ДИАМЕТРА

Аннотация. Описана модель индукционной установки и методика расчета процесса нагрева стального шара средствами конечно-элементной программы ELCUT. Представлены некоторые результаты численного моделирования.

Ключевые слова: индуктор, проводник, индукционный нагрев, моделирование, диаметр.

В статье рассматривается индукционная установка специальной конструкции для закалки шаров шарикоподшипников [1].

Индуктор состоит из одного или нескольких медных индуктирующих проводников в форме геликоидов. При прокатывании шара под индуктором, точка электромагнитного взаимодействия индуктора с шаром перемещается по поверхности шара в направлении, перпендикулярном направлению вращения шара. Эскиз установки представлена на рис. 1.

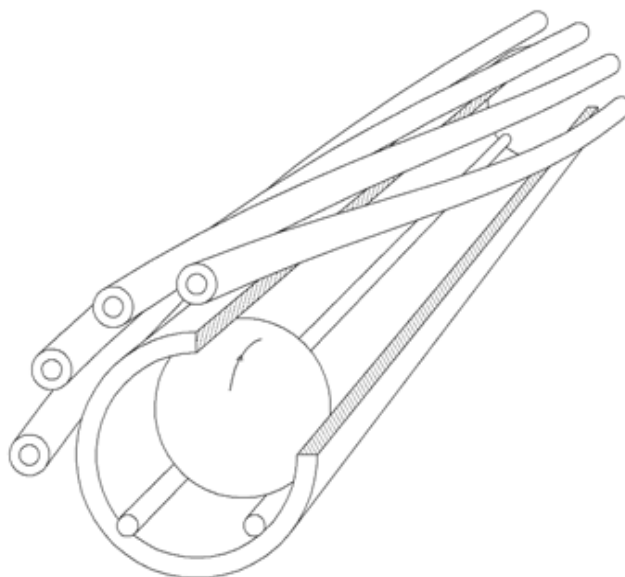


Рис.1 – Эскиз индукционной установки

Для обеспечения равномерности нагрева необходимо определить количество индуктирующих проводников, которое зависит от размера области взаимодействия индуктирующего проводника с шаром.

В настоящей статье приводятся результаты исследования зависимости размеров области взаимодействия индуктора с шаром от соотношения диаметров индуктора и шара.

Для моделирования исследуемого процесса использована программа Elcut предназначенная для расчета тепловых и электромагнитных полей.

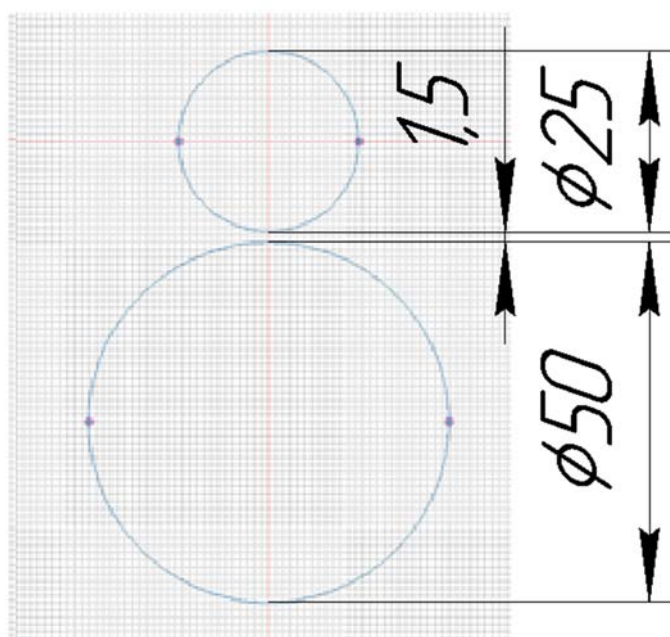


Рис. 2. Геометрическая модель

Была построена двухмерная математическая модель (рис. 2) и проведена серия вычислительных экспериментов для условий, указанных в таблицах 1-3.

Таблица 1 – Свойства проводника индуктора

Материал	Магнитная проницаемость	Электропроводность, См/м	Теплопроводность, Вт/К×м	С, Дж/кг×К	ρ, кг/м ³
Медь М00	1	50×10 ⁶	400	380	8900

Таблица 2 – Свойства шара

Материал	Магнитная проницаемость	Электропроводность, См/м	Теплопроводность, Вт/К×м	С, Дж/кг×К	ρ, кг/м ³
Сталь ШХ15	1000	20×10 ⁶	44	460	7700

Таблица 3 – Условия задачи

Частота, кГц	Ток, А	Диаметр проводника, мм	Диаметр шара, мм	Зазор между проводником и шаром, мм
50	400	5; 10; 15; 25; 37,5; 50	25	1,5

Было проведено сравнение размеров теплового пятна и в результате исследования была выявлена зависимость области взаимодействия индуктирующих проводников с шаром от соотношения диаметров сечения проводников и шара. По результатам расчета были построены серии графиков зависимости $T(L)$, где T - температура нагрева заготовки в градусах Кельвина, а L - длина полуокружности шара, обращенной к индуктору в миллиметрах. Графики представлены на рис. 3 и 4.

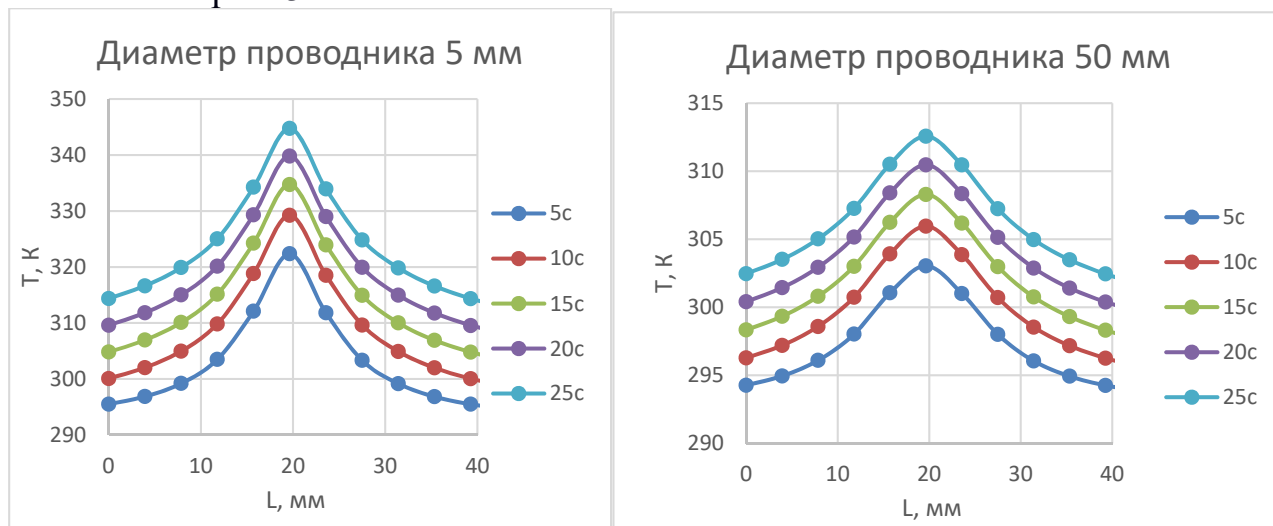


Рис. 3. График зависимости температуры от длины полуокружности шара для проводников диаметров 5 и 50 мм

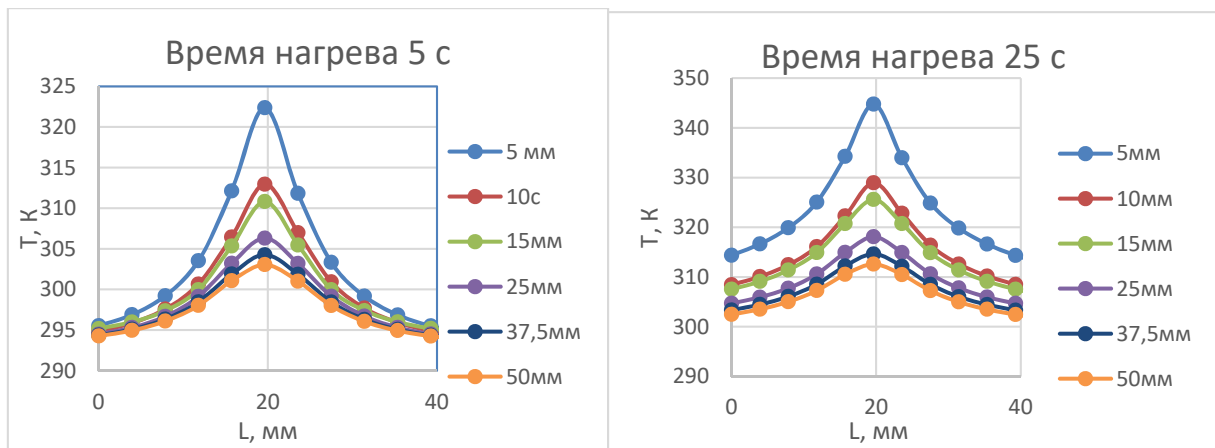


Рис. 4 – График зависимости температуры от длины полуокружности шара в моменты времени 5 и 25 с

Из приведенных графиков видно, что изменение диаметра индуктирующего проводника влияет только на величину температуры (рис.4) теплового пятна, а размер пятна изменяется только с течением времени (рис.3).

Вывод: Данное исследование позволяет определить диаметр индуктирующих проводников, обеспечивающий приемлемую равномерность нагрева, которая достигается за счет перекрывания тепловых пятен и областей взаимодействия индуктирующих проводников с шаром.

Список литературы

1. Ключкова Н.Н. Задача проектирования индукционных установок с элементами движения [Текст] / Н.Н. Ключкова, А.В. Обухова, А.Н. Проценко // Электротехнические комплексы и системы: материалы Международной научно-практической конференции / Уфимский государственный авиационный технический университет (УГАУ) – 2019.

УДК 62-835

Ищенко А.П.

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова», г. Саратов

ОБОСНОВАНИЕ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПЕРЕДВИЖНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Аннотация. В работе приводятся различные структурные схемы элементов передвижных транспортных средств. На основе построенных структурных схем проведен анализ состава элементов каждой схемы и записали формулу показателя безотказности – вероятности безотказной работы. По полученной формуле выведена формула для вероятности безотказной работы электродвигателя и построен график.

Ключевые слова: электропривод, передвижное транспортное средство, вероятность без отказной работы, надежность.

Электропривод передвижного электрифицированного средства подвержен различным воздействиям в тепличные условия эксплуатации. Отмечаются негативные воздействия высокой влажности, перегрузки, механических воздействия и т.п. Оценить количество влияния этих факторов на показатели надежности электропривода возможно путем комплексной системы критериев состояния.

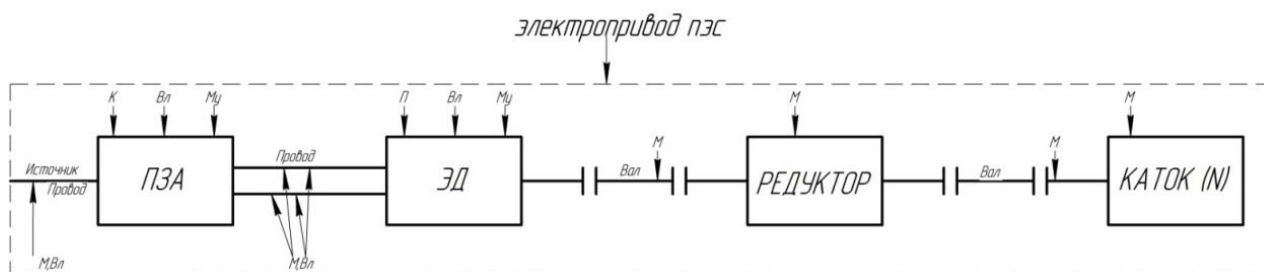


Рисунок 1 – Структурная схема электропривода ПЭС (ЭД – электродвигатель; ПЗА – пускозащитная аппаратура; М – механические воздействия; В – влажность; К – контактные соединения; Му – засоренность; П – перегрузки; Р – режим работы)

Каждое оборудование электропривода характеризуется индивидуальными показателями надежности. Например, механическая часть характеризуется наработкой на отказ, элементы пускозащитной аппаратуры – числом пусков или защитных срабатываний- это, показатели безотказности, а в совокупности электропривод можно оценить комплексным показателем надежности – коэффициентом готовности. Составим структурную схему элементов электропривода и опишем факторы, влияющие на отдельные параметры элементов [2].

Запишем надежность электропривода ПЭС в виде показателя безотказности – вероятности безотказной работы, на основе структурной схемы (рисунок 1):

$$P_{ЭП}(t) = P_{И}(t) \cdot P_{ПЗА}(t) \cdot P_{П1}(t) \cdot P_{П2}(t) \cdot P_{ЭД}(t) \cdot P_{В1}(t) \cdot P_{РЕД}(t) \cdot P_{В2}(t) \cdot P_{КАТ}(t), \quad (1)$$

где t – интервал безотказной работы всех элементов; $P_{И}(t)$ – вероятность безотказной работы (ВБР) электропривода; $P_{ПЗА}(t)$ – ВБР пускозащитной аппаратуры; $P_{П1}(t)$, $P_{П2}(t)$ – ВБР силовых и вторичных цепей; $P_{В1}(t)$, $P_{В2}(t)$ – ВБР валов передачи вращательного движения; $P_{КАТ}(t)$ – ВБР катков; $P_{РЕД}(t)$ – ВБР редуктора; $P_{ЭД}(t)$ – ВБР электродвигателя.

В выражении (1) элементы электропривода характеризуются различной ВБР на интервале времени t . По рисунку 1 видно, что большему воздействию подвержены ПЗА и ЭД, а на интервале t ВБР таких элементов как вал, каток редуктор имеет значение близкое к 1, по сравнению с ВБР ЭД и ПЗА. Примем допущение, что $P_{И}(t)$, $P_{В1}(t)$, $P_{В2}(t)$, $P_{КАТ}(t)$, $P_{РЕД}(t)$ на интервале времени $t = t_{cc}$ (t_{cc} – срок службы ПЭС), тогда ВБР электропривода запишем:

$$P_{ЭП}(t) = P_{ПЗА}(t) \cdot P_{П}(t) \cdot P_{ЭД}(t) \cdot P_{ДР}(t), \quad (2)$$

где $P_{П}(t)$ – ВБР проводов; $P_{ДР}(t)$ – ВБР более надежных элементов $P_{ДР}(t) \approx 1$.

Для того, чтобы повысить надежность работы электропривода рассмотрим подробно вероятные показатели безотказности каждого элемента в выражении (2).

Пускозащитная аппаратура ПЭС имеет структуру, приведенную на рисунке 2.

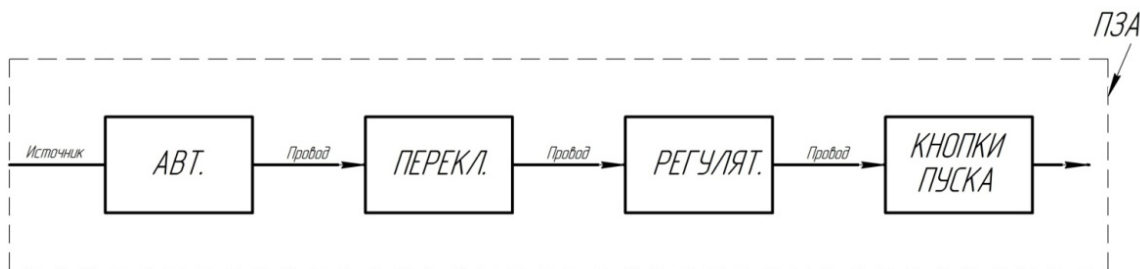


Рисунок 2 – Структурная схема пускозащитной аппаратуры ПЭС

Надежность источника в данном исследовании не рассматривается, т.к. источник не является частью электропривода. Тогда запишем ВБР ПА:

$$P_{\text{ПЗА}}(t) = P_{\text{АВ}}(t) \cdot P_{\text{П}}(t) \cdot P_{\text{ПЕР}}(t) \cdot P_{\text{РЕГ}}(t) \cdot P_{\text{КП}}(t), \quad (3)$$

где $P_{\text{АВ}}(t)$ – ВРБ автомата; $P_{\text{П}}(t)$ – ВРБ проводов; $P_{\text{ПЕР}}(t)$ – ВРБ переключателя; $P_{\text{РЕГ}}(t)$ – ВРБ регулятора; $P_{\text{КП}}(t)$ – ВРБ пусковой кнопки.

По аналогии распишем структура электродвигателя, которая показана на рисунке 3.

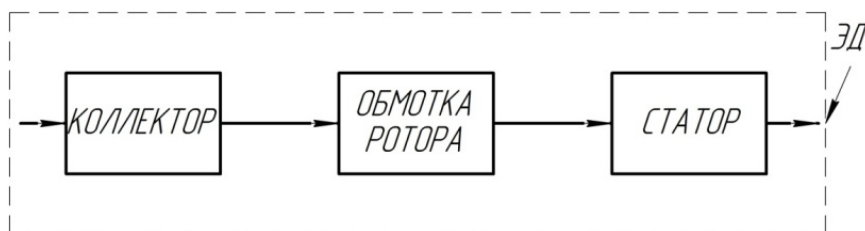


Рисунок 3 – Структурная схема электродвигателя.

Надёжность электродвигателя будет зависеть от надежности его элементов:

$$P_{\text{ЭД}}(t) = P_{\text{КОЛ}}(t) \cdot P_{\text{ОБ.Р}}(t) \cdot P_{\text{СТ}}(t), \quad (4)$$

где $P_{\text{КОЛ}}(t)$ – ВРБ коллектора; $P_{\text{ОБ.Р}}(t)$ – ВРБ обмотки ротора; $P_{\text{СТ}}(t)$ – ВРБ статора.

$$P_{\text{П}}(t) = P_{\text{КС}}(t) \cdot P_{\text{ИП}}(t), \quad (5)$$

где $P_{\text{КС}}(t)$ – ВРБ контактных соединений; $P_{\text{ИП}}(t)$ – ВРБ изолированный проводник.

Анализ выхода из строя электроприводов ПЭС показал, что наиболее значимыми воздействиями является перегрузка ПЭС ящиками с продукцией, т.е. увеличение массы груза, что напрямую увеличивает нагрузку на валу двигателя и приводит к режиму перегрузки. В этот момент увеличивается ток в коллекторе и обмотке ротора, что влечет к межвитковым замыканиям [3].

Самой малой продолжительностью наработки на отказ среди элементов, указанных на рисунках 1-3 является электродвигатель, а именно коллектор и обмотка ротора, так как другие элементы электрической цепи имеют большее сечение проводника и меньшее сопротивление.

Заклинивание катков также приводит к увеличению ток, причем частые заклинивания катков для ПЭС в теплицах с тепловыми регистрами возникают в 5-10 раз чаще чем при завышенных значениях перевозимой массы грузов.

На основе анализа изменения потребляемой мощности электродвигателя применение 2-х кратного запаса по мощности обеспечить нормальную работу электропривода без режимов перегрузки, а использование тепловой защиты в цепи питания ЭД позволит исключив отказы элементов электродвигателя (коллекторов, обмотки ротора) за счет своевременного срабатывания при замыкании [4].

Выразим ВБР электродвигателя через интенсивности аварийных ситуаций его элементов за t :

$$P_{\text{ЭД}}(t) = e^{-(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3)t}, \quad (6)$$

где $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ – интенсивности аварийных ситуаций коллектора, обмотки ротора и статора, ч^{-1} .

При комплектовании электропривода электродвигателем большей мощности (150...200% от номинальной) и тепловым реле, настроенным на срабатывание превышенной нагрузки из условия:

$$I_{\text{ср}}^{\text{T.P.}} = 1,2 \dots 1,3 \cdot I_{\text{ном}}(\Delta t), \quad (7)$$

где Δt – продолжительность тока перегрузки, с.

Получим интенсивность аварийных ситуаций:

$$\lambda_1'(t) = \frac{N'(t)}{\sum N(t) \cdot t} = \frac{N'(t) - n(t)}{\sum N(t) \cdot t}, \quad (8)$$

где $N(t)$ – число аварийных режимов работы (пусков) коллектора (обмотки ротора, статора); $n(t)$ – количество сниженных аварийных пусков (коллектора, обмотки ротора, статора); $\sum N(t)$ – общее количество пусков, выполненных за промежуток времени t ; t – промежуток исследования.

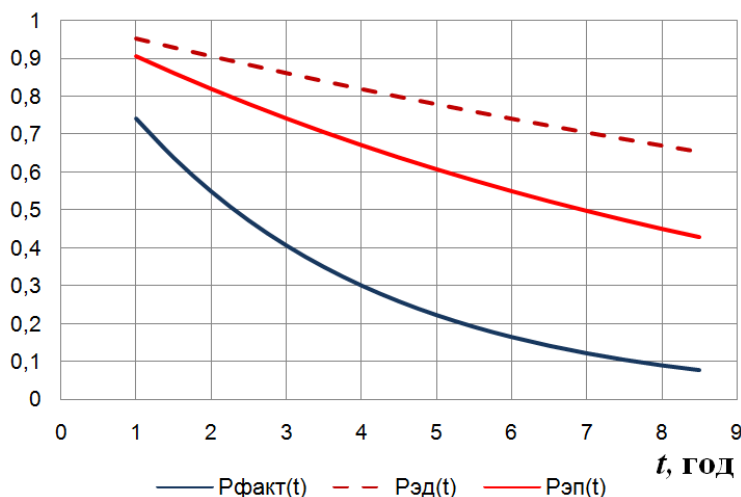


Рисунок 4 – Надежность электропривода

Тогда ВБР электродвигателя примет вид:

$$P'_{\text{ЭД}}(t) = e^{-\left(\frac{N_1(t) - n_1(t)}{\sum N(t) \cdot t} + \frac{N_2(t) - n_2(t)}{\sum N(t) \cdot t} + \frac{N_3(t) - n_3(t)}{\sum N(t) \cdot t}\right) \cdot t}. \quad (9)$$

При обновлении электропривода – электродвигателем большей мощности и тепловым реле, надежность увеличивается за счет сокращения числа аварийных ситуаций $n(t)$. Однако в данном случае добавление элемента в ПЗА (теплового реле) снизит надежность системы ПЗА. Тогда ВБР электропривода составит:

$$P_{ЭП}(t) = P_{ПЗА}(t) \cdot P_{Т.Р.}(t) \cdot P'_{Эд}(t) \cdot P_{П}(t) \cdot P_{ДР}(t), \quad (10)$$

где $P_{Т.Р.}(t)$ – ВБР теплового реле.

Тогда итоговая надежность электропривода изменится согласно рис.4.

Список литературы

1. Епифанов А.П. Электропривод в сельском хозяйстве: Учебное пособие / А.П. Епифанов, А.Г. Гущинский, Л.М. Малайчук. – СПб.: Лань, 2016. – 224 с.
2. Ерошенко Г.П. Эксплуатация электрооборудования / Г.П. Ерошенко, А.П. Коломиец, Н.П. Кондратьева, Ю.А. Медведько, М.А. Таранов – М.: КолосС, 2005. – 344 с.
3. Бакиров С.М., Ищенко А.П. Анализ эксплуатационной надежности передвижной электрифицированной машины // Вестник НГИЭИ. 2021 № 3 (118). С. 70–80. DOI: 10.24412/2227-9407-2021-3-70-80
4. Оськин В.С., Богатырев Н.И. Электрический привод: учебник для вузов. Краснодар: КубГАУ, 2016. 490 с.

УДК 621-3

Каширин Д.Е., Павлов В.В.

ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань

ОБОСНОВАНИЕ УСЛОВИЙ РАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ КОЛЛЕКТОРНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Аннотация. В статье приводится анализ причин и последствий ускоренного износа контактных групп коллекторных электродвигателей, используемых в настоящее время. Представлен результат исследования зависимости относительного износа щеток от величины их удельного нажатия. Предложены эксплуатационные мероприятия, направленные на уменьшение износа основных узлов коллекторных электродвигателей.

Ключевые слова: электродвигатель, коллектор, щетки, эксплуатация, износ.

Анализ литературных источников, посвященных эффективно использованию различных типов электродвигателей в сельском хозяйстве, позволяет утверждать, что в настоящее время одним из самых распространенных типов электродвигателей являются двигатели коллекторного типа [1-6]. Данные электродвигатели обладают следующими достоинствами:

- высокий уровень показателя соотношения массы к мощности;
- относительно низкие пусковые токи;
- возможность получения высокой частоты вращения двигателя;
- возможность регулирования частоты вращения путем изменения величины питающего их напряжения.

Указанные преимущества позволяют утверждать, что эти электродвигатели еще длительное время будут использоваться во многих электротехнических

устройствах, включая транспорт, а также для механизации производственных процессов в сельском хозяйстве [7, 8, 9, 10, 11, 12].

Основным недостатком рассматриваемой группы электродвигателей является низкая надежность коллекторного узла [1, 2, 5, 6].

Коллектор представляет собой группы ламелей, расположенных в крайней части ротора двигателя, к которым посредством специального механизма прижаты электрические щётки. Во время работы электродвигателя щетки подвержены довольно быстрому износу вследствие как механического трения, так и некоторых электрических процессов, происходящих в месте контакта щётки и ламели. Основными факторами, влияющими на скорость износа щёток, являются следующие [1, 3, 4, 13]:

- условия эксплуатации электродвигателей. Абразивные частицы любой природы, присутствующие в атмосфере, окружающей электродвигатель, под действием электромагнитных сил попадают на поверхность коллектора, а далее в зону действия щёток, в результате чего щетки ускоренно изнашиваются;
- условия эксплуатации электропривода. При неравномерной нагрузке рабочего вала происходит деформация ротора, что приводит к нарушению контактного пятна рабочей поверхности щеток;
- частые пуски-остановки электродвигателя являются причиной возникновения дополнительных искрений в контактной группе, в результате чего происходит ускоренный износ щёток;
- износ коллекторного механизма при увеличении частоты вращения ротора электродвигателя выше номинальной частоты;
- нарушение величины давления, оказываемого механизмом удержания щёток;
- повышение плотности тока свыше номинальной величины. Данное явление способствует возникновению дополнительного искрообразования, вызывая, таким образом, ускоренный электрический износ щёток.

Электротехнический износ контактной группы электродвигателя может быть также следствием повышенных коммутационных напряжений, возникающих в электрической сети при перекосе фаз вследствие неравномерной нагрузки [4, 13, 14, 15].

Электродвигателям высокой мощности, как правило, присущи специфические недостатки, обусловленные их конструктивными особенностями [2, 5, 6, 7]. Двигатели, обеспечивающие высокий крутящий момент, имеют большое количество щёток, расположенных вокруг коллектора. Известно, что чем больше количество щёток, тем больше их рабочая поверхность, а, следовательно, и давление, оказываемое со стороны механизма удержания щёток на коллектор. Это обстоятельство приводит к ускоренному износу контактного механизма.

Пути уменьшения износа контактной группы электродвигателей большой мощности и увеличения их ресурса следует рассматривать в двух основных направлениях: 1) снижение окружной скорости ротора; 2) подбор материалов, обеспечивающих уменьшение коэффициента трения и, при возможности, уменьшение площади поперечного сечения щёток.

Величина удельного электрического сопротивления различных типов электрощеток неодинакова и зависит от их материала. Диапазон варьирования величины удельного сопротивления материала, из которого изготавливают щётки, составляет от долей единицы до сотен Ом·мм². Как правило, угольно-графитовые щетки имеют высокое удельное сопротивление, в то время как щетки со значительным содержанием металлов имеют пониженную величину удельного сопротивления. При подборе щеток для конкретного электродвигателя следует использовать комплексный подход, учитывающий следующие факторы:

- удельное электрическое сопротивление;
- прочностные свойства материала и сочетание их с прочностью материала коллектора.

Обеспечить надежную длительную работу электродвигателя возможно проводя периодический контроль состояния щеток и коллектора. Принято определять износ щеток через каждый 50 часов эксплуатации. Износ считается «нормальным», если он находится в диапазоне от 0,1 до 0,8 мм. Если износ меньше минимального значения приведенного диапазона, то можно говорить об ускоренном износе коллектора, превышение предельной величины диапазона свидетельствует о нарушении функции прижимного механизма.

Аппроксимация экспериментальных данных, полученных при определении зависимости относительного износа щеток y от величины их нажатия x , представлена полиномом четвертой степени (1) при значении коэффициента детерминации $R^2 = 0.986$:

$$y(x) = 1,46 - 1,4 \cdot x + 0,59 \cdot x^2 - 0,1 \cdot x^3 + 0,007 \cdot x^4 \quad (1)$$

На рисунке 1 зависимость (1) представлена графически.

Для большинства электрических машин усилие прижатия щеток к коллектору должно варьировать в диапазоне от 1,67 до 2,2 Н/см² (рис. 1). В пределах данного диапазона относительный износ является допустимым и не превышает значение 0,4.

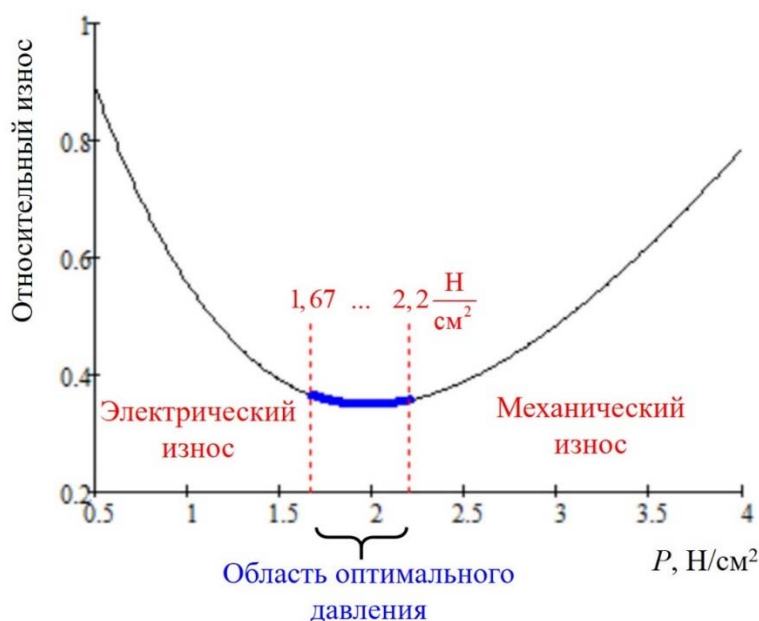


Рисунок 1 – Зависимость относительного износа щеток от величины их удельного усилия нажатия P , Н/см²

Увеличение износа при удельном нажатии, меньшем нижней границы области оптимального давления, связано с повышенным переходным сопротивлением контактов, приводящем к развитию дуговых процессов в контактной паре «коллектор – щетка», повышенному искрению, образованию нагара, окислов на контактной поверхности. Данный износ носит преимущественно электрический характер. Превышение верхней границы оптимального диапазона способствует ускоренному стиранию щеток, износ которых в данном случае имеет в основном механическую природу.

Для тяговых электродвигателей, снабженных большим количеством щёток, допускается 2-4 кратное увеличение удельного усилия нажатия относительно области нормального давления (рис. 1).

Немаловажным является визуальный контроль искрения щеток. При повышенном искрении можно судить о наличии аварийного, или близкого к аварийному, режима работы электродвигателя, что требует проведения внепланового технического обслуживания или текущего ремонта.

Список литературы

1. Воробьев, А.Э. Анализ причин отказов в работе асинхронных электродвигателей в сельском хозяйстве и промышленном производстве [текст] / А.Э. Воробьев, С.О. Фатьянов // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2017. – № 2(5). – С. 169-174.
2. Каширин, Д.Е. Исследование процесса самозапуска электродвигателя на учебном стенде [текст] / Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2019. – № 3 (43). – С. 99-104.
3. Каширин, Д.Е. К вопросу повышения качественных характеристик электроснабжения контактной сети [текст] / Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // В сборнике Наука и инновации: Векторы развития Материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых. Сборник научных статей. – 2018. – С. 28-31.
4. Макаров, А.Ю. Регулирование реактивной мощности в сетях электроснабжения сельского хозяйства [текст] / А.Ю. Макаров, С.О. Фатьянов // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2017. – №2(5). – С. 157-161.
5. Бышов, Д.Н. Исследование конструктивно-технологических параметров измельчителя перговых сотов [текст] / Д.Н. Бышов, [и. др.] // В сборнике: Инновационные направления развития технологий и технических средств механизации сельского хозяйства. Материалы междунар. науч.-пр. конф. «Инновационные направления развития технологий и технических средств механизации сельского хозяйства». – Воронеж, 25 декабря 2015 года. – С. 116-119.
6. Каширин, Д.Е. Обоснование рациональных конструктивно-технологических параметров измельчителя воскового сырья [текст] / Д.Е. Каширин, В.В. Павлов, М.Н. Чаткин, И.И. Гришин // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2017. – № 4. – С. 96-103.
7. Бышов, Д.Н. Исследование механизированного процесса очистки перги [текст] / Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов, В.В. Коченов // В сборнике: Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. Сборник докладов XII Международной научно-практической конференции молодых учёных. В 2-х томах. – 2017. – С. 28-33.
8. Бышов, Д.Н. Исследование процесса механической очистки перговых гранул от органических оболочек [текст] / Д.Н. Бышов, [и. др.] // Вестник КрасГАУ. – 2016. – № 2 (113). – С. 73-77.

9. Бышов, Д.Н. Исследование эффективности очистки воскового сырья в воде при интенсивном механическом перемешивании [текст] / Д.Н. Бышов, [и. др.] // Вестник КрасГАУ. – 2017. – № 12 (135). – С. 115-122.
10. Бышов, Д.Н. К вопросу механизации очистки воскового сырья [текст] / Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // В сборнике: Продовольственная безопасность: от зависимости к самостоятельности. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. – 2017. – С. 45-48.
11. Бышов, Д.Н. К вопросу механизированной очистки воскового сырья [текст] / Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // В сборнике: Аграрная наука в инновационном развитии АПК. Материалы международного молодежного аграрного форума. Сборник научных статей. Под редакцией В.А. Бабушкина. – 2018. – С. 49-55.
12. Бышов, Д.Н. К вопросу механической очистки перговых гранул [текст] / Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов, В.В. Коченов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2017. – № 2 (34). – С. 57-61.
13. Каширин, Д.Е. Лабораторное исследование компенсации реактивной мощности электрической сети [текст] / Д.Е. Каширин, В.В. Павлов, М.Б. Угланов, И.А. Мурог, В.П. Воронов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2018. – № 3 (39). – С. 77-81.
14. Каширин, Д.Е. Анализ факторов, влияющих на надежность работы электромагнитных контакторов [текст] / Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // В сборнике: Инженерное обеспечение инновационных технологий в АПК. Сборник материалов Международной научно-практической конференции. Под общей редакцией В.А. Солопова. – 2018. – С. 254-257.
15. Каширин, Д.Е. Лабораторный стенд для изучения приборов релейной защиты и АПВ [текст] / Д.Е. Каширин, В.В. Павлов, С.Н. Гобелев, П.Э. Бочков П.Э. // В сборнике: Совершенствование системы подготовки и дополнительного профессионального образования кадров для агропромышленного комплекса Материалы Национальной научно-практической конференции. – 2017. – С. 86-89.

УДК 621.311.49

Клочков А.А.

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»,
г. Самара

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ «ПОМОЩНИК ПРИ СОВЕРШЕНИИ ОПЕРАТИВНЫХ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЙ НА ПОДСТАНЦИЯХ»

Аннотация. В данной статье рассматривается проблема человеческого фактора при осуществлении оперативных переключений. Предлагается способ ее решения с помощью мобильного приложения «Помощник по оперативным переключениям». Приложение позволяет снизить риск от ошибки персонала, ускоряет работу по проведению переключений.

Ключевые слова: оперативные переключения, мобильное приложение, помощник по оперативным переключениям, человеческий фактор, команда на проведение переключений, помощь NFC, правильность выполнения переключений.

Оперативные переключения в электроэнергетических системах и подстанциях играют важную роль в работе энергетических объектов. От точности постановки операций и их выполнения зависит надежность работы системы и безопасность работы персонала. Команда на проведение переключений отдается диспетчерским персоналом. В команде на производство переключений должна указываться последовательность выполнения операций в схеме электроустановок и устройствах РЗА (с использованием диспетчерских наименований ЛЭП, оборудования, устройств РЗА) с необходимой степенью детализации [1, 2]. Персонал, получивший команду должен четко представлять конечную цель и последовательность выполнения операции. При таком подходе всегда присутствует человеческий фактор, возможность ошибки или недосмотра, которые могут привести как к порче дорогостоящего оборудования, перебоям в электроснабжении, так и к травмам и смерти квалифицированного персонала, за которыми последуют дорогостоящие судебные разбирательства с репутационным уроном для компании. Всего этого можно избежать, введя дополнительный уровень машинного контроля, выполненный в виде мобильного приложения-помощника.

Приложение контролирует работника, предостерегая его от ошибок по невнимательности, давая ему подробные инструкции, и ускоряя работу. Работник получает точные указания в виде иллюстрированной последовательности действий, на месте проведения работ, что упрощает его работу и предохраняет от форсмажорных обстоятельств.

Основной функционал заключается в помощи оперативному персоналу в совершении переключений. Цепочка действий по оперативным переключениям начинается, с указания, которые поступают на сервер и передаются, определенному сотруднику. У него появляется уведомление, в котором указаны координаты оборудования, отмеченные специальным знаком на карте, приложена схема, на которой указывается, всё оборудование, участвующее в оперативном переключении и влияющее на работу сотрудника. По прибытию на место сотрудник открывает специальную инструкцию по выполнению переключений, включающую:

- Точное указание месторасположения ячейки;
- Порядок её “выкатывания”;
- Дополнительные советы по ТБ.

После нахождения ячейки, сотрудник открывает ячейку при помощи NFC сигнала с телефона, на котором установлена программа, и получает доступ к необходимой ячейке. Это необходимо для контроля за правильностью выполнения переключений, ячейка не откроется, если она не задействована или доступ к ней опасен ввиду неправильно последовательности переключений. После открытия, выкатывания и ремонта или необходимых переключений, сотрудник возвращает всё на место и закрывает ячейку, тем же NFC сигналом. После этого, через сервер, диспетчер получает уведомление об окончании работ. Сотрудник же, остаётся в ожидании последующих указаний, которые также придут в виде уведомления. Все действия сотрудника и даваемые инструкции передаются на сервер для протоколирования, в случае неправильных действий со стороны оператив-

ного персонала, будет очень просто доказать, наличие таковых, пользуясь протоколом. Т.к. каждое действие будет иметь разрешение на начало операции и подтверждение её завершения.

Программа написана на Java с помощью ИДЕ Android Studio. Это простая среда разработки, которая предоставляет весь необходимый функционал, проста для изучения и последующий модификации, что упростит полную разработку и исправление ошибок на стадии реализации проекта [3. 4].

Данное приложение требует больших ресурсов для введения, но предлагает оптимизацию переключений и ремонта системы, возможное сокращение штата и замену людей на автоматизированные системы. Снижение расходов на форсмажорные обстоятельства, и сохранение рабочего персонала от возможных угроз. Оно частично исключит человеческий фактор, и позволит с помощью функции протоколирования выполненных действий удостовериться в правильности совершения переключения и/или ремонта.

Список литературы

1. Правила переключений в электроустановках. ПРИКАЗ от 13 сентября 2018 года N 757.
2. Инструкция по переключениям в электроустановках. [Текст]: СО 153-34.20.505-2003: утв. приказом Минэнерго России от 30 июня 2003 г. № 266. - М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2004.
3. Голощапов, Алексей Google Android. Программирование для мобильных устройств / Алексей Голощапов. - М.: БХВ-Петербург, 2012. - 448 с.
4. Роджерс, Рик Android. Разработка приложений / Рик Роджерс и др. - М.: ЭКОМ Паблишерз, 2010. - 400 с.

УДК 631.3

Козлов Д.В., Гольдштейн Д.В.

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова», г. Саратов

АППАРАТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ВОДОСНАБЖАЮЩЕЙ УСТАНОВКОЙ

Аннотация. В настоящей статье разработаны и представлены функциональная и логические схемы управления водоснабжающей установкой использованием программируемого логического контроллера. Программирование ПЛК осуществляется в среде CoDeSys с помощью языка SFC и стандартной библиотеки функциональных блоков.

Ключевые слова: системы автоматического управления, программируемый логический контроллер, автоматизированные системы управления, логические схемы управления.

Благодаря автоматизации сельскохозяйственного производства повышается надежность и продлевается срок работы технологического оборудования, улучшаются условия и безопасность труда, снижаются затраты на единицу продукции [1-5].

В частности, процесс водоснабжения объектов сельхозпроизводства в современных условиях должен соответствовать ряду требованиям, таким как надежность, бесперебойность, экономичность и качество. Обеспечение данных требований неразрывно связано с разработкой новых и совершенствованием существующих систем автоматизации насосных установок [6,7]. Поэтому разработка автоматизированной системы управления водоснабжением объектов сельского хозяйства, включающая процессы подачи воды в напорный бак с ее последующим обеззараживанием, является актуальным. При этом использование для этих целей современных микропроцессорных технических средств, например, программируемых логических контроллеров, представляется перспективным [8].

С учетом рекомендаций, методик и расчетов, изложенных, например, в [8,9], была разработана функциональная схема автоматического управления водоснабжающей установкой, представленная на рис.1.

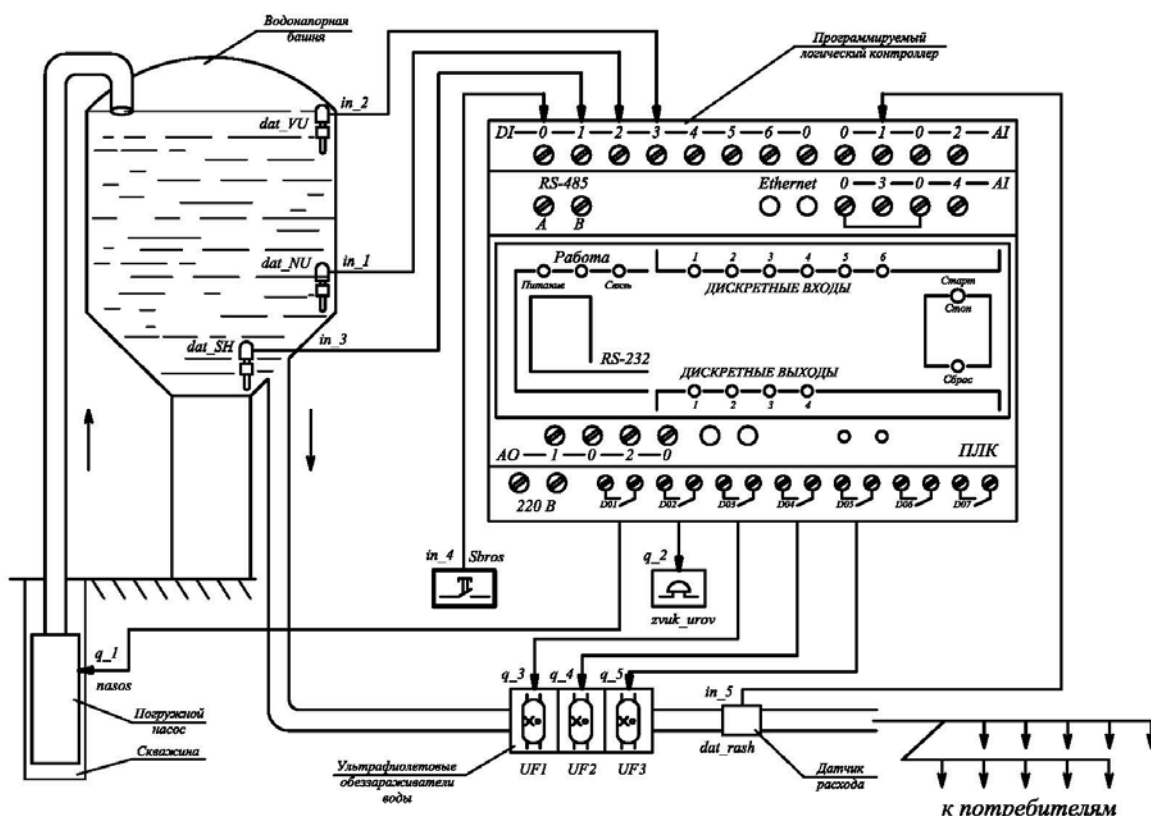


Рис.1 – Функциональная схема автоматического управления водоснабжающей установкой

Обозначим глобальные входы и выходы контроллера и приведем их в виде таблицы 1 [10,11].

Уровень воды в водонапорной башне может контролироваться как поплавковыми, так и электродными датчиками: верхнего уровня dat_VU (in_2) и нижнего уровня dat_NU (in_1). При снижении уровня ниже датчика нижнего уровня in_1 (dat_NU) сигнал от него подается на дискретный вход ПЛК, на выходе q_1 ($nasos$) которого формируется управляющий сигнал привода погружного насоса. При достижении воды датчика верхнего уровня in_2 (dat_VU), погружной насос отключается и наполнение бака прекращается [8,9].

Для защиты насоса от перегрева при отсутствии воды в скважине предусмотрен датчик сухого хода in_3 (dat_SH), при достижении уровня воды которого происходит аварийное отключение насоса и включение звуковой сигнализации с дискретного выхода контроллера q_2 (zvuk_urov) [9].

Для обеззараживания воды используются три ультрафиолетовые установки UF1...UF3, подключенные, соответственно, к дискретным выходам q_3...q_5 программируемого логического контроллера.

Табл.1 – Глобальные входы и выходы программируемого логического контроллера

№ п.п.	Наименование	Обозначение	Номер входа/выхода
ВХОДЫ			
1	Датчик нижнего уровня	dat_NU	in_1
2	Датчик верхнего уровня	dat_VU	in_2
3	Датчик сухого хода	dat_SH	in_3
4	Отключение звуковой сигнализации	Sbros	in_4
5	Датчик расхода воды	dat_rash	in_5
ВЫХОДЫ			
6	Привод погружного насоса	nasos	q_1
7	Звуковая сигнализация снижения уровня воды в баке до критического	zvuk_urov	q_2
8	Ультрафиолетовый обеззараживатель воды (первая установка)	UF1	q_3
9	Ультрафиолетовый обеззараживатель воды (вторая установка)	UF2	q_4
10	Ультрафиолетовый обеззараживатель воды (третья установка)	UF3	q_5

Так как для объектов АПК характерно крайне неравномерное потребление воды в течение суток, то важным является разработка алгоритма управления установками УФ-обучения в зависимости от расхода. Перспективным для этих целей является использование ПЛК. На функциональной схеме (рис.1) показаны каналы управления ультрафиолетовыми обеззараживателями UF1...UF3, которые включаются в зависимости от сигнала обратной связи датчика расхода dat_rash, подключенного на аналоговый вход in_4 программируемого логического контроллера.

Работа данного канала представляется следующим образом. При расходе воды до 30% от максимального значения сигнал напряжения (0,3 от максимального) от датчика расхода подается на вход контроллера, дискретный выход которого формирует сигнал включения первой установки УФ-обеззараживателя. При увеличении потребления воды напряжение на выходе датчика расхода dat_rash повышается, что приводит к включению второй установки УФ-обеззараживателя. Третья установка включается при дальнейшем увеличении потребления воды объектами АПК. Отключение УФ-обеззараживателей производится в обратном порядке.

Программирование ПЛК [12] осуществляется в среде CoDeSys с помощью языка SFC (непрерывные функциональные схемы) и стандартной библиотеки

функциональных блоков [10,11], совокупность и схема соединения которых представлен на рис.2 и рис.3.

При расходе воды и достижении ее уровня датчика in_1 (dat_NU) он замыкается, формируя логический ноль (FALSE) (рис.2). Инверсия данного сигнала осуществляется с помощью функционального блока NOT (побитное НЕ), через который он подается на блок AND (побитное И). Условием формирования сигнала логической единицы (TRUE) на входе SET блока RS_trig1 (приложение А) и включения привода погружного насоса q_1 (nasos) является разомкнутые датчики верхнего in_2 (dat_VU) и нижнего in_1 (dat_NU) уровня [9]. По мере увеличения воды в водонапорной срабатывает датчик нижнего уровня in_1 (dat_NU). При этом на выходе Q RS-триггера RS_trig1 остается сигнал TRUE, подача воды не прекращается.

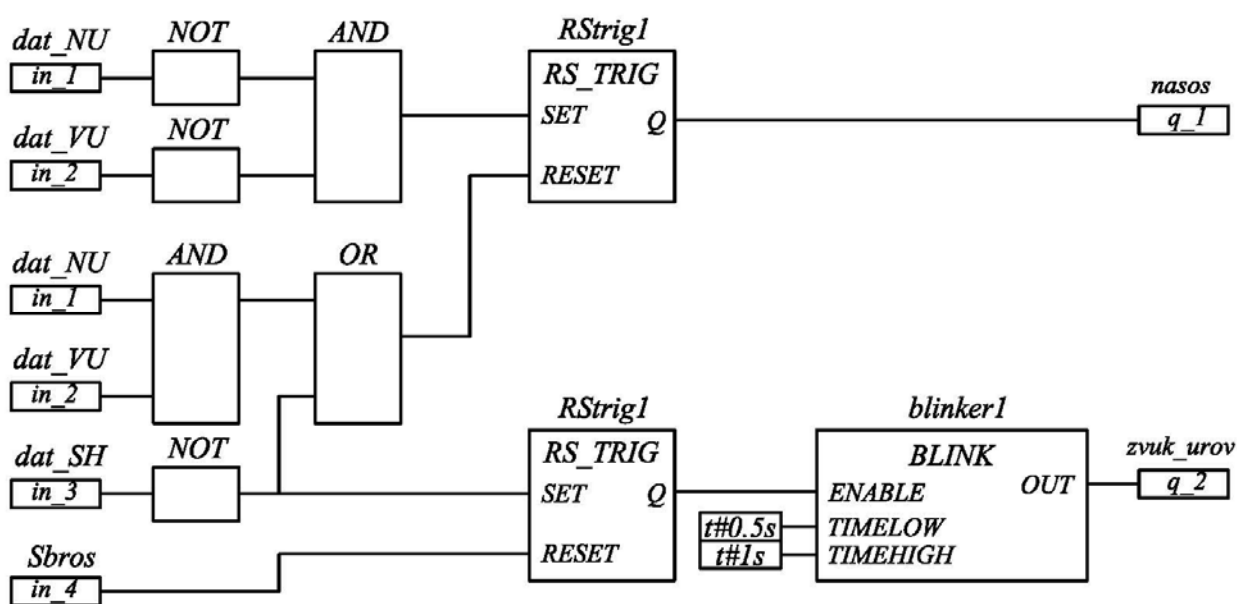


Рис.2 – Логическая схема управления насосной установкой

При достижении воды в баке датчика верхнего уровня in_2 (dat_VU) формируется TRUE на входе блока AND и через функциональный блок OR (побитное ИЛИ) подается на вход RESET блока RS_trig1. На выходе Q RS-триггера RS_trig1 устанавливается FALSE и подача воды прекращается.

При снижении уровня воды ниже датчика сухого хода in_3 (dat_SH) на вход RESET блока RS_trig1 подается управляющий сигнал, отключая выход q_1 (nasos), привод погружного насоса обесточивается. Одновременно формируется управляющий сигнал на входе SET блока RS_trig1, включающего выход q_2 (zvuk_urov), к которому подключена звуковая сигнализация. При этом на выходе формируются импульсы длительностью TIMEHIGH (0,5 с) и длительностью паузы TIMELOW (1,5 с) с помощью генератора прямоугольных импульсов «blinker 1» [11].

При срабатывании аварийной сигнализации оператору необходимо провести обследование системы водоснабжения, работоспособность датчиков уровня и после устранения причины аварийной остановки технологического процесса перезапустить программируемый логический контроллер, произведя

сброс с помощью подачи сигнала на дискретный вход in_4 ПЛК от нормально-разомкнутой кнопки $Sbros$ [11].

Разработанная логическая схема управления установками для ультрафиолетового обеззараживания воды показана на рис.3. При значении расхода воды менее 30% от максимального сигнал обратной связи от датчика расхода dat_rash подается на аналоговый вход программируемого логического контроллера in_5 . Сигнал от расходомера in_5 (dat_rash) сравнивается с заданным значением в двоичном операторе $GT1$ [11], который устанавливает TRUE (логическую единицу) на выходе, если значение первого параметра, то есть входа in_5 (dat_rash), больше второго – заданного оператором, например, $Q1$. Таким образом, если потребление воды ниже $Q1$, то формируется сигнал включения выхода q_3 ($UF1$) первой установки УФ-обеззараживания. По мере возрастания потребления воды, сигнал от расходомера увеличивается $Q2$, вызывая включение второй установки q_4 ($UF2$). Дальнейшее увеличение расхода до максимального значения приводит к включению третьей установки УФ-обеззараживания воды.

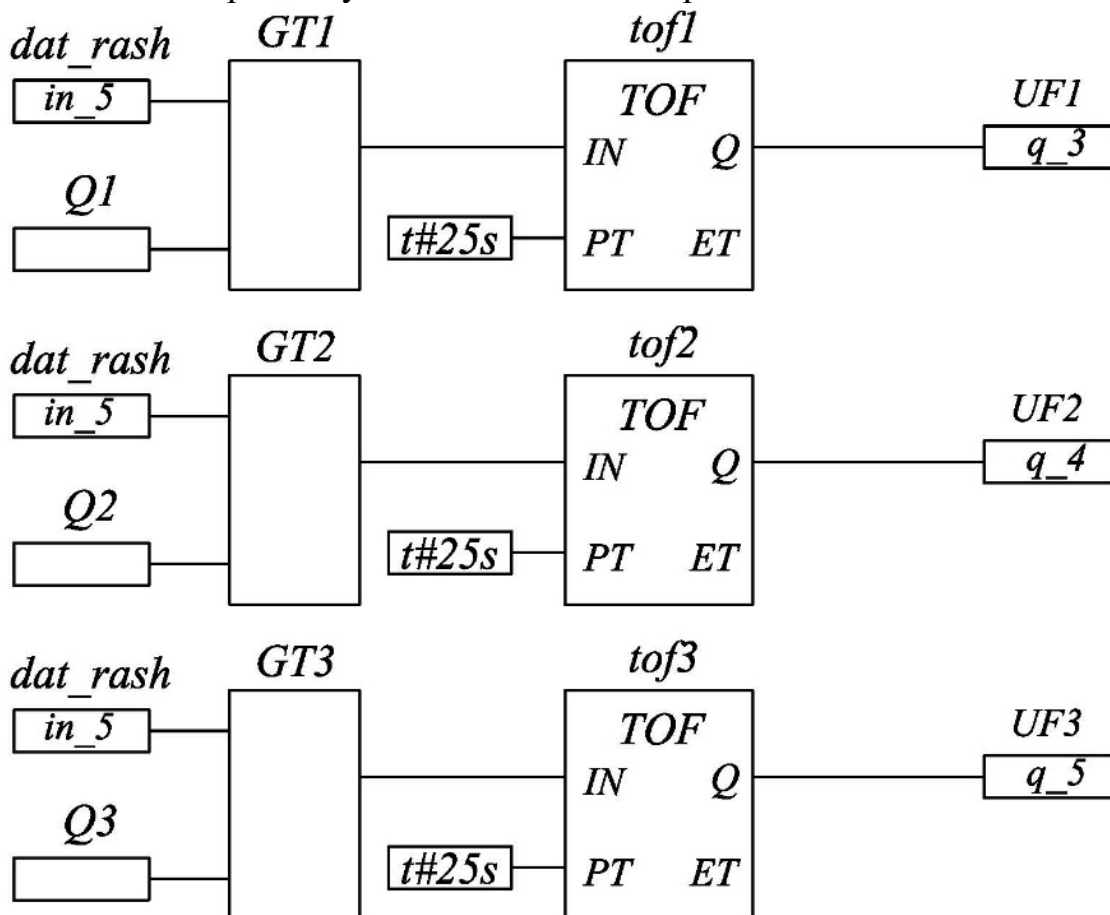


Рис.3 – Логическая схема управления ультрафиолетовым обеззаражителем воды.

Для исключения неустойчивой работы системы УФ-обеззараживания воды при кратковременных изменениях расхода в логической схеме (рис.3) предусмотрено использование таймеров с отсрочкой выключения $TOF1...TOF3$. В случае снижения потребления воды лампы УФ-обеззараживателя будут оставаться включенными в течение 25 с (задается оператором на входе PT функционального блока TOF при программировании).

Таким образом использование программируемого логического контроллера для построения систем управления водоснабжающей установкой сельскохозяйственных потребителей представляется эффективным.

Список литературы

1. Усанов, К.М., Импульсные электромагнитные двигатели в приводе оборудования пищевого производства / К.М. Усанов, В.А. Каргин, С.М. Зубарев, А.В. Ивченко. // Научное обеспечение агропромышленного производства: Материалы Международной научно-практической конференции – Курск: Изд-во Курская государственная сельскохозяйственная академия, 2010. – С.228-231.
2. Усанов, К.М. Дискретные электромагнитные приводы в процессах и технологиях сельхозпроизводства и АПК : [монография] / К.М. Усанов, В.А. Каргин, А.П. Моисеев, А.В. Волгин. – Саратов: Амирит, 2021. – 184 с.
3. Kargin, V.A. Electromagnetic Strike Action System with Self-Adjustment of Output Energy / V. A. Kargin, A. V. Volgin // 2018 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon, 2018 4 January 2019 8602647.
4. Каргин, В.А. Система автоматического управления электромагнитным сводообрушителем / В.А. Каргин / Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2019. – № 6 (176). – С. 148–154.
5. Каргин, В.А. Система управления электромагнитным прессом для отжима сока / В.А. Каргин. – Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2019. № 4.
6. Моисеев А.П. Электротехнологическое оборудование в сельскохозяйственном производстве: учебное пособие / В.А. Каргин, А.П. Моисеев, Л.А. Лягина, А.В. Волгин. – Саратов: Амирит, 2018. – 103 с.
7. Усанов, К.М. Проектирование электроустановок : учебное пособие / К.М. Усанов, В.А. Каргин, А.П. Моисеев, Л.А. Лягина. – Саратов: Амирит, 2017. – 123 с.
8. Змеев, А.Я. Проектирование систем электрификации: учебное пособие / А.Я. Змеев, К.М. Усанов, В.И. Мошкин, В.А. Каргин. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2016. – 292 с.
9. Каргин, В.А. Автоматизация систем управления технологическими процессами : учебное пособие / В.А. Каргин, А.П. Моисеев, А.В. Волгин, Л.А. Лягина, Е.А. Четвериков. – Саратов: Амирит, 2018. – 177 с.
10. Петров, И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования / И.В. Петров. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 246 с.
11. Руководство пользователя по программированию в CoDeSyS 2.3 – редакция RU 2.4, для CoDeSyS v 2.3.6x.
12. <https://owen.ru>. ОВЕН. Оборудование для автоматизации.

Комендантова Е.В.

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет», г. Новосибирск

ВЫБОР ОСНОВНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ГЭС

Аннотация. К основному энергетическому оборудованию ГЭС относятся гидротурбины и гидрогенераторы.

Ключевые слова: гидрогенератор, гидротурбина, КПД, ГЭС.

Важнейшим исходным параметром для выбора гидротурбинного оборудования является напор, который изменяется в зависимости от режимов работы проектируемой станции в пределах от минимального до максимального значения. Кроме предельных значений напоров, при выборе оборудования необходимо учитывать расчетный по мощности напор.

Перед тем, как приступить к выбору гидротурбин, необходимо построить напорную характеристику ГЭС и определить режимное поле гидротурбины с учетом накладываемых оборудованием ограничений. Расчет ведется для русловой ГЭС.

При выполнении данной задачи расчет ведется для отметок НПУ (нормальный подпорный уровень) и УМО (уровень мертвого объема), так как эти отметки выступают верхней и нижней границей зоны нормальной работы водохранилища ГЭС.

Для построения напорных характеристик используются выражения:

$$H = \nabla_{\text{НПУ}} - Z_{\text{НБ}}(Q_{\text{ГЭС}}) \quad (1)$$

$$H = \text{УМО} - Z_{\text{НБ}}(Q_{\text{ГЭС}}) \quad (2)$$

Значение УМО = 109,5 м, $\nabla_{\text{НПУ}} = 113,5$ м.

В табл. 1 сведены исходные данные и результаты расчетов.

Для определения рабочего поля ГЭС, а также точек H_{max} , H_{min} , H_p на напорные характеристики наносятся линии ограничения:

- линия ограничения по мощности генератора (ЛОГ);
- линия ограничения по мощности турбины (ЛОТ).

Таблица 1 – Значения для построения напорных характеристик

$Q_{\text{нб}}, \text{ м}^3/\text{с}$	$Z_{\text{нб}}, \text{ м}$	H при НПУ, м	H при УМО, м	$H_{\text{ср}}, \text{ м}$
0	92,5	21	17	20,2
150	93	20,5	16,5	19,7
750	94,25	19,25	15,25	18,45
1150	95	18,5	14,5	17,7
2050	96	17,5	13,5	16,7
6000	98,5	15	11	14,2

Точки, лежащие на линии установленной мощности, определяются выражением:

$$Q(H) = \frac{N_{ГЭС\text{уст}}}{k_N \cdot H}, \text{ при } H \geq H_p, \quad (3)$$

где $k_N = 9,81 \cdot \eta_{ВС} \cdot \eta_{ТУРБ} \cdot \eta_{ГЕН} \approx 8,5$

Линия ограничения по турбине характеризуется зависимостью:

$$Q(H) = Q_{max} \cdot \sqrt{\frac{H}{H_p}}, \text{ при } H \leq H_p \quad (4)$$

Зная значения минимального, максимального и расчетного напора ($H_{min} = 12,5$ м; $H_{max} = 19,4$ м; $H_p = 15,5$ м) проводим дальнейшие расчеты по формулам (3) и (4). Результаты расчетов сведены в табл. 3.

Таблица 3 – Результаты расчетов ЛОГ и ЛОТ

ЛОГ		ЛОТ	
H, м	Q, м ³ /с	H, м	Q, м ³ /с
15,5	3979,279	12,5	3573,498
17	3628,166	14	3781,835
18	3426,601	15,5	3979,279
19,4	3179,321		

По полученным данным строятся напорные характеристики ГЭС, которые представлены на рис. 1.

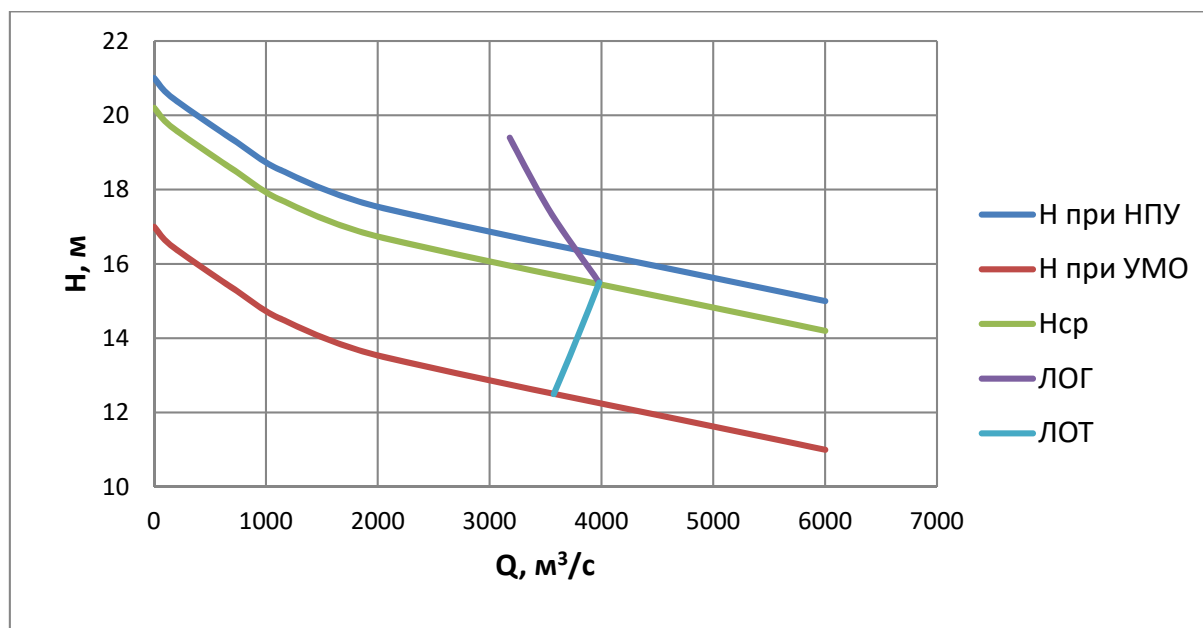


Рисунок 1 – Напорные характеристики ГЭС

Для дальнейших расчетов необходимо использовать эксплуатационную характеристику турбины. Турбина выбирается по напорному полю, то есть значения H_{max} , H_{min} , H_p должны находиться в диапазоне характеристики выбранной турбины. Исходя из рассчитанных напоров, выбираем гидротурбину ПЛ-20. Эксплуатационная характеристика представлена на рис. 2.

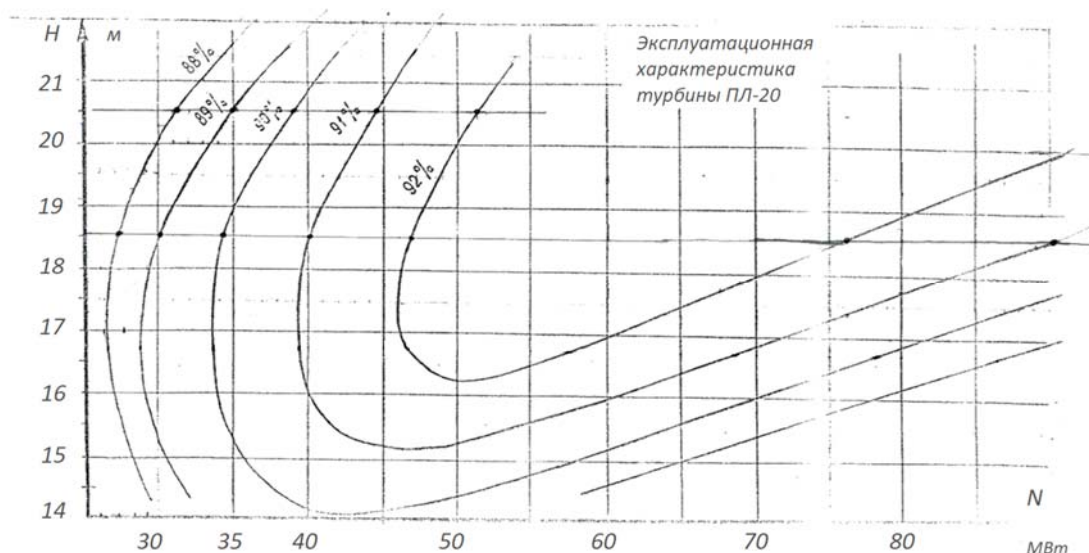


Рисунок 2 – Эксплуатационная характеристика турбины ПЛ-20

После того, как была выбрана турбина, необходимо определить КПД для разного количества работающих турбин. Для начала определим количество турбин. Для этого округлим значение установленной мощности станции с 524,27 МВт до 525 МВт и поделим на равные по мощности части, таким образом, по прикидочным расчетам получается 7 турбин по 75 МВт.

Таблица 4 – ЛОГ и ЛОТ для разного количества работающих турбин

Кол-во раб. турбин	ЛОГ				ЛОТ	
	H, м	N, МВт	k_N	Q, м ³ /с	H, м	Q, м ³ /с
1	19,1	75	0,93	430,4036	15,97	393,5607
	19,94	75	0,93	412,2723	18	417,826
					19,1	430,4036
2	18,07	150	0,916	923,7801	15,05	843,0587
	18,97	150	0,916	879,9529	16	869,2597
					18,07	923,7801
3	17,27	225	0,91	1459,418	14,27	1326,617
	18,17	225	0,91	1387,13	16	1404,732
					17,27	1459,418
4	16,73	300	0,905	2019,797	13,69	1827,096
	17,6	300	0,905	1919,955	15	1912,517
					16,73	2019,797
5	16,31	375	0,898	2609,949	13,3	2356,844
	17,2	375	0,898	2474,899	15	2502,941
					16,31	2609,949
6	15,91	450	0,89	3239,54	12,92	2919,305
	16,83	450	0,89	3062,453	14	3038,871
					15,91	3239,54
7	15,49	525	0,885	3903,872	12,54	3512,519
	16,44	525	0,885	3678,284	14	3711,367
					15,49	3903,872

Далее воспользуемся эксплуатационной характеристикой. Исходя из значений максимальных, минимальных и расчетных напоров, а также значений ЛОГ и ЛОТ для определенного количества турбин, находящихся в работе, определяем КПД станции.

Далее рассчитаем напор и расход для разного количества турбин, находящихся в работе по формулам (3) и (4), где $k_N = 9,81 \cdot \eta_{\text{ТУРБ}}$. Результаты расчетов сведены в табл. 4.

На рис. 3 представлен полученный график.

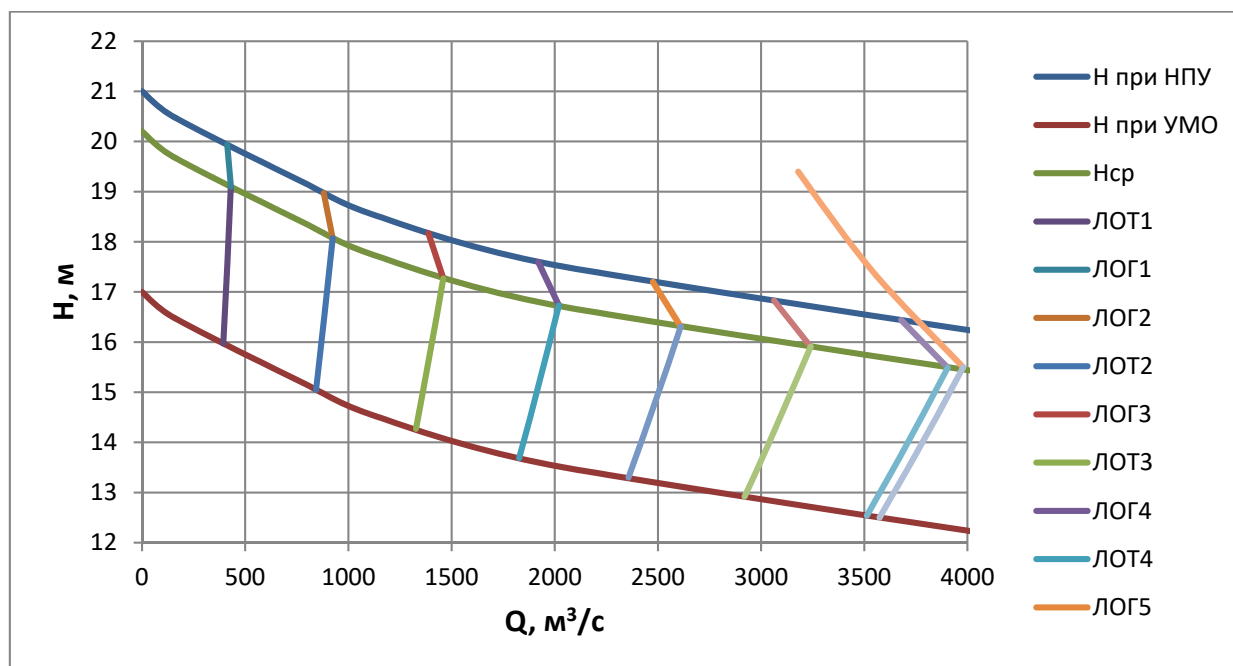


Рисунок 3 – Напорные характеристики для турбин и ГЭС

Из графика видно, что все турбины лежат в режимном поле станции.

Гидрогенератор подбирается по справочным данным серийных типов по расчетному значению его номинальной мощности и синхронной частоте вращения.

Номинальная мощность гидрогенератора:

$$S_{\text{НОМ}} = \frac{N_a}{\cos\varphi} = \frac{75}{0,9} = 83,33 \text{ МВ} \cdot \text{А}$$

где $\cos\varphi$ — коэффициент мощности генератора, предварительно принимаемый $\cos\varphi = 0,8 \div 0,95$.

$$p = \frac{6000}{n_c} = \frac{6000}{125} = 48$$

По справочным данным выбираем гидрогенератор СВ-850/190-48.

Список литературы

1. Александровский, А.Ю. Выбор параметров ГЭС: учебно-методическое пособие к курсовому и дипломному проектированию гидротехнических объектов/ А.Ю. Александровский, Е.Ю. Затева, Б.И. Силаев. – Саяногорск: СШФ КГТУ, 2005. – 174 с.

Котков Р.О., Левин М.А.

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет
им. Н.И. Вавилова», г. Саратов

ПРИМЕНЕНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В АПК МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Аннотация. Повсеместное распространение устройств и приборов, потребляющих электроэнергию и упрощающих многие технологические процессы, зачастую не является выполнимой задачей в следствии отсутствия доступного источника питания. В таких случаях крайне эффективным решением является установка возобновляемого источника энергии непосредственно для конкретного вида потребителя. В статье рассматриваются разновидности возобновляемых источников питания для удовлетворения потребностей технологических процессов в АПК малой мощности.

Ключевые слова: альтернативная энергетика, нетрадиционные источники, технологические процессы в АПК малой мощности, источники питания.

На сегодняшний день существует множество способов извлечения и получения электрической энергии. Самыми распространенными являются АЭС, ГЭС, ТЭС. Но на этом список возможных способов получения электрической энергии не заканчивается. Все вышеперечисленное это традиционные источники энергии. Так же существуют альтернативные источники.

Альтернативная энергетика — это совокупность перспективных способов получения, передачи и использования энергии, которые распространены не так широко, как традиционные, однако представляют интерес из-за достаточной эффективности их использования при, как правило, низком риске причинения вреда окружающей среде.

Представителями таких источников, которые используют альтернативную энергию, являются:

- Солнечные электростанции
- Ветровые электростанции
- Волновые электростанции
- Приливные электростанции
- Геотермальные станции

Наименее затратными и более распространёнными являются станции, использующие ветровую и солнечную энергию.

В условиях эксплуатации различных устройств АПК перебои электроэнергией или отсутствие постоянного источника питания является одной из актуальных проблем. За частую удалённость от постоянного источника питания устройств с малым потреблением электроэнергии или отсутствие таковых приводит к дорогостоящим и по большей части неоправданным потерям финансов в

следствии проведения линий электроснабжения или покупки электрогенераторов, работающих от сжигания углеводородного топлива. К технологическим процессам в АПК малой мощности можно отнести:

- Охранное освещение объектов АПК
- Временные пункты размещения персонала
- Системы электроизгороди или электропастуха
- Системы видеонаблюдения
- Кормление рыбы
- Питание переносного электроинструмента

Такие потребители электроэнергии имеют среднее потребление от 50 до 300 Вт.

Для данных типов потребителей установка возобновляемых источников питания является наиболее эффективным и мало-затратным способом решения проблемы. Источники энергии для данных устройств можно применять стационарные или мобильные (по мере необходимости). Плюсы стационарных источников питания в данном случае будут полностью реализованы в случае если, потребитель энергии работает круглогодично. Во всех остальных случаях, особенно сезонных работ, имеет смысл устанавливать мобильные переносные источники питания.

К стационарным источникам питания можно отнести ветровые электростанции и солнечные электростанции. Такие источники энергии оснащаются аккумуляторными батареями чтобы обеспечить постоянную подачу энергии даже в неблагоприятные для выработки энергии погодные условия.

К мобильным источникам питания по большей части можно отнести только переносные солнечные панели. Обусловлено это тем, что ветровые установки даже малой мощности нуждаются в надёжной фиксации на случай плохих погодных условий и порывистых ветров.

Солнечные панели также можно использовать для подзарядки аккумуляторов электрических транспортных средств (рис.1).

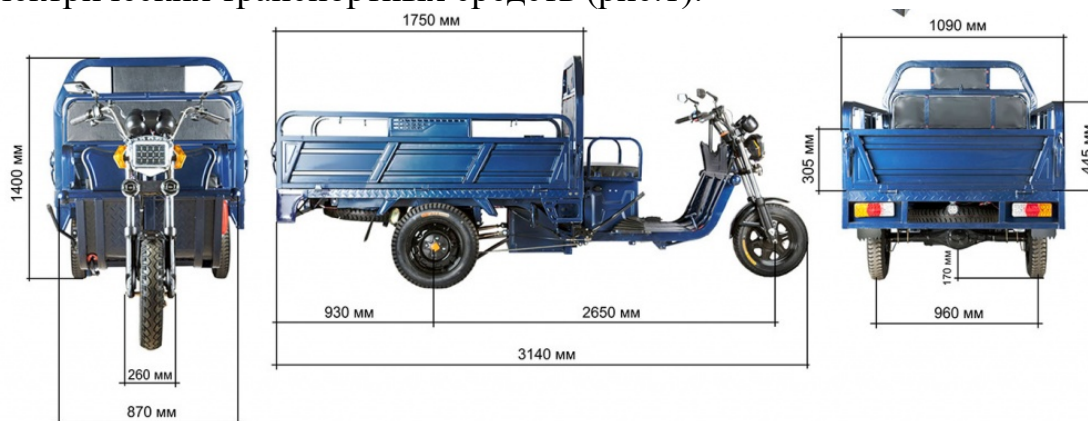


Рис 1. Грузовой электрический трицикл грузоподъёмностью 600 кг.

Такое решение позволяет сэкономить на топливе выполняя базовые задачи по транспортировке людей и грузов между объектами АПК и в их пределах. Подобные транспортные средства предполагается использовать и для организации мобильной энергетической станции, для монтирования в транспортной площадке технологического оборудования возобновляемого источника питания –

солнечных батарей, аккумуляторов, а также иметь возможность переносить дополнительный груз.

Грузоподъёмности серийно-выпускаемых электрических самоходных транспортеров в 300-700 кг вполне хватает для поставленных задач.

Список литературы

1. Бакиров, С.М. Сравнение нагрузок электропривода опорной тележки на жестких колесах и на колесах с пневматическими шинами. / Бакиров С.М., Логачёва О.В., Левин М.А. // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы инновационной агроэкономики. Сборник статей Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции. 2020. С. 14-18.
2. Левин, М.А. Эффективность актуализации трудоемкости ГПП / Левин М.А., Драгун А.Д. // В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК. Материалы IX международной научно-практической конференции. Под общ. ред. Трушкина В.А., 2018. – С 88-89.
3. Левин, М.А. Повышение эффективности использования роторных ветрогенераторов / Левин М.А., Иванкина Ю.В. // Техника и оборудование для села. 2017. № 3. – С. 44-45.
4. Левин, М.А. Влияние коэффициента нагрузки на надежность электродвигателей насосных станций / Левин М.А., Иванкина Ю.В., Чурляева О.Н. // Научное обозрение. 2015. № 8. – С. 111-113.
5. Левин, М.А. Энергия ветра – как источник питания для бытовых и технических нужд / Левин М.А., Подшивалов Р.С. // В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК. Материалы III Международной научно-практической конференции. Под редакцией А.В. Павлова. 2012. С. 198-201.
6. Иванкина, Ю.В. Повышение надежности эксплуатации асинхронных электродвигателей в сельском хозяйстве / Иванкина Ю.В., Левин М.А., Акишин Д.Д. // В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК. материалы VIII международной научно-практической конференции. 2017. С. 93-96.
7. Трушкин В.А. Применение ветроэнергетических установок в жилых комплексах АПК / Трушкин В.А., Левин М.А., Иванкина Ю.В., Белов В.В. // Известия Международной академии аграрного образования. 2019. № 45. – С. 72-75.

УДК 621.315.6

Котков Р.О., Левин М.А.

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова», г. Саратов

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОИЗГОРОДИ

Аннотация. В условиях применения электротехнологий в АПК, участие человека в таком процессе как выпас скота не остался в стороне. На данный момент доступен широкий выбор систем электроизгородей для содержания скота. В статье рассматриваются параметры для выпаса 100 голов КРС в течении пастбищного периода, а также перечень оборудования, необходимых для этих целей.

Ключевые слова: пастбища, стада, пастбищное угодье, электроизгородь, электропастух.

Территория пастбищ должна быть организована таким образом, чтобы обеспечить условия пребывания на них животных на протяжении всего пастбищного сезона и ухода за травостоем.

Организация территории включает установление необходимой площади и границ пастбища, оптимального числа загонов на нём, их конфигурации, расположения и ширины скотопрогонов, оборудования стойбищ, водопоев, огораживание, размещение хозяйственных построек.

Площадь пастбищ для стада зависит от числа голов в нём, суточной потребности одного животного в зелёном корме, урожайности травостоя, коэффициента поедаемости травы и продолжительности пастбищного периода. Она может быть определена по ёмкости пастбища. Исходными данными расчета являются:

Число голов (А) – 100.

Урожайность пастбища за сезон (Y_0) – 195 ц/га.

Количество циклов стравливания (Ц) – 4.

Полнота использования корма (Б) – 90%.

Суточная потребность коровы в зелёном корме (С) – 0,6 ц.

Количество дней выпаса в одном загоне (Д) – 7 дн.

Продолжительность пастбищного периода (П) – 148 дн.

Количество периодов между стравливаниями (К) – 3.

Расчет сведем в таблицу 1.

Таблица 1. - Расчёт площади пастбища

№ п.п.	Показатели	Расчётная формула / расчёт	Итог
1	Суточная потребность стада в корме, ц	$B=A \times C=100 \times 0,6$	60 ц.
2	Средняя урожайность в каждом цикле стравливания, ц/га	$Y_{ц}=Y_0 \div Ц=195 \div 4$	48,8 ц/га
3	Площадь одного загона для выпаса стада в течение суток, га	$S_1=B \div (Y_{ц} \times Б)=60 \div (48,8 \times 0,9)$	1,37 га.
4	Площадь одного загона на стадо с учетом количества дней пастбы в загоне, га	$S_д=S_1 \times Д=1,37 \times 7$	9,59 га.
5	Интервал между стравливанием, дн.	$И=П \div К=148 \div 3$	49 дн.
6	Число загонов, шт.	$Ч=И \div Д=49 \div 7$	7 шт.
7	Площадь пастбища, га	$S_0=S_д \times Ч=9,59 \times 7$	67,13 га.
8	Общая площадь пастбища с учетом страхового фонда (25 %), га	$S=S_0+25\%=67,13+25\%$	83,91 га.
9	Нагрузка на пастбище, гол/га	$Н=A \div S=100 \div 83,91$	1,2 гол/га
10	Площадь пастбища на 1 голову, га	$Пл=1 \div Н=1 \div 1,2$	0,83 га.

В соответствии с расчётами пастбища была определена площадь, необходимая для выпаса 100 голов КРС в течении всего пастбищного периода, которая составила 83,91 га. На данном этапе необходимо провести расчёт параметров электроизгороди и выбрать необходимое оборудование. Результаты расчета и расчет оформим в виде таблицы 2. Количество рядов электроизгороди (X) прием равным 2 шт.

Таблица 2 – Расчёт параметров электроизгороди

№ п.п.	Показатели	Расчётная формула / расчёт	Итог.
1	Сторона электроизгороди, м.	$a=\sqrt{S_d}=\sqrt{95900}$	309,68 м.
2	Периметр электроизгороди, м.	$P=4\times a=4\times 309,68$	1238,71 м.
3	Длина необходимого провода электроизгороди, м.	$D=P\times X=1238,71\times 2$	2477,42 м.
4	Количество промежуточных колышков, шт	$I=P\div 10+4=1238,71\div 10+4$	128 шт.

После проведённых расчётов необходимо определиться с выбором необходимого оборудования.

В соответствии с данными таблиц 1 и 2, выбранное оборудование представлено в таблице 3.

Таблица 3 – Комплектация электроизгороди

№	Оборудование	Количество	Цена
1	Электропастух OLLI 180B	1	17 100 руб.
2	Пружинный комплект для калитки	4	3128 руб.
3	Многожильный шнур Shockteq Super-6, 3мм/1000м	5	22500 руб.
4	Кольцевой изолятор OLLI для проводов, 100 шт	5	9315 руб.
	ИТОГО		52043 руб.

Для экономии на приобретение комплектующих для электроизгороди всё пастбищное угодье можно разделить на 7 участков. Площадь участков необходимо выделить так, чтобы выбранное стадо животных могло находиться на этом участке не менее 7 дней, не испытывая недостатка в зелёной питательной массе. Также пастбище должно находиться по близости от места поения животных рис.1.

В целях экономии предполагается приобретение комплектов провода для электроизгороди, столбиков и комплектов ворот для 2 участков пастбища. Данное решение обусловлено экономией времени на подключение к сети нового участка электроизгороди.

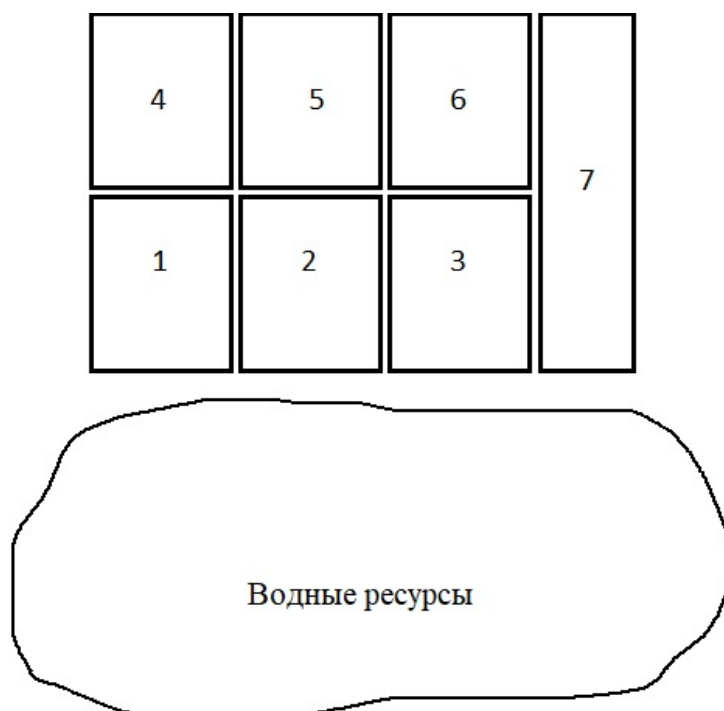


Рис.1. Планировка пастбищных угодий.

Для наиболее рационального использования времени на подключение электроизгороди предполагается установка электропастуха OLLI 180В в углах пастбищных участков объединяя сразу несколько из них. Такое решение позволит сократить время на перенос системы в течении всего пастбищного сезона до 6-8 раз.

Список литературы

1. Бакиров, С.М. Сравнение нагрузок электропривода опорной тележки на жестких колесах и на колесах с пневматическими шинами. / Бакиров С.М., Логачёва О.В., Левин М.А. // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы инновационной агроэкономики. Сборник статей Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции. 2020. С. 14-18.
2. Левин, М.А. Эффективность актуализации трудоемкости ГПП / Левин М.А., Драгун А.Д. // В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК. Материалы IX международной научно-практической конференции. Под общ. ред. Трушкина В.А., 2018. – С 88-89.
3. Иванкина, Ю.В. Повышение надежности эксплуатации асинхронных электродвигателей в сельском хозяйстве / Иванкина Ю.В., Левин М.А., Акишин Д.Д. // В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК. материалы VIII международной научно-практической конференции. 2017. С. 93-96.
4. <https://infopedia.su/14x81ac.html>
5. <https://tian-shop.ru/calculator/>
6. <https://bigfarmer.ru/>

Крюков И.Д.

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»,
г. Самара.

ПРИМЕНЕНИЕ СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ С РЕГУЛИРУЕМОЙ ВЫСОТОЙ ПОДВЕСА В ПТИЦЕФАБРИКАХ

Аннотация. В работе рассматриваются вопросы энергосбережения и ресурсосбережения при организации освещения в птицефабриках. Предложен вариант усовершенствования светодиодной системы освещения.

Ключевые слова: Энергосбережение, ресурсосбережение, светодиодное освещение, регулируемая высота подвеса.

Актуальность.

Лампы накаливания расходуют до 45-48% от суммарных затрат на электроэнергию, таким образом на содержание кур - несушек в промышленных условиях расходуется 70-100 тыс. кВт·ч в год [1].

Сократить затраты можно посредством применения светодиодного освещения. Оно является наиболее экономически выгодным, безопасным и надежным, поэтому сегодня интерес к нему стремительно растет [2-5].

Основной текст.

Известно, что светодиодные лампы по истечении времени снижают свой световой поток. Когда он снижается до определенного значения, лампа считается уже не пригодной и утилизируется.

В продаже имеются светодиодные светильники с регулируемой высотой подвеса. Применение таких светильников могло бы:

1. продлить срок службы светодиодов, так как, опустив или подняв светильник, можно добиться аналогичной освещенности, но уже при меньшем световом потоке;
2. упростить эксплуатацию светодиодных светильников, так как их будет проще мыть и протирать от пыли при регулируемой высоте;
3. расширить возможности светодиодных светильников, ведь благодаря регулированию высоты подвеса можно один и тот же светильник применять для разных зон освещения;
4. упростить подбор светодиодных светильников, так как, регулируя высоту, можно задать такой световой поток, который невозможно получить от стандартной высоты подвеса.

Заключение и выводы.

Была рассмотрена проблема энергосбережения в птицефабриках и путь её решения через применение светодиодного освещения. Описан вариант его усовершенствования путем применения светодиодных светильников с регулируемой высотой подвеса.

Список литературы

1. Буяров, В.С. Ресурсосберегающие методы и приемы повышения эффективности производства мяса бройлеров / В. С. Буяров, И. П. Салеева, Б. А. Буярова // Вестник ОрслГАУ. – 2009. – №2(17). – С. 54-60.
2. Bayneva I. I. Concerns Of Design Of The Energy-Efficient Fixtures. International Journal of Applied Engineering Research. Vol.10, № 3 (2015), pp. 6479-6487.
3. Байнева, И.И. Продукция светотехнической промышленности России: проблемы энергосбережения и энергоэффективности / И.И. Байнева, В.В. Байнев // Экономика фирмы. – 2014. – № 2 (7). – С.4-7.
4. Байнева, И.И. Аспекты разработки энергоэффективных светотехнических изделий для решения задач повышения энергосбережения / И.И. Байнева, В.В. Байнев // Вестник Мордовского университета. – 2014, № 1-2. – С. 76-80.
5. Байнева, И.И. Задачи и проблемы повышения энергоэффективности и энергосбережения в России / И.И. Байнева // Сборник научных трудов Sworld. - Одесса: КУПРИЕНКО. – 2013. – Т. 7. – № 2. – С. 52-55.
6. Айзенберг, Ю.Б. Задача стимулирования производства и применения энергоэффективных светотехнических изделий / Ю.Б. Айзенберг // Светотехника. – 2009 г. - №2. – С. 23-25.

УДК 62-523.2

Кузнецов М.Д.

ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет»,
г. Ульяновск

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ МОМЕНТА ИНЕРЦИИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЕНТИЛЬНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Аннотация. В статье рассматривается влияние изменения момента инерции на электромеханические характеристики вентильного электропривода. В программной среде *Matlab/Simulink* был смоделирован вентильный электропривод. Результаты моделирования показаны на рисунке.

Ключевые слова: вентильный двигатель, вентильный электропривод, электромеханические характеристики.

Машины постоянного тока имеют, по сравнению с машинами переменного тока, высокие технические и экономические показатели, такие как: малые размеры, высокий КПД, линейность характеристик и т.д. Но они имеют существенный недостаток – коллектор, который приводит к ухудшению срока службы двигателя, повышенной взрывоопасности, увеличенному моменту инерции. С появлением полупроводниковых приборов, появилась возможность создания бесколлекторной машины постоянного тока – вентильного двигателя.

Вентильный двигатель характеризуется большой надежностью, высоким временем службы и хорошими регулировочными характеристиками. Данный

тип двигателя может работать в различных неблагоприятных условиях эксплуатации. ВД применяются в различных сферах: робототехнике, автономных транспортных средствах, авиации, станочном оборудовании т.д.

В электроприводах с мощностью до нескольких десятков киловатт применяют двигатели с постоянными магнитами на роторе и другие типы двигателей: индукторные, гистерезисные и т.д. Применение вентильных двигателей позволяет заменить в авиационных системах гидроприводы и пневмоприводы на электропривод с меньшей массой и повышенной надежностью. [1]

Вентильный двигатель представляет из себя систему, которая состоит из нескольких частей: датчика положения ротора (ДПР), вентильного преобразователя (коммутатор) и электрической машины. [2,с.10] Коммутатор – это система полупроводниковых ключей, которые обеспечивают переключение обмоток вентильного двигателя в зависимости от положения ротора двигателя. Датчик положения ротора определяет угловое положение ротора для того, чтобы подать управляющие сигналы на систему управления ключами. Сам двигатель конструктивно подобен синхронной машине с постоянными магнитами на роторе.

Длительность переходных процессов определяется электромеханической постоянной T_M , которая выражается из данной формулы:

$$T_M = \frac{J_{\Sigma} * n_n}{M_n},$$

где M_n – пусковой момент двигателя; n_n – номинальная скорость двигателя; J_{Σ} – суммарный момент инерции электропривода, которая определяется: $J_{\Sigma} = J_d + J_{пр}$, где J_d – момент инерции двигателя; $J_{пр}$ – момент инерции механизма. [3.с.15]

Как мы видим из формулы следует, что при изменении момента инерции, меняется электромеханическая постоянная времени, которая влияет на электромеханические характеристики электропривода с вентильным двигателем.

Была построена система управления вентильным электроприводом в программной среде Matlab/Simulink. Данная модель позволяет изменять входное напряжение, угол поворота ДПР, нагрузочный момент и момент инерции (рисунок 1).

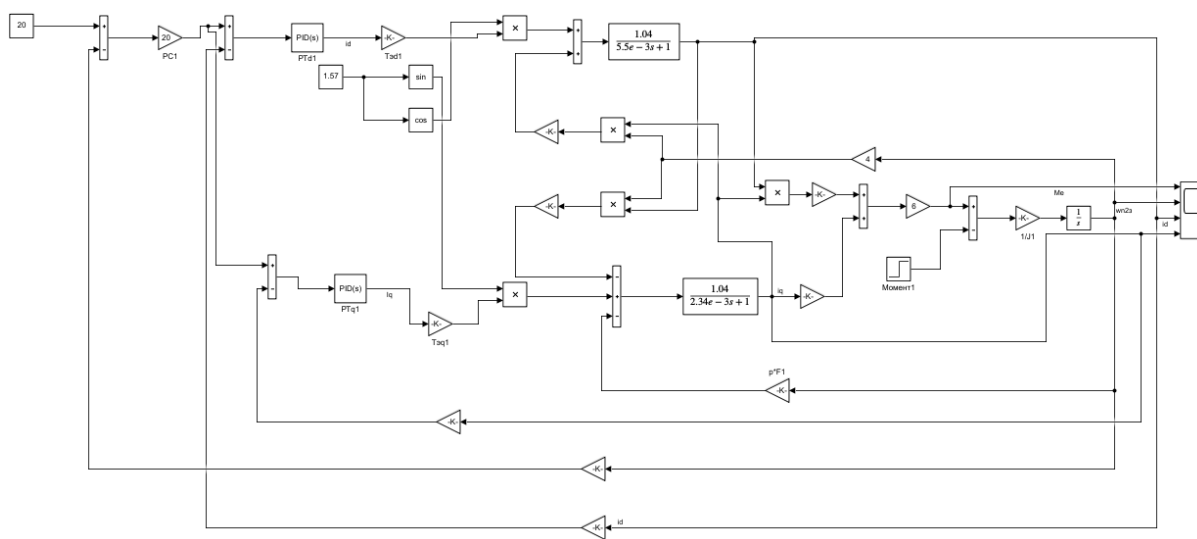


Рисунок 1. Модель системы управления ВД.

В ходе моделирования был построен график скорости (Рисунок 2) вентиляционного электропривода. Сплошной линией обозначена система с обычными значениями момента инерции. Пунктиром показана характеристика электропривода при увеличенном моменте инерции в 2 раза.

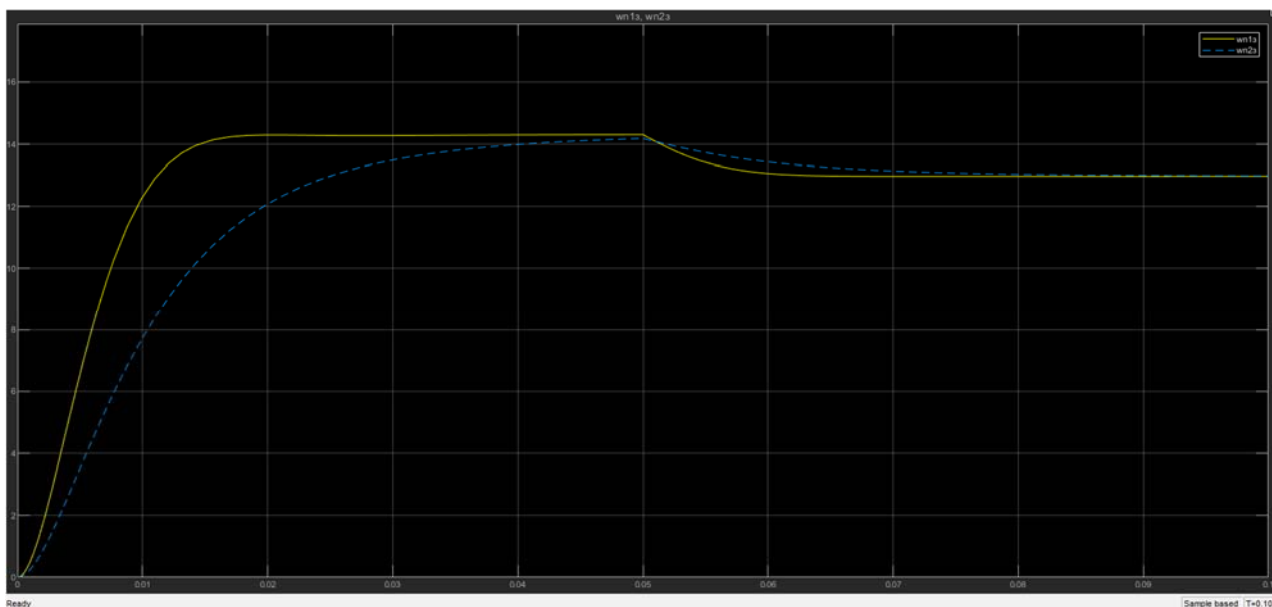


Рисунок 2. График скорости вентиляционного электропривода с разными моментами инерции.

Как видно из графика, при увеличении момента инерции, у данной системы управления повышается время регулирования, что пагубно сказывается на быстродействии системы. Перерегулирование остается прежним.

Список литературы

1. Области применения вентиляльных двигателей [Электронный ресурс] URL:https://studopedia.ru/13_36567_oblasti-primeneniya-ventilnih-dvigatelay.html (Дата обращения 23.04.2021)
2. Разработка и исследование систем электропривода с вентиляльными двигателями / В.И Доманов, А.В. Доманов. – Ульяновск: УлГТУ, 2015. - 194 с.
3. Автоматическое управление электроприводами: методические указания по курсовому проектированию для студентов направления 664500 «Электротехника, электромеханика, электротехнологии» / сост. В. И. Доманов, А. В. Доманов – Ульяновск : УлГТУ, 2012. – 37 с.

Куптлеуова К.Т., Канатбаев А.А.

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

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В ТЕПЛОЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЯХ

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

Ключевые слова: электроэнергия, энергосбережение, энергоэффективность, альтернативные источники энергии, энергоресурс.

Политика энергосбережения на производстве позволит не только развивать «зеленую экономику», но и снизит себестоимость производства, повысив конкурентоспособность казахстанской экономики. Из-за наличия значительных запасов ископаемых энергоресурсов Казахстан был почти на последнем месте в области энергосбережения.

Но к 2040 году исчезнут доступные залежи нефти, газа и урана в РК, а к 2070 году они будут полностью исчерпаны на Земле. Поэтому Казахстану нужно думать о новой энергоэффективной и экологически безопасной программе выработки и потребления электрической энергии. Нужно включаться в мировое сообщество и следовать тенденциям, которые актуальны сегодня в мире.

Для проведения энергосберегающей политики в Казахстане введена нормативная правовая база, Законы «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности» (Закон Республики Казахстан от 13 января 2012 года № 542-IV, с изменениями и дополнениями по состоянию на 29.06.2020г.) и «О внесении изменений и дополнений» в некоторые законодательные акты по вопросам определяющий правовые, экономические и организационные основы деятельности в области энергосбережения и энергоэффективности».

Из всего многообразия сопутствующих вопросов и проблем энергосбережения наиболее насущными можно назвать две сферы: бытовая и сфера ЖКХ.

Отсутствие общей массовой культуры бытового энергосбережения является основной причиной возникших проблем. Казахстанский потребитель не имеет достаточной мотивации для энергосбережения, задумываясь о проблеме лишь в рамках тарифов на потребление. Рассмотрим систему ЖКХ — повсюду зафиксированы потери тепловой энергии, которые вместо устранения, перераспределяются между потребителями. 60% энергии тратится впустую. Одним днем решить проблему не получится, потребуется не один год. Тем не менее заниматься задачами энергоэффективности важно и разумно. В первую очередь, нужно искать правильные пути достижения поставленной цели:

- создание и внедрение новых технологий;

- информирование населения примерами, фактами.

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

В настоящее время энергосберегающая деятельность осуществляется при строительстве промышленных предприятий, зданий жилищной и бюджетной сферы. Уже в проектах заложены энергосберегающее оборудование и технологии, энергосберегающие материалы и строительные конструкции.

К сожалению, сегодня для эффективного энергосбережения существует достаточно много препятствий, среди которых главными являются нехватка финансовых средств для осуществления необходимых мероприятий, а также невысокий уровень культуры энергосбережения.

Основными принципами экономии энергоресурсов в области энергосбережения являются:

- использование альтернативных источников энергии;
- использование вторичных энергетических ресурсов;
- применение неэнергоемких технологий и оборудования;
- принятие мер по рациональному использованию имеющихся энергоресурсов;
- проведение оценки экономической целесообразности применения любых энергосберегающих технологий и решений.

Энергосбережение предполагает не только дополнительные пути получения энергии, но и деятельность по экономии имеющейся и ее рациональному расходованию.

Целью государственной политики в области энергосбережения должно являться не снижение объемов потребления энергии как таковое, а повышение эффективности ее использования.

Список литературы

1. Беляев В.С., Хохлова Л.П. Проектирование энергоэкономичных и энергоэффективных зданий / В.С. Беляев и др. -М.: Высшая школа, 1992. -255 с.
2. Дарханов Т.Н. Проблемы энергосбережения и повышения энергоэффективности в РК / Т.Н. Дарханов и др. - Астана, 2017.
3. Данияров Н.С, Малыбаев С.К, Келисбеков А.А. Использование топливноэнергетических ресурсов / Н.С.Данияров и др. Промышленность Казахстана. – 2012.
4. Закон Республики Казахстан «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности» / Казахстанская правда. – 2012.

Лебедева Ю.В.ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»
Камышинский технологический институт (филиал)**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ВЛЭП
В СЛОЖНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

Аннотация: приводятся основные тенденции развития воздушных линий электропередачи, работающие в сложных метеорологических условиях, а также математические модели показателей экономической эффективности для данных тенденций.

Ключевые слова: воздушные линии электропередачи, эффективность, тенденции, экономичность, гололедно-ветровые нагрузки

Основой электроэнергетики являются электрические сети. Наиболее ответвленное звено электрической сети воздушные линии (ВЛ) электропередачи. Для эффективной работы ВЛ их техническое состояние требует постоянного развития и модернизации.

К рассмотрению предлагаются три тенденции развития ВЛЭП 110-500 кВ, в сложных метеорологических условиях, которые могут стать основой для предупреждения или исключения аварий на ВЛЭП в сложных метеорологических условиях.

Первая тенденция предполагает наличие нормативно-правовой базы, позволяющей управлять надежностью экономическими методами. В зависимости от категории потребителей, установлены уровни надежности, определяемые периодом повторяемости T , равному механической прочности с пределом исключения 10%. Разным уровням надежности соответствует различная стоимость электроэнергии $C_{\text{диф}}$. Все конструктивные элементы линии закладываются с высокой механической прочностью, на величину ущерба влияет удельная стоимость электроэнергии, которая зависит от числа отключений и длительности перерывов электроснабжения $t_{\text{пер}}$. Для первой тенденции оптимальный уровень надежности достигается при минимальной сумме затрат Z_{ij} на мероприятия по увеличению надежности и покрытию ущерба Y_{ij} .

$$Z_{ij} = \sum_{i=1}^{T_{\text{расч}}} (K_{ij} + I_{ij} + C_{\text{диф}ij} \cdot \Delta W_j + Y_{ij}) \cdot \alpha \rightarrow \min, \quad (1)$$

где $T_{\text{расч}}$ – горизонт расчета, лет; i – уровень надежности; K_{ij} – капиталовложения в j вариант развития ВЛЭП; I_{ij} – издержки на эксплуатацию; $\Delta W_j = \Delta W_{\text{нагр},j} + \Delta W_{\text{хх},j}$ – нагрузочные потери и потери холостого хода; Y_{ij} – ущерб состоящий из затрат на восстановление поврежденных ВЛ и затрат на компенсацию ущерба от аварийных ограничений потребителя электроэнергии; $\alpha = (1+E)^{-1} \cdot (1-t)$ – коэффициент дисконтирования, E – норма дисконта.

Вторая тенденция характеризуется отсутствием возможности делать большие капитальные вложения и применением плавки гололеда для противодействия гололедно-ветровым нагрузкам. Период определения расчетных нагрузок

не связан со сроком службы основного оборудования. Из-за отсутствия нормативно-правовой базы нет возможности учитывать уровень надежности потребителей различных категорий и управлять надежностью экономическими методами. В зимний период плавка гололеда повышает себестоимость передачи электроэнергии. Однако, механизм плавки позволит избежать аварии только при выполнении ряда организационно-технических мероприятий: обеспечение постоянной готовности схем и систем плавки в гололедоопасный период; осуществление системы наблюдения за гололедной обстановкой; наличие плана организации борьбы с гололедообразованием; готовность персонала разных подразделений для совместных действий при наблюдении за гололедом.

$$Z_{ij} = \sum_{i=1}^{T_{расч}} [K_{ij} + I_{ij} + C \cdot (\Delta W_j + \Delta W_{плавкаj}) + Y_{ij}] \cdot \alpha \rightarrow \min, \quad (2)$$

где C – стоимость электроэнергии; $\Delta W_{плавкаj}$ – потери электроэнергии на плавку гололеда, кВт·ч/год.

Третья тенденция предполагает, что механическая прочность ВЛ и её элементов закладывается выше, чем во второй концепции, но и необходимость в плавке гололеда в процессе эксплуатации возникает реже. Главные задачи третьей тенденции: повышение сроков службы и надежности оборудования ВЛ, снижение сроков строительства и затрат на её эксплуатацию [1, 2].

В рамках третьей тенденции вырисовывается n -вариантов с различным уровнем компромисности. Поставщики и потребители взаимодействуют на договорной основе. Механическая прочность ВЛ увеличивается за счет высокотехнологичного оборудования способного противостоять гололедно-ветровым ситуациям. В процессе эксплуатации ВЛ, как дополнительное средство повышения надежности может частично использоваться плавка гололеда, с использованием автоматизированной системы наблюдения за гололедной нагрузкой. Для реализации третьей тенденции требуется усовершенствовать нормативно-правовую базу, в частности для потребителей разной категории надежности разработать дифференцированные тарифы на электроэнергию.

$$Z_{ij} = \sum_{i=1}^{T_{расч}} [I_{ij} + C_{дифij} \cdot (\Delta W_j + \Delta W_{плавкаj}) + Y_{ij}] \cdot \alpha \rightarrow \min. \quad (3)$$

Выводы: предложены тенденции развития воздушных линий электропередач, работающих в сложных метеорологических условиях, различающихся степенью надежности и экономичности.

Список литературы

1. Шевченко, Н.Ю. Анализ основных направлений технического перевооружения воздушных линий электропередачи / Н.Ю. Шевченко, А.Г., Сошинов Ю.В. Лебедева, О.И. Елфинова. – Энергетика. Передача и распределение. 2020. № 1 (58). С. 60-65.
2. Новичков, С.В. Увеличение электрической мощности ВАГТЭ при дополнительном использовании теплоутилизационного контура / С.В. Новичков, Ю.В. Лебедева // В книге: Инновационные технологии в обучении и производстве. Материалы XIII Всероссийской заочной научно-практической конференции. Волгоградский государственный технический университет (Камышинский филиал). 2019. С. 31-32.

Литвинов С.А., Левин М.А.

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

ПЕРЕВОД С ТРАДИЦИОННОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ НА АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ МАСЛООБРАЗОВАТЕЛЯ

Аннотация. В данной статье рассматриваются задачи экономии с помощью перехода на альтернативный источник питания (гелиостанция).

Ключевые слова: Инсоляция, альтернативные источники энергии, автономия, инвертор, солнечная панель.

Солнечное излучение - это неисчерпаемый возобновляемый источник экологически чистой энергии. Солнечная энергия может быть преобразована в тепловую, механическую и электрическую энергию, использована в химических и биологических процессах.

Использование солнечной энергии на производстве в данный момент времени развито относительно слабо. В данной работе рассматривается вариант перевода на солнечную энергию работу маслообразователя в цеху по переработке молока.

Технологический процесс.

В маслообразователе регулирования состава масла не проводится. В него поступают сливки в полном соответствии с составом компонентов в масле. В маслообразователях осуществляется изменение структуры высокожирных сливок. Для этого высокожирные сливки интенсивно охлаждаются в первый период и подвергаются механическому воздействию при одновременном более глубоком охлаждении во второй. Таким образом, масло образуется в результате механического и теплового воздействия на высокожирные сливки.

Расчет системы начнем с того что высчитаем полную суточную нагрузку.

Полная суточная токовая нагрузка на инвертор в А*ч с учетом КПД инвертора:

$$I_{И} = \frac{W_{C}}{\eta_{ИНВ} * U_{ИНВ}}, \text{А} * \text{ч}$$

Количество блоков батарей:

$$n_{АКБ} = \frac{I}{C_{a}}$$

Нагрузка для подзарядки батарей:

$$W_{П} = (n_{АКБ} * C_{a} * U_{акб}) * 10\%$$

Суммарное среднесуточное потребление будет составлять:

$$W_{СР} = W_{C} * W_{П}$$

Исходные данные электропотребителей:

- Охладитель-пастеризатор $P_{a}=47$ кВт работает $t = 8$ часов в сутки, весь месяц.

- Центробежный насос $P_a=1,5$ кВт работает $t=8$ часов в сутки, весь месяц.
- Танк охладитель $P_a=1,5$ кВт, работает $t=20$ часов в сутки, весь месяц.
- Танк охладитель $P_a=1,5$ кВт, работает $t=8$ часов в сутки, весь месяц.
- Творожная ванна $P_a=45$ кВт работает $t=4$ час в сутки, весь месяц.
- Сепаратор-сливкоотделитель $P_a=5,5$ кВт работает $t=8$ часов в сутки, весь месяц.
- Высокожирный сепаратор сливкоотделитель $P_a=11$ кВт работает $t=4$ часов в сутки, весь месяц.
- Маслообразователь $P_a=2,2$ кВт работает $t=6$ часов в сутки, весь месяц.
- КПД инвертора - 0,9.
- Характеристика одной аккумуляторной батареи: $C_a=200$ А/ч, $U_a=12$ В.
- Уровень разрядки АКБ - 0,7.

При пиковой мощности приборов 46 кВт среднесуточный расход энергии составит $W_n=4929$ кВт*ч в неделю или $W_c=986$ кВт*ч в сутки.

$$W_{CP} = 986000 + 76800 = 1062800 \text{ Вт} \cdot \text{ч}$$

$$n_{пан} = \frac{1062800}{5,5 \cdot 200} = 967 \text{ шт}$$

Для энергообеспечения потребителя требуется 967 модулей солнечных элементов с выходными параметрами: $P_{СП} = 280$ Вт и $U_{НОМ.СП} = 24$ В.

Средняя стоимость 1 киловатта энергии в течении следующих десяти лет будет:

$$C_{CP} = \frac{A_{КОН} + A_{КОН1}}{2}$$

$$C_{CP} = \frac{4,19 + 8,4}{2} = 6,3 \text{ руб}$$

Итоговая стоимость солнечной электростанции, руб.:

$$C_{общ} = C_{пан} + C_{АКБ} + C_{ИНВ} + C_{КОНТ}$$

$$C_{общ} = 1848000 + 2200000 + 200000 + 264000 = 4533400 \text{ руб.}$$

Годовая окупаемость солнечной электроэнергии, руб/год:

$$C_{ГОД} = C_{ОФ} + C_{МС}$$

$$C_{ГОД} = 90961 + 228305,7 = 319266,7 \text{ руб/год}$$

При подобной эффективности срок окупаемости составит около 14 лет. Эффективность системы будет более значимое только при снижении стоимости компонентов и увеличении стоимости электроэнергии.

Список литературы

1. Gevorgian P. «Альтернативные источники энергии в проектировании зданий» The McGraw-Hill Companies, 2009,
2. Алфёров, Ж. И. Тенденции и перспективы развития солнечной фотоэнергетики / Ж. И. Алфёров, В. М. Андреев, В. Д. Румянцев // Физика и техника полупроводников. - 2004. - Т. 38, № 8.
3. Левин М.А. Повышение эффективности использования роторных ветрогенераторов. / Левин М.А., Иванкина Ю.В. // Техника и оборудование для села. 2017. № 3. С. 44-45.

4. Трушкин В.А. Применение ветроэнергетических установок в жилых комплексах / Трушкин В.А., Левин М.А., Иванкина Ю.В., Белов В.В. // Известия Международной академии аграрного образования. 2019. № 45. С. 72-75.

УДК 631.216

Литвинов С.А., Левин М.А.

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ ГИБРИДНОЙ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ ДЛЯ ЦЕХА ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ МОЛОКА

Аннотация. В данной статье рассматриваются задачи экономии затрат на электроэнергию с помощью перехода на альтернативный источник питания (гелиостанция).

Ключевые слова: Инсоляция, альтернативные источники энергии, автономия, инвертор, солнечная панель.

Во все времена для обеспечения своей жизнедеятельности, удовлетворения различных потребностей человек создавал, совершенствовал и развивал различные виды производства. Изобретение топливных двигателей, а затем и электрических машин, явилось в свое время значительным событием в развитии энергетики. Оно определило и современное состояние электроэнергетики, в основе которой лежат тепловые электростанции, работающие на различном ископаемом топливе.

Но в последнее время, когда казалось, что перспективы традиционной энергетики на ископаемом топливе достаточно устойчивы, в нарастающем темпе стали проявляться ее негативные стороны - загрязнение окружающей среды в сочетании с быстрым уменьшением легкодоступных запасов угля, нефти, газа.

Получение энергии альтернативным способом является актуальным в наше время. В данной статье такая система предложена для цеха первичной переработки молока, в период с апреля по август. Данный период обоснован тем, что в этот период возрастает количество поступаемого молока. Тем самым возрастает количество потребляемой энергии. И одним из вариантов компенсации электро-энергии на период увеличения потребления электроэнергии является установка солнечной электростанции, структурная схема которой представлена на рис. 1.

Приведем основные этапы определения параметры системы.

Расчет мощности солнечных панелей:

$$P_{сп} = \frac{E_{п} * k * P_{инс}}{E_{инс}}$$

где E_p - потребляемая энергия, Вт*ч в сутки, k – коэффициент потерь на заряд – разряд аккумуляторов, преобразование постоянного напряжения в переменное, обычно принимают равным 1,2-1,4.

Расчет вырабатываемой энергии солнечными батареями:

$$E_B = \frac{E_{инс} * P_{сп}}{P_{инс} * k}$$

где $P_{сп}$ - мощность солнечных панелей, Вт, E_B - вырабатываемая энергия солнечными панелями, Вт*ч в сутки, $E_{инс}$ - среднемесячная инсоляция (из таблицы) кВт*ч/м2/день, $P_{инс}$ – мощность инсоляции на земной поверхности на одном квадратном метре (1000Вт/м2).



Рисунок 1 Структурная схема подключения потребителя к гибричному источнику электроэнергии

Солнечная батарея (солнечная панель) – это устройство, предназначенное для преобразования энергии солнца в электрическую энергию.

Солнечный инвертор – это устройство, служащее для преобразования постоянного электрического тока, вырабатываемого солнечными батареями в переменный.

Контроллер – суть работы данного устройства состоит в мониторинге системы. Он непрерывно следит за током и напряжением и способен создать наиболее оптимальную мощность.

Поскольку панели соединены последовательно, то $I_{ЗАРЯДА}$ рассчитывается по следующей формуле:

$$I_{ЗАРЯДА} = \frac{P_{СП}}{U_{НОМ.СП.}}$$

$P_{СП}$ – мощность солнечных панелей, Вт, $U_{НОМ.СП.}$ – номинальное напряжение солнечных панелей, В;

Аккумуляторная батарея (АКБ) представляет собой химический источник тока, запасующий энергию, необходимую для питания электрического потребителя. Полная суточная токовая нагрузка на инвертор в А*ч с учетом КПД инвертора:

$$I_{И} = \frac{W_{C}}{\eta_{ИНВ} * U_{ИНВ}}, \text{ А * ч} \quad (5.4)$$

$\eta_{ИНВ}$ – КПД инвертора; W_{C} – среднесуточный расход электроэнергии;
 $U_{ИНВ}$ – входное напряжение инвертора.

Эта величина важна для определения количества АКБ, тока подзарядки и, в конечном счете, надежности системы.

В данной работе были произведены расчеты солнечной электростанции для цеха первичной переработки молока для периода повышения удоя. По итогу расчет можно сделать вывод что данная модификация теоретически вполне реализуема и экономически окупаема в адекватные сроки. Данная электростанция даст возможность компенсации электроэнергии в летний период и экономии. Для цеха первичной обработки молока с пиковой мощностью в 55 кВт необходим следующий комплект оборудования: инвертор SILA PRO 60 кВт, солнечная панель HeliosHouse марки HH-POLY280W, контроллер марки Tracer 2210A, 20A, 12/24В аккумуляторная батарея Delta HRL 12-890W.

Список литературы

1. Каргин В.А. Автоматизация систем управления технологическими процессами: учебное пособие/ В.А. Каргин, А.П. Моисеев, Л.А. Лягина, А.В. Волгин, Е.А. Четвериков – Саратов: Амирит, 2018.
2. https://saratov.solar-e.ru/catalog/inventory/gibridnye.inventory/sistema_trekhfaznykh_invertorov_sila_pro_60kvt/
3. <https://helios-house.ru/polikristallicheskie-solnechnye-batarei/485-solnechnaya-batareya-hh-poly280w/view-details.html>
4. Краснов И.Ю. Методы и средства энергосбережения: изд. Томского политехнического университета. 2016.
5. Трушкин В.А. Применение ветроэнергетических установок в жилых комплексах / Трушкин В.А., Левин М.А., Иванкина Ю.В., Белов В.В. // Известия Международной академии аграрного образования. 2019. № 45. С. 72-75.

УДК 631.223.2:628.93, УДК 621.314.26,
УДК 535.5, УДК 699.86, УДК 628.81:697.7

¹Лошкарев И.Ю., ¹Галкин Д.А., ¹Сидоров С. А., ²Лошкарева О.В.

¹ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», Россия, г. Саратов

²ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», «Колледж радиоэлектроники имени П.Н. Яблочкова», г. Саратов

ВОЗМОЖНОСТИ ГИБРИДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ В ОСЛОЖНЁННЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Аннотация. В статье рассмотрены возможности гибридного освещения в осложнённых климатических условиях.

Ключевые слова: световод, система освещения, гибридная система освещения, освещение, схема световодной системы освещения.

Сэндвич панели, производство которых в России началось в конце 90-х годов. На отечественном рынке используется 3 вида: стеновые, кровельные и СИП сэндвич панели.

Стеновые сэндвич панели используются для монтажа стен зданий производственного и административного характера, пригодны для пищевой, химической и фармацевтической индустрии. Основная их часть - это утеплитель. Чаще всего используют пенополиуритановую пену или минеральную вату. Сверху поверхность таких панелей покрыта металлическим профилем (оцинкованная сталь).

Кровельные панели, соответственно названию, предназначены для возведения крыш. Их особенность: наличие трапециевидных ребер твердости: дополнительная защита от повреждений массой снега. По строению такие же как и стеновые панели.

Сип сэндвич панели применяются для строительства «канадских домиков» (каркасных деревянных жилищ). Отличительная черта СИП панелей: вместо профилированного металлического листа, утеплитель укрыт с обеих сторон стружечными плитами.

Очень известна их универсальность и экономичность использования из следующих факторов:

- превосходные теплоизоляционные показатели;
- пожаростойкость;
- паро- и влагостойкость;

- пригодность для использования в осложненных климатических условиях СИП панели, например, выдерживают перепады температур от -50°C до $+50^{\circ}\text{C}$.



Рисунок 1 – Стандартная конструкция закрытого блок контейнера из сэндвич-панелей

Нами предлагается использовать СИП панели для изготовления закрытых мини-теплиц. Это позволит снизить затраты на отопление в холодном климате и кондиционирование в жарком.

Так как при закрытом блок-контейнере необходимо освещение, то для использования в качестве осветительных установок нами предлагается устанавливать гибридные осветительные установки.

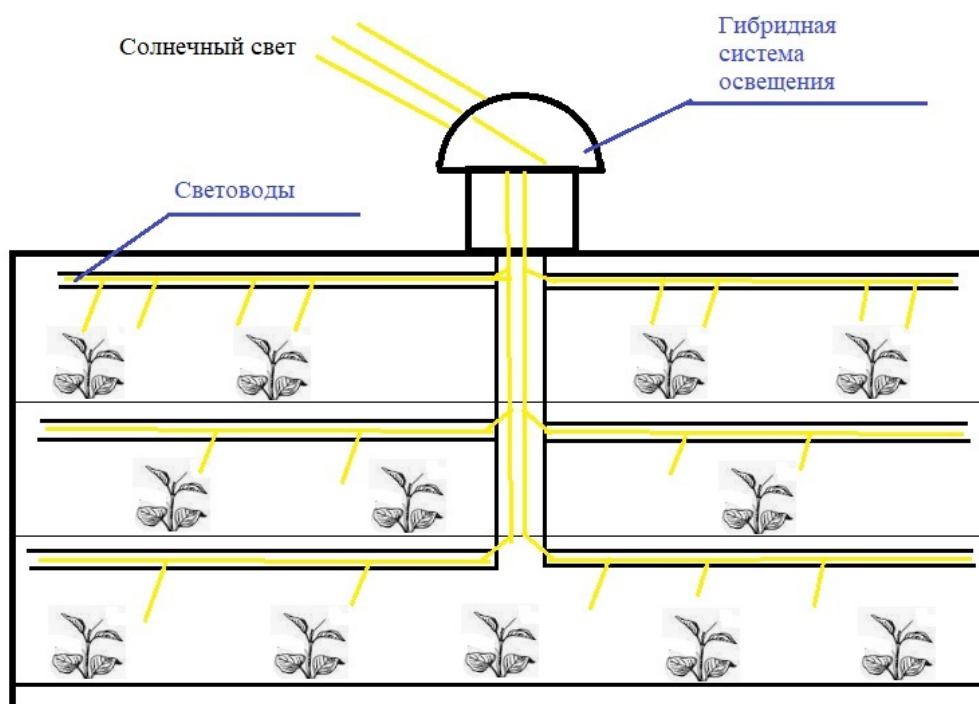


Рисунок 2 – Принцип работы гибридного освещения

1. Конструкция закрытого блок контейнера из сэндвич-панелей.
2. Устанавливается гибридная система освещения: днем освещается естественным светом, ночью досветка встроенными светодиодными источниками.
3. Теплоизоляция позволяет минимизировать затраты на отопление.

4. Область применения: северные районы России, использование в зимний период по всей России, строительство подземных теплиц.

Выводы

В результате построения функциональной модели системы освещения с полыми световодами было сформировано основное представление о процессах её функционирования, выявлены основные и второстепенные функции, определены основные моменты её конструкции. Структура факторов, влияющих на теплофизические свойства световода, позволила их проанализировать и сформулировать задачу для дальнейшего исследования [1-15].

Список литературы

1. Лошкарев, И.Ю. Оценка эффективности внедрения светоаэратора в систему вентиляции коровника / И.Ю. Лошкарев, А.Я. Аберясьев, В.И. Лошкарев // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы IX международной научно-практической конференции/Под общ. ред. Трушкина В.А. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2018. – С.104-106.
2. Лошкарев, И.Ю. Эффективность внедрения световодов для системы освещения в животноводческих помещениях / И.Ю. Лошкарев, О.В. Малецкий, В.И. Лошкарев, Н.Н. Белова // Известия Международной академии аграрного образования. 2018. № 39. С. 19-24.
3. Стерхов, А.И. Система энергосбережения в освещении улиц и дорог / А.И. Стерхов, И.Ю. Лошкарев, Н.В. Осадчий, С.В. Саенко, Е.Н. Бахуревич // В с **Зеркальная шахта** национальной научно-практической конференции «Актуальные проблемы энергетики АПК», 2019, Саратов: Изд-во ООО «ЦеСАин» – С. 213-215.
4. Лошкарев, И.Ю. Методика расчета экономической целесообразности применения полых трубчатых световодов / И.Ю. Лошкарев, А.И. Стерхов, К.А. Петров, В.В. Белов // Известия Международной академии аграрного образования. 2019. № 45. С. 136-139.
5. Лошкарев, И.Ю. Комплексное сравнение систем естественного освещения / И.Ю. Лошкарев, Е.В. Корепанов, А.И. Стерхов, Е.Ю. Уланов, К.А. Петров, В.В. Белов // Известия Международной академии аграрного образования. 2019. № 45. С. 37-47.
6. I.Yu. Loshkarev, A.I. Sterkhov, K.A. Petrov "Solar Concentrator Engineering Design SWx 700-250", Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology (AHMST), volume 1, International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research" (ISEES 2019), pp.780-786, August 2019. doi.org/10.2991/isees-19.2019.156.
7. A.I. Sterhov and I.Yu. Loshkarev "Determination of the proportion of natural light in solar radiation using the method of conversion of lighting units into energy", HIRM-2019 *J. Phys.: Conf. Ser* 1353 (2019) 012002, pp.1-6. doi:10.1088/1742-6596/1353/1/012002.
8. A.I. Sterhov, K.A. Petrov and I.Yu. Loshkarev "Calculation of the critical power density of natural light in a polymer optical fiber", HIRM-2019 *J. Phys.: Conf. Ser* 1353 (2019) 012003, pp.1-8. doi:10.1088/1742-6596/1353/1/012003.
9. A.I. Sterhov, K.A.Petrov and I.Yu. Loshkarev "Engineering design of solar concentrator for transporting sunlight through optical fiber" HIRM-2019 *J. Phys.: Conf. Ser* 1353 (2019) 012004, pp.1-11. doi:10.1088/1742-6596/1353/1/012004.
10. I.Yu. Loshkarev, A.I. Sterhov, K.A. Petrov "Simulation of the parametrs of the acrylic and specular light pipe for transmitting light radiation of the LED matrix", ITBI 2019, *J. Phys.: Conf. Ser* 1333 (2019) 062014, pp.1-8. doi:10.1088/1742-6596/1333/6/062014.
11. Лошкарев, И.Ю. Анализ и классификация систем перенаправления естественного освещения для помещений АПК/ И.Ю. Лошкарев// АПК России. 2019. Т. 26. № 4. С. 541-547.
12. Лошкарев, И.Ю. Эксплуатационные свойства и характеристики полых трубчатых световодов и зенитных фонарей/ И.Ю. Лошкарев, А.И. Стерхов, Т.А. Широбокова, Ю.Д. Вахрушева// АПК России. 2019. Т. 26. № 4. С. 548-552.

13. Стерхов, А.И. Исследование систем освещения с полыми протяжёнными световодами / *А.И. Стерхов, А.В. Палагин, И.Ю. Лошкарев* // Светотехника. 2019. № 6. С. 31-36.
14. Sterkhov A.I., Palagin A.V., Loshkarev I.Yu. «Study of lighting systems with extended hollow light guides», *Light & Engineering*. 2020. Т. 28. № 2. С. 54-60.
15. Возмилов, А.Г. Способы снижения энергопотребления в животноводческом помещении за счет применения светоаэраторов и систем перенаправления света / А.Г. Возмилов, И.Ю. Лошкарев, О.В. Логачева, А.И. Стерхов // АПК России. 2020. Т. 27. № 3. С. 459-465 .
16. Возмилов, А.Г. Система освещения сельских улиц, территорий парков и площадей / А.Г. Возмилов, И.Ю. Лошкарев, О.В. Логачева, А.И. Стерхов // АПК России. 2020. Т. 27. № 3. С. 453-458 (ВАК).
17. Стерхов, А.И. Требования к автоматизированной системе коррекции освещения помещений АПК с функцией управления и диспетчеризации периферийных устройств / А.И. Стерхов, И.Ю. Лошкарев, Н.В. Осадчий, А.И. Жижко, К.А. Петрище, Р.Д. Гливенко // В сборнике XI национальной научно-практической конференции «Актуальные проблемы энергетики АПК», 2020, Саратов: Изд-во ООО «ЦеСАин» – С. 118-122.
18. Лошкарев, И.Ю. Активные системы светозахвата для освещения помещений. И.Ю. Лошкарев, Н.В. Осадчий, А.Я. Аберясьев, С.В. Саенко // В сборнике X национальной научно-практической конференции «Актуальные проблемы энергетики АПК», 2019, Саратов: Изд-во ООО «ЦеСАин» – С.142-147.
19. Стерхов, А.И. Недостатки применения технологии зенитных фонарей / А.И. Стерхов, И.Ю. Лошкарев, Н.В. Осадчий, С.В. Саенко, Е.Н. Бахуревич В сборнике X национальной научно-практической конференции «Актуальные проблемы энергетики АПК», 2019, Саратов: Изд-во ООО «ЦеСАин» – С. 211-213.
20. Лошкарев, И.Ю. Энергосбережение в системе освещения в сельскохозяйственных и складских помещениях / И.Ю. Лошкарев, И.В. Шестаков, О.В. Малецкий, В.И. Лошкарев, Д.С. Куртмамбетов // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы IX международной научно-практической конференции/Под общ. ред. Трушкина В.А. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2018. – С.106-109 .
21. Лошкарев, И.Ю. Расчет величины теплопритоков системы естественного освещения / И.Ю. Лошкарев, Н.В. Осадчий // В сборнике X национальной научно-практической конференции «Актуальные проблемы энергетики АПК», 2019, Саратов: Изд-во ООО «ЦеСАин» – С.140-142 .

УДК 536.2

Лукьянченко А.М., Вендин С.В.

ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина», г. Белгород

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПА ТЕПЛООВОГО НАСОСА ДЛЯ АККУМУЛИРОВАНИЯ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЫБРОСОВ

Аннотация: в процессе производства могут образовываться газовые, паровые и жидкостные тепловые производственные выбросы. Рассмотрена схема аккумулирования теплоты низкопотенциальных промышленных выбросов основе теплового насоса.

Ключевые слова: энергосбережение, тепловая энергия, низкопотенциальные выбросы, аккумулирование, тепловой насос.

Для эффективного использования энергоресурсов можно выделить следующие пути энергосбережения: снижение тепловых потерь; повышение КПД энергопотребляющих устройств и установок; разработка энергосберегающих процессов и производств; использование нетрадиционных и альтернативных источников энергии, а также энергии производственных и непромышленных выбросов [1-5].

В процессе производства могут образовываться газовые, паровые и жидкостные тепловые выбросы. Их условно можно разделить на низкопотенциальные и высокопотенциальные. Высокопотенциальные выбросы имеют высокую температуру и их можно использовать сразу, пропуская через теплообменник, получая тепловую энергию. Но для реализации тепла низкопотенциальных выбросов потребуется источник внешней энергии. В его роли и будет выступать тепловой насос, питающийся из сети. Основными узлами теплового насоса выступают (рисунок 1): компрессор, конденсатор, испаритель и дроссель.

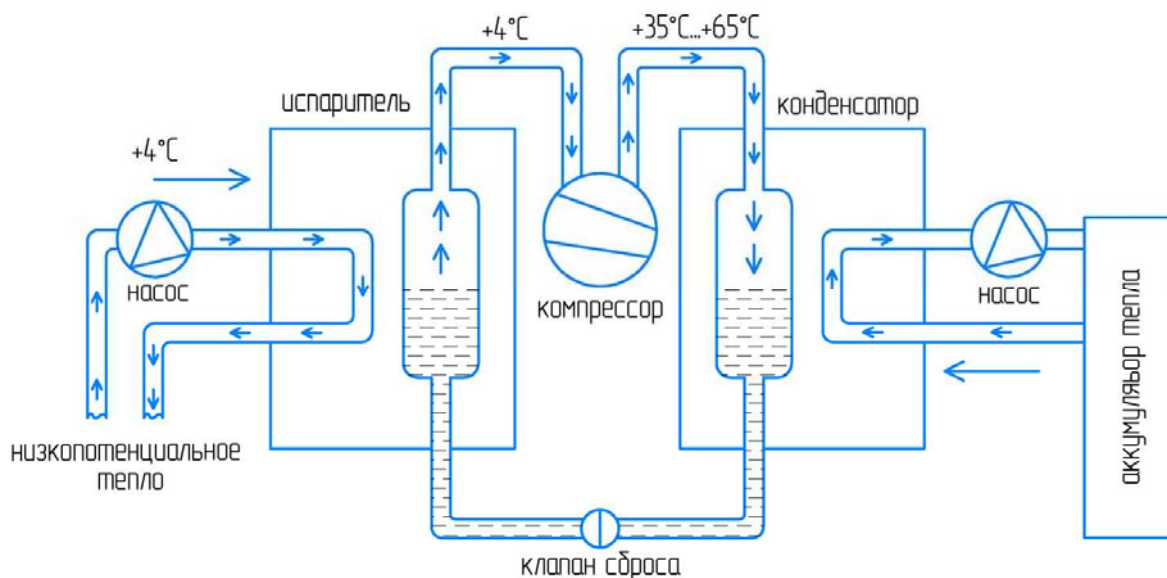


Рисунок 1 – Схема аккумуляции теплоты низкопотенциальных промышленных выбросов

Они образуют внутренний циркуляционный контур по средствам трубок. В этом контуре теплового насоса циркулирует хладагент, например, фреон-12.

Для повышения температуры хладагента с помощью компрессора создается высокое давление. Далее пары хладагента конденсируются в конденсаторе, отдавая тепло теплоносителю (например, воде) из внешнего циркуляционного контура. В качестве внешнего циркуляционного контура выступает отопительной системы производственного или жилого помещения. Затем хладагент проходит через дроссель, его давление падает, в результате происходит его резкое охлаждение (до отрицательной температуры). На заключительном этапе происходит испарение хладагента в испарителе за счет тепла, получаемого, например, от бросового потока. Затем рабочий цикл повторяется.

Наиболее важным показателем теплового насоса является его коэффициент трансформации [6]. Его определяют, как отношение тепловой мощности насоса к мощности потребляемой из генерирующей сети. По некоторым данным

при потреблении 2кВт электроэнергии с помощью теплового насоса можно получить дополнительно 7-11 кВт тепловой мощности. Коэффициент трансформации теплового насоса повышается с уменьшением разницы температур хладагента в конденсаторе и испарителе. Следовательно, для небольшой разности температур в конденсаторе и испарителе необходимо через испаритель нужно пропускать большое количество низкопотенциального теплоносителя. Таким образом будет обеспечиваться эффективная работа теплового насоса. Тепловой насос, потребляя малое количество энергии способен развивать большую мощность, что обусловлено тепловым эффектом фазовых переходов из одного агрегатного состояния в другое.

Роль компрессора заключается не только в увеличении давления и температуры хладагента, но и в его конденсации. Температура испаренного хладагента должна намного превышать температуру теплоносителя из внешнего циркуляционного контура (отопительной системы), а давление должно быть высоким для эффективной конденсации хладагента. Дроссель, в свою очередь, не только уменьшает давление и температуру хладагента, но и обеспечивает условия для его испарения. Температура хладагента в жидком состоянии должна быть намного ниже температуры низкопотенциального источника, а давление должно быть достаточным для его испарения. Именно, за счет фазовых переходов, удастся перенести значительное количество тепловой энергии. Относительно большое значение коэффициента трансформации теплового насоса объясняется малым потреблением энергии компрессором, что способствует увеличению холодильного коэффициента холодильника [7].

К недостаткам тепловых насосов относят дороговизну, большую поверхность отопительных приборов, ограничение максимальной температуры на выходе из теплового насоса (55-70°C) [8].

В заключение отметим, что представленная схема аккумулирования теплоты низкопотенциальных промышленных выбросов основе теплового насоса позволит дополнительно использовать газовые, паровые и жидкостные тепловые производственные выбросы, что положительно скажется на эффективном использовании энергии производственных и непроизводственных выбросов.

Список литературы

1. Вендин С.В. Анализ свойств теплоизоляционных материалов для условий нестационарной теплопередачи / С.В. Вендин, Ю.Н. Ульянов // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2019. № 4 (24). С. 30-36.
2. Вендин С.В. Выбор теплоизоляционных материалов для условий нестационарной теплопередачи / С.В. Вендин, Ю.Н. Ульянов // В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК. Материалы X национальной научно-практической конференции с международным участием. Под общ. ред. Трушкина В.А., 2019. С. 50-52.
3. Вендин С.В. Анализ свойств теплоизоляционных материалов для условий нестационарной теплопередачи / С.В. Вендин, Ю.Н. Ульянов // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2019. № 1 (18). С. 412-419.
4. Солдатенков А.С. Инновации в автоматизированных системах централизованного и децентрализованного теплоснабжения зданий образовательного назначения / А.С. Солдатенков, Е.А. Потапенко, А.О. Яковлев // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т. 12. № 4-3. С. 618-622.

5. Потапенко, А.Н. О математической модели управления процессом отопления распределенного комплекса зданий для автоматизированных диспетчерских систем / А.Н. Потапенко, Е.А. Потапенко, А.О. Яковлев // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2006. № 3. С. 23.
6. Гарипов, М.Г. Использование низкопотенциального тепла Земли с помощью теплового насоса / М.Г. Гарипов, В.М. Гарипов // Вестник КТУ. 2014. Т.17, №14, с. 197-198.
7. Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А.Г. Касаткин.- М.: Химия, 1975.-754 с.
8. Германович, А. Альтернативные источники энергии. Практические конструкции по использованию энергии ветра, солнца, воды, земли, биомассы / А. Германович.- СПб.: Наука и техника, 2011.-320 с.

УДК 621.314.312

Лыков Ю.Ф.

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»,
г. Самара

УТКЗ В СЕЛЬСКОЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

Аннотация. Применение УТКЗ позволяет повысить качество электроснабжения сельских потребителей электроэнергии благодаря сокращению времени поиска места повреждения электрической сети.

Ключевые слова: место короткого замыкания, поиск, обнаружение.

Актуальность темы. На основе статистических данных обследования электрических сетей 6(10) кВ установлено, что основными повреждениями в этих сетях являются однофазные замыкания на землю (ОЗЗ), которые составляют 70-90% от общего количества повреждений. Трудозатраты на восстановление нормального режима линий составляют примерно 75% всех затрат на эксплуатацию и наибольшей составляющей трудозатрат на восстановление является поиск места повреждения.

Известны две группы методов определения места повреждения (ОМП): дистанционные (относительные), позволяющие определить расстояние до места КЗ и топографические, позволяющие указать на местности поврежденный участок сети.

УТКЗ (указатель тока КЗ), ИКЗ (индикатор КЗ) – устройство для запоминания и индикации события прохождения тока КЗ, позволяющее определить место повреждения одним из топографических методов:

- Электромеханический – основан на фиксации механических усилий, возникающих при прохождении токов КЗ.
- Потенциальный – обнаружение резких изменений фазных и линейных напряжений при КЗ.
- Акустический – фиксируются характерные звуковые колебания, возникающие при КЗ.

– Индукционный – основан на обнаружении изменения картины магнитных полей вокруг проводников ЛЭП при КЗ.

На воздушных линиях УТКЗ располагаются непосредственно на проводах или на опорах. Для подачи сигнала о фиксации события прохождения тока КЗ они снабжаются яркими блинкерами (флажками), светодиодными или ксеноновыми источниками света, видимыми на значительном расстоянии. В кабельных сетях УТКЗ располагаются в ячейках распределительных устройств. Современные модели УТКЗ оборудуются средствами связи, позволяющими передать сигнал срабатывания непосредственно на диспетчерский пункт.

УТКЗ позволяют оперативно выявить и локализовать участок линии, на котором произошло межфазное замыкание (МФЗ) либо ОЗЗ.

Каждое из устройств, установленное (в зависимости от модификации) на опоре или фазном проводе ВЛ, в постоянном режиме ведет измерение текущих действующих величин токов и напряжений в фазных проводах, вычисляет амплитуды и сравнивает полученные значения с уставками. Измерения токов производится индукционными датчиками, напряжения – емкостными датчиками. При превышении заданных уставок устройства срабатывают и включают визуальную индикацию сверхъяркими светодиодами или блинкерами со светоотражающим покрытием, а также сохраняют параметры аварии в память УТКЗ. В современных устройствах имеется возможность считывать сохраненную информацию с помощью переносного пульта по радиоканалу ближней связи, либо дальней связи, что позволяет диспетчеру отправить аварийную бригаду непосредственно на аварийный участок. Такие устройства могут быть настроены с помощью переносного пульта без снятия их с проводов или с опоры ВЛ.

УТКЗ устанавливаются с определенным интервалом по ВЛ (от 2 до 5 км), а также в начале каждой отпайки от ВЛ. Поиск места аварии производится последовательным осмотром состояния индикаторов, начиная от подстанции. По ходу движения от неё все индикаторы, расположенные до места аварии, будут показывать срабатывание, а УТКЗ, расположенные вне «маршрута» тока КЗ и/или после места аварии будут «молчать» (рис.1).

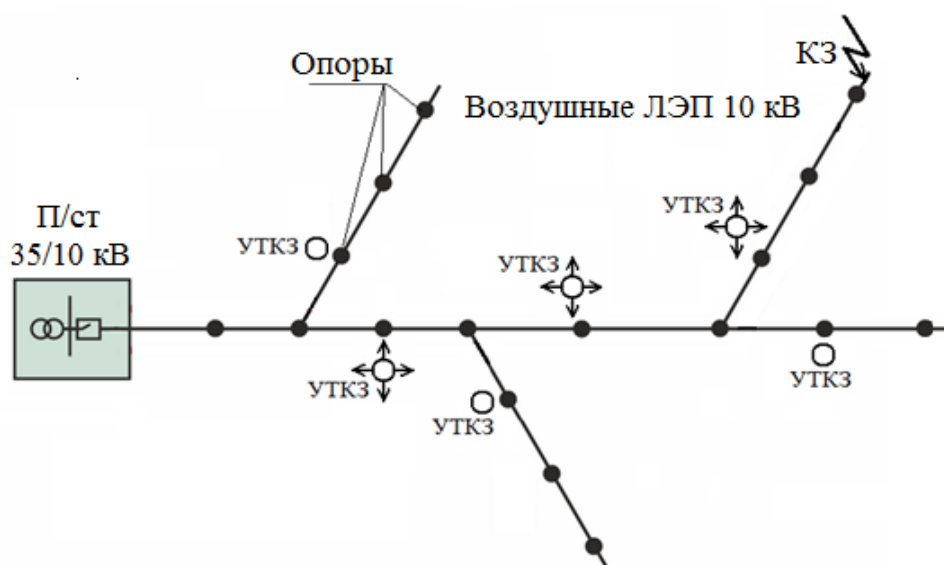


Рис. 1 – Расстановка УТКЗ в распределительной сети 10 кВ

Подавляющее большинство линий электропередачи классов напряжений 6–35 кВ в РФ работает с изолированной нейтралью, имея при этом значительно меньшие значения токов ОЗЗ, чем в сетях с резистивной или с глухо заземленной нейтралью. Поэтому именно ОЗЗ доставляют наибольшие проблемы эксплуатирующим сетевым организациям в силу наибольшей вероятности возникновения и повышенной сложности их обнаружения. Чувствительность УТКЗ к токам ОЗЗ в сети с изолированной нейтралью должна быть весьма высокой: менее 1 А. Такая чувствительность повышает стоимость УТКЗ, но позволяет обнаруживать ОЗЗ в линии без увеличения тока ОЗЗ путем перехода на высокоомную резистивную нейтраль. (Этот переход рекомендуется с целью снижения длительных перенапряжений при ОЗЗ).

Выпускаются также УТКЗ низкой чувствительности, реагирующие на малый ток ОЗЗ, путем регистрации броска емкостного тока с пуском по изменению напряжений фаз.

Список литературы

1. ru.wikipedia.org >Указатель повреждённого участка.
2. Тарасов К. В. Использование индикаторов короткого замыкания в распределительных сетях 6–10 кВ// Электроэнергия: Передача и распределение. - № 4.- М, 2014, с.7.

УДК 621.313

¹Макаричев Ю.А., ¹Ратцев Я.А., ²Сычева Е.С.

¹ ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»,
г. Самара

² ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет сервиса»,
г. Тольятти

ВЕТРОГЕНЕРАТОР МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Аннотация. Развитие ветроэнергетических установок малой мощности – актуальная задача для агропромышленного комплекса России. Ветроэнергетические установки требуют специальных генераторов, обеспечивающих их высокую энергоэффективность. Одним из путей решения этой задачи является создание синхронных машин с постоянными магнитами. В статье приводится сравнение характеристик различных типов генераторов с магнитоэлектрическим возбуждением.

Ключевые слова: ветрогенератор, синхронная машина с постоянными магнитами, ротор Дарье.

Развитие альтернативной энергетики, в частности энергетики, основанной на использовании возобновляемых источников – одно из приоритетных направлений развития науки и технологий в нашей стране и во всем мире. Количество электроэнергии полученной от таких источников во всех странах растет по экспоненциальной зависимости. Ветрогенераторы мощностью от сотен киловатт до

десятка мегаватт уже успешно эксплуатируются и составляют конкуренцию традиционным электростанциям, особенно в странах, где альтернативной энергетике оказывается государственная поддержка в виде налоговых преференций и других льгот [1-4].

Ветрогенераторы малой мощности, как правило, не могут конкурировать с традиционными источниками по стоимости электроэнергии, существенно уступая последним по величине затрат на производство единицы продукции в районах с развитой энергетической сетью. Однако существует немало объектов электропотребления небольшой мощности, для которых нерентабельно строить линии электропередач. В регионе Среднего Поволжья это в первую очередь отдаленные сельскохозяйственные объекты сезонного использования, полевые станы, туристические кемпинги, заповедники и т.п. Их потребляемая мощность часто не превышает нескольких киловатт. Современная автономная система электроснабжения, состоящая из ветрогенератора, солнечной батареи и буферной аккумуляторной батареи позволяет решить эту проблему экологически чистыми методами [5,6].

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

Кафедра «Электромеханика и автомобильное электрооборудование» электротехнического факультета СамГТУ совместно с научно-производственным объединением «Шторм» («STORM») уже несколько лет ведут разработки ветрогенераторов малой мощности. Особенность этих машин заключается в использовании Н-образного ротора Дарье. Ротор Н-Дарье отличается пониженным уровнем шума и полным отсутствием инфразвука [1]. Ветроэнергетическая установка этого типа имеет простую конструкцию и высокую надежность за счет отсутствия необходимости поворотного механизма и мультипликатора. Синхронный трехфазный генератор с постоянными магнитами на роторе расположен на одной вертикальной оси с ветроколесом и, следовательно, рассчитывался на относительно малые частоты вращения. Это определило малую активную длину машин (40 и 80 мм) при относительно большом диаметре (322 мм). В задачу проектирования входило согласовать расчетную мощность генератора и ротора ветроколеса.

Недопустимо завышать мощность генератора, так как это приведет к существенному падению КПД установки в целом.

В качестве альтернативных конструкций ротора генератора были рассмотрены две: явнополюсная с магнитами на поверхности ротора (Рис.1а), и неявнополюсная с магнитами, утопленными в тело магнитопровода ротора (Рис.1б) (с закладными магнитами и насыщающимися мостиками). Первая конструкция

дает выигрыш в 27% по величине магнитного потока, а, следовательно, и электромагнитной мощности. Вторая отличается более высокой технологичностью и надежностью конструкции.

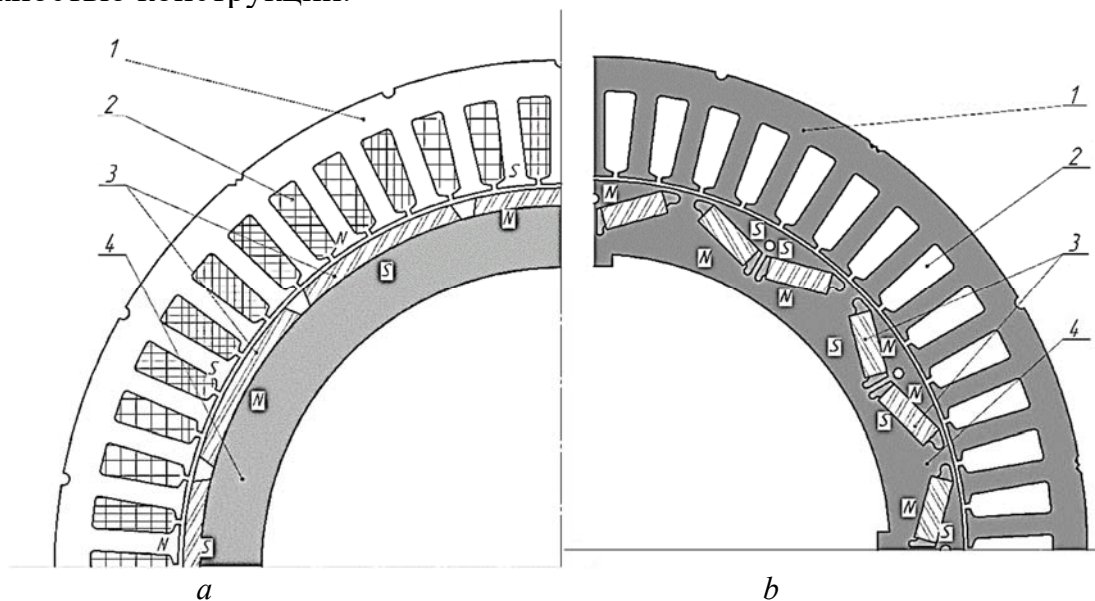


Рисунок 1 – Конструкции ротора генератора:
1 – статор; 2 – обмотка статора; 3- магниты; 4 – ротор.

На рисунке 2 приведены характеристики генератора для различных ветровых нагрузок мобильной ветроэнергетической установки (ВЭУ).

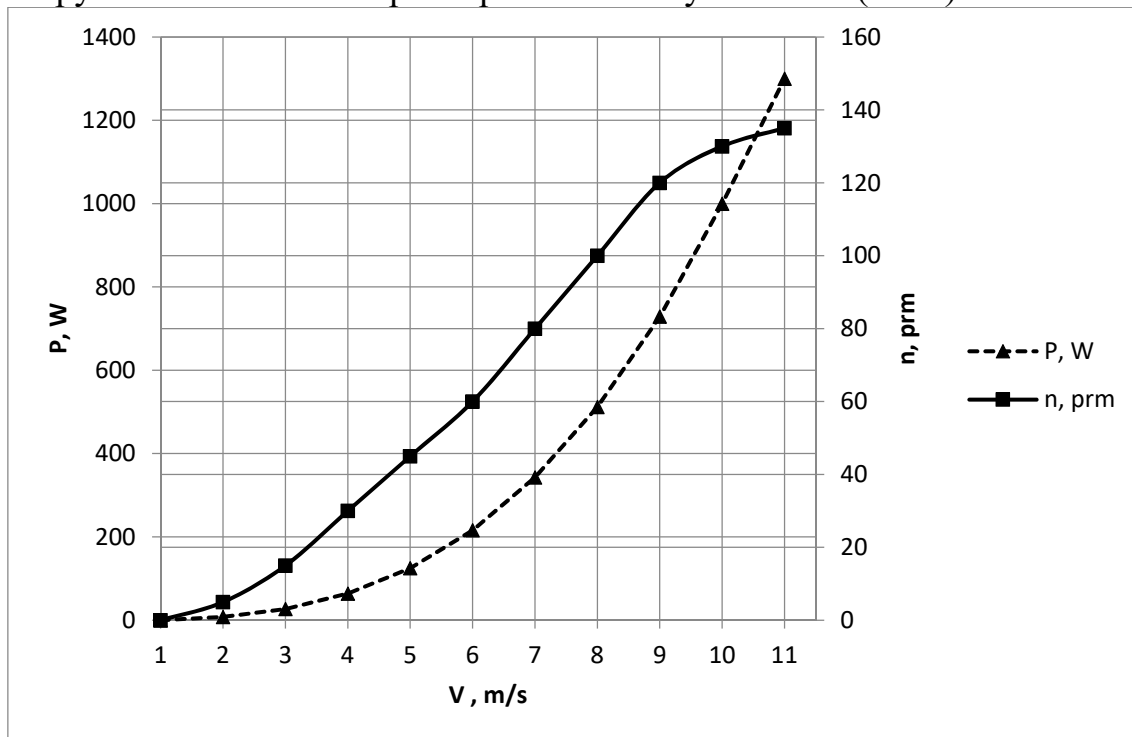


Рисунок 2 – Характеристики мобильной ВЭУ BRID 322

Из анализа зависимости частоты вращения ротора от силы ветра следует, что, начиная от скорости ветра 9-10 метров в секунду, частота вращения ротора практически перестает увеличиваться. Это является одним из достоинств ротора конструкции Н-Дарье (Darrieus rotor), не склонного к «разносу» при усилении ветра.

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

Список литературы

1. J. Tvydell A Weir. renewable enepgii ". М .: «Енепgoatomizdat", 1990, p 360-361, 364-365.
2. Patent RU2142066 IPC 6, F 03 B 13/00, C 01 B 3/08, published on 27.11.1999, in the Bulletin of the Russian Agency for Patents and Trademarks N2ZZ.
3. Jeremy Fugleberg (8 May 2014). "Abandoned Dreams of Wind and Light". Atlas Obscura. Retrieved 30 May 2016.
4. <http://www.guinnessworldrecords.com/world-records/highest-altitude-wind-generator>
5. Navid Goudarzi (June 2013). "A Review on the Development of the Wind Turbine Generators across the World". International Journal of Dynamics and Control. Springer. 1 (2): 192–202.
6. Rob Varnon. Derektor converting boat into hybrid passenger ferry, Connecticut Post website, 2 December 2010. Retrieved 25 April 2012.
7. See Erich Hau: Windkraftanlagen: Grundlagen, Technik, Einsatz, Wirtschaftlichkeit. Berlin/Heidelberg 2008, pp. 621. (German).

УДК 621.311

Матрошилов Н.П., Вендин С.В.

ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина», г. Белгород

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ «УНИМИЛК» ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ДОЕНИЯ НА ФЕРМАХ КРС

Аннотация: в статье приведен анализ особенностей и перспективы применения технологического оборудования «Унимилк – 100» и «Унимилк – 200» для автоматизации процесса доения на фермах КРС.

Ключевые слова: технологическое оборудование, доение, автоматизация.

Применение современного технологического оборудования для доения коров позволяет выполнить задачу по повышению производства молочной продукции и минимизировать затраты человека-часов на выполнение работы. Это достигается за счет применения автоматизированных систем и позволяет эффективно управлять технологическими процессами [1, 2, 3, 4].

Перспективным является оборудование, выпускаемое Компанией «Урал-СельСтрой». Специалистами компании разработаны линейные доильные установки и молокопроводы таких типов, как: «Унимилк – 100» и «Унимилк – 200», соответственно на 100 и 200 голов. Также возможны разработки для одновременного доения на 50, 300, 400 коров [5].

Молокопровод Унимилк включает в себя доильное оборудование, которое по системе движения молока относится к группе тупиковых, что позволяет: - Избавиться от устройств подъема ветвей. - Добиться индивидуального учета молока. - Благодаря тому, что ветви магистрального молокопровода имеют полированную внутреннюю поверхность и смонтированы по уровню - движение молока в них ламинарное и жир не оседает на стенках трубы. - Счетчик молока считает количество надоенного молока, как по группам, так и по коровнику в целом и устанавливается либо в молочном блоке, либо в кабинете главного зоотехника. - Оградительные конструкции, высота крепления и жесткость конструкции молочной и вакуумной линий исключают поломки при движении коров, а также их травмирование. - В молокопроводе, остатки молока сгоняются в колбу молокоприемника при помощи поролонового пыжа, при этом не происходит потерь молока и разбавления его водой при ополаскивании молокопровода.

Молочная колба выполнена из ударопрочного пищевого пластика объемом 50 литров. Молокоопорожнитель снабжен санитарным клапаном, электронными датчиками уровня, молочным насосом и фильтрующим элементом. Молочный насос изготовлен из нержавеющей стали.

Вакуумная установка представляет замкнутую систему вакуумопроводов, включающую в себя водокольцевую вакуумную установку НВУ – 70 – 2, производительностью 70 м³, баллон объемом 100л и вакууморегулятор. Рабочее вакуумметрическое давление в системе - 48 кПа. Магистральный вакуумпровод молокопровода изготовлен из труб диаметром 50 мм, линейный вакуумпровод из труб, состоящих из ударопрочного пластика диаметром 40 мм. Благодаря увеличенному диаметру труб создается дополнительный вакуум в системе.

Доильные аппараты изготовлены из комплектующих Interpuls, пульсаторы парного доения L02, коллектора на 300 см.куб., сосковой резины Gascoignemelotte производства Польши, а также молочные шланги производства Италия. Доильный стакан аппарата молокопровода изготовлен из нержавеющей стали.

Система промывки молочной линии включает: стенд на 12 аппаратов; ванну из нержавеющей стали объемом 180 л; водонагреватели объемом на 100 л.

На промывочной линии молокопровода установлены приспособления для чистки молокопровода поролоновыми пыжами. В зависимости от комплектации молокопровода он может быть оснащен автоматом промывки, что позволяет только включить функцию мойки и наблюдать, как промывается молокопровод.

Система учета молока состоит из секций дозаторов, установленных непосредственно на каждой линии на 50 голов. Счетчик устанавливается непосредственно в молочном блоке, либо в любом из кабинетов.

Выводы:

На основе проведенного анализа особенностей технологического оборудования «Унимилк – 100» и «Унимилк – 200» для автоматизации для доения коров можно заключить, что внедрение комплекса для доения коров от компании «УралСельСтрой» позволяет выполнить задачи по автоматизации процесса доения в стойловых местах, а также фильтрации и транспортирования молока в емкость молочного накопителя для последующего охлаждения и хранения.

Список литературы

1. Пономарев, А.Ф. Мобильный автомат доения коров / А.Ф. Пономарев, В.Ф. Ужик, В.И. Борозенцев, Ю.Н. Ульянов. Патент на изобретение RU 2189737 С2, 27.09.2002. Заявка № 2000114413/13 от 05.06.2000.
2. Ужик, В.Ф. Создание мобильного агрегата с манипулятором доения для личных и фермерских хозяйств / В.Ф. Ужик, В.И. Борозенцев, А.И. Скляр, Ю.Н. Ульянов // Научные труды ГНУ ВНИИМЖ Россельхозакадемии. 2003. Т. 12. № 2. С. 71-75.
3. Пономарев, А.Ф. Передвижной манипулятор / А.Ф. Пономарев, В.Ф. Ужик, В.И. Борозенцев, А.И. Скляр, Ю.Н. Ульянов // Сельский механизатор. 2001. № 7. С. 2-3.
4. Ульянов, Ю.Н. Разработка и обоснование конструктивно-режимных параметров манипулятора доения коров мобильного агрегата / Ульянов Ю.Н. диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Белгород, 2003
5. <https://uss18.net/products/doilnoe-oborudovanie/molokoprovod.html>.

УДК 621.313

Моисеев А.П., Каргин В.А., Волгин А.В.

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ В БЫТОВЫХ ИНКУБАТОРАХ

Аннотация. В настоящей статье приведены схемы управления в бытовых инкубаторах, выявлены недостатки, намечены пути совершенствования систем управления, приведен рабочий процесс, функциональная схема системы автоматического управления механизма поворота яиц.

Ключевые слова: инкубатор, автоматическое управление, электропривод.

Совершенствование существующих инкубаторов, часто носит эмпирический характер. Создание их базируется на многолетнем экспериментировании [1]. Бытовые инкубаторы существенно отличаются от промышленных. Они не имеют устройств для осушения и охлаждения, т.к. их установка нецелесообразна с точки зрения существенного удорожания такого инкубатора. Регулирование воздухообмена и поддержание влажности в них производится вручную. В простых конструкциях отсутствуют автоматический поворот яиц, вентиляционные отверстия, не предусмотрено регулирование влажности, не представлено рекомендаций по воздухообмену и др. Получение молодняка низкого качества в таких инкубаторах может привести к ослаблению стада птицы в подсобном хозяйстве, развитию и распространению инфекционных заболеваний [1,2]. А для поддержания параметров микроклимата и технологических параметров ранее были разработаны схемы, например, терморегулятора позволяющие контролировать только один параметр. Однако современные установки, в том числе и бытовые инкубаторы, предполагают управление в автоматическом режиме практически всех параметров [3,4,5]. Этому вопросу и посвящена статья.

Для совершенствования системы управления предлагается функциональная схема системы автоматического управления, которая представлена на рис. 1 [3,4].

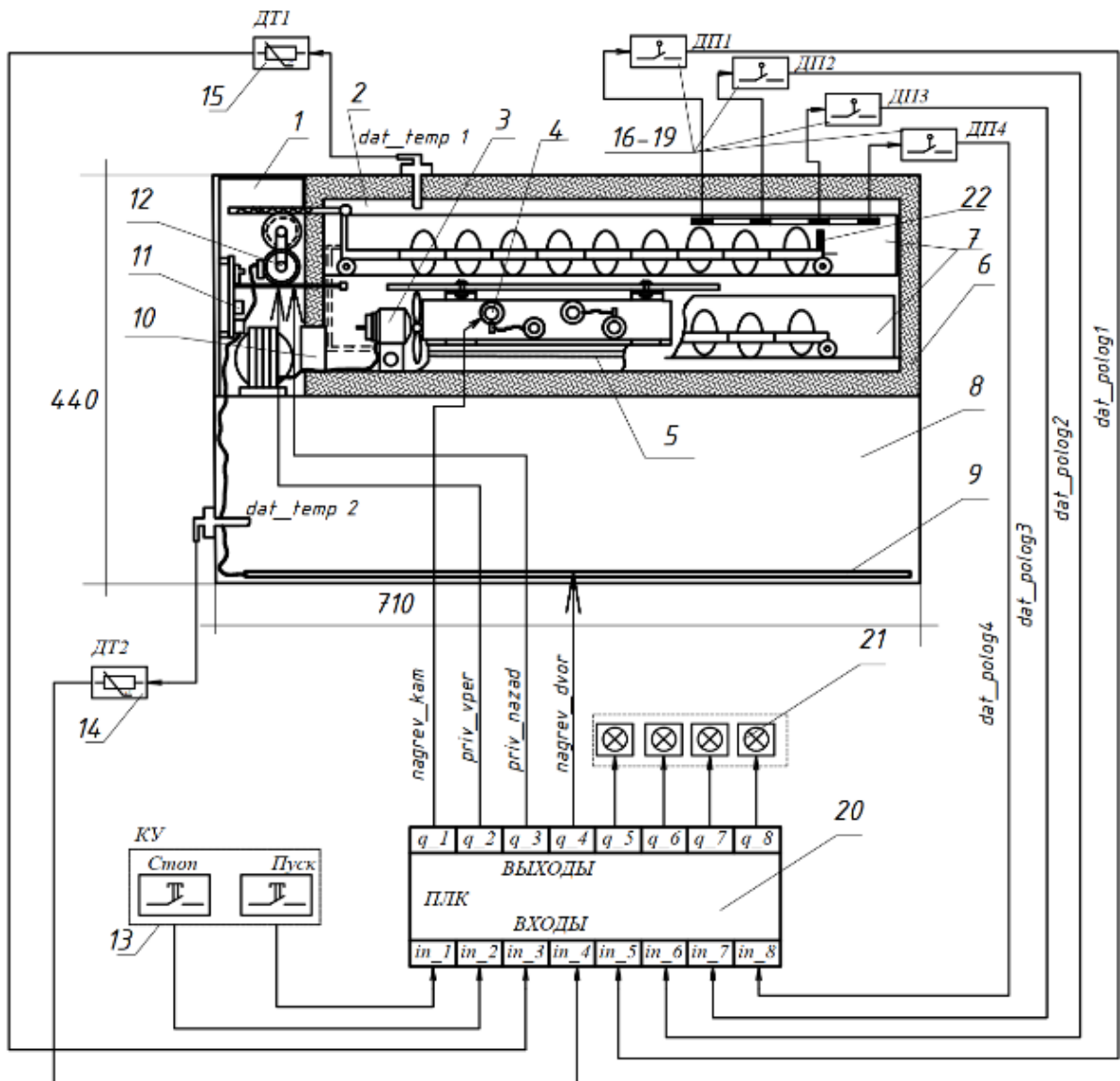


Рис. 2. Функциональная схема системы автоматического управления механизма поворота яиц 1 - камера №1, 2 - камера № 2, 3 - вентилятор, 4 - нагревательные элементы, 5 - поддон для воды, 6 - обшивка, 7 - лотки для яиц, 8- камера № 3, 9 - нагревательные элементы, 10 - регулируемое с помощью заслонки отверстие, 11 - блок питания и управления, 12 - электропривод механизма поворота яиц, 13 – кнопки пуск, стоп, 14- датчик температуры, 15 - датчик температуры камеры, 16-19 – датчики положения механизма поворота яиц, 20 – ПЛК, 21 – сигнальные лампы, 22 – магнитный элемент (МЭ).

Для включения управления процессом автоматизации представлены кнопки управления 14. Для контроля температуры в камере 7 и выгульном дворе 8 применяются датчики температуры 15 и 14 соответственно, включая нагревательные элементы 4 или 9, в зависимости от заданной температуры (оптимальная температура приведена в главе 1). Вентилятор 3 включается через таймер времени (на схеме таймер не показан), через заданный период времени, например, (2-3 часа), для вентиляции камеры. Сигнальные лампы 21 обозначают

включение нагрева камеры, нагрева выгульного дворика, привода управление механизмом поворота яиц «вперед», привода «назад».

Управление механизмом поворота яиц осуществляется дискретным включением электропривода в зависимости от положения магнитного элемента (МЭ) 22 относительно датчиков положения 16,17,18,19 (герконы). Если МЭ находится рядом с герконом 16 (ДП1), включается электропривод, повернув яйца на 60° , и останавливается при достижении геркона 17 (ДП2), далее таймер времени отсчитывает заданный интервал времени (например, 60 минут, но можно задать любой), и включает электропривод механизма поворота яиц, который поворачивает яйца еще на 60° , и останавливается при достижении геркона 18 (ДП3), далее таймер времени снова отсчитывает заданный интервал времени и снова включает электропривод механизма поворота яиц, который поворачивает яйца еще на 60° , магнитный элемент 22 достигает положения геркона 19 (ДП4), и через заданный интервал времени включает обратный ход электропривода (реверс) и цикл повторяется, соответственно при достижении обратным ходом магнитного элемента геркона 19 (ДП1), включается прямой ход электропривода. В течении суток яйца находятся в постоянном дискретном перемещении, достигая равномерную температуру по всей поверхности.

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

Список литературы

1. Данилов В.Н., Галимарданов И.И. Повышение надёжности бытового инкубатора. Сборник научных трудов Кубанского ГАУ, Краснодар, 2001.
2. Моисеев, А.П. Электротехнологическое оборудование в сельскохозяйственном производстве: учебное пособие / А.П. Моисеев, А.В. Волгин, В.А. Каргин, Л.А. Лягина. – ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ» – Саратов: Амрит, 2018. – 103 с.
3. Каргин, В.А. Система управления плавным ходом якоря ЛЭМД кормораздаточных транспортеров за счет автоматической корректировки выходного усилия / В.А. Каргин, А.П. Моисеев, А.В. Волгин, Н.Н. Белова. – Известия Международной академии аграрного образования. – Выпуск № 37 (2017). – С. 15-18.
4. Каргин, В.А. Автоматизация систем управления технологическими процессами: учебное пособие / В.А. Каргин, А.П. Моисеев, А.В. Волгин, Л.А. Лягина, Е.А. Четвериков. – Саратов: Амрит, 2018. – 177 с.
5. Kargin, V.A. Adaptive system for automatic control of output effort of electromagnetic sausage-filler / V.A. Kargin, A.V. Volgin, A.P. Moiseev. – 14TH International Scientific-Technical conference on actual problems of electronic instrument engineering proceedings APEIE-2018 Volumes 1 Part 6 – 44894.

Молитвин Г.А., Шукин К.А.

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ МОЛОКА УФ- И ИК- ИЗЛУЧЕНИЕМ

Аннотация. В настоящей статье приведено обоснование и перспективы совершенствования установки для обеззараживания молока УФ- и ИК- излучением

Ключевые слова: молоко, излучение, реакция, эксперимент.

Применение УФ-излучений для обработки пищевых продуктов ограничено, поскольку воздействие их может вызывать нежелательные химические и биологические реакции. Вместе с тем можно привести примеры использования УФ-излучений с положительным эффектом. Прежде всего, это относится к способам бактерицидного воздействия. С помощью УФ-излучения осуществляют стерилизацию воды, идущей на технологические нужды (мойка плодов, тары, коммуникаций, по которым перекачивают продукт). При этом вода почти полностью очищается от вредных микроорганизмов, инфицирующих обрабатываемые продукты.

Известны установки (закрытого и открытого типа) для обеззараживания воды УФ лучами в системе сельскохозяйственного водоснабжения. [1].

Экспериментальный образец УФ излучателя закрытого типа для обработки молока и стерилизации технологического оборудования в непрерывном потоке тонкого слоя показан на рис. 1.

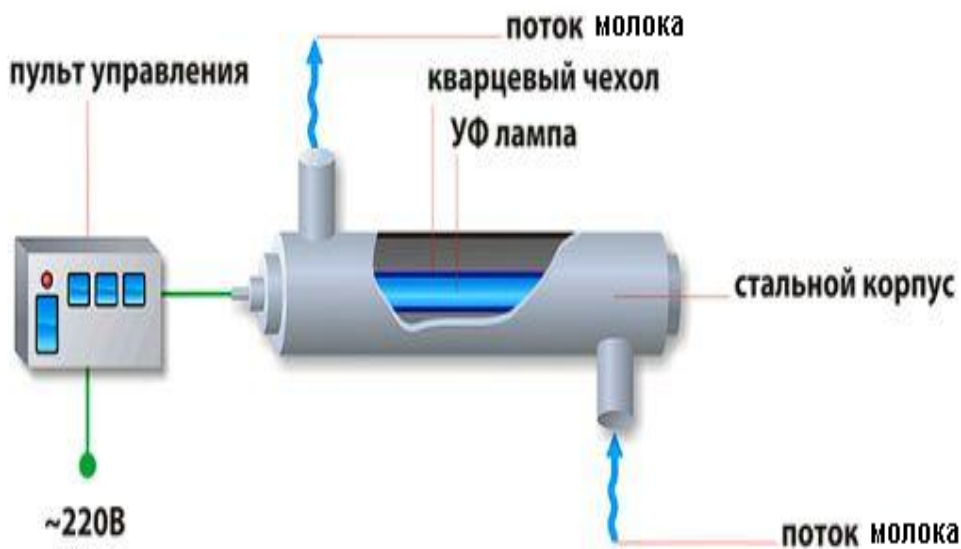


Рис.1 Экспериментальный образец УФ излучателя закрытого типа для обработки молока

Особенностью ИК-излучателя является его компактность, многофункциональность и технологичность, позволяющая легко вписываться в существующие

линии по переработке сельскохозяйственных пищевых продуктов. Особенность конструкции позволяет рассматривать один излучатель как отдельный модуль, а сама установка может состоять из одного или нескольких модулей, соединенных между собой последовательно, параллельно или комбинированно. Это позволяет увеличить длительность обработки продукта, которая может регулироваться также создаваемым напором на входе установки [3,4]. Источник УФ-излучения имеет дискретную (узкую) спектральную характеристику с $\lambda=254$ нм, поэтому, осуществляя набор нескольких модулей, содержащих УФ-излучатели с одним спектральным составом и разной мощностью, можно добиться наиболее оптимального воздействия на продукт в соответствии с его спецификой.

Другой особенностью излучателя является обрабатываемый продукт, который находится в замкнутом рабочем объеме и не имеет свободной поверхности, характерной для других типов установок. Вследствие этого возможно снижение интенсивности окислительного процесса, проходящего на поверхности продукта.

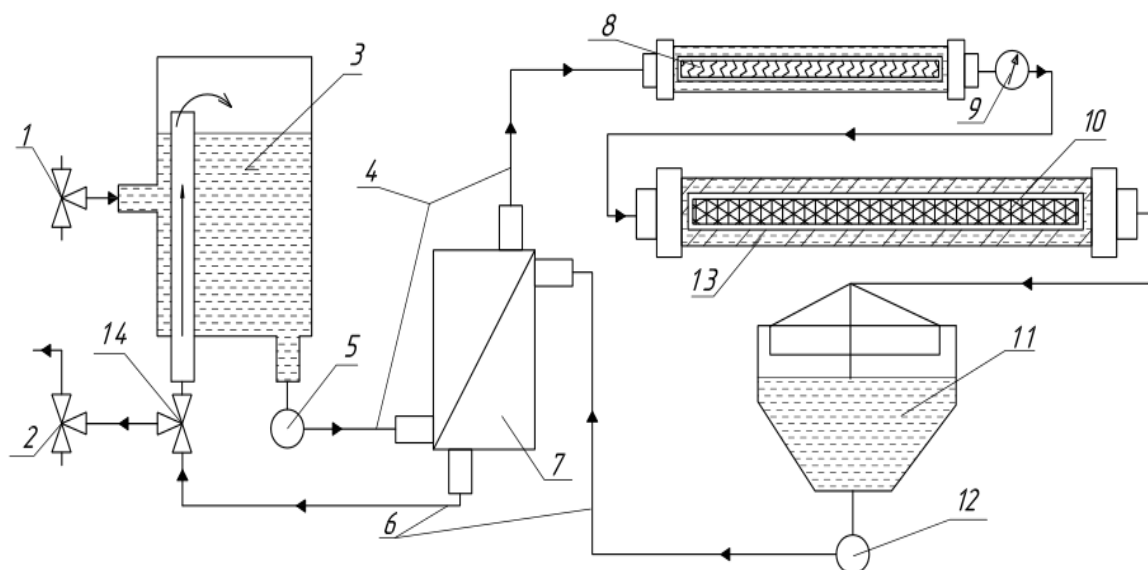


Рис.2 Функциональная схема установки.

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

В данной статье приведена установка ПМ-01-М, в которой используется комбинированный способ действия УФ-излучения и ИК-пастеризация, а внесение изменений в конструктивное исполнение (спиралевидная камера пастеризатора) и технологический процесс (регулирование скорости потока молока) позволит совершенствовать установки данного типа. Функциональная схема приведена на рис.2. Работает установка следующим образом. Молоко поступает в емкость 3, откуда центробежным насосом 5 продукт прокачивается через теплообменник-рекуператор 7, где перед поступлением в рабочее пространство УФ-об-

лучателя 8 дополнительно подогревается и, пройдя тонким слоем через УФ облучатель 8, подается в спиралевидную камеру 13 ИК-пастеризатора 10, где нагревается до определенной температуры (заданной), затем насосом выдачи 12 молоко прокачивается через теплообменник-рекуператор 7, охлаждаясь в нем встречным потоком молока, поступающего на обработку. Клапан 14, в зависимости от температуры молока на выходе из рабочего пространства, направляет его в линию готового продукта или возвращает в приемную емкость 3 для повторной обработки [2].

Таким образом применение спиралевидной камеры ИК-пастеризатора и УФ-излучателя, а также регулировка скорости подачи молока, позволит увеличить производительность установки до 25%, а энергозатраты снизить на 20%, сохраняя качество обрабатываемого продукта.

Список литературы

1. Моисеев, А.П. Электротехнологическое оборудование в сельскохозяйственном производстве: учебное пособие / А.П. Моисеев, А.В. Волгин, В.А. Каргин, Л.А. Лягина. – ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ» – Саратов: Амирит, 2018. – 103 с.
2. Моисеев, А.П. Светотехника и электротехнология: учебное пособие / А.П. Моисеев, А.В. Волгин, Л.А. Лягина. – ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ». 3-е изд. перераб. и доп. – Саратов: Амирит, 2017. – 129 с.
3. Каргин, В.А. Автоматизация систем управления технологическими процессами: учебное пособие / В.А. Каргин, А.П. Моисеев, А.В. Волгин, Л.А. Лягина, Е.А. Четвериков. – Саратов: Амирит, 2018. – 177 с.
4. Kargin, V.A. Adaptive system for automatic control of output effort of electromagnetic sausage-filler / V.A. Kargin, A.V. Volgin, A.P. Moiseev. – 14TH International Scientific-Technical conference on actual problems of electronic instrument engineering proceedings APEIE-2018 Volumes 1 Part 6 – 44894.

УДК 621.311

Насихов Е.Е., Садыкова Л.А.

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

АКТИВИЗАЦИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В КАЗАХСТАНЕ

Аннотация. В этой статье рассмотрен один из наиболее актуальных вопросов в развитии и деятельности предприятия в настоящее время – энергосбережение, а также увеличение энергоэффективности экономики. Значимость проблемы обуславливается особенной значимостью электроэнергетики государства в реформировании экономики Казахстана.

Ключевые слова: энергосбережение, энергоэффективность, энергоресурсы, экосистема.

На всех стадиях своего развития человек был тесно связан с окружающим миром. Но с тех пор как появилось высокоиндустриальное общество, опасное вмешательство человека в природу резко усилилось, расширился объём этого

вмешательства, оно стало многообразнее и сейчас грозит стать глобальной опасностью для человечества.

Активизация энергосбережения в настоящее время рассматривается в качестве одной из основных глобальных проблем в силу преимущественно невозобновляемого характера большей части энергетических ресурсов и негативного экологического воздействия энергетического производства.

Настоятельная необходимость активизации энергосбережения в Казахстане в настоящее время обусловлена наличием стойких негативных тенденций роста энергоемкости валового внутреннего продукта Казахстана, как базовой характеристики эффективности использования энергоресурсов.

Одним из определяющих условий снижения издержек на промышленных предприятиях и повышения экономической эффективности производства в целом является рациональное использование энергетических ресурсов. Вместе с тем, энергосберегающий путь развития отечественной экономики возможен только при формировании и последующей реализации программ энергосбережения на отдельных предприятиях, для чего необходимо создание соответствующей методологической и методической базы. Откладывание реализации энергосберегающих мероприятий наносит значительный экономический ущерб предприятиям и негативно отражается на общей экологической и социально-экономической ситуации. Помимо этого, дальнейший рост издержек в промышленности и других отраслях народного хозяйства сопровождается растущим дефицитом финансовых ресурсов, что задерживает обновление производственной базы предприятий в соответствии с достижениями научно-технического прогресса.

Для предотвращения финансовых потерь при формировании совокупности энергосберегающих мероприятий требуется разработка и совершенствование методов оценки эффективности программ энергосбережения, учитывающих многовариантность использования источников инвестиций, предназначенных для их реализации. Уменьшение энергетической составляющей в издержках производства позволит получить дополнительные средства для обеспечения приемлемого уровня морального и физического износа технологического оборудования [1].

В процессе рыночных преобразований казахстанской экономики расширяются взаимосвязи экономики и энергоиспользования за счет возрастания значимости энергосбережения по следующим направлениям:

1. Во-первых, в качестве фактора повышения конкурентоспособности продукции и товаропроизводителей за счет снижения себестоимости её производства путем уменьшения доли энергозатрат (в среднем на транспорте она составляет 17%, по промышленности – 18%, в отдельных производствах достигает 40-60%) [4].

2. Во-вторых, энергосбережение может рассматриваться как фактор дополнительного привлечения инвестиций за счет их высвобождения от вложения в развитие топливно-энергетического комплекса при альтернативном удовлетворении энергетических потребностей общества за счет реализации энергосбереже-

ния. Так, при осуществлении энергосбережения ежегодные инвестиционные затраты только в ТЭК могут быть уменьшены в среднем на 50 трлн.руб., при этом принимается во внимание, что инвестиции, необходимые для реализации энергосбережения, в 3-4 раза ниже затрат на альтернативную добычу и производство энергоносителей [2].

3. В-третьих, энергосбережение является фактором формирования спроса на энергоносители и управления им в направлении его сокращения в длительной перспективе.

Таким образом, реализация энергосбережения может оказать положительное влияние на развитие экономики страны в целом – в том числе на совершенствование производственных технологий, рыночную конкурентоспособность отечественных товаропроизводителей, увеличение экспортного потенциала Казахстана и, в конечном итоге, на рост валового внутреннего продукта и повышение уровня жизни российского общества. [5].

Для успешной реализации энергосбережения необходима разработка системы управления этим процессом на макро- и микроуровне, адекватной современным условиям российского экономического пространства.

Одной из характерных черт современного этапа научно-технического прогресса является возрастающий спрос на все виды энергии. Экономия топливно-энергетических ресурсов в настоящее время становится одним из важнейших направлений перевода экономики на путь интенсивного развития и рационального природопользования. Однако, значительные возможности экономии минеральных топливно-энергетических ресурсов имеются при использовании энергетических ресурсов. Так, на стадии обогащения и преобразования энергоресурсов теряется до 3% энергии. В настоящее время почти вся электроэнергия в стране производится тепловыми электростанциями. Поэтому на повестку дня все чаще ставится вопрос о применении нетрадиционных источников энергии.

Таким образом, основными направлениями экономии энергоресурсов являются: совершенствование технологических процессов, совершенствование оборудования, снижение прямых потерь топливно-энергетических ресурсов, структурные изменения в технологии производства, структурные изменения в производимой продукции, улучшение качества топлива и энергии, организационно-технические мероприятия. Проведение этих мероприятий вызывается не только необходимостью экономии энергетических ресурсов, но и важностью учета вопросов охраны окружающей среды при решении энергетических проблем.

Список литературы

1. Бобылев, С. Н., Ходжаев, А. Ш. Экономика природопользования. – М, 2004.
2. Голуб А. А., Струкова Е. Б. Экономические методы управления природопользованием. – М.: Наука, 1993. –136 с.
3. Экономические основы экологии. – М.: Проспект, 2003.
4. Постановление Правительства Республики Казахстан от 29 августа 2013 года № 904 «Об утверждении Программы "Энергосбережение - 2020".
5. Кызылбаева С.С., Татиева М.М./ Пути устойчивого развития энергосбережения в Республике Казахстан // Молодой ученый, 2016. — № 2 (61). — С. 472-474.

Николаенко С.А., Богородицкая Л.В., Салфетников Н.Д.
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет
имени И.Т. Трубилина», г. Краснодар

РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ЛИНИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ РАССЫПЧАТОГО КОМБИКОРМА

Аннотация. Изучена технология процесса кормопроизводства, рассмотрены возможное устройство и оборудование кормоцеха. Разработана функциональная схема автоматизации приготовления рассыпчатого комбикорма.

Ключевые слова: кормоцех, комбикорм, процесс производства, технологическая схема, функциональная схема.

Кормоцех — это помещение, в котором осуществляется производство и обработка кормовых смесей на размещенных поточных технологических линиях. Изготовленные корма далее потребляются животными или служат для приготовления полнорационных кормовых смесей. В данных помещениях осуществляется взаимодействие поточных линий, управляемых в автоматическом режиме [2].

В нашей работе мы рассмотрим кормоцех ОКЦ-15. Давайте познакомимся с технологическим процессом кормопроизводства подробнее. На рисунке 1 представлена технология производства со сносками на соответствующее оборудование. Сначала зерно фуражное подается на линию в смеситель (12) посредством стана решетного (13). При этом, в зависимости от рецептуры, в смеситель (12) возможно загружать БМВД (белковые минеральные витаминные добавки) или фуражное зерно и через горловину (14), что видно на рисунке 1. В смесителе компоненты перемешиваются и благодаря норрии (11) подаются на шнек (9), проходя через магнитную колонку (10). На этом этапе происходит разделение потоков загрузки компонентов. Если осуществляется подача на линию фуражного зерна, то посредством шнека (9) реализуется загрузка бункера зернового (15). Если же осуществляется подача на линию БМВД – загрузка бункера белково-витаминных добавок (18).

Сперва разберем технологический процесс загрузки зерновых бункеров (15). В каждом из них находится датчик уровня, который обеспечивает контроль заполнения объема бункера. При поступлении сигнала с данного датчика (что означает наполненность бункера) отключение механизмов линии загрузки реализуется в обратной последовательности, а именно: стан решетный (13), затем смеситель (12) и, наконец, зерновая норрия (11).

После заполнения зерновых бункеров (15) и отключения линии подачи компонентов, наступает вторая стадия работы, связанная с выбором бункера для выгрузки фуражного очищенного зерна. Для этого в технологической схеме используют задвижки, установленные на зерновых бункерах (15). Оператор выбирает бункер, с которого будет реализована выгрузка, и после этого происходит

включение механизма шнека дозатора зерна (16). Именно данный механизм подает фуражное зерно на дробилку (17) для дальнейшего измельчения. В механизме (17) происходит трансформация фуражного зерна в зерновую дерть, после чего уже новый продукт при помощи циклона (8) поступает на механизм шнека дробилки (7). Посредством шнека дробилки (7) происходит загрузка бункеров для муки (5). В шнеке дробилки (7) встроена система решет. Она обеспечивает разделение муки на крупную и мелкую фракцию, поэтому в бункера (5) загружается неоднородная масса. В правый бункер для муки (5) поступает мука мелкой фракции, поскольку она проходит систему решет. В левый бункер для муки (5) направляется мука крупной фракции, так как при загрузке на ее пути не встречается дополнительное просеивающее устройство. Как в зерновых (15), так и в бункерах для муки крупной и мелкой фракции, для контроля заполнения бункеров установлены датчики уровня. Если датчик сигнализирует о заполнении того или иного бункера, то следует команда для осуществления правильного отключения механизмов линии загрузки и дробления: происходит отключение в обратной последовательности (сначала шнек дробилки (7), затем циклон (8), потом дробилка (17) и шнек дозатора зерна (16)).

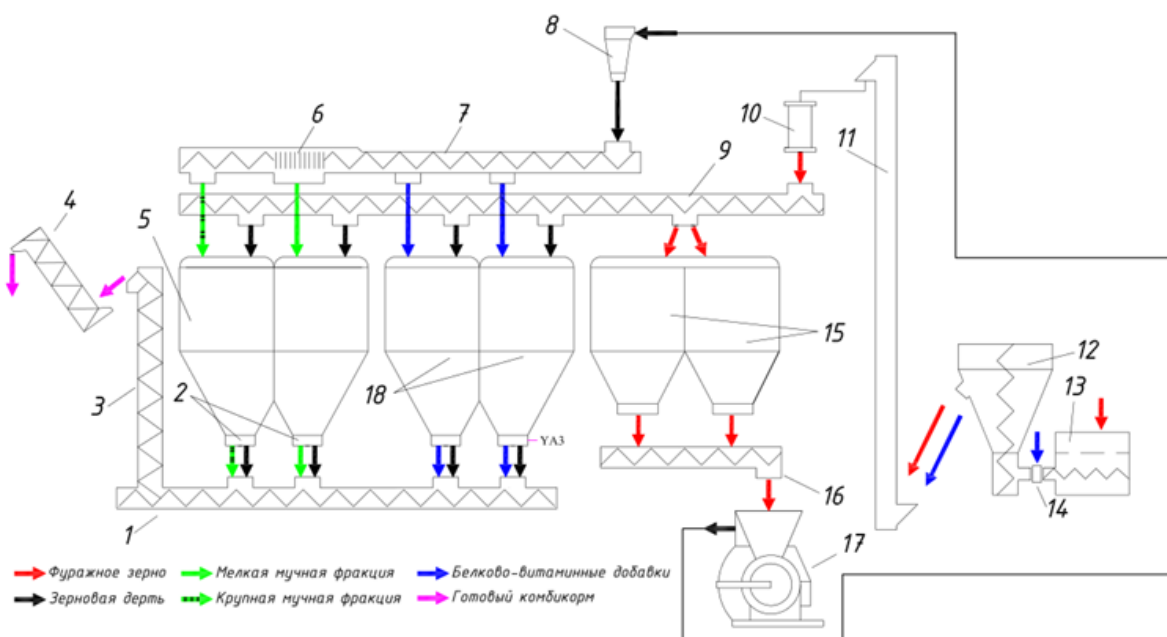


Рисунок 1 – Технологическая схема производства линии комбикорма

Перейдем к третьей стадии технологического процесса, которая определяется линией смешивания и выгрузки готовой продукции [3]. Оператор опять выбирает бункер для выгрузки и продукт для дальнейшего смешивания и выгрузки. Для реализации выбора подачи компонентов на нижний шнек смеситель (1) на бункерах для муки (5) и белково-витаминных добавок (18) установлены заслонки. При открытии той или иной задвижки на нижний шнек смесителя (1) подаются компоненты, и далее посредством вертикального шнека смесителя (3) на последний механизм линии – выгрузной шнек (4). Рассмотрим детально работу последней части системы управления. При выборе бункера для выгрузки

происходит включение линии выгрузки и движение продукта в обратном направлении: выгрузной шнек (4), вертикальный шнек смесителя (3) и далее открытие задвижки на бункерах. При прекращении работы линии выгрузки остановка механизмов реализуется в противоположную сторону.

На рисунке 1, помимо механизмов технологической линии представлены линии перемещения и трансформации продукта из фуражного зерна в готовый комбикорм. Для этого использованы графические обозначения в виде стрелок разного цвета.

Для того чтобы в дальнейшем создать систему автоматического управления линии производства, целесообразно составить функциональную схему управления [1]. Она будет объединять конструктив физического технологического оборудования и технических средств контроля и управления. Другими словами, на данной схеме будет отображено взаимодействие датчиков и исполнительных механизмов линии с управляющими устройствами. Рисунок 2 является отображением разработанной функциональной схемы управления производством.

По рисунку 2 видно, что на каждом из бункеров расположена электромагнитная заслонка (YA). Так, на бункерах фуражного зерна (15) установлены электромагнитные заслонки (YA1-YA2); на бункерах белково-витаминных добавок (18) – заслонки (YA3-YA4); на бункерах для муки (5) – заслонки (YA5-YA6). Работу открытия и закрытия электромагнитной заслонки на бункерах определяет датчик положения (SQ). Так на бункерах фуражного зерна (15) установлены датчики положения (SQ1-SQ2); на бункерах белково-витаминных добавок (18) – датчики положения (SQ3-SQ4); на бункерах для муки (5) – датчики положения (SQ5-SQ6). Для контроля уровня заполнения бункеров используется датчики уровня (SL). Так в бункерах фуражного зерна (15) установлены датчики уровня (SL1-SL2); в бункерах белково-витаминных добавок (18) установлены датчик уровня (SL3-SL4); в бункерах для муки (5) установлены датчик уровня (SL5-SL6). Для управления механизмами линии производства на функциональной схеме показаны электродвигатели механизмов (M).

Одновременно с нанесением дополнительной обвязки на линии производства (как видно из рисунка 2) цвет того или иного технического средства контроля и управления разный, что не случайно. Выбор цвета определяет принадлежность того или иного функционала в системе управления. Также на схеме (рисунок 2) показаны управляющие устройства. В нашем случае используется программируемый контроллер с модулями расширения. В качестве программируемого контроллера представлен контроллер фирмы Delta серии DVP-14SS2. Именно данное устройство осуществляет сбор информации с датчиков и кнопок управления и формирует управляющий сигнал на исполнительные устройства. Поэтому для удобства восприятия информации на функциональной схеме, были использованы разные цвета как для отображения самих технических средств контроля и управления, так и для линий связи между ними и ПЛК (программируемый логический контроллер).

Взаимодействие датчиков, положения открытия и закрытия заслонок (SQ) и контроля уровня (SL) на схеме выполнены синим цветом. Линии связи от ПЛК

к датчикам имеют также синий цвет. Здесь необходимо отметить, что взаимодействие между датчиками и ПЛК осуществляется в виде дискретного сигнала, амплитуда и форма которого со временем не меняется. Электродвигатели механизмов линии (М) и линии связи выполнены красным цветом. Взаимодействие также реализуется по средствам дискретных сигналов управления. Электромагнитные заслонки (YA) и линии связи между ПЛК и ними имеют розовый цвет, сигнал при этом носит тоже характер дискретизации [4].

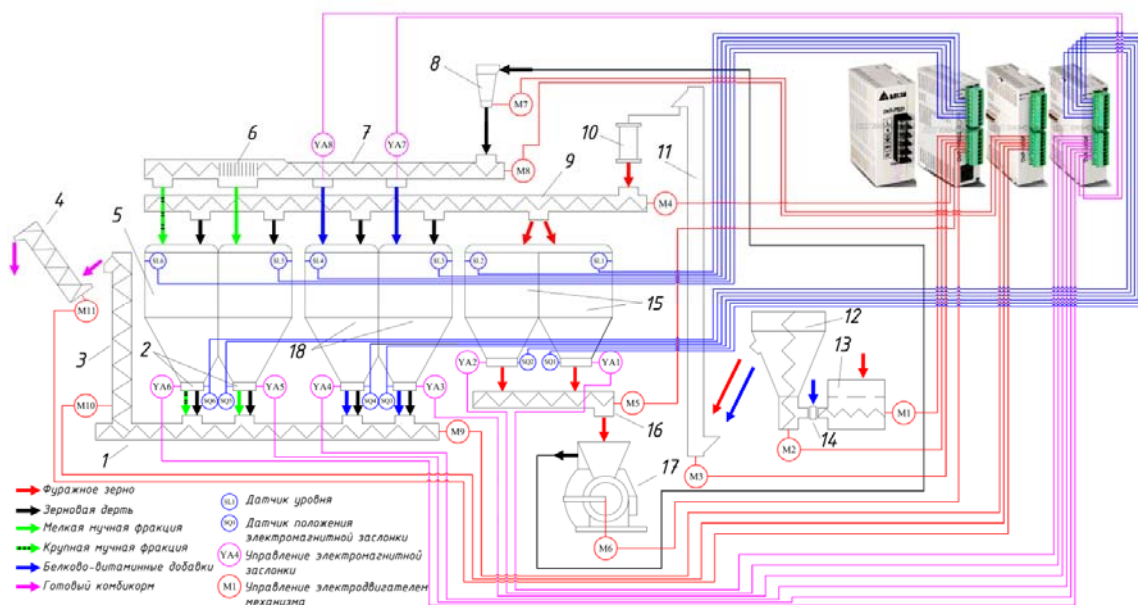


Рисунок 2 – Функциональная схема управления производством

Взаимодействие ПЛК с двумя модулями дискретного ввода реализуется по внутренней шине. Величина дискретных сигналов от датчиков и сигналов управления является значением 24 В.

Таким образом, мы рассмотрели процесс кормопроизводства, комплектацию кормоцеха, возможное оборудование и в соответствии с технологией производства разработали функциональную схему управления, которая позволяет в дальнейшем разработать автоматизированную систему управления.

Список литературы

1. Николаенко С.А., Волошин А.П., Цокур Д.С., Тарасенко Т.М. Составление функционально-структурной схемы технологического процесса / Волошин А.П., Цокур Д.С., Тарасенко Т.М. // Сельский механизатор № 3. – Москва: Издательство ООО «Нива». 2019 – С. 24-25.
2. Николаенко С.А., Цокур Д.С., Екименко П.П. Разработка автоматизированной системы управления кормопроизводства / Николаенко С.А., Цокур Д.С., Екименко П.П. // Сельский механизатор № 7-8. – Москва: Издательство ООО «Нива». – С. 20-21.
3. Николаенко С.А., Цокур Д.С., Волошин А.П., Курченко Н.Ю., Воробьева М.С. Разработка АСУ линией производства комбикорма с визуализацией процесса его выгрузки / Цокур Д.С., Волошин А.П., Курченко Н.Ю., Воробьева М.С. // Сельский механизатор № 5-6. – Москва: Издательство ООО «Нива». 2020 – С. 24-25.
4. Николаенко С.А., Цокур Д.С. Development of system of automatic control of sunflower seed calibration and cleaning line / Д.С.Цокур // PROCEEDINGS - 2019 INTERNATIONAL RUSSIAN AUTOMATION CONFERENCE, RUSAUTOCON 2019. – Издательство Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc, 2019.

Обухова А.В., Клочкова Н.Н., Клочков А.А.

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»,
г. Самара

ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В СИСТЕМАХ ОСВЕЩЕНИЯ

Аннотация. В статье затронута проблема энергосбережения в электрических сетях систем освещения зданий, имеющая государственное значение. Рассмотрены различные способы энергосбережения при освещении нежилых и технических помещений домов.

Ключевые слова: энергосбережение, освещение, светодиодные лампы датчик движения, угол обзора.

Рациональное использование энергоресурсов и сокращение их потерь – основная задача политики энергосбережения. Это отражено в Постановлении Правительства Российской Федерации от 07.10.2019 № 1289 «О требованиях к снижению государственными (муниципальными) учреждениями в сопоставимых условиях суммарного объема потребляемых ими дизельного и иного топлива, мазута, природного газа, тепловой энергии, электрической энергии, угля, а также объема потребляемой ими воды». [1]

Одним из способов сокращения потребления электроэнергии на объектах электроснабжения является снижение номинальной мощности освещения. В жилищно-коммунальном хозяйстве общедомовые расходы электроэнергии распределяются на лифты, освещение вестибюлей, лестничных клеток, подвальных и чердачных помещений, козырьков подъездов. Практика показывает, что такие расходы оказываются весьма значительными.

На лестничных клетках чаще всего не предусмотрено автоматическое или дистанционное управление, обеспечивающее отключение части светильников или ламп в ночное время. При этом электропотребление для освещения подъезда во многом зависит от сознательности жителей и может существенно отличаться даже в однотипных соседних домах.

Согласно нормам освещенность лестничных клеток, поэтажных вне квартирных коридоров, вестибюлей и лифтовых холлов на уровне пола и ступеней должна составлять 20 лк. Эвакуационное освещение должно обеспечивать наименьшую освещенность на полу основных проходов и на ступенях лестниц: в помещениях – 0,5 лк [2].

Использование датчиков движения - это одно из некоторых энергосберегающих мероприятий, которые можно предложить при освещении подъездов, подвалов, технических и чердачных помещений.

При использовании датчиков движения экономия электроэнергии достигается тем, что осветительные приборы включаются лишь на время нахождения людей на лестничных клетках, в лифтовых холлах и т. д. Датчики движения могут одновременно выполнять и функцию фотореле. В зависимости от размеров помещения выбирается угол обзора, например, для длинных коридоров - угол

обзора узкий, в приквартирных тамбурах подойдёт датчики движения с углом обзора до 360. Стоимость датчика движения составляет более 500 руб. но их применение весьма энергоэффективно.

Осветительные приборы, срабатывание которых осуществляется через датчики движения, должны выдерживать частые включения и отключения. Этим требованиям наилучшим образом отвечают светильники со светодиодами. Светодиоды не чувствительны к частым включениям-отключениям, имеют хорошую светоотдачу и очень большой срок службы. В отличие от люминесцентных ламп они экологичны. И в настоящее время стоимость данных ламп с ростом их производства заметно снижается.

Список литературы

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 07.10.2019 № 1289 "О требованиях к снижению государственными (муниципальными) учреждениями в сопоставимых условиях суммарного объема потребляемых ими дизельного и иного топлива, мазута, природного газа, тепловой энергии, электрической энергии, угля, а также объема потребляемой ими воды"
2. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.

УДК 621.313

¹Овсянников В.Н., ²Левина Г.Ж.

¹ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»,
г. Самара

²ФГБОУ ВО «Поволжский государственный колледж», г. Самара

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПОЛЕЙ МОМЕНТНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Аннотация: Рассмотрено тепловое состояние моментных двигателей с постоянными магнитами. Проведено численное моделирование установившихся тепловых процессов в двумерной постановке. В качестве упрощений использованы общепринятые для подобных задач допущения. В результате численного моделирования установлены наиболее нагретые места моментного двигателя, тепловое состояние постоянных магнитов.

Ключевые слова: моментный двигатель, постоянные магниты, превышение температуры.

Преобразование электрической энергии в механическую в моментных двигателях неразрывно связано с потерями, выделяющимися в виде теплоты и нагревающих электрическую машину. Кроме того, повышающие требования к более рациональному использованию электротехнических и конструкционных материалов приводит к увеличению удельной мощности электрической машины, то есть к возрастанию электромагнитных нагрузок и, как следствие, к увеличению рабочей температуры машины. Более того, для конструкции электромеханиче-

ских преобразователей, в которых основной магнитный поток возбуждается постоянными магнитами предпочтительно провести тепловой расчет перед выбором магнитов, так как температурные коэффициенты индукции разных марок варьируются в широких пределах.

Высококоэрцитивные постоянные магниты на основе соединений кобальта с редкоземельными металлами: самарием, празеодимом, лантаном обладают более стабильными температурными характеристиками, параметры самарий-кобальтового магнита мало зависят от температуры и при этом магнит имеет сравнительно высокие значения остаточной индукции и коэрцитивной силы.

Таким образом, зная рабочую температуру индуктора электрической машины с постоянными магнитами можно рекомендовать ту или иную марку магнитных сплавов для достижения наиболее оптимального уровня выходной мощности.

Более точный расчет теплового состояния машины может быть получен при помощи численного моделирования тепловых процессов методом конечных элементов в двумерной постановке, например, в программной среде *Elcut*. Для решения тепловой задачи необходимо определить: размеры и конфигурацию геометрической модели электродвигателя, места истоков и величину тепловыделения, места стоков (теплоотдача с поверхности) теплового потока, физические свойства (теплопроводность) блоков модели.

Допущения, принятые при определении температурного поля:

- МП представлен двумерной геометрической моделью [1];
- положение лобовых частей обмотки в тепловом отношении аналогично той части катушки, которая находится в плоскости геометрической модели;
- параметры теплоотвода постоянны и изотропны (коэффициент теплопроводности $\lambda_x = \lambda_y = const$, коэффициент теплоотдачи $\alpha = const$).

Основной магнитный поток проектируемого моментного двигателя возбуждается постоянными магнитами. При этом индуктором является ротор, а на сердечник статора намотана кольцевая обмотка, которая подключена к источнику постоянного напряжения [2]. Следовательно, основным источником потерь в электродвигателе являются активные потери в меди.

Катушка МД намотана на сердечник статора таким образом, что одна её сторона обращена к зазору и магнитам, а вторая – к окружающей среде [3]. Поэтому тепловой поток обмотки частично направлен от машины в окружающее пространство, а частично к магнитам и сердечнику статора, подогревая их. Особенностью работы моментного двигателя является то, что его ротор не вращается, либо вращается с очень низкой скоростью. Поэтому для охлаждения машины требуется внешнее охлаждающее устройство, либо электродвигатель охлаждается естественной конвекцией [4]. При охлаждении естественной конвекцией перемещение среды обуславливается тепловым движением молекул воздуха. Решив задачу, получим распределение температурного поля по сечению модели. Тепловой поток подогревает окружающий воздух и частично направлен к постоянным магнитам. Для более детального анализа теплового поля найдем

распределение температуры по сечению, проходящему в радиальном направлении от внутренней поверхности ротора через середину магнита, зазор, к внешней поверхности катушки.

Максимальная температура равная $T = 369 \text{ K}$ ($96 \text{ }^\circ\text{C}$) соответствует середине внешней стороны катушки. Отметим, что для обмотки класса нагревостойкости F длительно допустимая рабочая температура при температуре охлаждающей среды $T_{cp} = 40 \text{ }^\circ\text{C}$ составляет $155 \text{ }^\circ\text{C}$ [Копылов]. Тело магнита, расположенное по сечению от 5 до 16 мм, нагрето неравномерно ввиду относительно невысокой его теплопроводности. Так, край магнита, обращенный к зазору, имеет температуру примерно на 1 градус выше, чем противоположная сторона. Максимальная температура магнита составила $T_{\text{мг}} = 64 \text{ }^\circ\text{C}$. Постоянные магниты сплавов *Ne-Fe-B* имеют достаточно высокие магнитные свойства (по сравнению с самарий-кобальтовыми сплавами) в пределах до $80 \text{ }^\circ\text{C}$. Поэтому, с точки зрения теплового состояния постоянных магнитов, допускается увеличение их температуры ещё на $T = 80 - 64 = 16 \text{ }^\circ\text{C}$ за счет увеличения плотности тока в обмотке. Кроме того, максимальная температура обмотки на $59 \text{ }^\circ\text{C}$ ниже длительно допустимой.

Изменяя величину объемного тепловыделения, найдем такую плотность тока, при которой максимальная температура постоянного магнита составит $80 \text{ }^\circ\text{C}$.

Магнит достигает рабочей температуры $T = 80 \text{ }^\circ\text{C}$ при плотности тока в обмотке $j_{80} = 3,46 \text{ A/mm}^2$. При такой плотности тока обмотка прогревается до $135 \text{ }^\circ\text{C}$, что находится в пределах длительно допустимой температуры класса нагревостойкости F . Как было отмечено выше, достижение примерно такого температурного режима МД возможно за счет увеличения напряжения питания на 30,5%, до $U = 1,305 \cdot 27 = 35,2 \text{ В}$ или сокращения сопротивления обмотки на ту же величину путем уменьшения числа витков. Таким образом, для увеличения плотности тока на 30,5% необходимо уменьшить число витков на несколько меньшую величину.

- при заданных габаритах МД, токовых нагрузках и теплоотдачи с поверхности максимальная температура магнита (сплава *Ne-Fe-B*) и обмотки оказалась ниже длительно допустимой на 20% и 38% соответственно;
- плотность тока в длительно допустимом режиме работы может быть увеличена на 30%.

Список литературы

1. Овсянников В.Н., Левина Г.Ж., Переверзев А.В. Структура математической модели моментного электродвигателя. В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК материалы VII международной научно-практической конференции. 2016. С. 171-173.
2. Овсянников В.Н. Расчет и анализ магнитного поля моментных двигателей с ограниченным углом поворота ротора. – Известия высших учебных заведений. Электромеханика, № 5. 2014. - С. 35-39
3. Овсянников В.Н., Левина Г.Ж. Оптимизация моментных двигателей с постоянными магнитами. В сборнике: актуальные проблемы энергетики АПК. материалы VIII международной научно-практической конференции. 2017. С. 192.
4. А.И. Борисенко, О.Н. Костиков, А.И. Яковлев Охлаждение электрических машин. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 296 с., ил.

Оксаниченко А.А., Вендин С.В.

ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет»
имени В.Я. Горина, г. Белгород

ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ НА ФЕРМАХ КРС

Аннотация. Приведен анализ особенностей регулирования микроклимата в коровниках, что необходимо учитывать при микропроцессорном управлении микроклиматом на фермах КРС.

Ключевые слова: микроклимат, животноводческое помещение, контроль и управление.

Обеспечение параметров микроклимата и температурно-влажностной среды в производственных помещениях для содержания животных является важным условием для обеспечения высокой продуктивности животных и снижения затрат на производство единицы продукции. Известно, что нарушение условий содержания животных на фермах крупного рогатого скота приводит к снижению продуктивности молочного стада на 14-30%. Воздушная среда животноводческого помещения характеризуется такими параметрами, как температура, влажность, содержание углекислого газа и вредных газовых примесей (аммиак, сероводород), а также скорость движения воздуха в помещении. Эффективное регулирование параметров микроклимата может быть обеспечено применением систем автоматизированного интеллектуального управления микроклиматом, использование которых повышает надежность вентиляционного оборудования и обеспечивает поддержание оптимальных режимов ее работы при снижении энергоресурсов и эксплуатационных расходов [1-6].

Контроль и управление параметрами воздушной среды в животноводческом помещении позволяет максимально использовать продуктивность животных, улучшить условия труда обслуживающего персонала.

Ниже представлен анализ особенностей регулирования микроклимата в коровниках, что необходимо учитывать при микропроцессорном управлении микроклиматом на фермах КРС.

Система обеспечения микроклимата в коровнике зависит от способа содержания животных [7-9].

При привязном содержании коров в зависимости от конструкции коровника для обеспечения микроклимата используют естественную или комбинированную (принудительную) системы вентиляции. Система вентиляции бывает беструбная или трубная с расположением приточных каналов в верхней части стеновых ограждений, а вытяжных каналов - в виде щелей или труб, непосредственно по коньку здания, с козырьками или ограждениями для исключения проникновения осадков внутрь помещения.

Основу принудительной системы вентиляции составляют приточно-вытяжные каналы, оборудованные вентиляторами и устройствами для подогрева

поступающего наружного воздуха. Приточно-вытяжные системы устанавливаются на крышах и используют при резких колебаниях температуры окружающей среды для подогрева воздуха в зимний и переходный периоды года.

При естественной вентиляции поступление воздуха в помещение регулируется величиной открытия и поворотом фрамуги. При этом свежий воздух подается горизонтально и под углом вверх или под углом вниз. Горизонтальная подача приточного воздуха в помещение при полном открытии сечения воздухопровода применяется в теплое время года. В переходные периоды года также используется горизонтальная подача свежего воздуха, но с регулировкой расхода посредством клапана. В зимнее время применяется подача свежего воздуха в помещение под углом.

Особенностью трубной системы является неравномерность удаления воздуха из помещения. В зоне расположения каналов она выше. Подачу воздуха в помещение, оснащенное трубной системой естественной вентиляции, регулируют заслонками, устанавливаемыми непосредственно в каналах. Обычно вытяжные шахты оборудуют отдельными вентиляторами. В приточно-вытяжных установках за счет совмещения в одном устройстве (труба в трубе) в одном канале осуществляется приток свежего и удаление загрязненного воздуха. Система вентиляции предусматривает комплектацию электронагревательными элементами для подогрева свежего воздуха.

При беспривязном содержании коров применяют в основном естественную беструбную систему вентиляции. Конструктивно элементы естественной беструбной вентиляции в коровниках беспривязного содержания животных значительно отличаются от систем для привязного содержания животных. Конструктивно отличаются также и приточные каналы, которые выполняют в виде открытых проемов шириной 2,0 м по всей длине стеновых ограждений. Их частично или полностью закрывают шторами, или деревянными решетками такой же ширины. Деревянные решетки выполняют из планок шириной 100 мм и толщиной 25 мм с расстоянием между ними, равным 25 мм, которые устанавливают вертикально. Для управления шторами используют электрический или ручной привод.

Выводы.

Проведенный анализ показывает, что в последнее время находят применение системы обеспечения микроклимата в коровниках с вентиляционными каналами, выполненными в виде стеновых проемов, перекрываемых шторами. Такие системы управления естественной вентиляцией получили распространение при беспривязном содержании коров на глубокой подстилке. Система эффективна и при беспривязно-боксовом содержании коров. В этом случае коровники дополнительно оборудуют крышными приточно-вытяжными установками с установленными в них электронагревательными элементами.

Список литературы

1. Войтенко, В.С. Схема блока управления вентиляцией помещения / В.С. Войтенко, С.В. Вендин // В книге: Материалы международной студенческой научной конференции. Майский: ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2015. С.208.

2. Войтенко, В.С. Параметрические и программируемые системы управления вентиляцией А-CLIMA / В.С. Войтенко, С.В. Вендин // В книге: Материалы международной студенческой научной конференции. Майский: ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2015. С.208.
3. Латышев, А.А. Создание автоматизированной системы управления микроклиматом в птичниках / А.А. Латышев, С.В. Вендин // В сборнике: Международный молодежный аграрный форум «Аграрная наука в инновационном развитии АПК». Материалы международной научно-практической конференции. Майский, 2018. С. 29-33.
4. Латышев, А.А. Модернизация системы автоматизированного управления микроклиматом в птичнике / А.А. Латышев, С.В. Вендин // В сборнике: Актуальные проблемы агроинженерии и пути их решения. Майский, 2018. С. 159-162.
5. Латышев, А.А. Система микропроцессорного регулирования микроклиматом в птичнике / А.А. Латышев, С.В. Вендин // Сельский механизатор. 2019. № 12. С. 32-33.
6. Латышев, А.А. Микропроцессорное регулирование микроклимата в птичнике / А.А. Латышев, С.В. Вендин // Наука и образование. 2019. № 4. С. 234.
7. <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovye-tehnologii-v-upravlenii-mikroklimate-korovnika/viewer>
8. <http://worldgonesour.ru/proizvodstvo-moloka-i-svininy/42-sistemy-obespecheniya-mikroklimate-v-korovnikah.html>
9. https://studopedia.ru/3_68134_lektsiya---avtomatizatsiya-ustanovok-mikroklimate-v-zhivotnovodcheskih-i-ptitsevodcheskih-pomeshcheniyah.html

УДК 662.99

Панченко С.В., Украинцев М.М., Липкович И.Э., Серёгин А.А., Яценко А.А.

ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет»
«Азово-Черноморский инженерный институт», г. Зерноград

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВКИ ДЛЯ ГЛУБОКОЙ УТИЛИЗАЦИИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ С РЕКУПЕРАТИВНЫМ ТЕПЛООБМЕННИКОМ

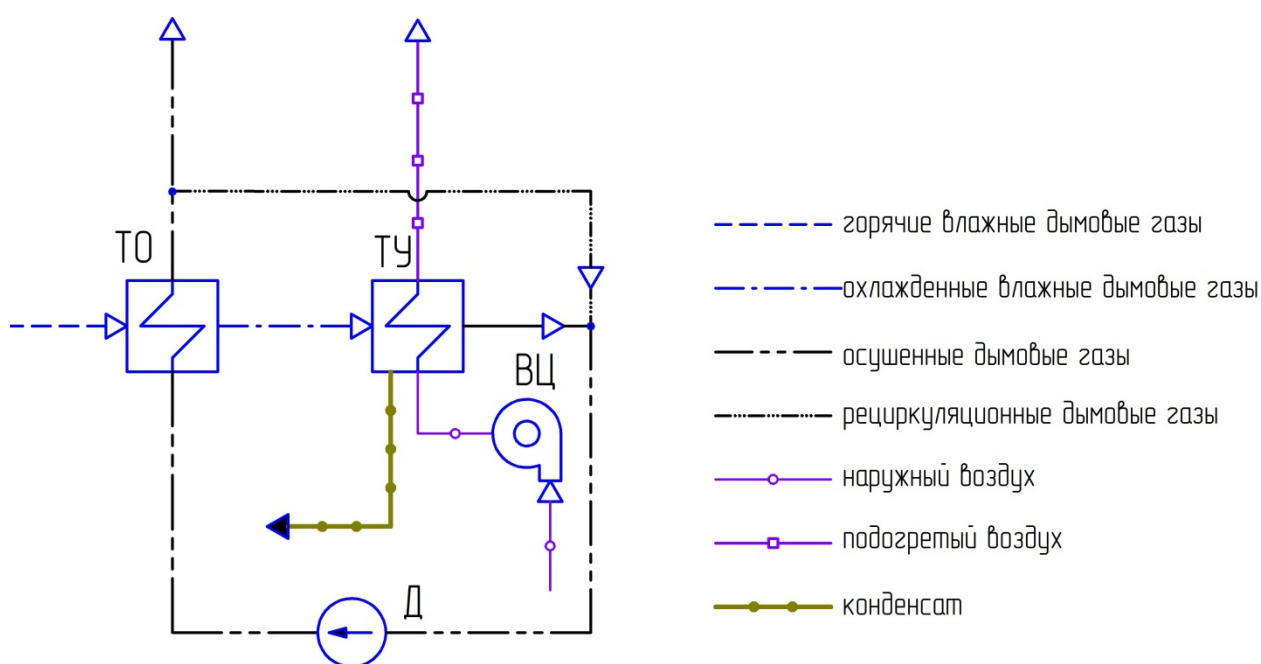
Аннотация. Установки глубокой утилизации теплоты позволяют повысить эффективность котельных установок. Приведена схема установки с использованием рекуперативного теплообменника для предотвращения выпадения влаги в дымовой трубе. Описаны режимы работы данной установки. Проведен расчет параметров теплоутилизатора и теплообменника для котельных агрегатов сыродельного завода. Проведена технико-экономическая оценка использования предлагаемой установки для глубокой утилизации теплоты дымовых газов

Ключевые слова: котельная установка, теплоутилизатор, дымовые газы, воздух, рекуперация, теплообменник.

Утилизация теплоты уходящих газов является одним из основных способов повышения эффективности котельных установок. Глубокая утилизация теплоты подразумевает снижение температуры дымовых газов ниже точки росы водяных паров с их последующей конденсацией. При этом утилизируется значительная часть скрытой теплоты конденсации, а конденсат после дополнительной

обработки может быть использован для восполнения потерь воды в энергетическом цикле или теплосети.

Общей особенностью всех установок для глубокой утилизации тепла дымовых газов является то, что основная часть водяных паров конденсируется, и влагосодержание продуктов сгорания уменьшается. При этом на выходе из теплоутилизатора относительная влажность дымовых газов близка к 100%. Это неизбежно приведет к дальнейшей конденсации водяных паров в дымоходах и дымовой трубе, что снижает срок эксплуатации теплоэнергетического оборудования. Для предотвращения выпадения влаги в дымовой трубе используется рекуперация – нагрев осушенных дымовых газов в поверхностном теплообменнике выходящими из котельного агрегата влажными дымовыми газами [1]. Схема глубокой утилизации теплоты с использованием рекуперативного теплообменника представлена на рисунке 1.



ТО–рекуперативный теплообменник; ТУ–теплоутилизатор;
ВЦ–вентилятор центробежный; Д–дымосос

Рисунок 1 – Схема утилизации теплоты дымовых газов с использованием рекуперации

Выходящие из котла горячие дымовые газы нагревают в теплообменнике (ТО) осушенные дымовые газы для предотвращения возможной конденсации водяных паров в газоходах и дымовой трубе. В теплоутилизаторе (ТУ) происходит дальнейшее охлаждение дымовых газов и конденсация водяных паров с нагревом воздуха, который подается блоком вентиляторов (В). Дополнительный дымосос (Д) компенсирует аэродинамическое сопротивление газового тракта теплообменников. Конденсат после дополнительной обработки используется для восполнения потерь в теплосети или паротурбинном цикле. Нагретый воздух направляется в производственное помещение котельного цеха, где используется для вентиляции, отопления и для обеспечения процесса горения [2].

Движение теплоносителей в теплоутилизаторе и теплообменнике осуществляется по схеме «противоток». Регулирование температуры нагретого воздуха осуществляют изменением расходов теплоносителей посредством изменения числа оборотов нагнетателей. Перед дымососом Д по газоходу рециркуляции подводится небольшое количество (5...10%) подогретых осушенных дымовых газов для исключения конденсации остаточной влаги на лопастях дымососа

Предлагаемая схема утилизации предусматривает четыре режима работы:

- базовый режим без регулирования расхода дымовых газов и воздуха;
- режим с регулированием расхода воздуха и постоянным расходом дымовых газов;
- режим с регулированием расхода дымовых газов и постоянным расходом воздуха;
- режим с регулированием расхода дымовых газов и расхода воздуха.

Таблица 1 – Характеристика используемого природного газа

Состав газа, % по объему									Низшая теплота сгорания, кДж/м ³
<i>CH₄</i>	<i>C₂H₆</i>	<i>C₃H₈</i>	<i>C₄H₁₀</i>	<i>C₅H₁₂</i>	<i>C₂H₄</i>	<i>CO₂</i>	<i>N₂</i>	<i>O₂</i>	
94,984	1,771	0,47	0,064	0,094	0,036	0,8	2,2	0,001	34314

При проектировании теплоутилизатора на весь объем дымовых газов режим работы будет соответствовать последнему варианту. При положительных температурах расход топлива в котел уменьшается, соответственно снижается расход дымовых газов и мощность теплоутилизатора. При низких температурах снижается расход воздуха, так как нет дополнительного расхода дымовых газов.

Таблица 2 – Фрагмент режимной карты котла типа ДЕ–4–14ГМ, установленного в котельной ЗАО «СК «Ленинградский»

Наименование		Единицы измерения	Нагрузка котлоагрегата, %		
			45	75	98
Газ	Расход газа,	м ³ /ч	91	174	252
Дымовые газы	Коэффициент избытка воздуха за котлом	–	1,94	1,25	1,17
	Температура за котлом	°C	226	273	297
	Содержание CO ₂ за котлом	%	5,9	9,4	10
	Содержание CO за котлом	ppm	30	32	42
	Содержание O ₂ за котлом	%	10,1	4,1	2,8
	Коэффициент избытка воздуха за котлоагрегатом		2	1,31	1,21
	Температура за котлоагрегатом	°C	131	180	200
	Содержание CO ₂ за котлоагрегатом	%	5,4	9	9,8
Содержание CO за котлоагрегатом	ppm	25	330	40	
Содержание O ₂ за котлоагрегатом	%	11,2	5,3	3,8	

Расчет параметров теплоутилизатора и теплообменника был проведен для энергетических агрегатов, установленных в котельной Староминского филиала

«Сыродел» ЗАО «СК Ленинградский» Краснодарского края. Котельная оснащена тремя паровыми газомазутными котлами ДЕ–4–14ГМ. В настоящее время котельные установки работают на газе, характеристика которого приведена в таблице 1.

Характеристика дымовых газов, выходящих из каждого котельного агрегата, представлена в таблице 2.

Используя разработанные методики расчета теплообменных аппаратов [3] и алгоритм расчета теплоутилизаторов [4], для рассматриваемого котельного агрегата были определены параметры рекуперативного и утилизационного аппаратов. Результаты расчетов представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Параметры теплоутилизатора для котла ДЕ–4–14ГМ

Параметры установки	Параметры
Расход дымовых газов, m^3/c	2,1
Температура дымовых газов t_g , °С	200
Температура точки росы водяных паров в дымовых газах, °С	56
Площадь теплообмена рекуперативного теплообменника F_p , m^2	108
Тепловая мощность рекуперативного теплообменника Q_p , kBt	124
Площадь поверхности теплообмена теплоутилизатора F_i , m^2	501
Расход конденсата G_k , kg/c	0,24
Тепловая мощность теплоутилизатора, kBt	360
Температура уходящих дымовых газов, °С	81
Ожидаемое повышение КПД котла при утилизации тепла всего объема дымовых газов, %	15

Унифицированный теплообменный пакет для теплоутилизатора конструируется из листа оцинкованной или нержавеющей стали размером 1200×600 мм толщиной 0,5 мм. Число листов в пакете составило 72 шт. с зазором между ними 10 мм. Пакет имеет площадь теплообмена 47,2 m^2 . Теплоутилизатор установки комплектуется из 4 пакетов как 5 ходовой по дымовым газам. Примерные размеры составляют: высота 1,8 м; длина 3 м; ширина 1 м.

Пакет для рекуперативного теплообменника конструируется из листа оцинкованной стали размером 600×600 мм толщиной 0,5 мм. Число листов в пакете составило 48 шт. с зазором между ними 10 мм. Пакет имеет площадь поверхности теплообмена 15,6 m^2 .

Рекуперативный теплообменник комплектуется из 4 пакетов как 4 ходовой по осушенным дымовым газам. Габаритные размеры (3х0,5х1,8м) и вес установки позволяют ее размещение в котельном цехе без проектирования отдельного помещения и фундамента.

Внедрение данной утилизационной установки позволяет получить чистый дисконтированный доход в размере 1840 тыс. руб при сроке окупаемости 3 года и индексе доходности 3,5.

Предлагаемая установка может быть спроектирована для утилизации теплоты полного или частичного расхода дымовых газов котлов мощностью 1...10 MBt с высокой (160-200 °С) температурой уходящих продуктов сгорания.

Список литературы

1. Кудинов, А.А. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях / А.А. Кудинов, С.К. Зиганшина. – М.: Машиностроение, 2011. – 374 с.
2. Беспалов, В.В. Технология осушения дымовых газов ТЭС с использованием теплоты конденсации водяных паров / В.В. Беспалов, В.И. Беспалов // Известия ТПУ. – 2010. – №4(316): Энергетика. – С. 56–59.
3. Ефимов, А.В. Разработка пластинчатого воздухоподогревателя конденсационного типа для теплоутилизационной системы / А.В. Ефимов, А.Л. Гончаренко, Л.В. Гончаренко // ЭНЕРГЕТИКА: економіка, технології, екологія. – 2012. – №2(31). – С.83–90.
4. Беспалов, В. В. Моделирование конденсационных установок поверхностного типа для утилизации тепла дымовых газов с подогревом воздуха / В. В. Беспалов, Л. А. Беляев, Л. С. Кучман // Интеллектуальные энергосистемы : труды IV Международного молодёжного форума: в 3 томах, Томск, 10–14 октября 2016 года / Томский политехнический университет. – Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2016. – С. 228-232.

УДК 631.3

Пасечный А.А., Шукин И.В.

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ВЕНТИЛЯЦИОННО-ОТОПИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКОЙ В ПТИЧНИКЕ

Аннотация. В настоящей статье представлена функциональная схема системы управления вентиляционно-отопительной установкой птицеводческом помещении с использованием программируемого логического контроллера. Программирование ПЛК осуществляется в среде *CoDeSys* с помощью языка *CFC* и стандартной библиотеки функциональных блоков. Составлены логические схемы управления вентиляционно-отопительной установкой.

Ключевые слова: вентиляционно-отопительная система, программируемый логический контроллер, система автоматического управления, логические схемы управления.

Повышение производительности труда и снижение энергозатрат на производство единицы продукции, улучшение использования электрооборудования и условий труда работников невозможно без внедрения системной автоматизации в сельскохозяйственное производство [1-5].

В частности, использование автоматизированных систем управления технологическими процессами в птицеводческих помещениях представляется важным ввиду предъявления повышенных требований к технологии содержания птицы [6,7]. Таким образом, создание новых и совершенствование существующих систем автоматического управления, например, микроклиматом, с использованием современных микропроцессорных технических средств, представляется актуальным [8].

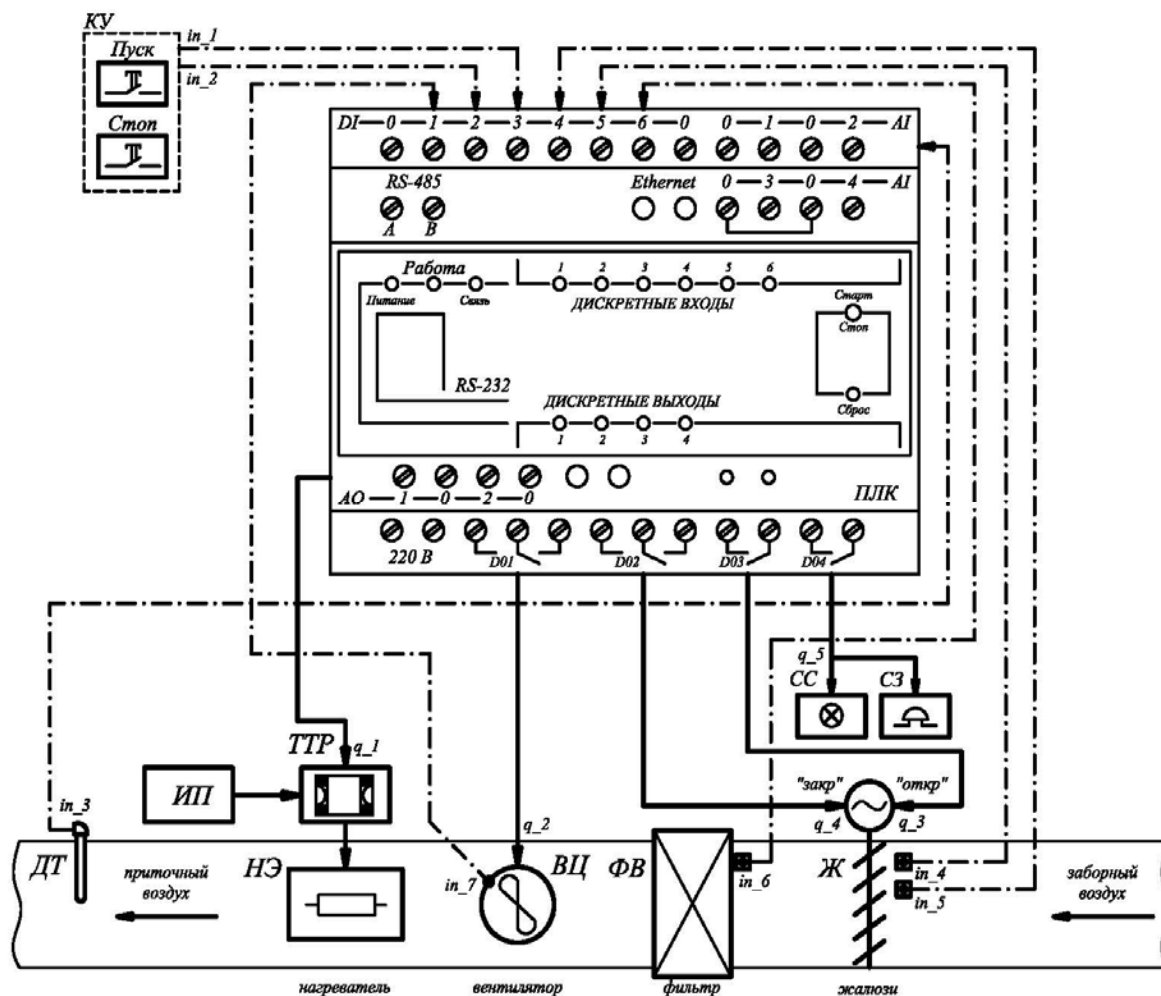


Рис.1 – Функциональная схема системы автоматического управления вентиляционно-отопительной установкой: ПЛК – программируемый логический контроллер; ДТ – датчик температуры; НЭ – нагревательные элементы; ИП – источник питания; ТТР – твердотельное реле; ВЦ – вентилятор центробежный; Ж – жалюзи; СС – сигнализация световая; СЗ – сигнализация звуковая; ФВ – фильтр воздушный; КУ – кнопки управления.

На рис.1 представлена функциональная схема системы автоматического управления вентиляционно-отопительной установкой [8,9].

Для программирования логического контроллера представляется важным обозначить глобальные входы и выходы (табл.1) [10,11].

Управление вентиляционно-отопительной установкой (рис.1) осуществляется следующим образом [8,9]. При нажатии кнопки *Push* (in_1 – дискретный вход контроллера) одновременно включаются вентилятор *Vent* (q_2 – дискретный выход контроллера) и нагревательные элементы *Nagrev* (q_1 – аналоговый выход контроллера). Для исключения попадания холодного заборного воздуха в помещение при непрогретых нагревательных элементах на некоторое время происходит закрытие жалюзи *JalZakr* (q_4 – дискретный выход контроллера) по сигналу от конечного выключателя *DatZakr* (in_4 – дискретный вход контроллера), после чего подается сигнал на их открытие *JalOtkr* (q_3 – дискретный выход контроллера) по сигналу от конечного выключателя *DatOtkr* (in_5 – дискретный вход контроллера).

Таблица 1 – Глобальные входы и выходы программируемого логического контроллера

№ п.п.	Наименование	Обозначение	Номер входа/выхода
ВХОДЫ			
1	Кнопка запуска	<i>Pusk</i>	<i>in_1</i>
2	Кнопка остановки	<i>Stop</i>	<i>in_2</i>
3	Датчик температуры приточного воздуха	<i>DatTemp</i>	<i>in_3</i>
4	Конечный выключатель жалюзи на закрытие	<i>DatZakr</i>	<i>in_4</i>
5	Конечный выключатель жалюзи на открытие	<i>DatOtkr</i>	<i>in_5</i>
6	Датчик загрязнения фильтра	<i>DatFiltr</i>	<i>in_6</i>
7	Датчик работы вентилятора	<i>DatVent</i>	<i>in_7</i>
ВЫХОДЫ			
1	Нагревательные элементы через твердотельное реле	<i>Nagrev</i>	<i>q_1</i>
2	Электропривод вентилятора	<i>Vent</i>	<i>q_2</i>
3	Электропривод жалюзи на открытие	<i>JalOtkr</i>	<i>q_3</i>
4	Электропривод жалюзи на закрытие	<i>JalZakr</i>	<i>q_4</i>
5	Свето-звуковая сигнализация	<i>Avar</i>	<i>q_5</i>

Регулирование температуры осуществляется по сигналу обратной связи от терморезистора *DatTemp* (*in_3* – аналоговый вход контроллера). При изменении температуры воздуха на выходе контроллера *q_1* формируется аналоговый сигнал $0 \dots 10$ В, который подается на вход твердотельного реле ТТР (рис.4.1). В зависимости от температуры изменяется значение *q_1* от максимального 10 В до минимального 0 В. В соответствии с входным сигналом на ТТР изменяется напряжение на нагревательных элементах НЭ от максимального 380 В до минимального 0 В.

В системе управления предусмотрена блокировка включения или аварийное отключение установки при выходе из строя вентилятора по сигналу от датчика *DatVent* (*in_7* – дискретный вход контроллера), или загрязнении фильтра по сигналу от датчика *DatFiltr* (*in_6* – дискретный вход контроллера) [9].

Этап программирования логического контроллера разделяют на ряд отдельных операций: выбор программируемого логического контроллера, тип (дискретные или аналоговые) и количество входов и выходов которого соответствуют требованиям функциональной схемы автоматизации; выбор языка программирования; объявление имен глобальным входам и выходам; составление логической схемы использованием библиотек CoDeSys; настройка и эмуляция логической схемы; копирование кода программы на программируемый логический контроллер [10,11].

Программирование ПЛК [12] осуществляется в среде *CoDeSys* с помощью языка *CFC* (непрерывные функциональные схемы) и стандартной библиотеки функциональных блоков [10,11].

Предварительные расчеты показали, что для системы автоматического регулирования температуры воздуха перспективным является ПИД-регулирование [8].

Условием для пуска вентиляционно-отопительной системы (рис.2) является логическая единица (*TRUE*) дискретного входа *in_1* (замкнутый контакт

кнопки «Пуск» – *Pusk*) и логические нули (*FALSE*) дискретных входов *in_6* и *in_7* (разомкнутые контакты датчика воздушного фильтра *DatFiltr* и датчика работы вентилятора *DatVent*), инверсия которых осуществляется с помощью функционального блока *NOT* и подается на блок *AND* (по битное И) [11].

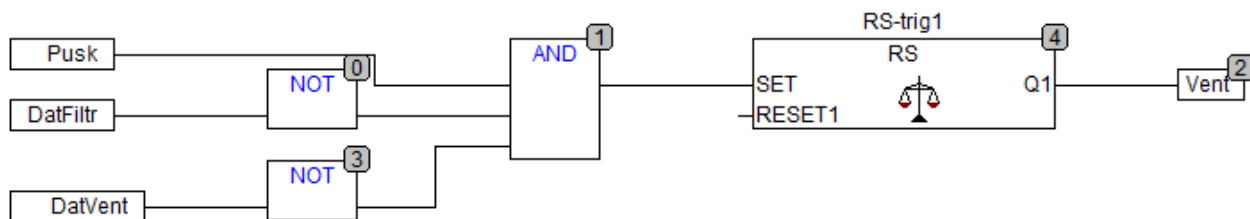


Рис.1 – Логическая схема управления пуском вентилятора

Управление приводом жалюзи происходит следующим образом. При подаче сигнала на вход *in_1* (*Pusk*) происходит закрытие жалюзи *JalZakr* (q_4) и подается сигнал на таймер с отсрочкой включения *ton1*. По истечении времени, заданного на входе *PT* (20 с) включается выход q_3 на привод открытия жалюзи *JalOtkr* (рис.3).

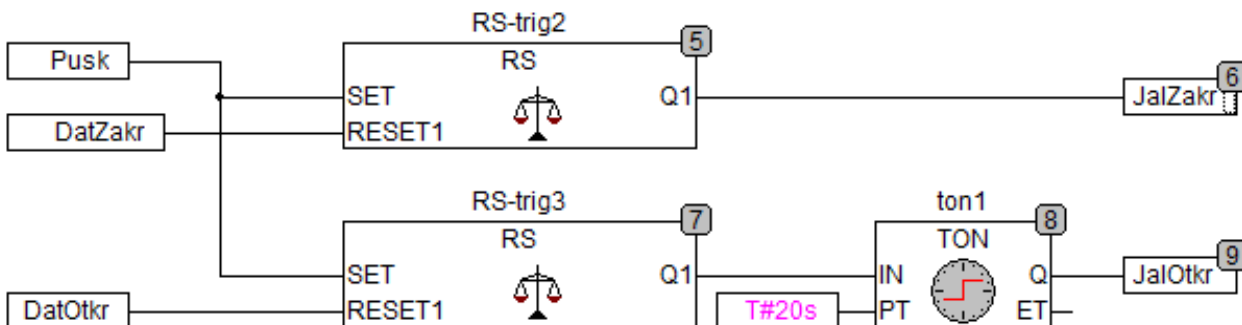


Рис.2 – Логическая схем управления приводом жалюзи

Для отключения привода закрытия жалюзи *JalZakr* (q_4) или открытия жалюзи *JalOtkr* (q_3) используются конечные выключатели соответственно *DatZakr* (*in_4*) и *DatOtkr* (*in_5*) (рис.3).

Отключение вентиляционно-отопительной установки осуществляется нажатием кнопки «Stop» (*in_2*) (рис.4). При этом включается привод на закрытие жалюзи *JalZakr* (q_4) для исключения попадания холодного внешнего воздуха в помещение при отключенных нагревательных элементах вентиляционно-отопительной установки.

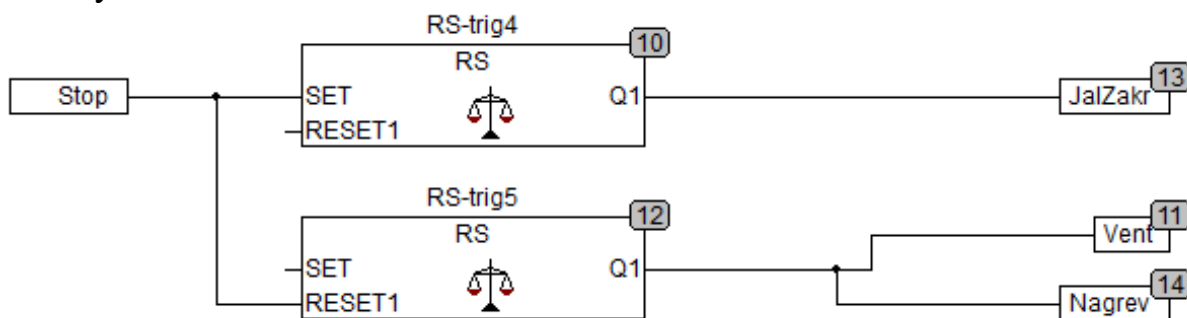


Рис.4 –Логическая схема отключения вентиляционно-отопительной установки

В системе управления предусмотрены блокировки включения или аварийного отключения при засорении фильтра и неработающем вентиляторе (рис.5) [8,9].

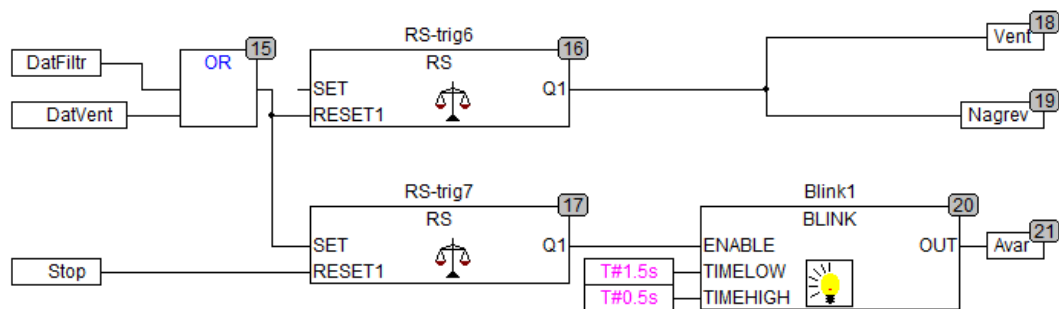


Рис.5 – Логическая схема блокировки включения или аварийного отключения вентиляционно-отопительной установки

При подаче сигнала от датчика загрязнения фильтра *DatFiltr* (*in_6* – дискретный вход контроллера) или датчика вентилятора *DatVent* (*in_7* – дискретный вход контроллера) происходит отключение выходов *q_1* (*Nagrev*) и *q_2* (*Vent*). Одновременно подается сигнал на вход генератора прямоугольных импульсов «blinker 1», формирующий выходные импульсы длительностью *TIMEHIGH* (0,5 с) и длительностью паузы *TIMELOW* (1,5 с) [11].

Таким образом использование программируемого логического контроллера для построения систем управления вентиляционно-отопительной системой представляется эффективным.

Список литературы

1. Усанов, К.М., Импульсные электромагнитные двигатели в приводе в приводе оборудования пищевого производства / К.М. Усанов, В.А. Каргин, С.М. Зубарев, А.В. Ивченко. // Научное обеспечение агропромышленного производства: Материалы Международной научно-практической конференции – Курск: Изд-во Курская государственная сельскохозяйственная академия, 2010. – С.228-231.
2. Усанов, К.М. Дискретные электромагнитные приводы в процессах и технологиях сельхозпроизводства и АПК : [монография] / К.М. Усанов, В.А. Каргин, А.П. Моисеев, А.В. Волгин. – Саратов: Амирит, 2021. – 184 с.
3. Kargin, V.A. Electromagnetic Strike Action System with Self-Adjustment of Output Energy / V. A. Kargin, A. V. Volgin // 2018 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon, 20184 January 2019 8602647.
4. Каргин, В.А. Система автоматического управления электромагнитным сводообрушителем / В.А. Каргин / Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2019. – № 6 (176). – С. 148–154.
5. Каргин, В.А. Система управления электромагнитным прессом для отжима сока / В.А. Каргин. – Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2019. № 4.
6. Моисеев А.П. Электротехнологическое оборудование в сельскохозяйственном производстве: учебное пособие / В.А. Каргин, А.П. Моисеев, Л.А. Лягина, А.В. Волгин. – Саратов: Амирит, 2018. – 103 с.
7. Усанов, К.М. Проектирование электроустановок : учебное пособие / К.М. Усанов, В.А. Каргин, А.П. Моисеев, Л.А. Лягина. – Саратов: Амирит, 2017. – 123 с.
8. Змеев, А.Я. Проектирование систем электрификации: учебное пособие / А.Я. Змеев, К.М. Усанов, В.И. Мошкин, В.А. Каргин. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2016. – 292 с.

9. Каргин, В.А. Автоматизация систем управления технологическими процессами : учебное пособие / В.А. Каргин, А.П. Моисеев, А.В. Волгин, Л.А. Лягина, Е.А. Четвериков. – Саратов: Амирит, 2018. – 177 с.
10. Петров, И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования / И.В. Петров. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 246 с.
11. Руководство пользователя по программированию в CoDeSyS 2.3 – редакция RU 2.4, для CoDeSyS v 2.3.6x.
12. <https://owen.ru>. ОВЕН. Оборудование для автоматизации.

УДК 631.365.3/4:633.88

Русских И.Г., Лягина Л.А.

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова», г. Саратов

ВОЗДЕЙСТВИЯ ОЗОНА НА ОСНОВНЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ КОРМОВЫХ СМЕСЕЙ

Аннотация: В работе рассматривается связь основных параметров процесса озонирования с влияющими факторами. Установлено, что озон при обработке слоя расходуется в основном на химическое взаимодействие и разложение на поверхности, что ведет к перерасходу озона.

Ключевые слова: высота слоя, концентрация озона, озонирование, внешние факторы, количество озона, зерновые культуры.

В последнее время все большее внимание привлекают технологии обеззараживания зерна и зерновых продуктов с применением озона, преимуществом которых является их высокая эффективность, универсальность, экологическая чистота и низкая энергоемкость [1,3,4,5,6]. Озонирование способствует улучшению питательных свойств кормовых смесей, но требует соблюдения определенных режимов обработки.

Для определения потребности в озоне для обеззараживания кормовых смесей важно определить значения составляющих расхода озона в процессе озонирования. Время жизни молекулы озона на поверхности кормовых смесей зависит от внешних факторов и свойств самой поверхности. К тому же озон реагирует с веществами, находящимися в самой смеси и при этом происходит снижение концентрации озона. На основе научного исследования процесса взаимодействия озона с кормовыми смесями приведем схему распределения озона в процессе озонирования кормовых смесей (рис.1).

Изменение концентрации озона по слоям определяется по формуле [1]:

$$C_k = C_n - \frac{(n_{a.o.} + n_{p.o.} + n_{o.o.} + n_{x.p.}) \cdot t}{W} \quad (1)$$

где C_k – изменение концентрации до конечного результата; W – расход озоновоздушной смеси через слой кормовой смеси; t – время контакта со слоем.

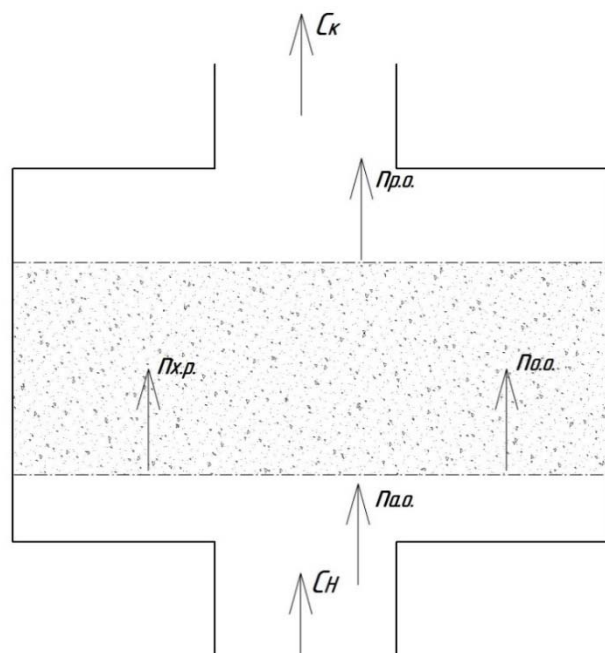


Рисунок 1 – Схема распределения озона в процессе озонирования кормовых смесей: C_n – начальная концентрация озона; C_k – конечная концентрация озона; $n_{a.o.}$ – количество адсорбированного озона; $n_{p.o.}$ – количество разложившегося озона на поверхности; $n_{x.p.}$ – количество озона, вступившего в химические реакции; $n_{o.o.}$ – количество разложившегося озона в обрабатываемом объеме.

При прохождении озона через насыпь, каждый слой поглощает определенную величину поступающего озона. С увеличением высоты слоя будет происходить уменьшение количества озона на величину dp , равное количеству поглощенного и разложившегося озона в этом слое за время t [1].

Озонирование оказывает положительное влияние на многие зерновые культуры. Главными факторами в улучшении параметров зерна служат уровни концентрации озона в смесях, время отлёжки после обработки. Озонирование является важным необходимым и эффективным средством в достижении необходимого результата при обработке зерновых культур [2].

Список литературы

1. Смирнов, А.А. Электротехнологическая озонаторная установка для обеззараживания кормовых смесей: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2014. 25с.
2. Донсков, А.П. Особенности влияния озона на показатели качества зерновых культур. /А.П. Донсков, А.П. Волошин, С.П. Волошин/ Инновационная наука 2018.–№ 4.
3. Лягина, Л.А. Емкостной преобразователь для порционного дозирования мелкодисперсных материалов/ Л.А Лягина, Т.В. Улыбина, Ф.К. Абдразаков / Аграрный научный журнал, 2015. – №5.
4. Каргин, В.А. Автоматизация систем управления технологическими процессами [Текст]: учебное пособие/ В.А. Каргин, А.П. Моисеев, А.В. Волгин, Л.А. Лягина, Е.А. Четвериков. – Саратов: Амирит, 2018. – 177с.
5. Каргин, В.А. Совершенствование установки сушки расторопши за счет автоматизации процесса измерения влажности/ В.А. Каргин, А.П. Моисеев, Е.А. Четвериков/ Аграрный научный журнал, № 7, 2015. – С. 52-54
6. Лягина, Л.А. Автоматизация управлением процесса досушивания прессованной в рулоны травы/ Л.А. Лягина, Е.В. Богомоллов/ Материалы X национальной научно.-практ. конф. С международным участием, Актуальные проблемы энергетики АПК// ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, 2019.

Русских И.Г., Лягина Л.А.

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова» г. Саратов

КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ ХРАНЕНИЯ КОРМОВЫХ СМЕСЕЙ

Аннотация. В работе рассматриваются отдельные виды сырья, подлежащие хранению. Хранение сырья на предприятии пока еще вызывает проблемы, при этом особо большие сложности связаны с хранением трудносыпучих видов сырья. Это и затруднения при разгрузке сырья и обеспечение обеспыливания для улучшения условий труда.

Ключевые слова: хранение сырья, напольные склады, контейнерная площадка, комбикормовое производство.

Хранение сырья занимает одно из ведущих мест среди технологических стадий комбикормового производства [1,2,3,4]. Здесь речь идет не столько о сложном технологическом оборудовании, сколько о правильном и целесообразном обслуживании множества бункеров (емкостей), складских помещений, работе с контейнерами, в которых хранится сырье с различными свойствами.

Непосредственной задачей на этой технологической стадии является создание запасов для производства. Необходимо обеспечить, чтобы в нужное время и соответствующем количестве по весу в распоряжении имелись все компоненты для измельчения и дозирования. Задача заключается не только в обеспечении производства соответствующим сырьем, но и в предотвращении ухудшения ценности и порчи при хранении. Для наиболее рациональной организации переработки отдельных видов сырья они должны храниться только насыпью, без тары. Хранение сырья на предприятии пока еще вызывает проблемы, при этом особо большие сложности связаны с хранением трудносыпучих видов сырья. Это и затруднения при разгрузке сырья и обеспечение обеспыливания для улучшения условий труда.

Отдельные виды сырья, подлежащие хранению, можно классифицировать с различных точек зрения (рис. 1).

Для производства комбикормов поставляются различные виды сырья по величине частиц от крупнокусковых (до 160 мм) до порошкообразных (сухое молоко, минералы, биологически активные вещества) [1].

По текучести различают свободнотекучие (зерно) и трудносыпучие (характеризующиеся когезионными свойствами) насыпные материалы.

Способность к хранению сырьевых компонентов зависит также от различных факторов: способ поступления товара (в мешках, насыпью, в гранулированном виде), опасность расслоения смеси, тенденция к затвердеванию или к когезии (налипанию к поверхности) и др.

Наиболее распространенной формой хранения сыпучего сырья в хранилищах для напольного хранения является хранение в складских помещениях.

Стены в этих складах кирпичные или бетонные, пол – бетонированный или асфальтированный. Ширина помещений составляет 24 м, длина различная – до 60 м [1]. В таких складах хранится комбикормовое сырье как насыпью, так и в таре. При хранении насыпью шротов, рыбной муки трудносыпучего сырья образующиеся в процессе хранения слёживаемость и затвердевание могут быть разрушены различными приспособлениями: тракторами-бульдозерами, погрузчиками, кранами и др. механизмами. Это является достоинством по сравнению с хранением в бункерах. Однако недостатком такого способа хранения является пылеобразование при закладке на хранение и при очистке помещений, большая трудоемкость. В напольных складах хранят также сырье, поступающее в мешках и контейнерах.

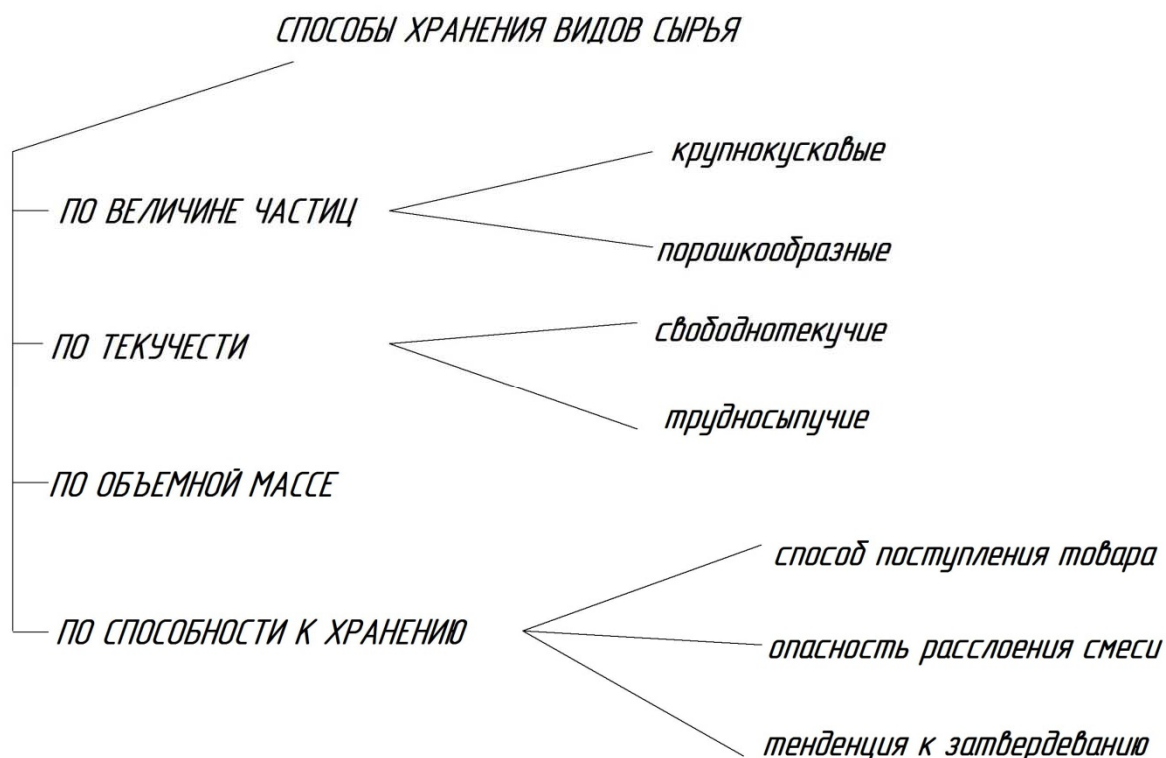


Рисунок 1 – Классификация способов хранения видов сырья

Мешки штабелируются на поддонах. Затем штабелируют поддоны с помощью вилочных погрузчиков в два или три ряда по высоте. Штабелирование мешков без поддонов более трудоемко. При поступлении сырья в контейнерах их складывают с помощью погрузчиков также в два-три ряда по высоте. Для механизации работ с сырьем, поступающим в контейнерах, на территории хозяйства оборудуют контейнерную площадку, которую размещают в конце прирельсового склада тарных грузов перпендикулярно железнодорожным путям. Между складом тарных грузов и площадкой должна быть транспортная связь. Площадка должна иметь твердое покрытие, рассчитанное на удельное давление не менее 1,5-2,0 т/м², уклоны в сторону канав для ливневой канализации, трапы и другое оборудование. В состав контейнерной площадки должны входить участки приема контейнеров с железнодорожного и автомобильного транспорта, складирования контейнеров, растаривания их и хранения пустых контейнеров. Основным

грузоподъемным и транспортным средством площадок является кран-балки. Рекомендуется применять кран-балки грузоподъемностью 3,5 и 5,0 т для одновременного подъема 2-3 контейнеров. Кран-балки необходимо комплектовать набором грузозахватных устройств, траверсами и другими вспомогательными устройствами. Площадка обеспечивается поддонами для укладки контейнеров, вилочными погрузчиками для транспортирования контейнеров за пределы площадки. Погрузчики необходимо комплектовать грузозахватными устройствами [1].

Список литературы

1. Черняев, Н.П. Технология комбикормового производства [Текст]: учеб. и учеб. пособия для вузов/ Н.П. Черняев. – М.: Агропромиздат, 1985.– 255с.:ил.
2. Каргин, В.А. Автоматизация систем управления технологическими процессами [Текст]: учебное пособие/ В.А. Каргин, А.П. Моисеев, А.В. Волгин, Л.А. Лягина, Е.А. Четвериков. – Саратов: Амирит, 2018. – 177с.
3. Лягина, Л.А. Система автоматического управления процессом сушки растительного сырья/ Л.А. Лягина, В.А. Каргин, А.П. Моисеев / Аграрный научный журнал, 2017. –№7.
4. Каргин, В.А. Оценка влияния тепловых режимов на предельные энергетические характеристики электромагнитных ударных машин/ В.А. Каргин, А.В. Волгин, А.П. Моисеев / Актуальные проблемы и перспективы инновационной агроэкономики: сборник статей Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции. – Саратов: ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, ООО «ЦеСАин», 2020. – С. 158-162.

УДК 53.06

Рыжова Е.В., Кочелаевская К.В., Кривенко В.М., Шмакова А.О.
ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ТЕРМОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Аннотация. В работе описано термографическое исследование некоторых помещений в учебном корпусе № 2 университета и даны общие рекомендации по устранению утечек тепла.

Ключевые слова: тепловизор, термографическое исследование, инфракрасное излучение.

Как известно, для физических тел, имеющие температуру выше 0 К, свойственно излучение электромагнитных волн. Одним их диапазонов шкалы электромагнитных волн является инфракрасное излучение. Инфракрасное излучение занимает спектральную область между радиоизлучением с частотой 300 ГГц и красным цветом видимого света с частотой 430 ТГц. Инфракрасное излучение называют тепловым излучением, так как воспринимается кожей человека как ощущение тепла. Открыто инфракрасное излучение было английским астрономом У. Гершелем в 1800 году. Применяется в военной технике, в строительстве, медицине.

Уже в повседневной жизни люди стали использовать пирометры – устройство, позволяющее бесконтактно определить температуру любой поверхности физического тела, основываясь на измерении потока теплового излучения.

Более детальную информацию о температуре физического тела можно получить при его тепловизионном или термографическом обследовании. Этот способ измерения проводится с помощью специального измерительного прибора – тепловизора.

Тепловизор представляет собой устройство, имеющее инфракрасную камеру и позволяющее бесконтактно измерять температуры поверхности тела и отразить результаты измерений на термограммах. Принцип работы тепловизора основан на преобразовании теплового излучения, которое невидимо для человеческого зрения, в видимое световое, где различные температуры отображаются разными цветами.

Тепловизионная диагностика зданий и сооружений позволяет провести контроль качества строительства и выявить следующие проблемы: трещины в стенах, нарушения при установке или эксплуатации дверей, окон, проблемы герметичности швов и другие дефекты теплоизоляции.

Основное достоинство тепловизионной диагностики - возможность своими глазами увидеть все места, через которые происходит утечка тепла в здании. Диагностика помогает выявить все «мостики холода», элементы утепления с повреждениями, проблемы конструкции и строительства, влияющие на охлаждение всего сооружения.



Рис.1. Термограмма 4 окна (УК №2, 2 этаж СГАУ).

Тепловое изображение, которое фактически представляет собой картину тысяч измерений температуры поверхности, позволяет легко увидеть, где отсутствует изоляция.

Тепловизионное обследование удобно использовать как способ обнаружения утечки теплового воздуха в конструкции здания. Утечка воздуха - это непреднамеренное попадание наружного воздуха в здание. Подобное происходит,

когда холодный воздух проникает через трещины и дыры в здании. Такие дефекты влияют на энергоэффективность здания, поэтому важно выявлять и исправлять места возможных теплопотерь.

В зимнее время в коридоре старого корпуса 2 комплекса нашего университета наблюдаются ощутимые утечки тепла. С помощью тепловизора FLiP i7 было проведено тепловизионное обследование 16 окон в коридоре с целью обнаружения утечек воздуха. Обследование проводилось в зимний период времени при температуре наружного воздуха -1 °С. Пример полученных термограмм (термограмма 4 окна) представлен на рисунке 1.

Согласно СНиП 2.08.02-89* расчетную температуру воздуха в высших учебных заведениях следует принимать равной 18°С. [1] Как видно из термограммы, даже при температуре наружного воздуха -1°С, средняя температура воздуха в коридоре не достигает нормативных значений. На термограмме чётко видны тёмно-синие полосы в районе дверных ручек окон и районе примыкания стеклопакета к подоконнику, означающие существенную утечку тепловой энергии из коридора.

Исследовав все 16 окон, была составлена таблица, в которой для каждого окна изложена его проблема и рассчитана разница между нормативной для помещения температурой и самой низкой температурой проблемного места.

Как видно из таблицы, основная проблема в неплотном прилегании створок окон и негерметичном примыкании стеклопакета к подоконнику.

Таблица 1

Окно в коридоре	Проблема	Разница нормативной и самой низкой температур
1	В районе примыкания стеклопакета к подоконнику	9°С
2	В районе ручки	12°С
3	В районе ручки и левой части подоконника	13°С
4	В районе примыкания стеклопакета к подоконнику и открывающей части окна	С
5	В левом углу подоконника и нижнего правого угла открывающей части окна	С
6	В районе ручки	С
7	В районе ручки	С
8	В районе примыкания стеклопакета к подоконнику и ручки	С
9	В районе примыкания стеклопакета к подоконнику, по периметру окна	С
10	В районе примыкания стеклопакета к подоконнику	С
11	В районе примыкания стеклопакета к подоконнику	С
12	В районе примыкания стеклопакета к подоконнику	С
13	В районе примыкания стеклопакета к подоконнику	С
14	В районе ручки и подоконника	С
15	В районе примыкания стеклопакета к подоконнику	С
16	В районе ручки	С

Следовательно, следует произвести замену прокладок окон, укрепление петель и ручек, а также обеспечить герметичное примыкание стеклопакета к подоконнику, в лучшем варианте осуществить демонтаж подоконников и установку новых с соблюдением плотного прилегания к стеклопакету.

Тепловые обследования могут точно определять места проникновения, помогая улучшить вентиляцию и тепловой комфорт во всем здании и, конечно же, сэкономить на счетах за тепло или электроэнергию.

Список литературы

1. СНиП 2.08.02-89*. Строительные нормы и правила. Общественные здания и сооружения.
2. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий.
3. Фокин, В.М., Бойков, Г.П., Видин, Ю.В. Основы технической теплофизики: Монография М: «Издательство Машиностроение-1», 2004, 172 с.
4. Комков, В. А. Энергосбережение в жилищно-коммунальном хозяйстве: учебное пособие / В. А. Комков, Н. С. Тимахова. — 2-е изд. — Москва : ИНФРА-М, 2021. — 204 с.

УДК 53.06

Рыжова Е.В., Кочелаевская К.В., Тяпаев И.С.

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

КАЧЕСТВО ОСВЕЩЕННОСТИ И ОХРАНА ТРУДА В УЧЕБНЫХ АУДИТОРИЯХ

Аннотация: в статье рассматриваются вопросы влияния качества освещения учебных аудиторий на работоспособность и уровень восприятия представляемого на занятиях материала. Приводятся характеристики освещенности ряда аудиторий в Саратовском ГАУ и делаются выводы.

Ключевые слова: освещенность, охрана труда, безопасность учебного процесса.

В системе образования не последним является вопрос безопасности учебного процесса. Одним из важных факторов эффективной деятельности образовательных учреждений является состояние рабочего места обучающегося. В лабораториях, лекционных аудиториях студенты проводят большую часть времени, поэтому к состоянию кабинетов предъявляются особые требования. Часто одним из факторов, влияющих на усвоение учебного материала, работоспособность и состояние зрительной функции студентов, называют несоблюдение требований к естественному и искусственному освещению. Одним из определений работоспособности является понятие, введенное Е.П. Ильиным: «Работоспособность – состояние систем организма, их готовность проявлять максимум своих возможностей». То есть работоспособность есть характеристика резервов организма? Тогда первоочередная задача, создать все условия для максимально долгой и комфортной работы нашего организма и мобилизации всех его функций.

Как видно из выше представленной схемы слабая освещенность рабочего места стоит на первом месте по влиянию на усталость человека [1].

Освещение в учебных аудиториях делят на два вида: естественное и искусственное. Естественный свет наиболее благоприятен для зрения. Естественное освещение создается за счет прямого, рассеянного и отраженного света. Он обеспечивает нормальный биоритм организма, стимулирует процессы обмена, регенерацию тканей [2]. На освещенность аудиторий важное значение имеет цвет стен. Именно поэтому все стены в учебных кабинетах и лабораториях окрашены в светлые тона. В том случае, когда естественного освещения недостаточно для комфортной работы его дополняют искусственным.

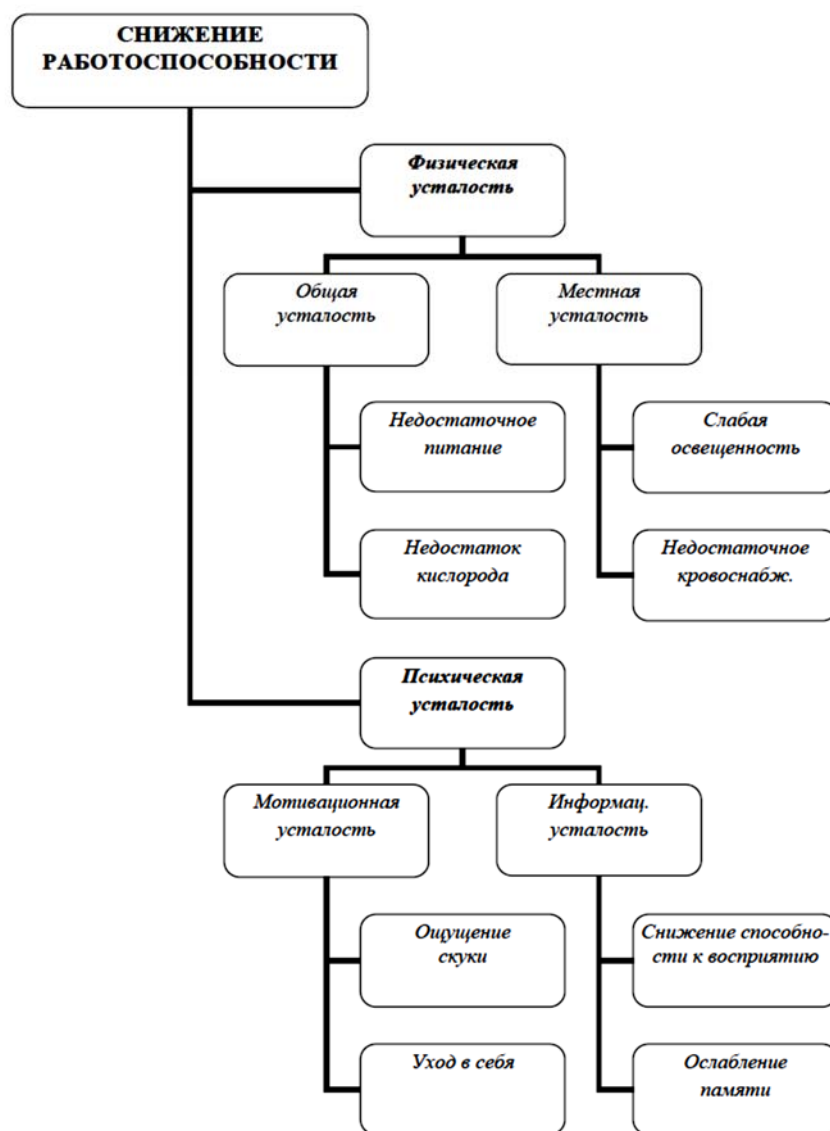


Рис.1 – Схема причинно-следственных связей при снижении работоспособности

К основным показателям искусственного освещения относятся: сила света, световой поток, освещенность, светимость, яркость, световая энергия [3]. Важную роль в качестве освещенности поверхности также отводится источникам света. Лампы накаливания и люминесцентные лампы имеют как преимущества,

так и недостатки. В учебных помещениях должно использоваться преимущественно люминесцентное освещение с использованием ламп: ЛБ, ЛХБ, ЛЕЦ. Не следует использовать в одном помещении люминесцентные лампы и лампы накаливания.

После анализа нормативных документов, касающихся норм освещенности аудиторий, лабораторий и рекреаций, была составлена следующая таблица.

Таблица 1.

№	Освещаемые объекты	Освещенность рабочих поверхностей, лк
1	Аудитории, учебные кабинеты, лаборатории техникумов и высших учебных заведений	400
2	Лаборатории	400
3	Кабинеты и комнаты преподавателей	300
4	Рекреации	150

Наша работа состояла в установлении соответствия показателей освещенность поверхностей с санитарно-эпидемиологическими требованиям к условиям и организации в общественных учреждениях. Расчет искусственного освещения на рабочих поверхностях был проведен с помощью люксметра ДТ-1300.

Измерения были проведены в 10 точках аудитории (над рабочим столом студента и преподавателя, в зоне доски).

Таблица 2

Ауд.	Искусственный и естественный свет		Только естественный свет		Только искусственный свет	
	Учебная доска	Парта	Учебная доска	Парта	Учебная доска	Парта
240	700	800	680	640	210	340
244	720	1050	640	886	220	285
253	1200	1365	456	586	540	659
416	555	600	711	483	490	603
413	470	440	359	393	260	310

На основании расчета освещенности с помощью люксметра и анализа результатов можно сделать вывод: освещенность в аудитории соответствует требуемым нормам, предъявляемыми в СанПИН 2.4.2.2821-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях». Проанализировав полученные результаты, мы пришли к выводу, что достижение необходимых параметров возможно за счет больших и высоких окон в наших учебных аудиториях. В качестве рекомендаций по улучшению освещенности помещений, мы предлагаем - своевременную очистку окон

(не реже 2 раз в год), замену источников освещения при значительном снижении светового потока, изменение расположения столов (свет должен падать с левой стороны).

Список литературы

1. Рубинштейн С.П. Основы общей психологии. Санкт-Петербург: Питер. 1998.-688 с.
2. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 8 апреля 2003 г. N 34 "О введении в действие СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03"
3. СНИП 23-05-95* «Естественное и искусственное освещение».

УДК 621.355.9

Рязанов Г.М.

ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет»,
г. Ульяновск

СРАВНЕНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

Аннотация: В данной статье рассматриваются характеристики различных типов аккумуляторов, область применения и этапы зарядки аккумулятора. Приводятся их основные преимущества и недостатки.

Ключевые слова: Аккумулятор, удельная энергоемкость, C-рейтинг заряда/разряда, количество циклов заряда разряда, этапы зарядки литий-ионного аккумулятора.

Аккумуляторы играют важнейшую роль в нашей жизни, т.к. в современном мире без них уже не обойтись. На сегодняшний день наиболее перспективными электрохимическими источниками тока с точки зрения получения максимальной плотности запасаемой энергии являются литий-ионные аккумуляторы. Существуют большое количество их типов. Можно выделить четыре основные группы на основе материалов:

- литий-кобальтат,
- литий-железо-фосфат,
- литий-никель-марганец-кобальтат,
- литий-титанат.

Литий-кобальтат (LCo) в большинстве случаев используется для питания гаджетов. Этот тип аккумулятора отличается от остальных высоким показателем удельной энергоемкости и низкой стоимостью. Его недостатком является короткий срок службы, низкая термическая стабильность и ограниченные возможности нагрузки (удельная мощность).

Характеристики LCo аккумулятора:

- Номинальное напряжение: 3.6 В, рабочий диапазон напряжений: 3.0-4.2 В;

- Удельная энергоемкость: 150-200 Вт*ч/кг;
- С-рейтинг заряда: 0.7-1С, С-рейтинг разряда: 1С;
- Количество циклов заряда/разряда: 500-1000 [1].

Литий-железо-фосфат (LFP) применяется на электротранспорте, в портативных и стационарных устройствах, где необходимы высокие токи нагрузки и выносливость. Преимуществом такого аккумулятора является высокий показатель силы тока и длительный срок службы, также он обладает хорошей термической стабильностью, повышенной безопасностью и стойкостью к перезаряду. Недостатком LFP являются худшие, по сравнению с NMC, удельные характеристики, узкий диапазон температур эксплуатации, высокое внутреннее сопротивление.

Характеристики LFP аккумулятора:

- Номинальное напряжение: 3.2-3.3 В, рабочий диапазон напряжений: 2.5-3.65 В на ячейку;
- Удельная энергоемкость: 90-120 Вт*ч/кг;
- С-рейтинг заряда: 1С, С-рейтинг разряда: 1С;
- Количество циклов заряда/разряда: 1000-2000 [1].

Литий-никель-марганец-кобальтат (NMC) применяется в электровелосипедах, в медицинском оборудовании, в электромобилях, в промышленности. Преимуществом такого аккумулятора является хорошая общая производительность, отличная удельная энергоемкость и низкий уровень самонагрева. Недостатком NMC является высокая стоимость.

Характеристики NMC аккумулятора:

- Номинальное напряжение: 3.6-3.7 В, рабочий диапазон напряжений: 4.2 В на ячейку;
- Удельная энергоемкость: 150-220 Вт*ч/кг;
- С-рейтинг заряда: 0.7-1С, С-рейтинг разряда: 1С;
- Количество циклов заряда/разряда: 1000-2000 [1].

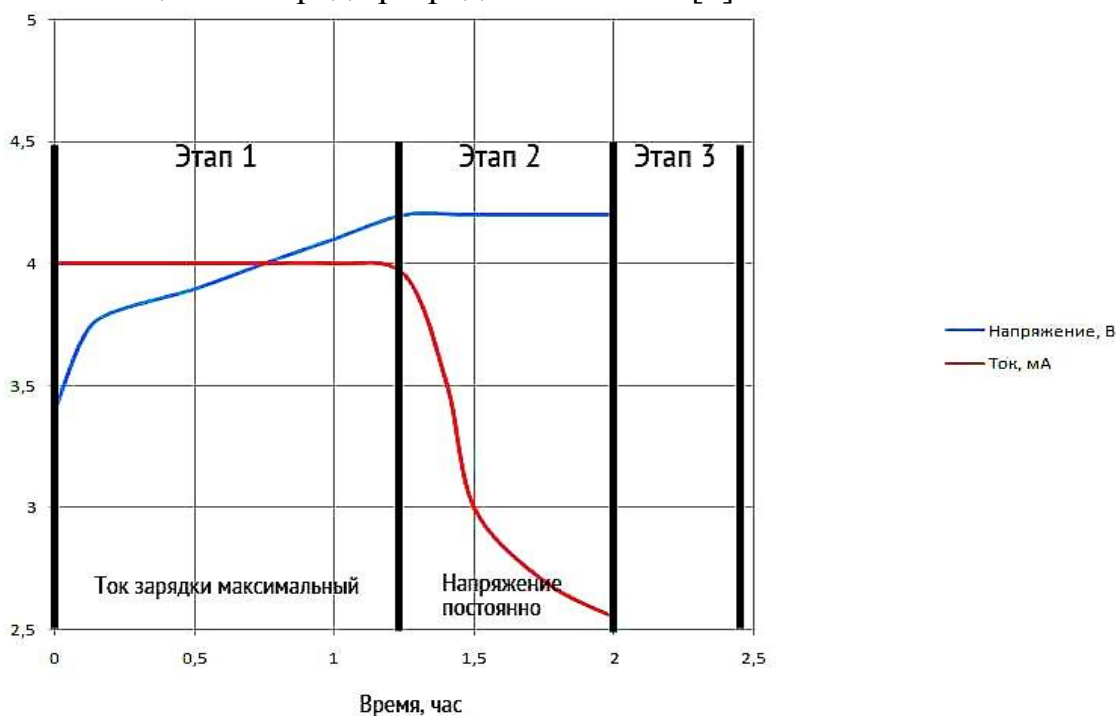


Рис. 1. Зависимость напряжения и тока от времени при заряде литий-ионного аккумулятора.

Литий-титанат (LTo) применяется в системах аккумулирования электроэнергии, в электрических силовых агрегатах и в уличном освещении на солнечных элементах. Преимуществом таких аккумуляторов является длительный срок службы, быстрая зарядка и широкий температурный диапазон. Недостатком LTo аккумулятора является низкая удельная энергоемкость и высокая стоимость.

Характеристики NMC аккумулятора:

- Номинальное напряжение: 2.4 В, рабочий диапазон напряжений: 1.8-2.75 В на ячейку;
- Удельная энергоемкость: 70-80 Вт*ч/кг;
- C-рейтинг заряда: 1-5C, C-рейтинг разряда: 10C;
- Количество циклов заряда/разряда: 3000-7000 [1].

Этапы зарядки литий-ионного аккумулятора:

Заряд литий-ионных аккумуляторов в основном происходит в комбинированном режиме. В первую очередь они заряжаются при постоянном токе 0.2-1C пока не достигнут напряжения 4,1-4.2 В. Потом зарядка происходит постоянным напряжением. Аккумулятор считается полностью заряженным, когда напряжение возрастает до максимального, а ток снижается до 3% от величины в начале процесса зарядки [2].

Детально рассмотрим все этапы зарядки литий-ионного аккумулятора, представленного на рисунке 1:

Этап 1. На этом этапе через аккумуляторную батарею течет максимальный ток заряда. Он длится до момента достижения порогового значения напряжения;

Этап 2. Аккумулятор заряжается постоянным напряжением до тех пор, пока величина тока не уменьшится до 3% от начального значения.

Этап 3. На этом этапе для компенсации саморазряда аккумулятора осуществляется периодический заряд примерно через каждые 500 часов [2].

Величина саморазряда литий-ионных аккумуляторов равна 1-3% в месяц.

Можно сделать вывод, что каждый тип литий-ионных аккумуляторов находят свою нишу в различных областях техники. Литий-ионные аккумуляторы за счет своего минимального саморазряда, легкого веса и большой удельной энергоемкости превосходят никель-кадмиевые и никель-металлогидридные аккумуляторы. Дальнейшее развитие литий-ионных аккумуляторов направлено на увеличение удельной энергоемкости и удельной мощности при минимизации размеров.

Список литературы

1. Типы литий-ионных аккумуляторов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://mobipower-ru.turbopages.org/mobipower.ru/h/modules.php?pcgi=name%3DNews%26file%3Darticle%26sid%3D604>
2. Современные источники тока и зарядные станции для автомобилей: учебное пособие / В.Е. Ютт [и др.]. – М.: МАДИ, 2017. – 108 с.

Сабыржанова А.О., Жексембиева Н.С.

Западно-Казахстанский аграрно-технический университет
имени Жангир хана, г.Уральск, Казахстан

ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Аннотация. Физиологические действия от случайного электрического удара варьируются от легкого ощущения до поражения электрическим током. И как ни странно, наибольшая угроза для жизни человека исходит не от более высоких, а от более низких значений силы тока. Также в статье изучены особенности мероприятий по электробезопасности.

Ключевые слова: электробезопасность, электрооборудование, промышленные предприятия, диэлектрические инструменты.

Большинство инженеров-электриков знают, что главная опасность от электричества—это опасность поражения электрическим током, но мало кто действительно понимает, насколько незначительное количество электрической энергии требуется для поражения электрическим током. Анализируя статистику среди всех травм, можем увидеть, что уровень электротравматизма на производстве составляет не более 1 %. Но, по статистике случаев со смертельным исходом электротравматизм занимает одно из первых мест, достигая в отдельных отраслях 40 %. При этом до 80 % случаев со смертельным исходом приходится на электроустановки напряжением 127... 380 В. Практика показывает, что в большинстве случаев при применении электрической энергии опасность возникает из-за нарушения целостности изоляции токоведущих частей. На состояние изоляции существенно влияет температура и влажность окружающей среды производственных помещений, наличие химической активной среды и ряд других факторов. Таким образом, при эксплуатации электрического оборудования, аппаратуры и приборов большое значение приобретают вопросы защиты обслуживающего персонала и других лиц от опасности поражения электрическим током.

Таблица 1. Реакция организма на разную силу тока

Ток	Реакция организма
0,2 - 1 мА	возникает электрическое ощущение (пощипывание, удар током)
1 - 2 мА	возникает болевое ощущение
3 - 5 мА	порог отпускания для детей
6 - 10 мА	минимальный порог отпускания для взрослых
10 - 20 мА	в точке контакта может произойти судорога
22 мА	99% взрослых не могут отпустить провод
20 - 50 мА	возможны судороги
50 - 100 мА	может возникнуть опасный для жизни сердечный ритм

Степень опасности поражения зависит от порога «отпускания» – силы тока и вольта. Порог «отпускания» – это уровень, при котором мышцы человека сокращаются. Это означает, что он не может отпустить источник электричества, пока кто-то безопасно его не уберет. Наглядно покажем, какова реакция организма на разную силу тока, измеренную в миллиамперах (мА).

Учитывая большое разнообразие травм, полученных при контакте с электрической энергией, вполне логично, что для предотвращения поражения электрическим током или поражения электрическим током необходимо минимальное воздействие на детали, находящиеся под напряжением.

При напряжении около 600 вольт сопротивление кожи перестает существовать, она просто прокалывается высоким напряжением, как и изоляция конденсатора. При более высоких напряжениях только внутреннее сопротивление тела препятствует протеканию тока. Обычно где-то около 2400 вольт горение становится основным эффектом. Ниже этого напряжения фибрилляция и удушье являются обычными проявлениями.

При напряжении выше 2300 вольт жертва не может ухватиться за проводник, находящийся под напряжением, так как на его руке возникает дуга, заставляющая ее втягиваться, прежде чем он успеет завершить захват. По этой причине высоковольтные удары почти всегда имеют очень короткую продолжительность, уменьшая величину горения по сравнению с результатом длительного удара.

Основной причиной травматизма персонала на промышленных предприятиях являются неисправности, возникающие при замыкании или размыкании некоторых типов выключателей или автоматических выключателей. Многие выключатели не обладают достаточной способностью выдерживать возможные токи замыкания, особенно при увеличении мощности отказов систем питания.

На современных заводах очень редко можно найти рамы и корпуса оборудования, которые не заземлены. Опасность заключается в физической и электрической адекватности заземляющего проводника. Иногда проводники заземления отключаются, например, при замене двигателя, а иногда проводники ломаются или разъедаются. Однако чаще всего маршрут заземляющего проводника проходит по пути, удаленному от проводника источника питания, так что в случае замыкания на землю через импеданс заземляющего проводника развивается относительно высокое падение напряжения. Гибкие и герметичные для жидкости трубопроводы также имеют относительно высокие импеданс и подвергаются довольно высоким перепадам напряжения при протекании тока повреждения.

Даже при том, что есть все возможные доступные средства, для безопасной работы и эксплуатации, хорошие результаты не будут достигнуты, если и рабочие, и их руководители не будут верить в безопасность и работать над ней все время. Необходимость в защите от воздействия электрического тока есть у всех электриков, так как это делает их работу безопасной и предотвращает несчастные случаи. Некоторые люди могут думать, что они не нуждаются в безопасности и не могут допустить ошибку. Тем самым не придерживаются правилами по электробезопасности, пренебрегают диэлектрические инструменты

и средства индивидуальной защиты (диэлектрических перчаток, ковров, бот и га-лош, подставок, изолирующего инструмента и т.д.). Такое отношение должно быть преодолено постоянным напоминанием. Некоторые из средств которые следует использовать это – плакаты и знаки безопасности, инструкции по технике безопасности с конкретными техническими инструкциями по каждой работе. Также руководству следует грамотно обучить своих сотрудников в оказании первой помощи.

Особенно высшие руководители должны быть убеждены в том, что безопасность должна быть частью каждой работы. Если безопасность не начинается сверху, она не доходит до нижестоящих. Точно так же, как качество продукции отражает политику руководства, так и уровень аварийности отражает отношение руководства к безопасности персонала. Следовательно, руководителям надо отнестись ответственно к своей жизни и жизни своих работников.

Список литературы

1. Правила устройства электроустановок, Седьмое издание. М., «Издательство НЦ ЭНАС», 2002 г.
2. Dalziel, C. F., "Effects of electric shock on man," IRE Trans. Medical Electronics, vol. PGME-5, pp. 44-62, July 1956; also reprinted as USAEC Safety Bulletin 7.
3. Сенигов П.Н. Электробезопасность в системах электроснабжения: Руководство по выполнению базовых экспериментов. – Челябинск: ИПЦ «Учебная техника», 2007.

УДК 631.365.3/4:633.88

Савлук С.Л., Лягина Л.А.

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ БОРЬБЫ С СОРНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ

Аннотация: В работе рассматривается научно обоснованный комплекс мероприятий, направленных на уничтожение сорных растений и предупреждение их распространения.

Ключевые слова: борьба с сорной растительности, методы традиционные и нетрадиционные, электроимпульс, культурные растения.

Сегодняшняя задача сельскохозяйственного производства России – увеличение валового и товарного объёма высококачественной экологически чистой продукции растениеводства. Её решение возможно за счёт совершенствования исторически сформировавшихся технологий и внедрения современных технических средств механизации, электрификации и автоматизации [1,3,4].

Использование последних сдерживается не только отсутствием необходимого финансирования, но и недостаточной исследованностью и изученностью основ и сущности выполняемых процессов. Это характерно, в первую очередь,

для технологий с использованием электрической энергии при выращивании, уборке, переработке и хранении продукции растениеводства и, в частности, для уничтожения сорной растительности.

Сорняки приспособились к условиям жизни культурных растений и причиняют многообразный вред земледелию. Они заглушают культурные растения, поглощая из почвы большое количество воды и питательных веществ, выделяя в почву вредные вещества, лишая их света и т.д. Всё это отрицательно сказывается на урожае, а иногда приводит к гибели посевов, кроме того, снижается плодородие почвы, задерживается вегетация культурных растений.

Для уничтожения сорной растительности применяют различные методы борьбы, которые представлены на рис. 1.

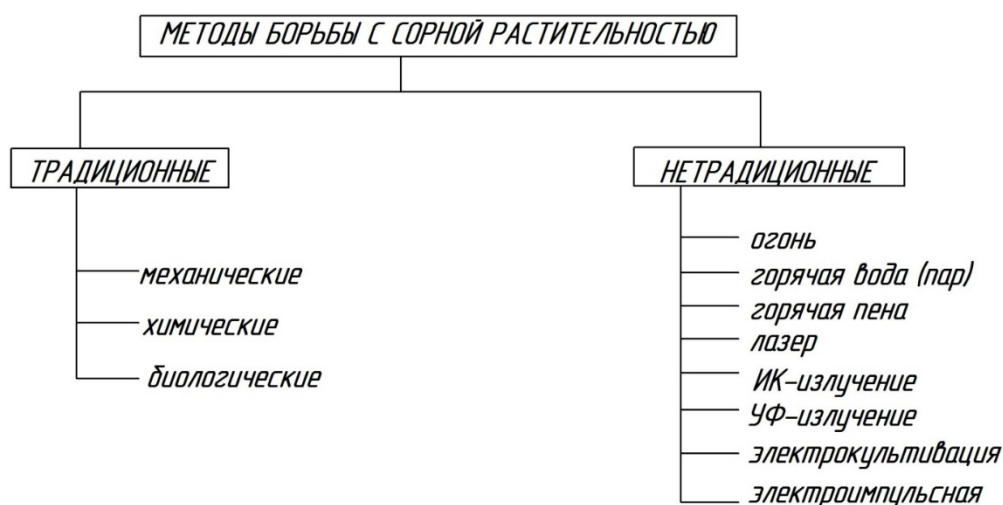


Рисунок 1 – Классификация методов борьбы с сорной растительностью

Наиболее предпочтительным для электроимпульсной установки является источник питания с преобразователем напряжения, выходной каскад которого выполнен по схеме полумостового последовательного инвертора, что позволяет исключить использование дорогостоящих с малым сроком службы высоковольтных конденсаторов и обеспечить необходимые параметры импульсов для эффективного уничтожения сорных растений [2].

Обоснованные параметры, режимы работы и конструкции рабочих органов позволяют повысить эффективность и снизить энергоёмкость уничтожения сорняков.

Таким образом, использование электроимпульсной установки для борьбы с сорняками не имеет противопоказаний, с точки зрения воздействия на микрофлору почвы, что позволяет считать эту технологию экологически чистым приемом борьбы с сорными растениями, так как она не оказывает отрицательного влияния на плодородие почвы и окружающую среду [2].

Список литературы

1. Лягина, Л.А. Повышение экологичности и эффективности сушки растительного сырья электронагревателем/ Л.А Лягина, А.В. Волгин, Е.А. Четвериков, В.В. Белов, А.П. Моисеев/ Известия Международной академии аграрного образования, 2018. – № 38.

2. Попов, В.М. Способы и средства борьбы с сорной растительностью с использованием электрической энергии: Автореф. дис. ... док. техн. наук. Челябинск, 1999. 41с.
3. Лягина, Л.А. Система автоматического управления процессом сушки растительного сырья/Л.А. Лягина, В.А. Каргин, А.П. Моисеев Аграрный научный журнал, 2017. –№7.
4. Каргин, В.А. Программная система автоматического управления производительностью дозирующего устройства/ В.А. Каргин, А.В. Волгин, А.П. Моисеев/ Актуальные проблемы и перспективы инновационной агроэкономики: сборник статей Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции. – Саратов: ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, ООО «ЦеСАин», 2020. – С. 153-158.

УДК 631.365.3/4:633.88

Савлук С.Л., Лягина Л.А.

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЛОКАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ КОНТРОЛЯ РАСХОДА В УСТАНОВКЕ ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН

Аннотация: В настоящей статье предлагается система автоматического управления скорости перемещения семян применением современных микропроцессорных технических средств, в частности программируемых логических контроллеров.

Ключевые слова: электромагнитный индуктор, программируемый логический контроллер, предпосевная обработка семян, расходомер.

Использование достижений науки и передовых технологий, направленных на повышение урожайности и улучшение качества выращиваемых сельскохозяйственных культур, является одним из главных факторов повышения экономической эффективности сельскохозяйственного производства. Проблема повышения посевных, урожайных качеств семян и адаптивных свойств растений, выращенных из них, получение экологически чистой продукции остается актуальной и в настоящее время [2,3].

Одним из перспективных экологически чистых способов улучшения посевных качеств семян и подавления патогенной микрофлоры является предпосевная обработка семян сельскохозяйственных культур электромагнитным полем. На рис.1 представлена классификация факторов предпосевной обработки семян.

Установка для предпосевной обработки семян в магнитном поле содержит камеру обработки в виде наклонной диамагнитной трубы, расположенной внутри электромагнитного индуктора, где угол наклона трубы определяет время пребывания семян в активной зоне. Над индуктором размещается конусный бункер для подачи семян в индуктор. Главным недостатком данного устройства является нестабильность скорости перемещения семян.

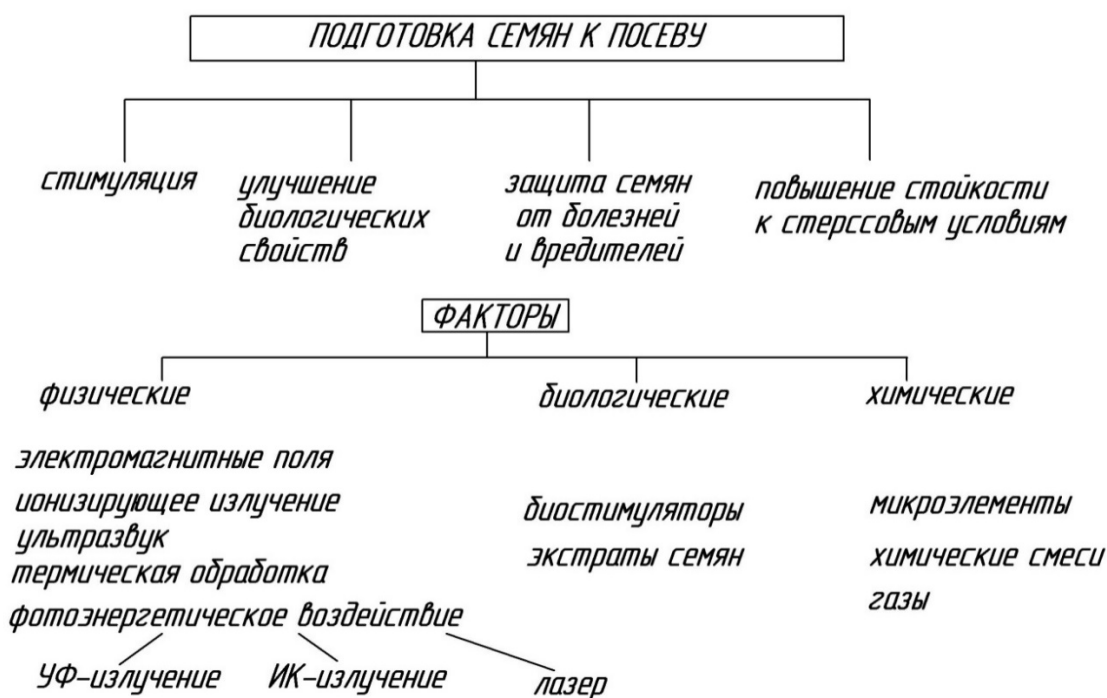


Рисунок 1 – Классификация факторов предпосевной обработки семян

Предлагается система автоматического управления (САУ) скорости перемещения семян, выполненная на базе программируемого логического контроллера. Функциональная схема САУ процессом предпосевной обработки семян в магнитном поле представлена на рис. 2 [1,4,5,6].

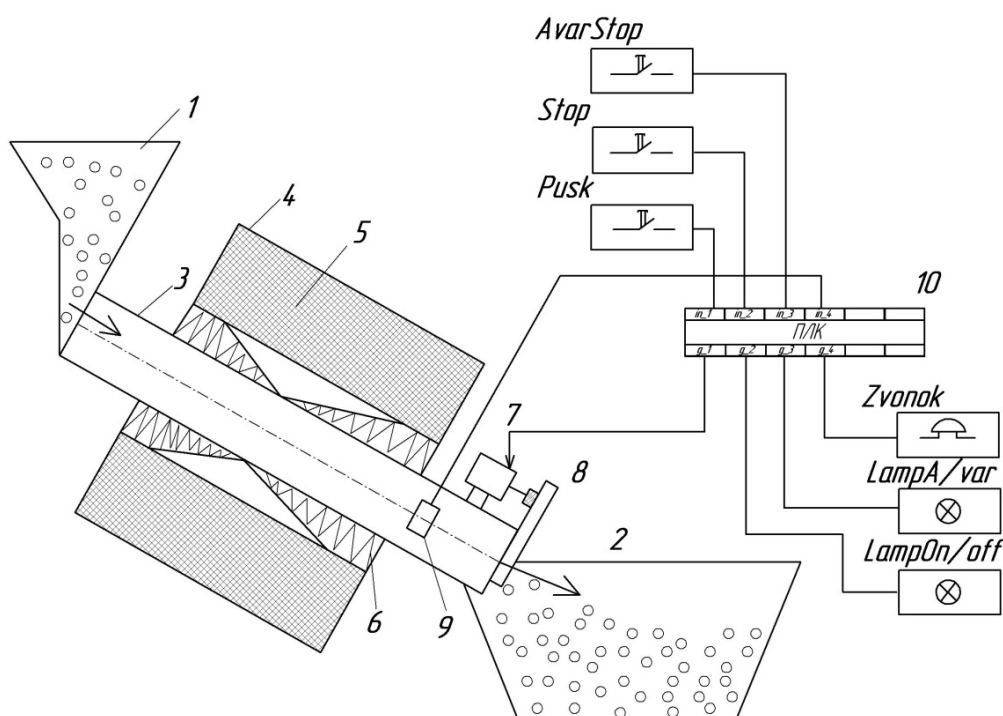


Рисунок 2 – Функциональная схема САУ процессом предпосевной обработки семян в магнитном поле: 1 – загрузочный бункер; 2 – приемный бункер; 3 – диамагнитная труба; 4 – электромагнитный индуктор; 5 – магнитопровод; 6 – центрирующая втулка; 7 – привод заслонки; 8 – заслонка; 9 – расходомер; 10 – программируемый логический контроллер.

Запуск технологического процесса осуществляется с помощью кнопки «Push». Программируемый логический контроллер 10 реализует алгоритм управления операциями величины перемещения заслонки от скорости потока продукта, настроечная характеристика которого представлена на рис.3.

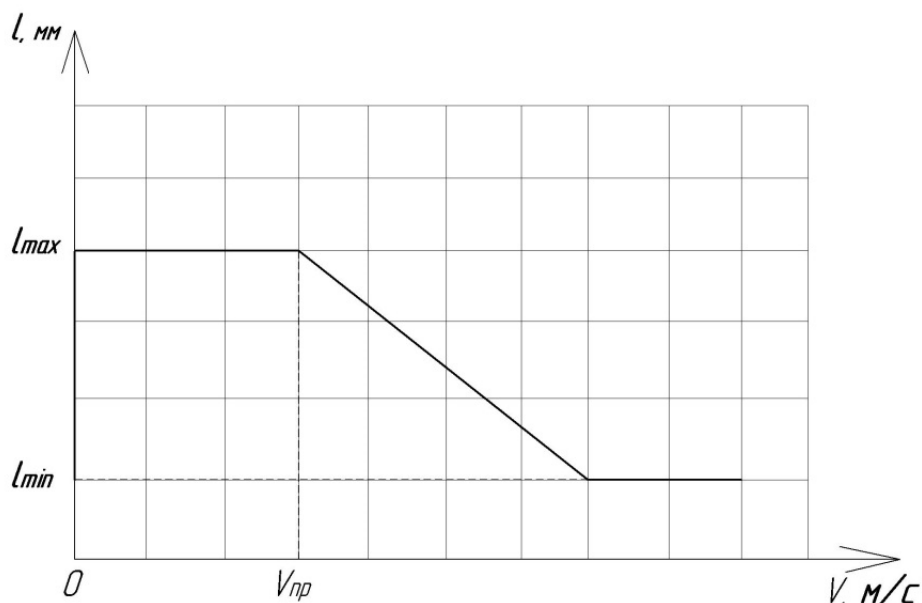


Рисунок 3 – Настроечная характеристика

Таким образом, предварительный анализ показал, что использование программированных логических контроллеров представляется перспективным для автоматизации предпосевной обработки семян в магнитном поле.

Список литературы

1. Лягина, Л.А. Совершенствование технических средств автоматического управления процессом сушки растительного сырья/ Л.А Лягина, Д.Ю. Мельников/ Материалы междунар. науч.-практ.конф., Современное состояние и перспективы развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения/Под ред. Ф.К. Абдразакова.– Саратов ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, 2017.
2. Хныкина, А.Г. Обоснование электротехнологических параметров и режимов низковольтного активатора для предпосевной обработки семян лука: Автореф. дис. ... кан. техн. наук. Краснодар, 2014. 23с.
3. Ливинский, С.А. Параметры и режимы преобразователя напряжения установки обработки семян импульсным электрическим полем: Автореф. дис. ... кан. техн. наук. Краснодар, 2018. 22с.
4. Волгин, А.В. Импульсная система с электромагнитным линейным двигателем для обрушения сводов в бункерах/ А.В. Волгин, В.А. Каргин, А.П. Моисеев, Е.А. Четвериков, Е.В. Волгина, Л.А. Лягина/ IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 2018. С. 032030
5. Каргин, В.А. Влияние режимных и конструктивных факторов на выходные показатели импульсного электромагнитного привода/ В.А. Каргин, А.П. Моисеев, А.В. Волгин/ Наука в информационном пространстве: материалы VII Междунар. науч.-практ. конф., 2011, Т.1. – Д.: Изд-во Била К.О. – С.46-49.
6. Волгин, А.В. Методика визуализации динамических характеристик электромагнитных импульсных машин/ А.В. Волгин, В.А. Каргин, А.П. Моисеев, Л.А. Лягина, К.Д. Чурляева/ ITVI 2019 Journal of Physics: Conference Series 1333 (2019) С. 052010.

Саидов Д.М., Лягина Л.А.

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова», г. Саратов

КЛАССИФИКАЦИЯ ВИДОВ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА

Аннотация. В статье представлены виды тепловой обработки зерна. Зерно является также сырьем для выработки таких ценных продуктов, как крахмал, пищевые концентраты. Это основной компонент комбикормов.

Ключевые слова: тепловая обработка зерна, температура, инфракрасный нагрев, термическое обеззараживание.

Во всем мире, в том числе и в России, одной из наиболее важных проблем животноводства остается обеспечение сельскохозяйственных животных питательными и сбалансированными кормами. Значение тепловой обработки в сельскохозяйственном производстве огромно. На это процесс затрачивают около 15% добываемого в стране топлива [1,2,3,5]. При тепловой обработке изменяются структурно-механические, физико-химические и органолептические свойства продукта, определяющие его конечное качество. Тепловая обработка зерна – процесс воздействия на него температуры, как индивидуального физического фактора. Возможно также и совместное влияние температуры с влагой. Выбор способа тепловой обработки зависит от технологических свойств обработанного зерна [4].

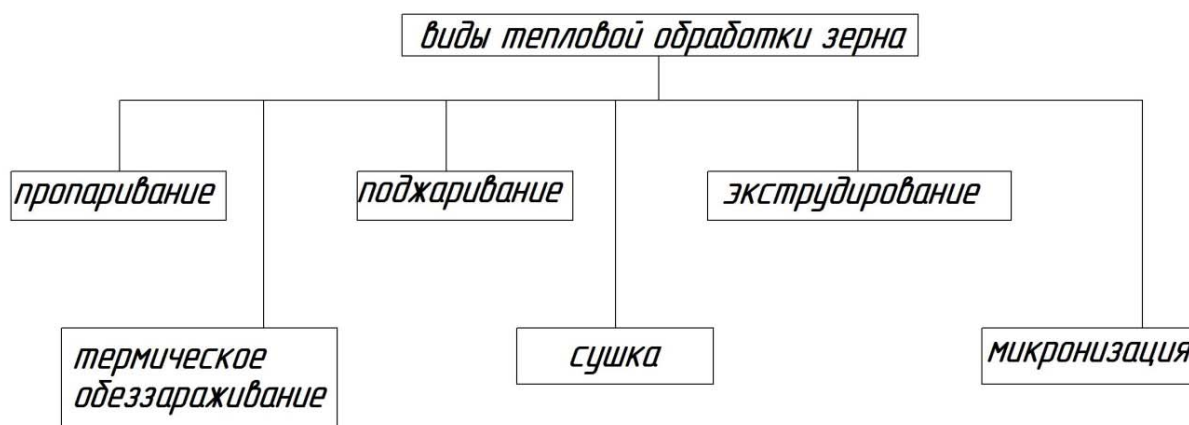


Рисунок 1 – Классификация видов тепловой обработки зерна

На рисунке 1 представлена классификация тепловой обработки зерна.

Пропаривание – один из важных этапов тепловой обработки зерна в процессе его подготовке в крупу. Облегчает последующую обработку зерна, способствует увеличению выхода готового продукта. При пропаривании частично клейстеризуется крахмал и разрушаются ферменты.

Термическое обеззараживание применяется ограниченно из-за того, что губительные для вредителей температуры нагрева сопоставимы предельно допустимых температур нагрева зерна отдельных культур, ограничиваемых их термостойкостью.

Сушка зерна – это снижение процента его влажности до получения необходимой кондиции продукта. Качественная сушка обеспечивает долгое хранение зерна, с необходимым классом и качеством - семенным, продовольственным или фуражным. Одно из условий хорошей обработки посевного продукта - давление пара в сердцевине не должно быть больше, чем давление в атмосфере.

Микронизация – это определенный технологический процесс с использованием микроволн. Зерно подвергают воздействию инфракрасного облучения - узкий спектр инфракрасных волн длиной от 1,7 до 3,4 мкм [1,4].

Поджаривание зерна применяют при производстве комбикорма для молодняка животных. При этом виде теплового воздействия нагрев зернового слоя происходит при обдувании его горячим воздухом или непосредственном контакте зерна с сильно нагретыми поверхностями.

Экструдирование – это особый способ обработки сырья, при котором оно подвергается механическому воздействию (измельчению) в винтовой части экструдера под воздействием высокой температуры и давления. Далее измельченная разогретая масса под высоким давлением попадает под влияние низкого давления. В результате резкого перепада готовый продукт увеличивается в объеме, приобретает пористую структуру [1,4].

Проведенный анализ видов тепловой обработки зерна позволяет сделать заключение, что они несовершенны и имеют ряд недостатков.

Список литературы

1. Курдюмов, В.И. Тепловая обработка зерна в установках контактного типа: монография / В.И. Курдюмов, А.А. Павлушни, Г.В. Карпенко, С.А. Сутягин / ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина». – Ульяновск, 2013. – 259с.
2. Лягина, Л.А. Система автоматического управления процессом сушки растительного сырья / Л.А. Лягина, В.А. Каргин, А.П. Моисеев // Аграрный научный журнал, № 7, 2017. – С.78-82.
3. Лягина, Л.А. Интенсификация сушки растительного материала за счет использования инфракрасного излучения / Л.А. Лягина, А.В. Волгин, Е.А. Четвериков, Н.Н. Белова, Моисеев А.П. // Известия Международной академии аграрного образования, 2019. –№ 44.
4. Чернов, Д.С. Повышение эффективности системы энергообеспечения процесса тепловой обработки зерна сои: автореф. дисс. ...канд. техн. наук/ Д.С. Чернов. – Мичуринск, 2016. – 20 с.
5. Каргин, В.А. Оценка влияния тепловых режимов на предельные энергетические характеристики электромагнитных ударных машин/ В.А. Каргин, А.В. Волгин, А.П. Моисеев / Актуальные проблемы и перспективы инновационной агроэкономики: сборник статей Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции. – Саратов: ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, ООО «ЦеСАин», 2020. – С. 158-162.

Светличный С.В.

ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный аграрный университет»,
г. Благовещенск, Амурская область

ПРИМЕНЕНИЕ ЖЕСТКОГО ДИСКА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОЛИРОВАЛЬНО-ШЛИФОВАЛЬНО-ЗАТОЧНОГО МИНИ СТАНКА

Аннотация. Показано применение жесткого диска для изготовления самодельного полировально-шлифовально-заточного мини станка для выполнения различных операций по зачистке поверхностей, заточке маленьких сверл и ножей, шлифовке и полировке различных деталей.

Ключевые слова: жесткий диск, шпиндельный двигатель, магнитный диск, полировально-шлифовально-заточный мини станок, зачистка, заточка, шлифовка и полировка.

Если магнитный жесткий диск компьютера вышел из строя, но двигатель в рабочем состоянии, не выбрасывайте его ведь его компоненты могут очень пригодиться для разных самодельных устройств. Рассмотрим такое самодельное устройство – изготовление полировально-шлифовально - заточного мини станка. Для изготовления подойдет практически любой жесткий диск (Hard Dick) форм фактора 3,5”.

Для изготовления полировально-шлифовально заточного мини станка из жесткого диска HDD нужно подготовить основные части для его конструкции и прежде всего сам жесткий диск (винчестер). Чтобы подготовить старый жесткий диск для изготовления шлифовально-заточного станка, нужно снять его крышку открутив винты отверткой типа «звездочка» и убрать все ненужные компоненты: – нужно снять плату управления, читающие головки, ниодимовые магниты, оставив только сам корпус и двигатель с дисками. После разборки жесткого диска нужно проверить работоспособность двигателя от жесткого диска [1].

В жестком диске имеется трехфазный двигатель, который приводит во вращение магнитные диски и обеспечивает стабильность вращения дисков, смонтированных на оси (шпинделе) двигателя. Шпиндельный двигатель - это устройство, состоящее из двух компонентов - двигателя, сделанного на жидкостных подшипниках и шпинделя, к которому крепятся магнитные пластины. Скорость вращения шпинделя у современных жёстких дисков составляет 5400, 5900, 7200, 10000 и 15000 тысяч оборотов в минуту, поэтому шпиндель закреплен в специальных гидравлических подшипниках. В данном случае используется жесткий диск Maxtor со скоростью шпинделя 5400 RPM Made in Singapore.

Из-за высоких скоростей шпинделя жесткого диска в этих подшипниках вместо шариков используется специальное масло, поглощающее ударные нагрузки, что позволяет увеличить долговечность двигателя. Жидкостные подшипники имеют очень низкий уровень, шума и почти не выделяют тепло во время работы. Динамический жидкостный подшипник за счет тонкой пленки масла

между движущимися частями двигателя способен быстро гасить любые вибрации как внутреннего, так и внешнего воздействия.

Двигатель в винчестере представляет собой бесщеточный двигатель постоянного тока – статор двигателя имеет три обмотки, а ротор имеет постоянный секционный магнит, обмотки статора обычно имеют три или четыре вывода с выводом от общей точки и подключаются в виде звезды или же треугольника в зависимости от количества выводов.

В большинстве жестких дисков используются два напряжения питания (5В и 12В), но как правило, от источника в 12В питается схема управления шпиндельным двигателем и привод головок, а напряжение 5В поступает на другие схемы. [2].

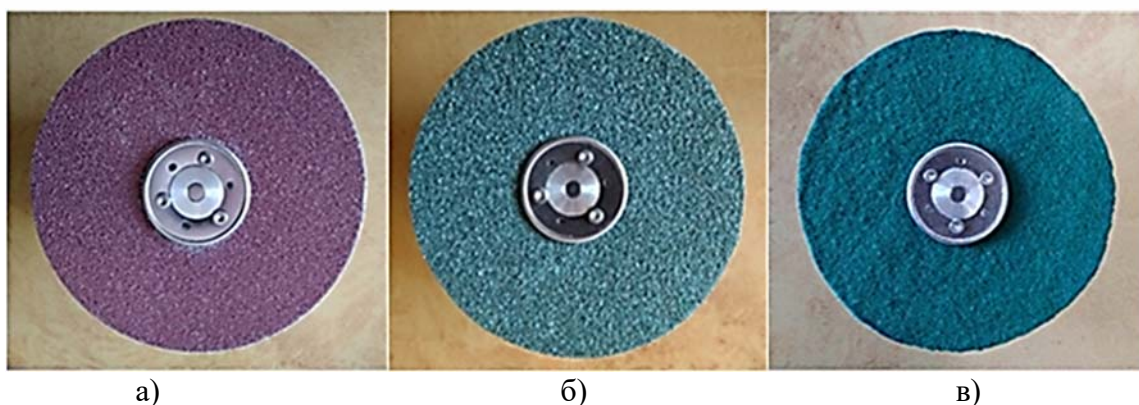


Рис. 1. Сменные диски: а – с мелкозернистой; б – с крупнозернистой наждачной бумагой; в – с полировальной шкуркой

После проверки работоспособности двигателя приступаем к изготовлению нашего станка. Из листа наждачной бумаги вырезаем круг по размерам самого диска, затем мы прикрепляем его с помощью клея или двустороннего скотча к диску, в этом случае в случае необходимости можно заменять наждачную бумагу разной зернистости.

Можно подготовить несколько магнитных дисков с наклеенной наждачной бумагой разной зернистости, чтобы шлифовать разные поверхности. Для полировки различных предметов и поверхностей нужно наклеить на диск войлок или грубую бархатную ткань и использовать при этом полировочную пасту. [3].

Самодельный шлифовально-заточный станок из жесткого диска будет хорошим подспорьем и пригодится дома, в мастерской или в гараже для заточки и правки небольших ножей, мелких сверл диаметром до 2,5мм, стамесок, малогабаритных отверток, игл, скальпелей, пинцетов и другого малогабаритного инструмента, а также для шлифовки и полировки мелких деталей и различных поверхностей.

В компьютере для питания жёсткого диска используется блок питания, который имеет большие размеры и вес и поэтому использовать этот блок для запуска жесткого диска невыгодно и проблематично. В настоящее время выпускаются универсальные малогабаритные адаптеры для подключения жестких дисков и CD/DVD-приводов к компьютеру через порт USB. Такие адаптеры позво-

ляют работать не только с IDE HDD, но и с вполне современными SATA жесткими дисками. Был приобретен универсальный адаптер Multi-Functional Adapter модели FUBCP2, и применен для запуска и работы полировально-шлифовально-заточного станка. Для частой работы с разными жесткими дисками лучше купить переходник USB-IDE/SATA, поскольку он может работать с двумя интерфейсами. Принцип работы этого приспособления очень прост. Для полноценной работы самодельного станка надо приобрести микросхему с контроллером для регулирования скорости вращения диска.

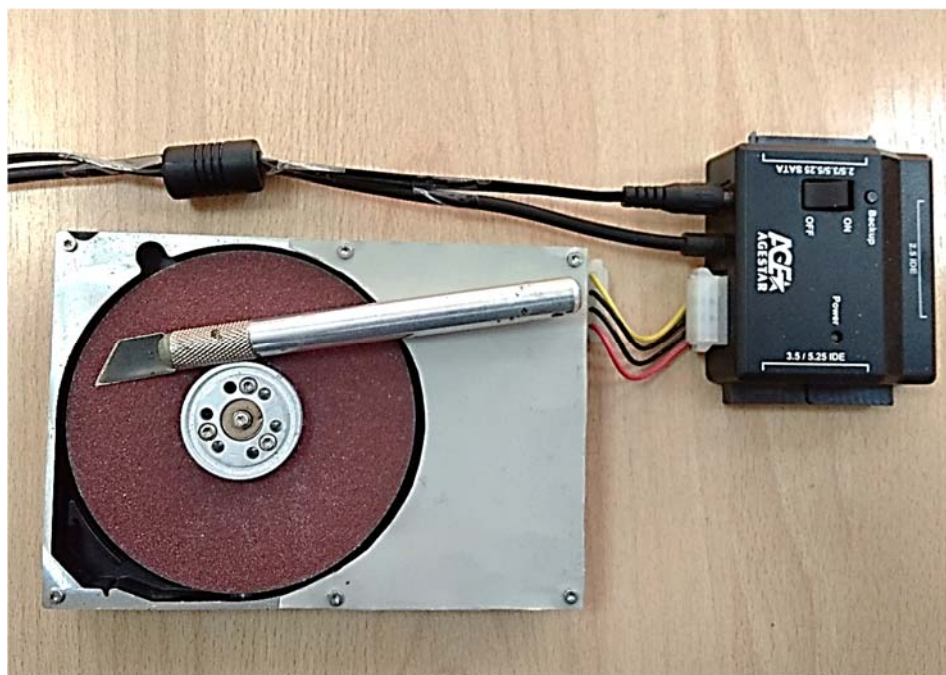


Рис.2 – Полировально-шлифовально заточный мини станок

Следует обратить внимание, что три провода подключаются к двигателю, а два к источнику питания, в качестве которого можно использовать штатный адаптер на 12V и 1,25 А. Для питания дисков шлифовально-заточного станка с интерфейсом подключения PATA (Parallel ATA) используются коннекторы MOLEX. Сейчас они вытеснены современным интерфейсом подключения SATA (Serial ATA) для жестких дисков всех видов.

Подключить современный жесткий диск можно и через MOLEX, однако подключение через SATA и MOLEX одновременно не рекомендуется, так как HDD может не выдержать нагрузки и сгореть.

Список литературы

1. Использование старого жесткого диска. – URL: <https://compfonyk.com/ispolzovanie-starogo-zhestkogo-diska/> (дата обращения: 27.02.2021). – Текст: электронный.
2. Шпиндельный двигатель накопителя информации жесткого диска. – URL: https://smarthdd.com/rus/spindel_engine.htm (дата обращения: 28.02.2021). – Текст: электронный.
3. Сделал точильный станочек из жесткого диска. Мастерская Самоделок. – URL: <https://zen.yandex.ru/media/masterskayaidey/sdelal-tochilnyi-stanochek-iz-jestkogo-diska-5f099e06a526e3338eb48fcc> (дата обращения: 28.02.2021). – Текст: электронный.

Седых И.А., Виноградов А.В.
ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, г. Москва,

ВАРИАНТЫ НОРМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ НАПРЯЖЕНИЕМ 0,4 кВ, СОДЕРЖАЩЕЙ НЕСКОЛЬКО ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ И ПОСТРОЕННОЙ НА БАЗЕ МУЛЬТИКОНТАКТНОЙ КОММУТАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ТИПА МКСМ-4.

Аннотация. Постоянно увеличивающееся число населения нашей планеты и стремление человечества улучшить качество своей жизни, неизбежно приводит к увеличению потребления электроэнергии. При этом для всех категорий потребителей необходимо обеспечивать максимально возможный уровень надёжности электроснабжения. Одним из направлений решения задачи повышения надёжности электроснабжения, а также экономии энергоресурсов является создание интеллектуальных микросетей с возобновляемыми источниками электроэнергии (ВИЭ). Такие сети могут создаваться, в том числе, с использованием мультиконтактной коммутационной системы с мостовой схемой (МКСМ-4). Это мультиконтактная система, которая имеет независимое управление четырьмя силовыми контактными группами, соединенными по мостовой схеме. Главным достоинством МКСМ-4 является возможность автоматического, или дистанционного изменения конфигурации сети, в том числе одновременного подключения различных типов источников электроэнергии. При наличии в системе электроснабжения ВИЭ применение мультиконтактных коммутационных систем с мостовой схемой даёт возможность управлять режимами работы сети и загрузкой генераторов.

Ключевые слова: микросеть, мультиконтактные коммутационные системы, возобновляемые источники энергии, надёжность электроснабжения, концепция умных сетей.

Введение. Современная энергетика является высокотехнологичной отраслью, требующей соответствующего подхода к её проектированию и изучению. На сегодняшний день всё больше набирают популярность микросети. Определение микросетей формулируется во многих странах по-разному, однако на деле означает одно и то же. Само по себе, это представляет комплекс из различных источников и потребителей энергии, сетей, соединяющих их, и автоматизированных систем управления. В [1–11] предложено построение интеллектуальных электрических сетей на базе мультиконтактных коммутационных систем (МКС) разных типов, рассмотрены особенности применения данных устройств. В этих работах показано, что применение МКС позволяет повысить надёжность электроснабжения потребителей, а также автоматически изменять конфигурацию сети при возникновении различных ситуаций в ней. Однако в указанных и других работах не рассмотрены варианты использования в электрических микросетях напряжением 0,4 кВ мультиконтактных коммутационных систем с мостовой схемой и четырьмя выводами - МКСМ-4.

Результаты и обсуждение. Вопросы гибкого изменения конфигурации электрических сетей, содержащих в своём составе ВИЭ, актуальны как в России, так и за рубежом. Построение интеллектуальных сетей с использованием

мультиконтактных коммутационных систем, в том числе выполненных по мостовой схеме (МКСМ-4) применяются в тех случаях, когда необходимо осуществить разделение сети на независимые участки, и, за счёт независимого управления контактными группами МКСМ изменять конфигурацию сети.

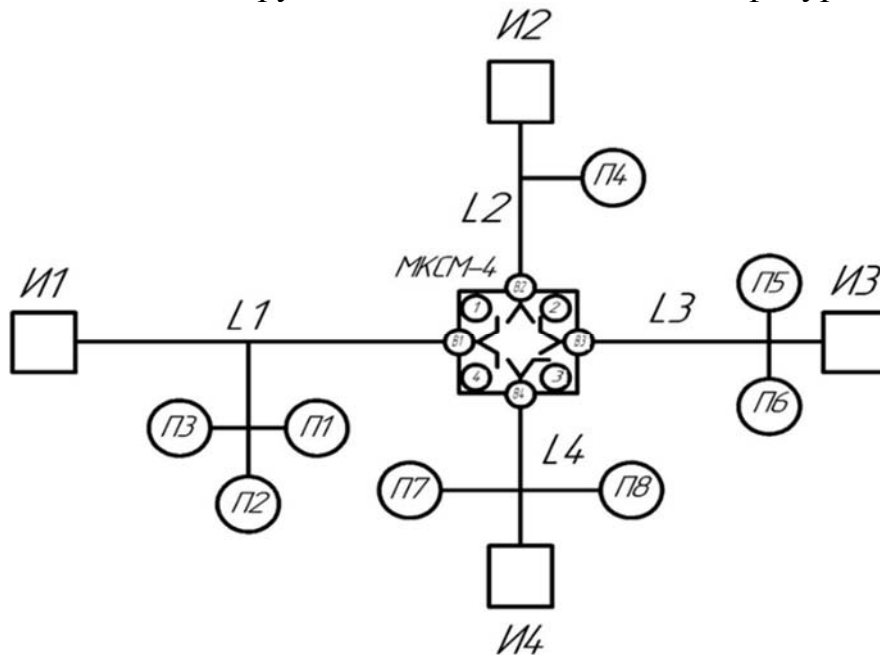


Рисунок 1 – Система электроснабжения сети от нескольких источников питания.

На рисунке 1 изображена схема электроснабжения с применением МКСМ-4 и четырёх источников электроснабжения. И1 – трансформаторная подстанция (ТП) 10/0,4 кВ; И2 – накопитель электрической энергии; И3 – ветроэлектростанция (ВЭС); И4 – солнечная электростанция (СЭС). П1...П14 – потребители; МКСМ-4 – мультиконтактная коммутационная система, выполненная по мостовой схеме и содержащая 4 вывода и 4 независимых контактных группы.

Данная схема может быть применена в микросетях с несколькими источниками электроснабжения, в том числе ВИЭ. Применение МКСМ-4 в данной схеме обеспечивает надёжность электроснабжения потребителей и оптимизирует режим работы микросети. Это достигается за счёт контроля различных параметров режимов работы сети, потребителей и источников электроснабжения и переключения контактных групп МКСМ-4 в необходимых случаях. Так как в данной микросети содержатся ВИЭ, имеющие неравномерный характер выработки электроэнергии, то в качестве одного из источников электроснабжения рационально использовать накопитель электроэнергии. Кроме того, наличие в структуре сети связи через трансформаторную подстанцию с централизованной энергосистемой позволяет максимально использовать возможности ВИЭ и в то же время обеспечить независимость питания потребителей от характера выработки электроэнергии ВИЭ.

Наличие МКСМ-4 в схеме обеспечивает возможность нескольких нормальных режимов работы сети. Их можно свести к следующим:

- все источники электроснабжения выдают электроэнергию в сеть и работают параллельно. Выполняется электроснабжение всех потребителей. При этом все контактные группы МКСМ-4 замкнуты;
- – электроэнергию в сеть выдаёт только один источник. Выполняется электроснабжение всех потребителей. При этом все контактные группы МКСМ-4 замкнуты;
- все источники электроснабжения выдают электроэнергию в сеть, но сеть сегментирована, то есть каждый источник осуществляет электроснабжение только тех потребителей, которые питаются от присоединённого к источнику участка сети. Выполняется электроснабжение всех потребителей. При этом все контактные группы МКСМ-4 разомкнуты;
- электроэнергию в сеть выдают несколько источников. Выполняется электроснабжение всех потребителей. При этом состояние контактных групп МКСМ-4 определяется тем, какие потребители от какого источника получают питание. Также может быть вариант, когда все контактные группы замкнуты (при работе источников параллельно);

В таблицах 1-4 приведены двоичные коды некоторых вариантов состояний сети, представленной на рисунке 1. В этих таблицах состояние источников И1, И3, И4 кодируется следующим образом: 1 – источник генерирует электрическую энергию в сеть; 0 – источник выключен. Так как накопитель (И2) может одновременно аккумулировать и генерировать электрическую энергию, то двоичные коды для него будут выглядеть так: 00 – накопитель выключен; 01 – накопитель аккумулирует электроэнергию; 10 – накопитель отдает электроэнергию в сеть.

Таблица 1 – Таблица состояния рассматриваемой сети при нормальном режиме работы от 1-го источника электроснабжения

Элемент сети	И 1	И 2	И 3	И 4	П 1	П 2	П 3	П 4	П 5	П 6	П 7	П 8	МКС М4
Ситуация 1	1	0 0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1111
Ситуация 2	0	1 0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1111
Ситуация 3	0	0 0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1111
Ситуация 4	0	0 0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1111

Таблица 2 – Таблица состояния рассматриваемой сети при нормальном режиме работы от нескольких источников электроснабжения

Элемент сети	И 1	И 2	И 3	И 4	П 1	П 2	П 3	П 4	П 5	П 6	П 7	П 8	МКС М4
Ситуация 5	0	0 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0101
Ситуация 6	0	1 0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1000
Ситуация 7	1	1 0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0101

Таблица 3 – Таблица состояния рассматриваемой сети при нормальном режиме работы от 4-х источников электроснабжения при сегментированной сети

Элемент сети	И 1	И 2	И 3	И 4	П 1	П 2	П 3	П 4	П 5	П 6	П 7	П 8	МКС М4
Ситуация 1	1	1 0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0000

Таблица 4 – Таблица состояния рассматриваемой сети при нормальном режиме работы от 4-х источников электроснабжения при их параллельной работе

Элемент сети	И 1	И 2	И 3	И 4	П 1	П 2	П 3	П 4	П 5	П 6	П 7	П 8	МКС М4
Ситуация 1	1	1 0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1111

Для потребителей (П1-П8) двоичный код будет выглядеть так: 1 – потребитель получает электроэнергию из сети; 0 – электроснабжение потребителей нет. Двоичный код для контактов МКСМ-4 будет представлен: 1 – контакт замкнут; 0 – контакт разомкнут.

Выводы. Устройства мультиконтактных коммутационных систем с мостовой схемой (МКСМ-4) могут применяться в микросетях, имеющих несколько источников электроснабжения, в том числе возобновляемых источников электроэнергии. Благодаря МКСМ-4 улучшается режим работы электрической сети за счёт возможности гибкого изменения конфигурации сети и способности переключения питания потребителей к разным источникам электроснабжения, или обеспечения параллельной работы источников.

Список литературы

1. Надёжность электроснабжения как инструмент регулирования отношений между поставщиками и потребителями энергии. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.webenergo.by/EiM_3_2009_art3.html на 24.09.2020г
2. Папков, Б. В. Вероятностные и статистические методы оценки надёжности элементов и систем электроэнергетики: теория, примеры, задачи: учеб. пособие / Б. В. Папков, В. Л. Осокин. – Старый Оскол: ТНТ, 2017. – 424 с
3. ПАО «МРСК Центра». Информация о качестве обслуживания потребителей услуг. Электронный ресурс. Заголовок с экрана. Режим доступа: https://www.mrsk-1.ru/information/standart/info_quality/ Дата обращения 22.09.2020 г
4. Vinogradov, A.; Bolshev, V.; Vinogradova, A.; Jasiński, M.; Sikorski, T.; Leonowicz, Z.; Goño, R.; Jasińska, E. Analysis of the Power Supply Restoration Time after Failures in Power Transmission Lines. *Energies* 2020, 13, 2736
5. Виноградов А.В., Сейфуллин А.Ю. Анализ концепций построения систем электроснабжения сельских потребителей, содержащих несколько источников электрической энергии // [Вестник НГИЭИ](#). - 2020. - № 2 (105). - С. 32-44
6. Виноградов А.В. Новые мультиконтактные коммутационные системы и построение на их базе структуры интеллектуальных распределительных электрических сетей // *Агротехника и энергообеспечение*. - №3 (20). – 2018. – С. 7-20
7. Виноградов А.В. Концепция построения интеллектуальных электрических сетей на базе применения мультиконтактных коммутационных систем. Актуальные вопросы энергетики в АПК : матер. все-рос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (Благовещенск, 27 фев. 2019 г.). – Благовещенск: Изд-во Дальневосточного гос. аграрного ун-та, 2019. –156 с., С. 109-115

8. Виноградов А. В. Типы мультиконтактных коммутационных систем // Агротехника и энергообеспечение. - 2019г. - №2 (23). - С. 12-26
9. Wang F, Chen C, Li C, Cao Y, Li Y, Zhou B, Dong X. A Multi-Stage Restoration Method for Medium-Voltage Distribution System with DGs. IEEE Transactions on Smart Grid, 2017, vol. 8, no. 6, pp. 2627–2636. Doi: 10.1109/TSG.2016.2532348
10. Molaali M., Abedi M. A New Heuristic Method for Distribution Net-work Restoration and Load Elimination Using Genetic Algorithm. Electrical Power Distribution Conference (EPDC). IEEE, 2018. Pp. 46–51. Doi: 10.1109/EPDC.2018.8536269

УДК 632.08:631.2

Слободскова А.А., Балакина Д.Н., Садовая И.И.

ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет», г. Рязань

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В УСЛОВИЯХ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА

Аннотация. Под управлением, какими-либо параметрами микроклимата, в условиях защищенного грунта, принимают такие технические системы, которые обычно представляют собой довольно сложные устройства, изменение которых можно описать различными функциональными уравнениями. Для того, чтобы использовать какую-либо математическую методику в конкретном случае необходимо нарисовать математическую модель рассматриваемого объекта.

Ключевые слова: микроклимат, защищенный грунт.

Для того чтобы как можно точнее построить математическую модель температурного поля в защищенном грунте при условии влияния других параметров микроклимата воспользуемся методом конечных элементов [2,3,5,8].

Цель любого математического моделирования в прикладных задачах - описать физический процесс, существующий при определенных условиях, чтобы управлять этим процессом или управлять какой-либо физической величиной. Первоначальной задачей для выполнения условий производства биологических объектов в грунте будет выполняться математическое моделирование режима при исследовании температуры таким образом, чтобы при очень маленьком количестве первичных измерительных преобразователей данная система управления могла держать под контролем рассматриваемую физическую величину во всем объеме защищенного грунта рабочей области.

Несомненно, современные сооружения защищенного грунта представляют собой тела конечных размеров идеальной геометрической формы, образованные взаимным пересечением неограниченных плит (рисунок 1).

Учитывая, что в большинстве современных теплиц гребень отделен от основного объема затеняющим механизмом, чтобы уменьшить теплопотери зимой и защитить биологические объекты от чрезвычайно сильной солнечной радиации летом, то

теплица представляет собой параллелепипед конечных геометрических размеров по осям декартовых координат x, y, z .

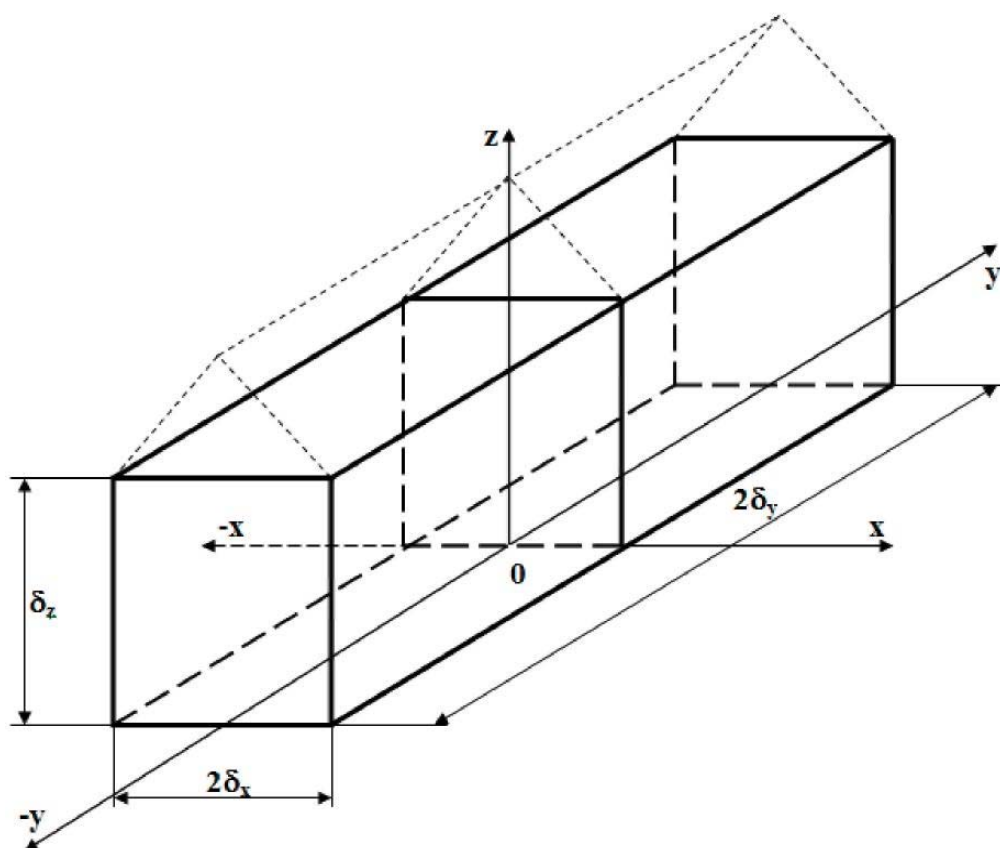


Рисунок 1- Сооружение защищенного грунта в виде тела конечных размеров

Если тело образовано пересечением двух плоских пластин, имеющих толщину $2\delta_x$ в плоскости x и $2\delta_y$ в плоскости y , то температурное поле равно:

$$\overline{\Theta} = \overline{\Theta}_x \cdot \overline{\Theta}_y \quad (1)$$

Соответственно для параллелепипеда (рисунок 1):

$$\overline{\Theta} = \overline{\Theta}_x \cdot \overline{\Theta}_y \cdot \overline{\Theta}_z \quad (2)$$

Исходя из результатов других исследователей, учитываем тот факт, что охлаждение оказывает существенное влияние на температурное поле, поэтому температурное поле под коньком теплицы ограничено усеченным полуцилиндром (рисунок 2).

Таким образом, температурное поле в защищенном грунте можно описать как пересечение двух неограниченных пластин по осям x и y , а по оси z - цилиндром. На основании этого, формула (2) может быть преобразована:

$$\overline{\Theta} = \overline{\Theta}_x \cdot \overline{\Theta}_y \cdot \overline{\Theta}_z = \left[\frac{t_{\text{нв}} - t(x, \tau)}{t_{\text{нв}} - t_{\partial}} \right] \cdot \left[\frac{t_{\text{нв}} - t(y, \tau)}{t_{\text{нв}} - t_{\partial}} \right] \cdot \left[\frac{t_{\text{нв}} - t(z, \tau)}{t_{\text{нв}} - t_{\partial}} \right] \quad (3)$$

где $t_{\text{нв}}$ - температура наружного воздуха, т.е. окружающей среды; t_{∂} - температура воздуха в теплице в момент времени $\tau = 0$.

Необходимо, также, учесть, что теплица находится в условиях охлаждения, т.е. $t_{\text{нв}} < t_{\partial}$. Следовательно, формулу (3) можно представить:

$$\overline{\Theta} = \overline{\Theta}_x \cdot \overline{\Theta}_y \cdot \overline{\Theta}_z = \left[\frac{t_{\text{нв}} - t(x, \tau)}{t_{\text{нв}} - t_{\partial}} \right] \cdot \left[\frac{t_{\text{нв}} - t(y, \tau)}{t_{\text{нв}} - t_{\partial}} \right] \cdot \left[\frac{t_{\text{нв}} - t(z, \tau)}{t_{\text{нв}} - t_{\partial}} \right] \quad (4)$$

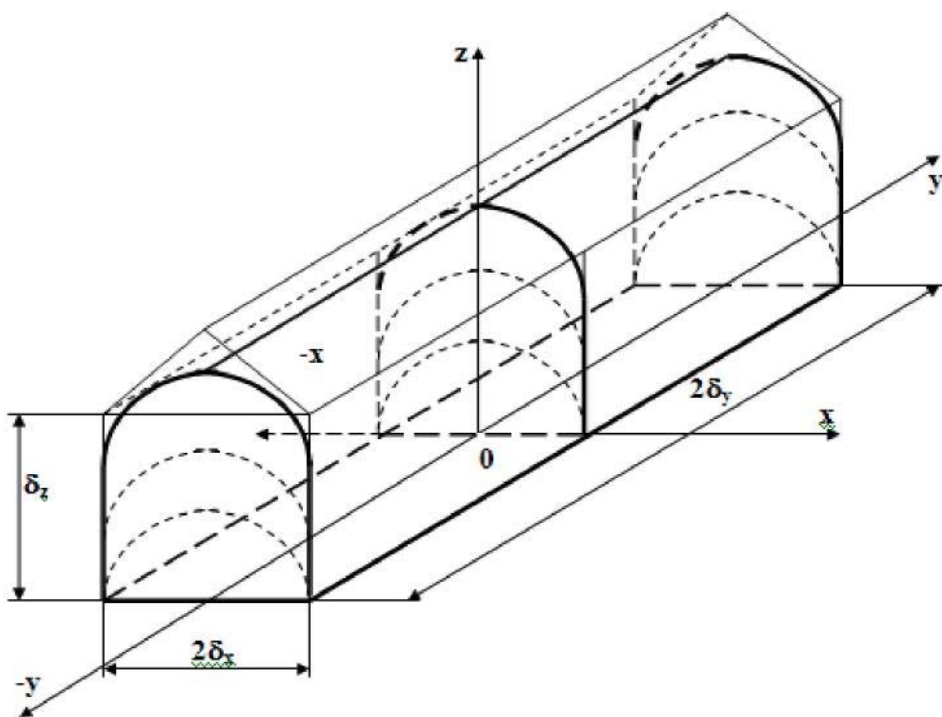


Рисунок 2-Теплица в виде усеченного полуцилиндра

На основании вышеизложенного, можно заключить, что для определения суммарного температурного поля в условиях защищенного грунта необходимо создать правильную геометрическую фигуру, как математическую модель, для определения температурного поля по каждой оси. Аналогично можно описать температурные поля по осям x и y , то есть как на неограниченных пластинах, так и по оси z цилиндром [1,4,6,7,9].

Список литературы

1. Латышенко, Н.М. Автоматизация процесса хранения семенного зерна в герметичном контейнере с регулируемой воздушной средой / Н.М. Латышенко, М.Б. Латышенко, В.А. Макаров, А.А. Слободскова, А.В. Ивашкин // Материалы 71-й Международной научно-практической конференции «Современные вызовы для АПК и инновационные пути их решения», 2020. - С. 147-151.
2. Полякова, А.А. Энергосберегающая установка для сушки перги / А.А. Полякова, Д.Е. Каширин, Е.А. Соловьева // Международная научно-практическая конференция «Инновационное развитие современного агропромышленного комплекса России», РГАТУ, 2016. - С. 72-75.
3. Полякова, А.А. Использование акселерометров для определения технологических параметров миксера кормораздатчика / А.А. Полякова // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, 2015. № 2 (26). - С. 112-115.
4. Полякова, А.А. Обоснование параметров механического активатора смесителя-обогапителя / Д.Е. Каширин А.А. Полякова // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, 2017 № 1 (33). - С. 75-79.
5. Нагаев, Н.Б. Перспективы использования возобновляемых источников энергии для питания систем освещения в сельской местности/ Н.Б. Нагаев, Е.С. Семина, С.С. Трухачев, В.А. Тюкин, А.А. Жильцова // Приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса России. Материалы национальной научно-практической конференции. 2019. - С. 310-315.
6. Нагаев, Н.Б. Исследование переходных процессов в линейных электрических цепях/ Н.Б. Нагаев, А.С. Красников, С.Н. Гобелев, А.А. Калмыков, А.В. Яшков // Материалы научно-

практической конференции с международным участием. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». 2018. - С. 205-212.

7. Фатьянов, С.О. Повышение посевных качеств семян с помощью электромагнитных технологий / А.С. Морозов, В.Д. Игнатов // Материалы всероссийской научно-практической конференции посвящённой 40-летию со дня организации студенческого конструкторского бюро (СКБ), 2020. - С. 34-38.
8. Фатьянов, С.О. Анализ способов сушки и предпосевной обработки зерна в сельском хозяйстве / Е.С. Семина, А.С. Морозов, В.И. Семин, А.И. Трыханкин, С.С. Трухачев // Материалы национальной научно-практической конференции: Приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса России, 2019. - С. 388-391.

УДК 632.08:631.2

Слободскова А.А., Латышенок Н.М., Семина Е.С., Садовая И.И.
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет», г. Рязань

ХРАНЕНИЯ ЗЕРНА В СИЛОСАХ С РЕГУЛИРУЕМОЙ ВОЗДУШНОЙ СРЕДОЙ

Аннотация. Одним из важнейших этапов в обороте зерна является техническая организация условий хранения семян зерновых. Экономически выгодным решением этой проблемы является использование герметичных металлических силосов.

Ключевые слова: металлический силос, хранение зерна

Очень важно использовать герметичные металлические силосы небольшого объема с контролируемой воздушной средой, в которых процесс активной вентиляции зерна заменяется принудительной аэрацией. Принудительная аэрация зерновой массы осуществляется за счет откачки воздушной массы, создаваемой вакуумным насосом. При хранении зерна в герметичном металлическом силосе с возможностью регулировки параметров окружающего воздуха у нас есть два типа термодинамических систем: закрытые и открытые [4].

Замкнутая система отличается тем, что при хранении зерно не контактирует с окружающей средой и в межкристаллитном пространстве происходит накопление углекислого газа, продукта аэробного дыхания зерна. [2,3].

Открытая система возникает, когда в процессе принудительной аэрации сыпучей массы из межкристаллического пространства, заполненного порцией свежего атмосферного воздуха, удаляется воздушная смесь с повышенным содержанием углекислого газа [1].

Для анализа замкнутой системы и накопления углекислого газа воздушная смесь в насыпи зерна рассматривалась как смесь, состоящая из n компонентов. Для анализа состава многокомпонентной газовой смеси использовали массовую (ω), молярные (x) и объёмные доли (φ). Массовая доля компонента газовой смеси

устанавливается выражением (ω), молярные (x) и объёмные доли (φ). Массовая доля компонента газовой смеси определяется выражением:

$$\omega_i = \frac{m_i}{\sum_{i=1}^n m_i}, \quad (1)$$

где ω_i – массовая доля i -го компонента; m_i – масса i -го компонента; $\sum_{i=1}^n m_i$ – сумма масс n компонентов смеси.

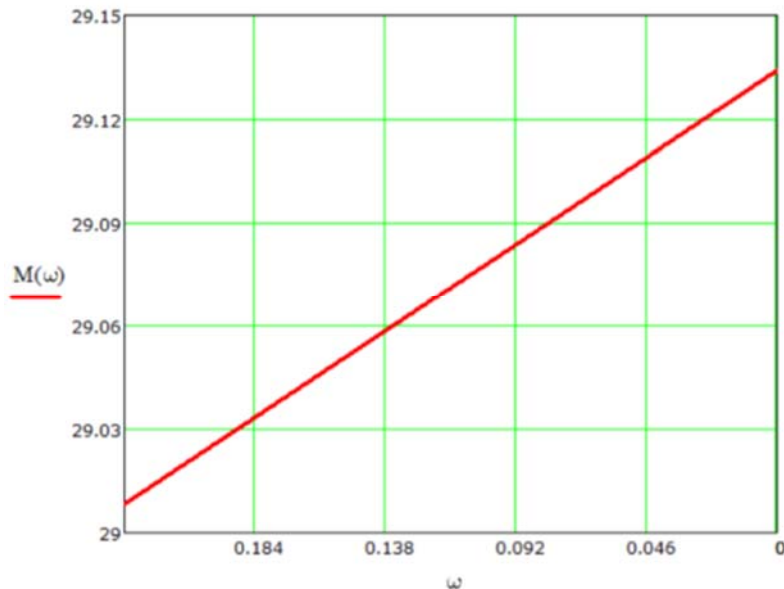


Рис.1 – График зависимости молярной массы воздушной смеси от массовой доли кислорода

На основе формулы и ее составляющих в программе Mathcad был построен график зависимости $M(\omega)$ - молярной массы воздушной смеси от ω - массовой доли содержащимся в ней кислорода.

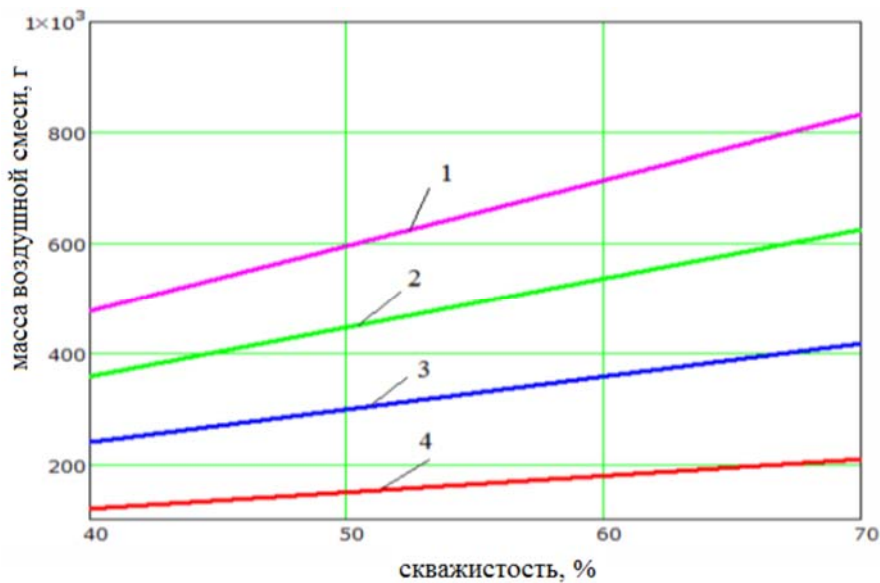


Рисунок 2 – График зависимости массы воздушной смеси от скважистости и давления внутри герметичного контейнера для хранения семян в регулируемой воздушной среде: 1- давление 100 кПа, 2 - давление 75 кПа, 3 - давление 50 кПа, 4 - давление 25 кПа

С помощью программы Mathcad построена диаграмма зависимости массы воздушной смеси от влажности и давления в герметичном контейнере для хранения семян в контролируемой воздушной среде при следующих условиях $T_{хр} = 293^{\circ}\text{K}$ в межзерновом пространстве контейнера с объемом $V_g = 1,0 \text{ м}^3$.

На основании проведенных теоретических исследований можно сделать вывод, что на сохранность посевного материала в герметичной емкости с контролируемой воздушной средой влияют влажность осаждаемых зерен, степень заполнения емкости зерновой массой, максимальная содержание кислорода в воздухе, разбавление воздухом [1,4].

Список литературы

1. Латышенко, Н.М. Автоматизация процесса хранения семенного зерна в герметичном контейнере с регулируемой воздушной средой / Н.М. Латышенко, М.Б. Латышенко, В.А. Макаров, А.А. Слободскова, А.В. Ивашкин // Материалы 71-й Международной научно-практической конференции «Современные вызовы для АПК и инновационные пути их решения», 2020. - С. 147-151.
2. Полякова, А.А. Энергосберегающая установка для сушки перги / А.А. Полякова, Д.Е. Каширин, Е.А. Соловьева // Международная научно-практическая конференция «Инновационное развитие современного агропромышленного комплекса России», РГАТУ, 2016. - С. 72-75.
3. Полякова, А.А. Использование акселерометров для определения технологических параметров миксера кормораздатчика / А.А. Полякова // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, 2015. № 2 (26). - С. 112-115.
4. Латышенко, Н.М. Особенности вентиляции зерновой насыпи, находящейся на хранении в герметичном силосе с регулируемой воздушной средой / Н.М. Латышенко, М.Б. Латышенко, В.А. Макаров, А.А. Слободскова, А.В. Ивашкин // Наука в центральной России, 2020. № 3 (45). С. 40-46.

УДК 636.085.5

Слободскова А.А., Латышенко Н.М., Семина Е.С., Фатьянов С.О.
ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань, РФ

ПРИМЕНЕНИЕ АКСЕЛЕРОМЕТРОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОЧНОГО РЕЖИМА ДВИЖЕНИЯ КОРМОРАЗДАТЧИКА

Аннотация: Приготовление и раздача кормов в режиме рабочего времени позволяет не только повысить производительность технологического процесса, но и сохранить пищевую ценность, а также добиться оптимального внесения микродобавки за счет ее равномерного распределения.

Ключевые слова: акселерометр, кормораздатчик.

Установкой точного режима движения кормораздатчика можно управлять различными способами, но наиболее доступным в настоящее время является использование акселерометров [1,2,3,4].

Акселерометр - это прибор для измерения ускорения. В лабораторной конфигурации, в частности, использовался акселерометр ММА7361L, для которого максимальный диапазон измеряемых ускорений составляет $\pm 1,5g$ или $\pm 6g$, выбираемый в зависимости от условий требуемых параметров. Кроме того, датчик может измерять ускорение одновременно в трех координатах, соответственно X, Y и Z. Данные выводятся с датчика в аналоговой форме, обрабатываются микроконтроллером и преобразуются в форму, понятную пользователю, с последующим выводом измеренных значений в компьютер.

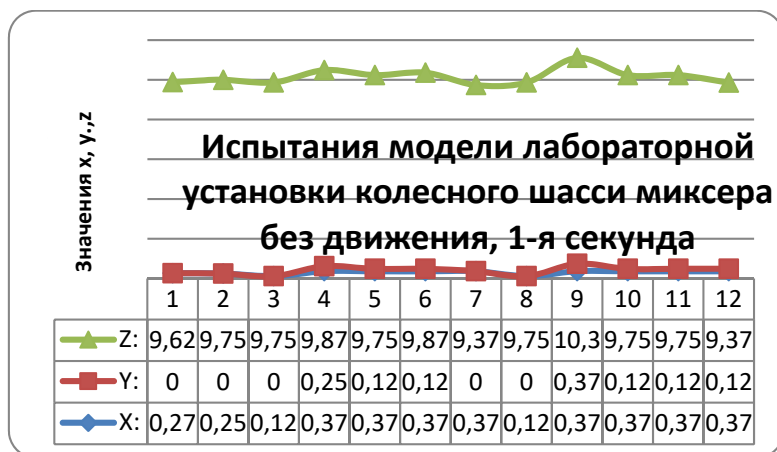


Рисунок 1- Колебание ускорений миксера вдоль координатных осей без движения шасси колесной модели кормораздатчика на 1-й секунде

Основная составляющая получаемого смесителем ускорения (a_d) определяется функцией $a_d = f(n, \eta(V))$, где n – частота вращения вала смесителя (об/мин), $\eta(V)$ – полнота заполнения объема смесителя (%).

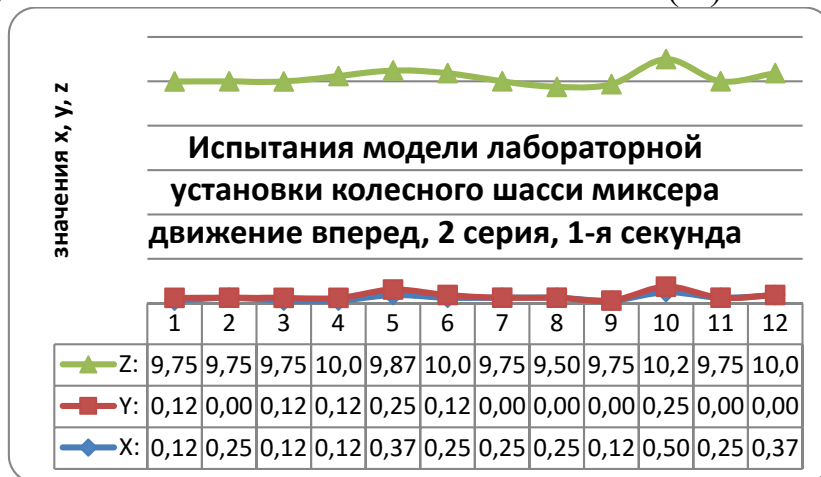


Рисунок 2- Колебание ускорений миксера вдоль координатных осей при движении вперед колесной модели кормораздатчика на 1-й секунде.

Соответственно, полное ускорение a_n полученное от питателя, состоит из трех типов ускорения a (m/c^2):

$$a_n = a_d + a_n + a_t, \tag{1}$$

где a_n – ускорение, получаемое кормораздатчиком от неровностей опорной поверхности; a_t – ускорение, получаемое кормораздатчиком от трансмиссии.

В этом случае ускорения, полученные от трансмиссии a_t , направлены в плоскости движения распределителя питания, а ускорения от неровностей плоскости опоры лежат в плоскости, перпендикулярной плоскости опоры.

Ускорения, полученные от источника питания с электрическим приводом, показаны на рисунках 1 и 2.

На рисунке 2 те же характеристики ускорений миксера электрического кормораздатчика приведены при движении по пересеченной местности.

На основании результатов определения смесителя, было установлено что полное ускорение в значительной степени зависит от массы в бункере, несущей способность батареи и поверхности носителя. На скоростях до 10 м / с ускорение смесителя практически не зависит от типа трансмиссии [3,5].

Список литературы

1. Бышов, Н.В. Синхронизация и управление скоростью вращения электропривода постоянного тока / Н.В. Бышов, И.Е. Куцев, Н.Г. Кипарисов, А.А. Полякова // Сборник научных трудов. Посвящается 60-летию инженерного факультета. Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, 2011. - С. 21-26.
2. Полякова, А.А. Энергосберегающая установка для сушки перги / А.А. Полякова, Д.Е. Каширин, Е.А. Соловьева // Международная научно-практическая конференция «Инновационное развитие современного агропромышленного комплекса России», РГАТУ, 2016. - С. 72-75.
3. Полякова, А.А. Использование акселерометров для определения технологических параметров миксера кормораздатчика / А.А. Полякова // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, 2015. № 2 (26). - С. 112-115.
4. Полякова, А.А. Исследование влияния конструктивно-технологических параметров смесителя - обогатителя концентрированных кормов на энергоемкость процесса смешивания / Д.Е. Каширин, А.А. Полякова // Вестник КрасГау, 2016. № 9 (120). С. 107-113.
5. Полякова, А. А. К вопросу обоснования параметров смесителя-обогатителя концентрированных кормов / А.А. Полякова // Международная научно-практическая конференция «Совершенствование системы подготовки и дополнительного профессионального образования кадров для агропромышленного комплекса», 2017. - С. 159-161.

УДК 621.31(076)

Смирнова Л.В., Садыкова Л.А.

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

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММЫ ПАРТНЕРСТВА «ЗЕЛЕНЬ И МОСТ»

Аннотация. В данной статье говорится о возобновляемых источниках энергии. Дается их определение и рассматриваются причины их использования. Также в статье представлены данные по современной обстановке в данной сфере и представлены прогнозы на будущее. Освещена основная информация по деятельности Казахстана в сфере возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

Ключевые слова: Возобновляемые источники энергии, альтернативная энергия, “зеленая” энергия.

Возобновляемые источники энергии, альтернативная энергия, “зелёная энергия” в последнее время мы слышим эти понятия все чаще и чаще. И это неспроста, современный мир сталкивается со множеством проблем: глобальное потепление, выбросы в атмосферу парниковых газов, экологические катастрофы и постепенное истощение углеводородов, от которых человечество стало так зависимо. Всё это заставило задуматься о дальнейшем будущем человечества и планеты на котором оно живет. Таким образом, мы и пришли к альтернативным и экологически чистым способам получения энергии, а, следовательно, и человеческой деятельности.

В чём заключаются преимущества ВИЭ? Почему начиная с конца прошлого столетия тематика “зелёной” энергетики обсуждается все чаще?

Возобновляемые источники энергии обладают таким существенным преимуществом, как их неисчерпаемость. Разумеется, важным достоинством является их экологическая безопасность для биосферы Земли. Есть также и экономические преимущества, ведь использование ВИЭ позволяет странам избежать зависимости от стран-поставщиков электроэнергии и самостоятельно снабжать себя таким важным ресурсом.

Многие крупные организации, такие как ООН и ЮНЕСКО, ведут деятельность по внедрению и популяризации возобновляемых источников энергии, что в свою очередь поможет улучшить не только экологические, но и экономические показатели.

Стоимость расходов на развитие ветряных и солнечных установок продолжает падать, главным образом, благодаря технологическим усовершенствованиям. Еще одна важная причина - рост масштабов производства возобновляемых источников энергии и жесткая конкуренция на аукционах.

В период до 2040 г. ВИЭ станут самым быстрорастущим источником энергии во всех сценариях, их потребление вырастет на 76-115 %. Объемы ВИЭ, используемых для производства электроэнергии к 2040 г. возрастут в 2,5-3,7 раза, прежде всего, за счет многократного увеличения мощностей солнечной и ветровой генерации.

И очень радует в вопросе использования возобновляемых источников энергии позиция нашей республики.

В Казахстане принята и реализуется концепция по переходу к «зеленой» экономике, в целях ее реализации создана законодательная база и обозначены четкие целевые индикаторы развития сектора возобновляемой энергетики. Уполномоченным органом, реализующим государственную политику в секторе возобновляемой энергетики, является Министерство энергетики Республики Казахстан.

Согласно концепции по переходу Республики Казахстан к «зеленой экономике» доля возобновляемых источников энергии к 2020 году должна составить 3% в общем объеме производства электроэнергии, к 2030 году – 10%, в 2050 году – 50% с учётом альтернативной энергетики.

Достижение поставленной задачи базируется на имеющемся ресурсном потенциале возобновляемых источников энергии в стране. Имеющийся потенциал ветровой энергетики оценивается в 920 млрд. кВтч в год, солнечной энергетики 3000 солнечных часов в год, гидроэнергетики в 62 млрд. кВтч в год.

В 2009 году в Казахстане были приняты первые законодательные инициативы по поддержке развития сектора возобновляемой энергетики. В 2009 году принят Закон «О поддержке использования возобновляемых источников энергии».

В 2013 году был запущен механизм государственной поддержки сектора возобновляемой энергетики, который основан на централизованной гарантированной покупке всей электрической энергии, производимой возобновляемыми источниками энергии, по фиксированным тарифам. Развитие технологий в секторе ВИЭ с ростом числа инвесторов, желающих реализовывать проекты ВИЭ в Казахстане, потребовал внедрения механизма, способного обеспечить справедливый и конкурентный отбор проектов. В этой связи с 2018 года в Республике Казахстан внедрен механизм аукционных торгов по отбору проектов ВИЭ.

Первый Президент Казахстана Нурсултан Назарбаев на Астанинском экономическом форуме в мае 2010 года инициировал программу партнёрства "Зелёный мост". Главная цель программы партнёрства – это достижение оптимального уровня потребления энергетических и иных природных ресурсов всеми странами мира к середине XXI века. Переход к "зелёной" экономике при этом должен основываться на партнёрстве государства с бизнесом, общественностью и международными организациями. Сейчас она уже даёт практические результаты: 15 стран подписали хартию программы, идёт создание опытных центров "зелёных" технологий и обмен практиками между правительствами, бизнесом и гражданским сектором.

Также Казахстан ратифицировал Парижское соглашение по изменению климата в 2016 году и обязался сократить выбросы парниковых газов на 15% к 2030 году путем мобилизации инновационных решений. Достигнуть таких показателей поможет внедрение возобновляемых источников энергии.

А важнейшим показателем позиции Казахстана в отношении "зелёной" энергии является прошедшая в нашей стране международная выставка EXPO-2017 "Энергия будущего".

По состоянию на май 2020 года, в Казахстане действует 99 объектов ВИЭ, в том числе:

Ветроэлектростанций (ВЭС) – 21;

Солнечных электростанций (СЭС) – 37;

Гидроэлектростанций (ГЭС) – 37;

БиоЭС – 4.

Выработка электроэнергии от объектов ВИЭ за 2019 г. составила 2,4 млрд кВтч, что составляет 2,3% от общей генерации в Республике Казахстан.

Таким образом, ВИЭ уже являются непосредственной частью не просто нашего будущего, но уже и настоящего. Если раньше разговоры о альтернативной энергетике больше походили на фантастические рассказы, то сегодня это да-

леко не так. С каждым годом эта сфера развивается всё больше, появляются инновационные технологические решения не только по созданию новых, но и по модернизации уже имеющихся технологий в области ВИЭ. И если человечеству не безразлично его будущее и будущее планеты, то оно и дальше должно работать в этой сфере.

Список литературы

1. Возобновляемая энергия // Википедия. [2021]. Дата обновления: 03.01.2021. URL: <https://ru.wikipedia.org/?curid=396112&oldid=111473636> (дата обращения: 03.01.2021).
2. А.А. Макарова, Т.А. Митровой, В.А. Кулагина / Прогноз развития энергетики мира и России/ ИНЭИ РАН–Московская школа управления СКОЛКОВО – М, 2019. – 210 с.
3. Указ Президента Республики Казахстан от 30 мая 2013года № 577, Концепция по переходу Республики Казахстан к "зеленой экономике".

УДК 621.311

Сорокин В.Ю., Вендин С.В.

ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина», г. Белгород

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Аннотация. В статье приведен анализ проблем и обзор мероприятий по повышению эффективности применения альтернативных источников электроэнергии в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: альтернативные источники энергии, ветроэнергетика, солнечные электростанции, аккумуляторные батареи, устройства зарядки.

Известно, что основная часть электроэнергии в наше время вырабатывается с помощью трех основных типов электростанций: атомной, тепловой и гидравлической [1]. Доля всех альтернативных источников энергии (АИЭ) составляет около двух процентов. Несмотря на это, в мире развивается и распространяется нетрадиционная энергетика. Основными источниками альтернативной энергии являются: солнечная и ветровая энергия, потоки воды в реках и морях, тепло, которое можно получить с поверхности земли [2-3], а также различные виды биологического топлива, производство которого связано с жизнью животных и растений [4-7]. При этом следует заметить, что эффективность использования альтернативных источников энергии для получения электрической энергии обусловлена не только коэффициентом полезного действия при преобразовании АИЭ в электрическую, но и требованиями к качеству получаемой электроэнергии [8-9]. Ниже приведен анализ проблем и обзор мероприятий по повышению эффективности применения альтернативных источников электроэнергии в сельском хозяйстве

Электрическая система ветроэлектростанции состоит в первую очередь из ротора с лопастями, которые преобразуют кинетическую энергию ветра во вращательную, затем идет редуктор, задачей которого является увеличение частоты вращения вала, затем следует генератор, который преобразует полученную энергию в электрическую. Существует четыре типа ветроэлектростанций, которые в основном базируются на их местоположении: прибрежные, наземные, плавучие и оффшорные [2-3]. Преимущества ветроэнергетических установок состоят в следующем: ветер является неисчерпаемым ресурсом; чистота вырабатываемой энергии; отсутствие парникового эффекта; отсутствие вредных выбросов; небольшая площадь, занимаемая установкой; низкая стоимость вырабатываемой энергии. Основным недостатком ветроустановок является то, что сила ветра и его направление меняются, бывает также, что ветра нет вообще, что вызывает сбой в электроснабжении. Вторым недостатком заключается в том, что начальный этап строительства станции требует достаточно больших материальных вложений. Эффективность преобразования механической энергии в электрическую в электрогенераторе обычно составляет 95%, а потери электрической энергии при передаче не превышают 10%. Для преодоления проблем, связанных с эксплуатацией ветрогенераторов, используются различные конструкторские и технологические решения.

Преобразование солнечной энергии в электрическую с помощью солнечных панелей основано на фотоэлектрических преобразователях энергии от солнца [2]. Основными преимуществами солнечных преобразователей являются простота конструкции, удобство монтажа, обслуживание панелей не требует больших усилий, а также повышенная ресурсоемкость. Установка солнечных панелей не требует большого дополнительного пространства, главное-это доступ солнечного света и отсутствие затенения. Ресурс панелей достигает десятков лет, что делает их очень популярными. Однако панели, преобразующие солнечную энергию, имеют ряд недостатков: высокую чувствительность к загрязнению поверхности панелей.

Основной проблемой с солнечными и ветровыми источниками энергии является полная зарядка аккумулятора в неблагоприятных погодных условиях. Поэтому, когда значения системы электроснабжения имеют критические параметры или электричества нет вообще, автоматика подключает инвертор, который берет ток от аккумулятора. Инвертор используется для преобразования постоянного тока в переменный. Основным источником постоянного тока с заданным напряжением 12 вольт является аккумуляторная батарея. Для подзарядки аккумулятора используются различные конструктивные и технологические решения. Батареи, которые со временем разряжаются, можно заряжать с помощью зарядного устройства, подключенного к другому генератору или городской сети. Более современным решением является зарядка аккумулятора от альтернативных источников энергии. Поэтому используются гибридные схемы солнечно-ветровых или ветро-солнечных автономных электростанций [2-3].

Выводы.

Проведенный анализ показывает, что для повышения эффективности электростанций на основе альтернативных источников энергии необходимо иметь возможность заряжать аккумулятор от нескольких источников. При этом, необходимо разработать схемотехнические решения, обеспечивающие качественную зарядку (подзарядку) с учетом изменений внешних погодных условий, т. е. использовать схемы, позволяющие заряжать несколько аккумуляторов от разных источников и работать через инвертор в общую сеть.

Список литературы

1. Нестеров А.М. Обзор возможности строительства ВЛ 35 кВ в габаритах ВЛ 10 кВ в Белгородской области /А.М. Нестеров, С.В. Вендин // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. № 6. С.200-203.
2. Пахомов, А.Ю. Альтернативные источники электроэнергии /А.Ю. Пахомов, Д.Г. Козлов // Молодежный вектор развития аграрной науки: материалы 64-й научной студенческой конференции (9-25 апреля 2012 г., г. Воронеж). – Воронеж: ФГБОУ ВПО ВГАУ, 2013. С. 46-51.
3. Шопинский, С. Н., Вендин С. В. проблемы и перспективы использования ветроэнергетических установок в районах со слабыми ветрами / С.Н. Шопинский, С.В. Вендин // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2016. № 1 (9). С. 16-20.
4. Вендин, С.В. Автоматизация механических и тепловых процессов в многокамерном биогазовом реакторе непрерывной загрузки сырья /С.В. Вендин, А.Ю. Мамонтов // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. 2016. №4 (74). С.55-60.
5. Вендин, С.В. Обоснование параметров терморегуляции и перемешивания при анаэробном сбраживании /С.В. Вендин, А.Ю. Мамонтов // Сельский механизатор. 2016. №7. С. 20-22.
6. Vendin, S.V. Calculation of the power value of additional heat sources for a cylindrical biogas reactor /Vendin S.V., Mamontov A.Y. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 6th International Conference on Agriproducts Processing and Farming. 2020. С. 012119.
7. Вендин, С.В. К выбору теплоизоляции для корпуса биогазового реактора с учетом дополнительного подогрева сырья /С.В. Вендин, А.Ю. Мамонтов, Ю.Н. Ульянов // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2020. №2(26). С. 16-26.
8. Вендин С.В. Оценка эффективности мероприятий по снижению несимметрии и несинусоидальности в распределительных сетях 0,4-10 кВ / С.В. Вендин, С.В. Килин, С.В. Соловьёв // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2018. № 2 (18). С. 3-19.
9. Вендин С.В. Экспериментальные исследования несинусоидальности и несимметрии напряжений в электрических сетях 10 кВ / С.В. Вендин, С.В. Соловьёв, С.В. Килин // Вестник ВИЭСХ. 2018. № 3 (32). С. 18-25.

Сохинов Д.Ю., Трушкин В.А.

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ПРИ ПОМОЩИ УМНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ (SMART GRID)

Аннотация. В структуре воздушных линий электропередачи большую долю занимают линии напряжением 10-35 кВ. При этом от функционирования этих участков сети во многом зависит надёжность системы энергоснабжения, поскольку непосредственно от них идёт питание к большей части конечных потребителей. Также электрические сети такого класса напряжения обладают большей суммарной протяженностью и сложной системой ветвления, организованного различными способами. Именно поэтому внедрение умных технологий (Smart Grid) необходимо для сетей напряжением 10-35 кВ.

Ключевые слова. Smart Grid, умные сети, интеллектуальные сети электроснабжения, определение места повреждения ВЛ.

В общем балансе электрических сетей воздушные линии электропередачи составляют значительную долю. В нашей стране эксплуатируется около двух миллионов километров воздушных линий электропередачи. Наиболее протяжённые из них – это электрические сети напряжением 10-35 кВ, которые также называют распределительными сетями. Свыше 50% этих сетей отслужили более 30 лет. В связи с высоким износом - надёжность этих электрических сетей в последние годы снижается. По данным ПАО «Россети» в среднем за год происходит до 100 отключений на 100 км.

Для повышения надёжности электрических сетей требуется постоянный мониторинг. Во всем мире находит широкое применение система Smart Grid и одним из ее направлений, является мониторинг воздушных линий электропередачи (ЛЭП). Внедрение новой системы с использованием датчиков температуры, тока и напряжения позволит практически в режиме «онлайн» отслеживать состояние каждой ЛЭП, в том числе ее реальную пропускную способность. Данная система выводит на операторский пульт подробные сведения о текущем состоянии воздушных линий, где оператор может не только следить за состоянием ВЛ, но и при аварийных ситуациях отключать питание на определенных участках. Система мониторинга состоит из измерительных блоков, связанных через канал связи с оборудованием на диспетчерском пункте. Измерительные блоки монтируются внутри подстанции.

В настоящее время на рынке практически отсутствуют технологии и связанные с этим системы по мониторингу состояния ЛЭП в реальном времени, хотя эксплуатирующие организации несут значительные потери из-за отсутствия информации о состоянии ЛЭП при достаточно большом фактическом износе проводов. Это не позволяет обеспечивать оптимальную нагрузку на распределительные сети, выявлять узкие места и обеспечивать профилактику критического провисания проводов ЛЭП и связанные с этим аварийные ситуации. Кроме того, все

это является критическим фактором, не позволяющим широко внедрять технологии интеллектуальных адаптивных распределительных сетей передачи и распределения электроэнергии Smart Grid, где для непрерывного управления необходимо измерять параметры самих распределительных сетей, а не только получать информацию с оборудования на подстанциях.

По статистике, более 80% аварийных ситуаций в распределительных электросетях связаны с повреждением элементов конструкции ВЛ. Во многом это обусловлено старением электросетевой инфраструктуры. При этом большинство аварийных случаев, связанных с проводами, обусловлено не столько состоянием самого провода, сколько изменением геометрии ВЛ.

Одним из перспективных направлений развития Smart Grid в России может являться разработка технологии и методологии измерения тока в ЛЭП на расстоянии, и создания на их основе систем с требуемыми техническими и экономическими параметрами. Применение этой технологии позволит создавать системы, не требующие отключения ЛЭП при проведении мониторинга и нахождения поврежденных участков.

На текущий момент средняя стоимость одной точки измерения тока в ЛЭП составляет не менее 1 млн. рублей и не меньшая стоимость годового обслуживания (с учетом отключений ЛЭП). При создании систем дистанционного измерения возможно уменьшение стоимости оборудования и обслуживания, что будет являться серьезным основанием для широкого внедрения на всех распределительных сетях различного типа напряжений. Это позволит сэкономить огромные средства с учетом большой протяженности электрических сетей в стране.

Эффективность применения измерителей тока в проектируемых системах мониторинга ЛЭП способствует получению таких сведений, как температура, сопротивление провода на заданном участке и геометрические параметры. Одним из альтернативных решений проблемы измерения тока в проводах ЛЭП является использование комбинированного способа, включающего измерение основной гармоники промышленной частоты поясом Роговского, а также измерение в широком частотном диапазоне датчиком магнитного поля. Датчик магнитного поля в этой комбинации может калиброваться по амплитудному значению тока основной гармоники, получаемого поясом Роговского.

Использование комбинированного устройства измерений, включающего пояс Роговского и датчик магнитного поля, в сравнении с традиционными методами, позволит качественно улучшить измерения амплитудно-фазовых характеристик тока в ЛЭП, так как нет необходимости частотной коррекции характеристик пояса Роговского. Датчик магнитного поля в этом случае может выполнять функцию основного средства измерения в достаточно широком частотном диапазоне, так как его калибровка будет происходить непосредственно в процессе работы. Это существенно упростит схемные решения, как аналоговые, так и цифровые.

Программные средства компенсации погрешностей различной природы помогут решить некоторые из проблем конструктивного и схемного характера, что существенно скажется на стоимости устройства для массового внедрения.

Разработка многофункционального устройства для бесконтактного измерения токов в цепях ЛЭП с обеспечением внедрения интеллектуальных адаптивных сетей Smart Grid сопряжена с решением нескольких задач, в числе которых:

- анализ современных альтернативных решений, связанных с измерениями больших токов;
- оптимизация электронных схем, используемых в устройстве, с целью снижения потребляемой мощности;
- исследование различных способов питания устройства с отбором необходимой мощности от провода ЛЭП;

Для передачи данных в системах мониторинга ВЛ в основном используются беспроводные каналы связи — это GSM- или же ISM-радиомодемы, работающие на частотах 434, 868 МГц и 2,4 ГГц.



Рис. 1. Устройство системы мониторинга и передачи данных

GSM-модемы уже более десяти лет используются на рынке средств АСУ ТП, в том числе и для передачи данных в системах мониторинга. Работа таких устройств в режиме аналогового модема обеспечивает достаточную скорость передачи данных, а оплата производится в соответствии со временем нахождения в сети.

Основными тенденциями в разработке данных устройств являются повышение надежности системы электроснабжения, повышение точности измерения тока, снижение потерь передачи электроэнергии, расширение диапазона измерения тока.

Список литературы

1. Положение ОАО «Россети» о единой технической политике в электросетевом комплексе. – М.: ОАО «Россети», 2015. – 196 с.
2. Основные положения концепции интеллектуальной энергосистемы с активно-адаптивной сетью. – М.: ОАО «ФСК ЕЭС», ОАО «НТЦ электроэнергетики», 2011. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.fsk-ees.ru/upload/docs/ies_aas.pdf

3. Трушкин, В.А. Особенности эксплуатации воздушных линий электропередачи сельскохозяйственного электроснабжения/ Трушкин В.А., Чурляева О.Н., Шлюпиков С.В.// В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы инновационной агроэкономики, материалы IX Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции, 2020. - с. 369-372.
4. Трушкин, В.А. Причины отказов трансформаторов напряжением 10/0,4 кВ в сельских электрических сетях/ Трушкин В.А., Шлюпиков С.В., Кифарак С.А.// В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК, материалы VII международной научно-практической конференции. 2020 - с. 230-232.
5. Трушкин, В.А. Дистанционный контроль влажности силикагеля маслonaполненных трансформаторов напряжением 10/0,4 кВ, эксплуатируемых в сельских электрических сетях/ Трушкин В.А., Шлюпиков С.В., Кифарак С.А., Россошанский А.Р./ Аграрный научный журнал, 2017, № 9. - С. 65-67.

УДК 621.311.245

¹Степанов В.П., ¹Кротков Е.А., ¹Платонов Д.Ю.,
²Идиатулин Р.Ф., ²Дадонов А.Н.

¹ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»,

²филиал АО «Системный оператор ЕЭС России», ОДУ Средней Волги»

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ МАКСИМАЛЬНОЙ ВЫРАБОТКИ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ С УЧЕТОМ ВЕРОЯТНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕТРОВОГО ПОТОКА

Аннотация. Активная мощность, вырабатываемая ветроэлектрической установки (ВЭУ), изменяется от силы ветра в течение времени. Предложена методика оценки вероятностных характеристик графиков силы ветра. Применение предложенной методики на стадии проектирования позволит определить параметры электрического режима работы ветроэлектростанции (ВЭС).

Ключевые слова: Ветроэлектрическая установка, вероятностные характеристики ветрового потока, распределение Вейбулла.

Современный опыт эксплуатации ВЭС, в странах с ограниченными углеводородными ресурсами, показывает, что себестоимость производимой ими электроэнергии успешно конкурирует с традиционной энергетикой. В настоящее время по всему миру строится более 8 ГВт оффшорных ветроэнергетических мощностей, 57% из которых приходится на Китай. Великобритания остается крупнейшим в мире рынком оффшорной ветроэнергетики с установленной мощностью более 10 ГВт, из которых 714 МВт было добавлено в первой половине 2020 года.

Германия сохранила за собой второе место с суммарной мощностью 7,7 ГВт, но за первые шесть месяцев 2020 года было добавлено только 203 МВт новых мощностей. На третьем месте – Китай с 1,4 ГВт новой установленной мощности в первой половине 2020 года, а общая установленная мощность составила 6,4 ГВт. ВЭС состоит из ветроэлектрических установок (ВЭУ), которые имеют два основных рабочих режима: работа с постоянной и переменной скоростью вращения

ротора ветроколеса. Выделяют три основные зоны работы ВЭУ, в зависимости от скорости ветра V , м/с. Эти зоны отмечены на энергетической характеристике ВЭУ (рис. 1) [1, 2].

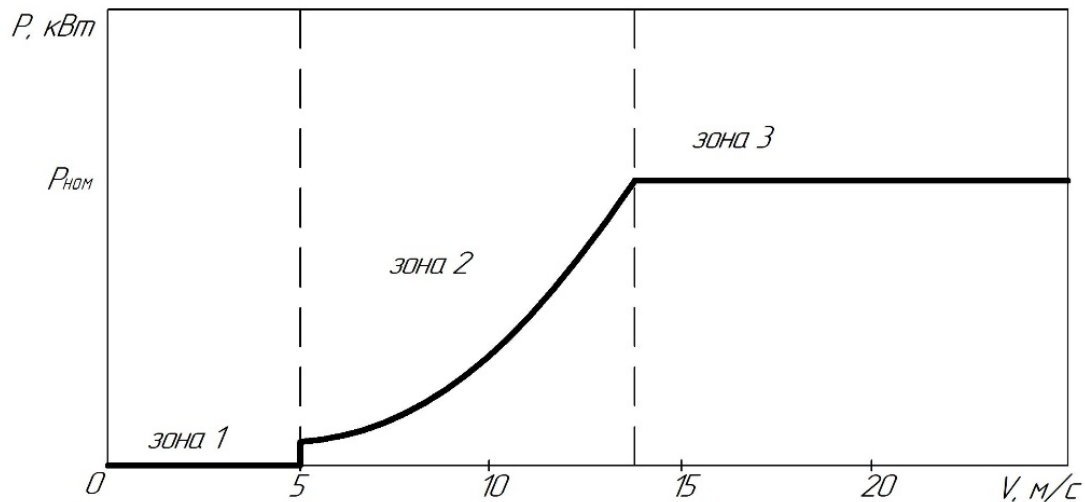


Рис. 1. Энергетическая характеристика ВЭУ

Зона 1, часть кривой, расположенная левее скорости ветра 5 м/с, включает моменты бездействия установки и её запуска. Зона 2 является рабочим режимом, в котором желательно выработать максимально возможное количество электроэнергии. Работа в зоне 3 происходит при скорости ветра, выше номинальной, то есть при скорости ветра выше той, при которой производится максимальное количество энергии. Установка должна ограничивать отбираемую долю энергии ветра так, чтобы не выйти за пределы электрических и механических расчетных нагрузок генератора.

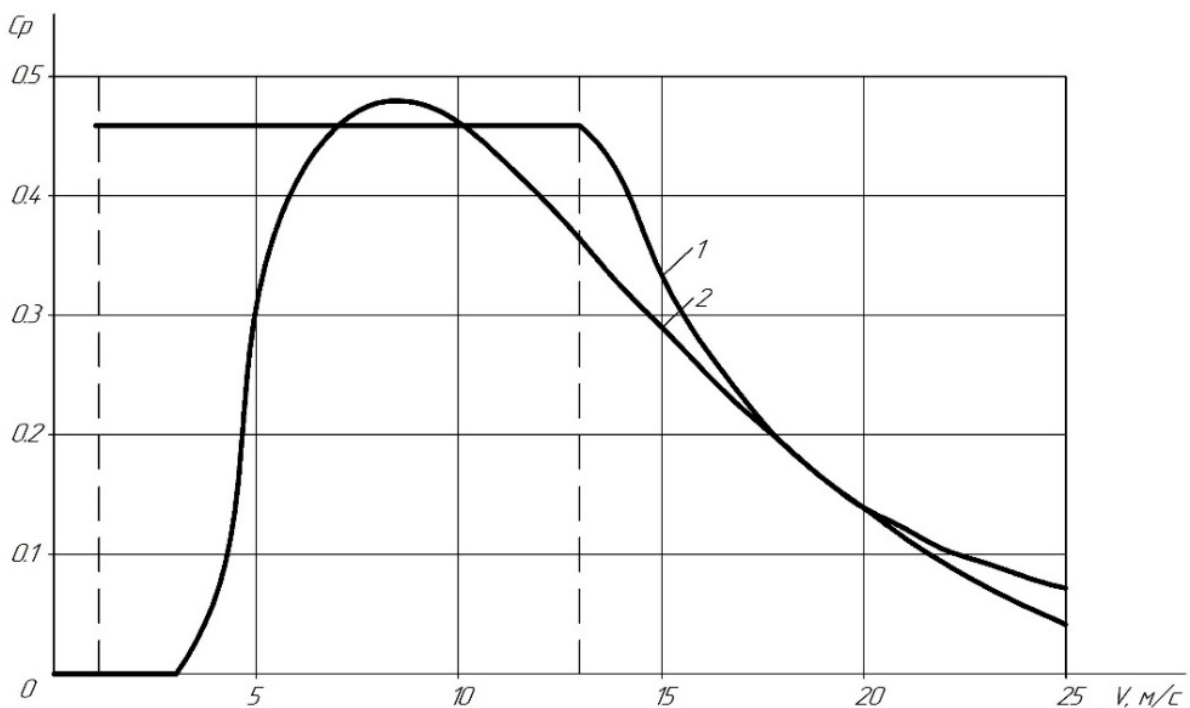


Рис. 2. Зависимость коэффициента мощности ВЭУ от скорости ветра, где 1 кривая постоянная скорость, 2 кривая переменная скорость.

Активная мощность $P(t)$, производимая ВЭУ, является функцией средней скорости ветра на высоте оси вращения ротора ветроколеса, и определяется выражением [1, 2]:

$$P(t) = \frac{1}{2} \rho D C_p(v) v^3(t), \quad (1)$$

где: C_p - коэффициент мощности ВЭУ, зависящий от скорости ветра, ρ - плотность воздуха, D - диаметр площади, ометаемой ветроколесом, $v(t)$ - средняя скорость ветра в момент времени t .

Коэффициент мощности C_p ВЭУ является функцией скорости ветра и представлена на рис.2.

Известно, что каждая ВЭУ, а также в целом ВЭС имеют случайную электрическую нагрузку, обусловленную изменением скорости ветра в атмосфере [3, 4]. Используя инвариантность случайного процесса к физическому явлению, оценим вероятностный характер скорости ветра для мест установки ВЭУ.

Рассмотрим в качестве примера график изменения скорости ветра ВЭУ, расположенной в регионе Средняя Волга.

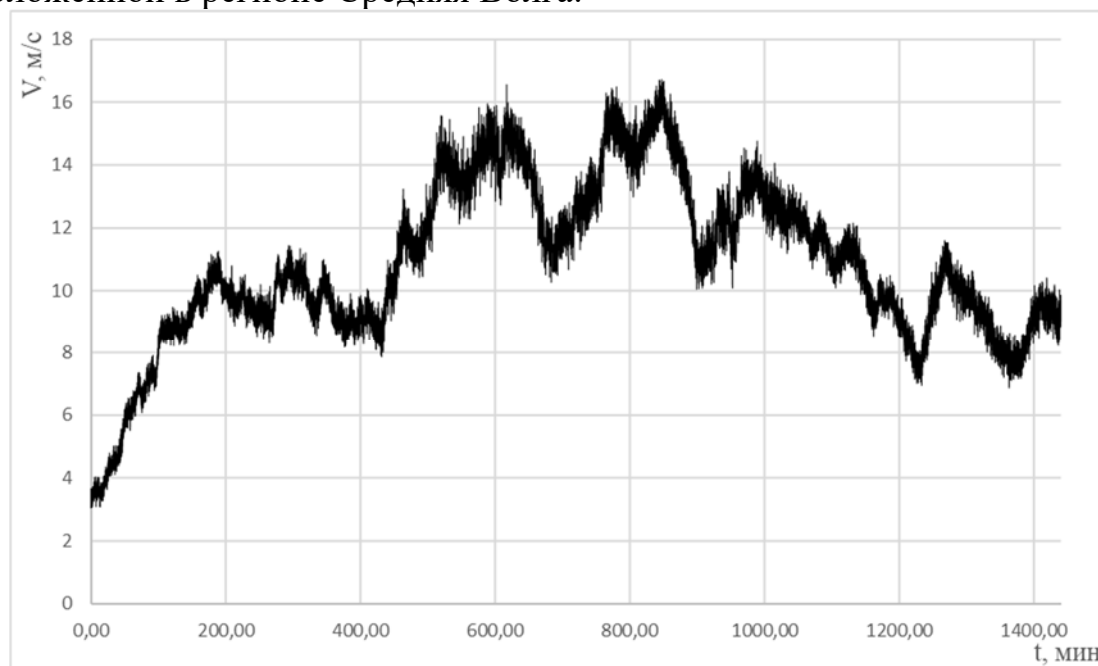


Рис. 3. График изменения скорости ветра на ВЭУ в течение суток.

Изменение ординат скорости ветра в течение суток, представленного на рис.3 описывается случайным процессом, имеющий распределение Вейбулла [3, 4, 5]:

$$f(V) = \left(\frac{k}{\lambda}\right) \left(\frac{V}{\lambda}\right)^{(k-1)} e^{-\left(\frac{V}{\lambda}\right)^k} \quad (2)$$

$$F(V \leq V_{max}) = 1 - e^{-\left(\frac{V}{\lambda}\right)^k} \quad (3)$$

$$DV = \lambda^2 \Gamma\left(1 + \frac{2}{k}\right) - \mu^2 \quad (4)$$

где: $f(V)$, $F(V)$ - плотность и функция распределения вероятности; V_{max} - максимальная скорость ветра; DV - дисперсия скорости ветра; k - коэффициент формы; λ - коэффициент масштаба; Γ - гамма-функция.

По данным измерений скоростей ветра построена гистограмма (кривая 1), которая аппроксимирована функцией плотности вероятности распределения Вейбулла (кривая 2) рис. 4.

Наличие случайных колебаний в графике скорости ветра описывает автокорреляционная функция (АКФ) вида:

$$r(\tau) = e^{-\alpha|\tau|}(\cos\omega_0\tau), \quad (5)$$

где α , ω_0 - коэффициент затухания и собственная частота колебания АКФ соответственно.

Максимальная скорость ветра длительностью θ определяется выражением:

$$V_{max} = V_{cp} + \beta_1\sqrt{DV_\theta} \quad (6)$$

Дисперсия DV_θ осредненного графика скорости ветра с АКФ вида описывается выражением:

$$DV_\theta = \frac{2DV}{\theta^2(\alpha^2 + \omega_0^2)} (e^{(-\alpha\theta)} [(\alpha^2 - \omega_0^2)\cos\omega_0\theta - 2\alpha\omega_0\sin\omega_0\theta] + \omega_0^2 - \alpha^2 + \alpha\theta(\alpha^2 + \omega_0^2)) \quad (7)$$

Значения статистических коэффициентов β_l для оценки расчетных значений θ -пиков скорости ветра с граничной вероятностью E_x определяются по выражению [6]:

$$1 - E_x = \int_{V_{min}}^{V_{max}} f(V)dV = \int_{V_{min}}^{V_{cp} + \beta_1\sqrt{DV_\theta}} f(V)dV \quad (8)$$

Принимая значение граничной вероятности $E_x=0,05$, получим уравнение для определения коэффициента β_l :

$$\int_{V_{min}}^{V_{max}} f(V)dV = \left(\frac{k}{\lambda}\right) \left(\frac{V_{min}}{\lambda}\right)^{(k-1)} e^{-\left(\frac{V}{\lambda}\right)^k} - \left(\frac{k}{\lambda}\right) \left(\frac{V_{max}}{\lambda}\right)^{(k-1)} e^{-\left(\frac{V}{\lambda}\right)^k} = 0.95 \quad (9)$$

Решая численным способом уравнение (9) определим β_l , а затем по выражению (6) оценим максимальную скорость ветра V_{max} .

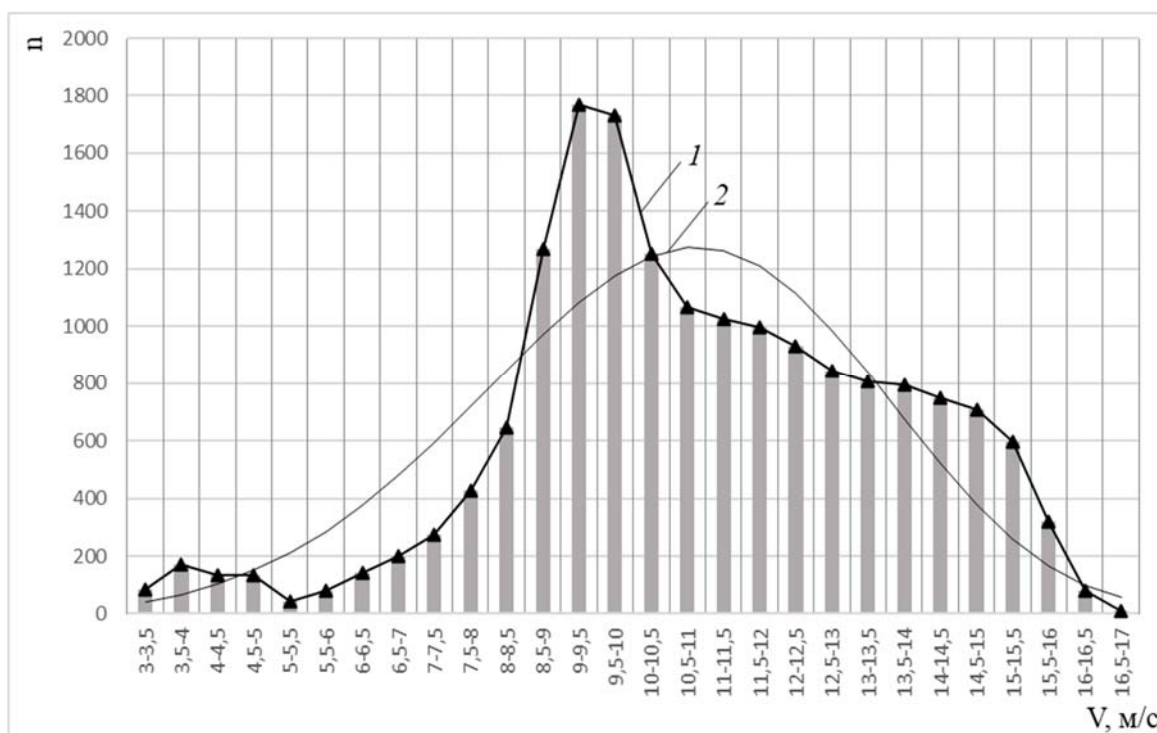


Рис. 4. Частота возникновения скоростей ветра по данным измерений (кривая 1) и аппроксимированной распределением Вейбулла (кривая 2)

Тогда максимальная активная мощность длительностью θ , производимая ВЭУ, определяется выражением:

$$P_{\theta max} = \max\left\{\frac{1}{2}\rho DC_p(V_{\theta max})V_{\theta max}^3\right\} \quad (10)$$

Заключение. Предложена математическая модель оценки максимальной активной мощности ВЭУ, основанная на использовании вероятностных характеристик графика скорости ветра.

Применение максимальной активной мощности ВЭУ на стадии проектирования позволяет уточнить параметры электрического режима ВЭС.

Список литературы

1. ГОСТ Р 54418.1-2012 (МЭК 61400-1:2005) Возобновляемая энергетика. Ветроэнергетика. Установки ветроэнергетические. Часть 1. Технические требования.
2. ГОСТ Р 54418.12.1-2011 (МЭК 61400-12-1:2005) Возобновляемая энергетика. Ветроэнергетика. Установки ветроэнергетические. Часть 12-1. Измерение мощности, вырабатываемой ветроэлектрическими установками.
3. J.W. Taylor, P.E. McSharry, R. Buizza, "Wind Power Density Forecasting Using Ensemble Predictions and Time Series Models, "Energy Conversion, IEEE Transactions on , vol.24, no.3, pp.775,782, Sept. 2009.
4. Weather Research and forecasting (WRF): ARW User Guide V3, September 2014.
5. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. М.: Изд. центр «Академия», 2003. 576 с.
6. Кротков Е.А., Жежеленко И. В., Степанов В. П. Методы вероятностного моделирования в расчетах характеристик электрических нагрузок потребителей. М.: Энергоатомиздат, 2003. - 220 с.

УДК 631.223.2:628.93, УДК 621.314.26,
УДК 535.5, УДК 699.86, УДК 628.81:697.7

¹*Стерхов А.И., ²Лошкарев И.Ю., ²Логачёва О.В.,
²Галкин Д.А., ²Сидоров С.А.*

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

²ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, г. Саратов

СОСТАВЛЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ СВЕТОВОДНОЙ ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Аннотация. В статье рассмотрен анализ функциональных возможностей световодной системы освещения.

Ключевые слова: световод, система освещения, структурная схема световодной системы освещения, функциональная схема световодной системы освещения.

Для анализа функциональных возможностей системы освещения с полыми световодами, а также в целях конструирования наиболее рационального устройства, необходимо рассмотреть структуру данного устройства и элементом какой

надсистемы оно является. В данном случае в качестве надсистемы выступает здание в целом, на которое в свою очередь воздействует окружающая среда: солнечный свет, атмосферные осадки, ветер и т.д. [1-11].



Рисунок 1 – Основные элементы системы естественного освещения с полыми световодами

Полый световод можно обобщенно представить, как упорядоченную последовательность элементов, дающую представление о конструктивных составляющих объекта.

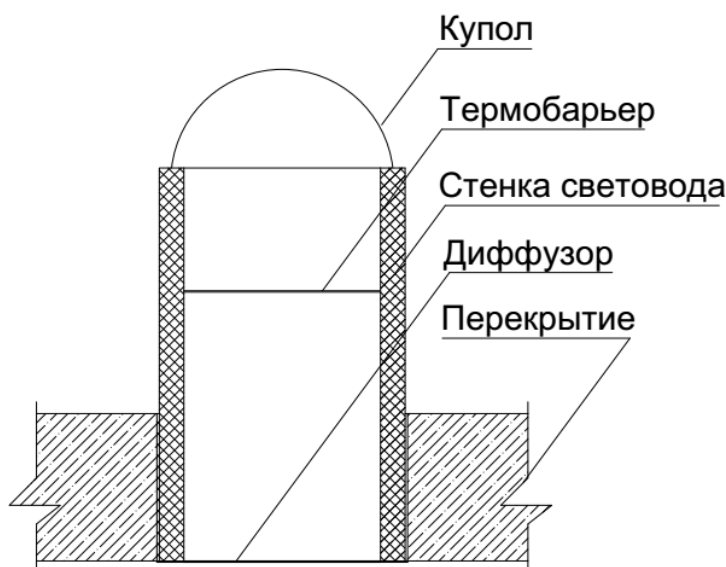


Рисунок 2 – Система естественного освещения с полым трубчатым световодом в сборе

Основными элементами световода (рис.1) являются:

- купол световода – элемент, который захватывает прямые и отраженные лучи солнца на крыше или на стенах здания;
- фартук – элемент, который защищает наружный узел от проникновения влаги, снега и других атмосферных воздействий;
- зеркальная шахта, которая передаёт свет на расстояние за счет многократных отражений в полости световода;

- термобарьер – устройство конструкции, которое в холодный период года препятствует свободной конвекции воздуха в полости световода, тем самым снижает теплопотери;
- корпус рассеивателя – элемент для фиксации рассеивателя, и интегрирования с подвесным потолком;
- диффузор – светораспределительное устройство, передающее свет из канала в помещение.

Система в сборе представляет собой элемент конструкции здания (крыша, стена) с встроенным в него полым трубчатым световодом (рис. 2).

Данное устройство представлено в виде графической структурной модели на рис. 3.

Графические структурные модели не дают полного представления о связях и отношениях, возникающих в изделии при его функционировании, а отражают лишь наиболее устоявшиеся, статические связи в системе, тогда как действительные свойства системы чаще всего проявляются через динамические связи, действия и взаимодействия, которые происходят в процессе функционирования системы [12-21].

Выбор наиболее рациональной конструктивной схемы удобно вести, рассмотрев функциональные связи в устройстве.



Рисунок 3 – Структурная модель системы естественного освещения помещения с полыми световодами

Функциональная модель полого трубчатого световода позволяет: составить наиболее полное представление о процессе ее функционирования в здании; проследить связи в рассматриваемом процессе; выявить наиболее важные или лишние функции; обоснованно выбрать стратегию проектирования конструкции световода; наметить пути повышения эффективности.

Необходимо разделить присущие изделию функции на внешние и внутренние. Внешние функции будут определять функции объекта в целом и отражать функциональные отношения между устройством и внешней средой. Внутренние функции обусловлены особенностями конструктивных решений.

Таблица 1 – Состав функций системы освещения с полами световодами

Уровень модели	Индекс функции	Наименование функции
I	ГФ1	Освещение помещений
	ДФ1	Экономия электроэнергии
II	ОФ11	Захват света
	ОФ12	Перенос света внутрь здания
	ОФ13	Рассеивание света в помещении
	ОФ14	Минимизация теплопотерь зимой и теплопритоков летом при обеспечении помещений естественным светом
III	Ф111	Максимизация захвата света
	Ф121	Максимизация доли перенесенного в помещение света
	Ф131	Равномерное рассеивание света
	Ф141	Препятствование конвективному движению воздуха внутри конструкции
	Ф142	Препятствование выпадению конденсата внутри конструкции
IV	ВФ1211	Создание альтернативы электрическому освещению и традиционным системам естественного освещения.
	ВФ1311	Обеспечение светового комфорта в помещении
	ВФ1411	Уменьшение затрат на отопление
	ВФ1412	Уменьшение затрат на кондиционирование

Среди внешних функций необходимо выделить главные и второстепенные (вспомогательные) функции. Главная функция (ГФ) стартового устройства определяет назначение и сущность существования объекта в целом.

Главной функцией световода является освещение помещений. Дополнительная функция (ДФ) предусматривает частичный или полный отказ от систем электрического освещения, для экономии электроэнергии.

Основными функциями (ОФ) являются: захват света, перенос света внутрь здания и рассеивание в помещении.

Состав функций представлен в таблице 1, функциональная модель – на рис. 4.

Функции (Ф), представляющие собой дифференциацию основных, располагаются на третьем уровне. В них входят: максимизация захвата света, максимизация доли перенесенного в помещение света, равномерное рассеивание света, препятствование конвективному движению воздуха внутри конструкции, препятствование выпадению конденсата внутри конструкции.

На четвертом уровне располагаются вспомогательные функции (ВФ), не связанные с энергетическими преобразованиями, а лишь демонстрирующие функцию, как итоговый результат всех преобразований.

Второстепенные функции включают в себя: создание альтернативы электрическому освещению и традиционным системам естественного освещения, обеспечение светового комфорта в помещении, уменьшение затрат на отопление, уменьшение затрат на кондиционирование.

В результате построения функциональной модели системы освещения с полами световодами было сформировано основное представление о процессах

её функционирования, выявлены основные и второстепенные функции, определены основные моменты её конструкции.

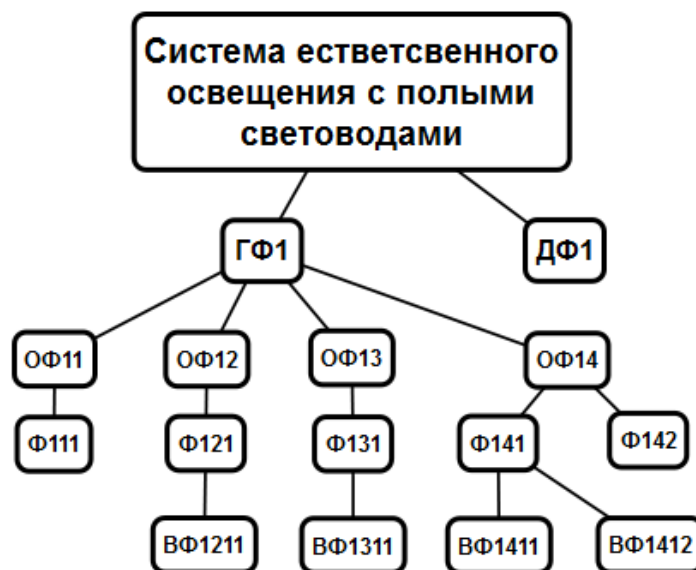


Рисунок 4 – Функциональная модель системы естественного освещения с полыми световодами

Наибольший интерес представляет структура внешних и внутренних факторов системы, влияющих на теплофизические свойства узла прохождения световода через кровлю.

К внешним факторам относятся: температура окружающей среды, температура внутри помещения, потоки ветра, осадки (толщина снежного покрова).



Рисунок 5 – Структура внешних и внутренних факторов системы влияющих на теплофизические свойства узла прохождения световода через кровлю

К внутренним факторам можно отнести все геометрические параметры конструкции и свойства материалов, из которых изготовлены элементы системы. В их числе: диаметр световода по внутренней отражающей стенке, толщина утеплителя стенки световода, высота расположения термобарьера в теле свето-

вода, высота выступа относительно крыши, толщина и термическое сопротивление перекрытия здания. А также коэффициенты теплопроводности материалов: утеплителя в стенке световода, купола, термобарьера, диффузора.

Структурная схема внешних и внутренних факторов системы влияющих на теплофизические свойства узла прохождения световода через кровлю представлена на рисунке 5.

Исходя из существующих ныне технологий и реально применяемых в производстве материалов, можно отбросить ряд факторов.

В качестве утеплителя стенки световода применяется негорючая базальтовая вата с известным коэффициентом теплопроводности.

Купол, термобарьер и диффузор производятся из органического стекла.

Учитывая, что исследуемый фактор не должен линейно зависеть от другого исследуемого фактора, окончательно принимаем к рассмотрению:

- приведенное сопротивление теплопередаче перекрытия (А);
- температуру наружного воздуха;
- диаметр световода;
- толщину утеплителя стенки световода;
- высоту расположения термобарьера в теле световода.

Выводы

В результате построения функциональной модели системы освещения с полами световодами было сформировано основное представление о процессах её функционирования, выявлены основные и второстепенные функции, определены основные моменты её конструкции. Структура факторов, влияющих на теплофизические свойства световода, позволила их проанализировать и сформулировать задачу для дальнейшего исследования.

Список литературы

1. Лошкарёв, И.Ю. Оценка эффективности внедрения светоаэратора в систему вентиляции коровника / И.Ю. Лошкарёв, А.Я. Аберясов, В.И. Лошкарёв // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы IX международной научно-практической конференции/Под общ. ред. Трушкина В.А. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2018. – С.104-106.
2. Лошкарёв, И.Ю. Эффективность внедрения световодов для системы освещения в животноводческих помещениях / И.Ю. Лошкарёв, О.В. Малецкий, В.И. Лошкарёв, Н.Н. Белова // Известия Международной академии аграрного образования. 2018. № 39. С. 19-24.
3. Стерхов, А.И. Система энергосбережения в освещении улиц и дорог / А.И. Стерхов, И.Ю. Лошкарёв, Н.В. Осадчий, С.В. Саенко, Е.Н. Бахуревич // В сборнике X национальной научно-практической конференции «Актуальные проблемы энергетики АПК», 2019, Саратов: Изд-во ООО «ЦеСАин» – С. 213-215.
4. Лошкарёв, И.Ю. Методика расчета экономической целесообразности применения полых трубчатых световодов / И.Ю. Лошкарёв, А.И. Стерхов, К.А. Петров, В.В. Белов // Известия Международной академии аграрного образования. 2019. № 45. С. 136-139.
5. Лошкарёв, И.Ю. Комплексное сравнение систем естественного освещения / И.Ю. Лошкарёв, Е.В. Корепанов, А.И. Стерхов, Е.Ю. Уланов, К.А. Петров, В.В. Белов // Известия Международной академии аграрного образования. 2019. № 45. С. 37-47.
6. I.Yu. Loshkarev, A.I. Sterkhov, K.A. Petrov "Solar Concentrator Engineering Design SWx 700-250", Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology (AHMST), volume 1, International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research" (ISEES 2019), pp.780-786, August 2019. doi.org/10.2991/isees-19.2019.156.

7. A.I. Sterhov and I.Yu. Loshkarev "Determination of the proportion of natural light in solar radiation using the method of conversion of lighting units into energy", HIRM-2019 J. Phys.: Conf. Ser 1353 (2019) 012002, pp.1-6. doi:10.1088/1742-6596/1353/1/012002.
8. A.I. Sterhov, K.A. Petrov and I.Yu. Loshkarev "Calculation of the critical power density of natural light in a polymer optical fiber", HIRM-2019 J. Phys.: Conf. Ser 1353 (2019) 012003, pp.1-8. doi:10.1088/1742-6596/1353/1/012003.
9. A.I. Sterhov, K.A.Petrov and I.Yu. Loshkarev"Engineering design of solar concentrator for transporting sunlight through optical fiber" HIRM-2019 J. Phys.: Conf. Ser 1353 (2019) 012004, pp.1-11. doi:10.1088/1742-6596/1353/1/012004.
10. I.Yu. Loshkarev, A.I. Sterhov, K.A. Petrov "Simulation of the parametrs of the acrylic and specular light pipe for transmitting light radiation of the LED matrix", ITBI 2019, J. Phys.: Conf. Ser 1333 (2019) 062014, pp.1-8. doi:10.1088/1742-6596/1333/6/062014.
11. Лошкарёв, И.Ю. Анализ и классификация систем перенаправления естественного освещения для помещений АПК/ И.Ю. Лошкарёв// АПК России. 2019. Т. 26. № 4. С. 541-547.
12. Лошкарёв, И.Ю. Эксплуатационные свойства и характеристики полых трубчатых световодов и зенитных фонарей/ И.Ю. Лошкарёв, А.И. Стерхов, Т.А. Широбокова, Ю.Д. Вахрушева// АПК России. 2019. Т. 26. № 4. С. 548-552.
13. Стерхов, А.И. Исследование систем освещения с полыми протяжёнными световодами/А.И.Стерхов,А.В.Палагин,И.Ю.Лошкарёв//Светотехника. 2019. № 6. С. 31-36.
14. Sterkhov A.I., Palagin A.V., Loshkarev I.Yu. «Study of lighting systems with extended hollow light guides», Light & Engineering. 2020. Т. 28. № 2. С. 54-60.
15. Возмилов, А.Г. Способы снижения энергопотребления в животноводческом помещении за счет применения светоаэраторов и систем перенаправления света / А.Г. Возмилов, И.Ю. Лошкарёв, О.В. Логачева, А.И. Стерхов// АПК России. 2020. Т. 27. № 3. С. 459-465 .
16. Возмилов, А.Г. Система освещения сельских улиц, территорий парков и площадей / А.Г. Возмилов, И.Ю. Лошкарёв, О.В. Логачева, А.И. Стерхов// АПК России. 2020. Т. 27. № 3. С. 453-458 (ВАК).
17. Стерхов, А.И. Требования к автоматизированной системе коррекции освещения помещений АПК с функцией управления и диспетчеризации периферийных устройств / А.И. Стерхов, И.Ю. Лошкарёв, Н.В. Осадчий, А.И. Жижко, К.А. Петрище, Р.Д. Гливенко // В сборнике XI национальной научно-практической конференции «Актуальные проблемы энергетики АПК», 2020, Саратов: Изд-во ООО «ЦеСАин» – С. 118-122.
18. Лошкарёв, И.Ю. Активные системы светозахвата для освещения помещений. И.Ю. Лошкарёв, Н.В. Осадчий, А.Я. Аберясьев, С.В. Саенко // В сборнике X национальной научно-практической конференции «Актуальные проблемы энергетики АПК», 2019, Саратов: Изд-во ООО «ЦеСАин» – С.142-147.
19. Стерхов, А.И. Недостатки применения технологии зенитных фонарей / А.И. Стерхов, И.Ю. Лошкарёв, Н.В. Осадчий, С.В. Саенко, Е.Н. Бахуревич В сборнике X национальной научно-практической конференции «Актуальные проблемы энергетики АПК», 2019, Саратов: Изд-во ООО «ЦеСАин» – С. 211-213.
20. Лошкарёв, И.Ю. Энергосбережение в системе освещения в сельскохозяйственных и складских помещениях / И.Ю. Лошкарёв, И.В. Шестаков, О.В. Малецкий, В.И. Лошкарёв, Д.С. Куртмамбетов // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы IX международной научно-практической конференции/Под общ. ред. Трушкина В.А. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2018. – С.106-109 .
21. Лошкарёв, И.Ю. Расчет величины теплопритоков системы естественного освещения / И.Ю. Лошкарёв, Н.В. Осадчий // В сборнике X национальной научно-практической конференции «Актуальные проблемы энергетики АПК», 2019, Саратов: Изд-во ООО «ЦеСАин» – С.140-142 .

Токарева А.Н., Панченко С.В., Липкович И.Э., Талин А.К.
 ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет»
 «Азово-Черноморский инженерный институт», г. Зерноград

АНАЛИЗ СИСТЕМ ТЕПЛОЗАЩИТЫ ШКОЛЬНОГО ЗДАНИЯ

Аннотация. Одним из мероприятий по уменьшению потерь тепловой энергии является усиление тепловой защиты зданий. Рассмотрено три варианта конструкций стен с утеплительными слоями. Для выбранных систем теплозащиты выполнен расчет теплотехнических показателей на примере школьного здания. Проведена сравнительная оценка полученных величин с нормативными значениями.

Ключевые слова: теплозащита, теплоизоляционный материал, термическое сопротивление, стена, конструкция.

В России на отопление 1 м^2 площади помещения тепловой энергии расходуется в 2-3,7 раза больше, чем в развитых европейских странах. При этом за счет некачественной теплоизоляции ограждающих конструкций 45% потерь тепла происходит через наружные стены и 33% потерь тепла – через окна и двери [1].

В большинстве зданий, как современных, так и старой постройки, энергоаудит показал [2], что термическое сопротивление ограждающих конструкций не соответствует нормативам, определяемым по СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» [3].

В настоящее время разработано много новых теплоизоляционных материалов [4], которые позволяют создавать различные модификации усиленной теплозащиты зданий и сооружений.

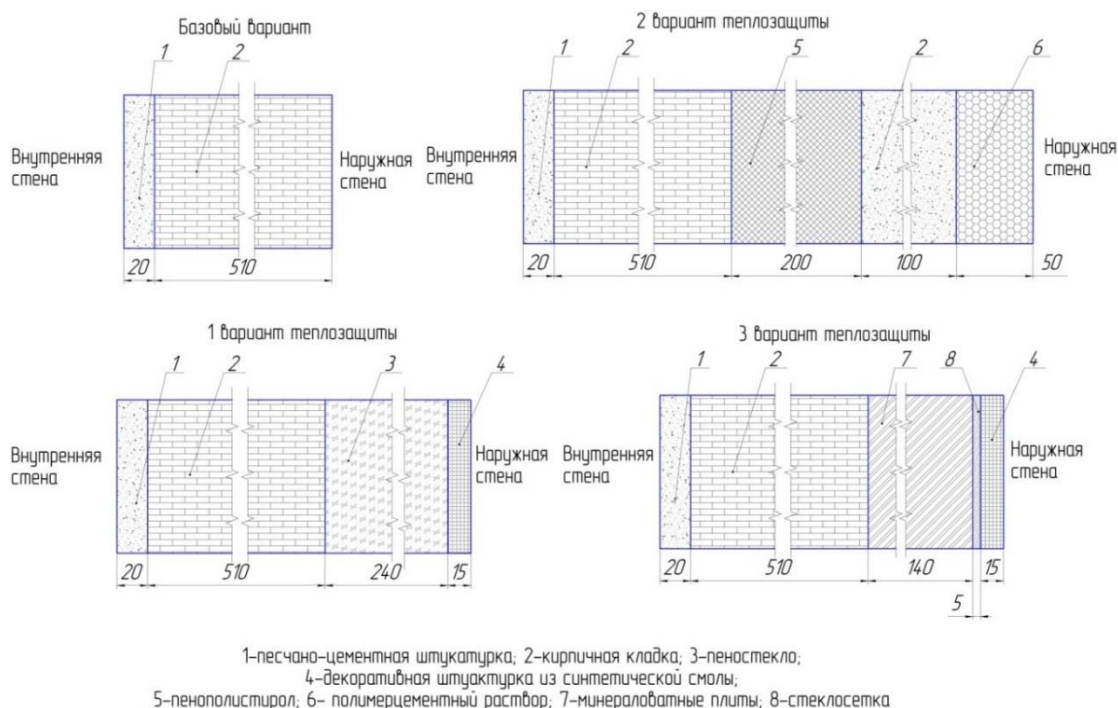


Рисунок 1—Схемы строительных конструкций наружных стен школьного здания

Использование утепленных наружных стен было рассмотрено на примере здания сельской школы, расположенной на территории Московской области. Отапливаемый объем данного здания составляет $V_{om} = 17366 \text{ м}^3$

Проведенный анализ теоретических и экспериментальных исследований [5-7] позволил выявить наиболее часто встречающиеся конструкции систем теплозащиты наружных стен.

Схемы базовой конструкции наружных стен и выбранных вариантов стен с усиленной теплозащитой представлены на рисунке 1.

На первом этапе исследований было определено, соответствуют ли принятые конструкции актуализированным требованиям по данным [3]. Сравнение полученных показателей представлено графическим способом на рисунке 2.

Первым требованием является условие, что термическое сопротивление теплопередачи ограждения не должно быть меньше нормативного значения. Нормативное значение термического сопротивления рассчитывается следующим образом

Определяем число градусов суток (ГСОП) отопительного периода

$$ГСОП = (t_{вн} - t_{омср}) \cdot z_{ом} \quad (1)$$

где $t_{омср}$ – средняя температура наружного воздуха за отопительный период, $^{\circ}\text{C}$; $z_{ом}$ – число суток отопительного периода.

По данным [8] для условий Московской области $t_{омср} = -3,9^{\circ}\text{C}$, $z_{ом} = 216$

Тогда число градусов-суток для условий Московской области будет равно

$$ГСОП = (20 - (-3,1)) \cdot 216 = 4990^{\circ}\text{C} - \text{сут}$$

Требуемая величина термического сопротивления корректируется по следующему выражению [9]

$$R_0^{mp} = a \cdot ГСОП + b \quad (2)$$

где a и b – коэффициенты, определяемые назначением здания и видом ограждающей конструкции [3]. Для наружных стен школьного здания данные величины равны $a = 0,00035$; $b = 1,4$

Для рассчитанной величины ГСОП требуемое минимальное значение термического сопротивления наружных стен будет равно

$$R_0^{mp} = 0,00035 \cdot 4990 + 1,4 = 3,1465 \frac{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}{\text{Вт}}$$

Термическое сопротивление утепленных ограждений было определено по формуле [3]

$$R_{cm} = \frac{1}{\alpha_{вн}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_n} \quad (3)$$

где $\alpha_{вн}$ – коэффициент теплоотдачи от воздуха помещения к внутренней поверхности стены, $\alpha_{вн} = 8,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}$ [3]; α_n – коэффициент теплоотдачи от наружного воз-

духа к наружной поверхности стены, $\alpha_n = 23 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}$ [3]; δ_i – толщина i -го слоя

ограждающей конструкции, м; λ_i –коэффициент теплопроводности i -го слоя ограждающей конструкции, $\frac{Вт}{м \cdot ^\circ C}$.

Результаты расчетов по определению термического сопротивления представлены в виде гистограммы на рисунке 2а.

Как видно из графика, для всех трех вариантов величина термического сопротивления превышает предельно допустимое нормируемое значение. Однако следует обратить внимание на то, что в первом варианте термическое сопротивление незначительно отличается от нормативного значения.

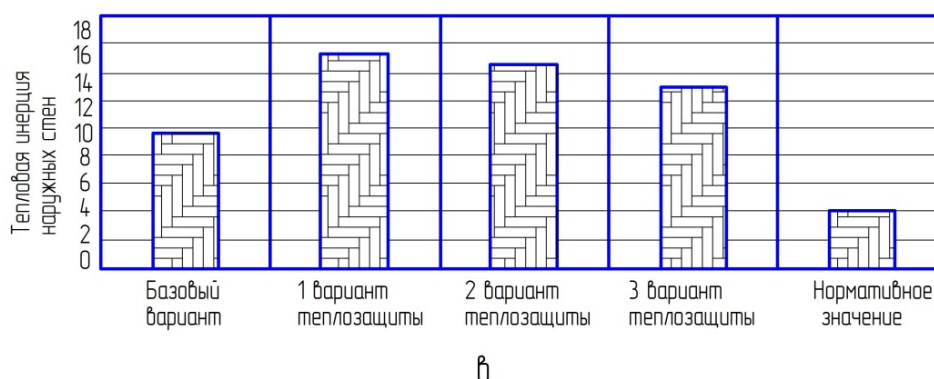
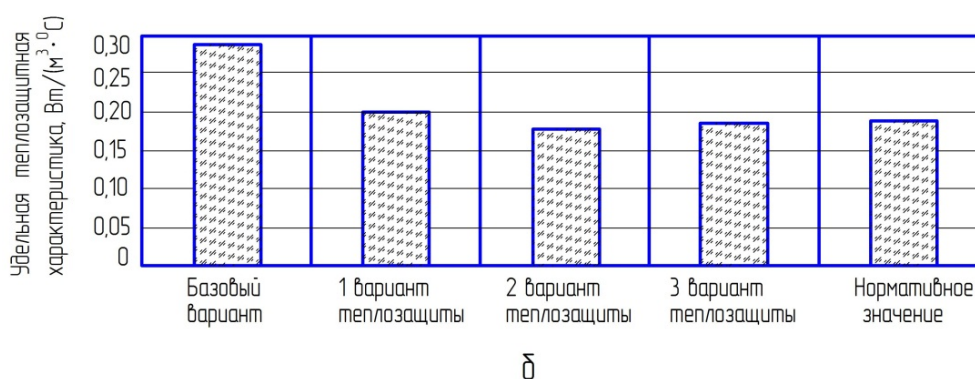
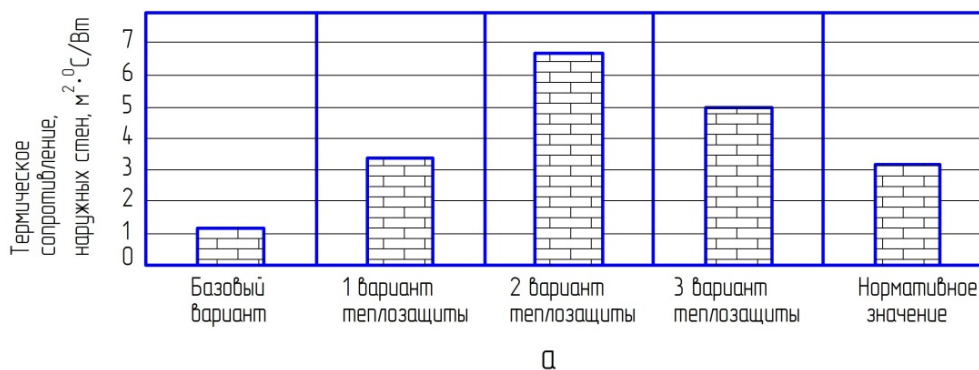


Рисунок 2 –Теплотехнические показатели ограждающих конструкций наружных стен: а – термическое сопротивление; б–удельная теплозащитная характеристика; в–тепловая инерция

Вторым показателем, характеризующим качество теплоизоляции наружных ограждений, является удельная теплозащитная характеристика здания, которая рассчитывается следующим образом [3]

$$k_{об} = \frac{1}{V_{om}} \sum_i \left(n_{ti} \frac{F_{\phi i}}{R_i} \right) \quad (4)$$

где R_i – термическое сопротивление теплопередаче i -го фрагмента теплозащитной оболочки здания, $\frac{m^2 \cdot ^\circ C}{Bm}$; $F_{\phi i}$ – площадь теплозащитной оболочки здания, m^2 ; V_{om} – отапливаемый объем здания, m^3 ; n_{ti} – коэффициент учитывающий отличие внутренней или наружной температуры у конструкции от принятых с расчете ГСОП. Так как температуры внутреннего и наружного воздуха для рассматриваемых условий совпадают с принятыми значениями в [3], то $n_{ti} = 1$.

Нормируемое значение удельной теплозащитной характеристики здания рассчитывается по формуле [7]

$$k_{об}^{mp} = \frac{0,16 + \frac{10}{\sqrt{V_{om}}}}{0,00013 \cdot ГСОП + 0,61} = \frac{0,16 + \frac{10}{\sqrt{17366}}}{0,00013 \cdot 4990 + 0,61} = 0,187 \frac{Bm}{m^3 \cdot ^\circ C} \quad (5)$$

Гистограмма удельных теплозащитных характеристик школьного здания с утепленными наружными стенами представлена на рисунке 2б.

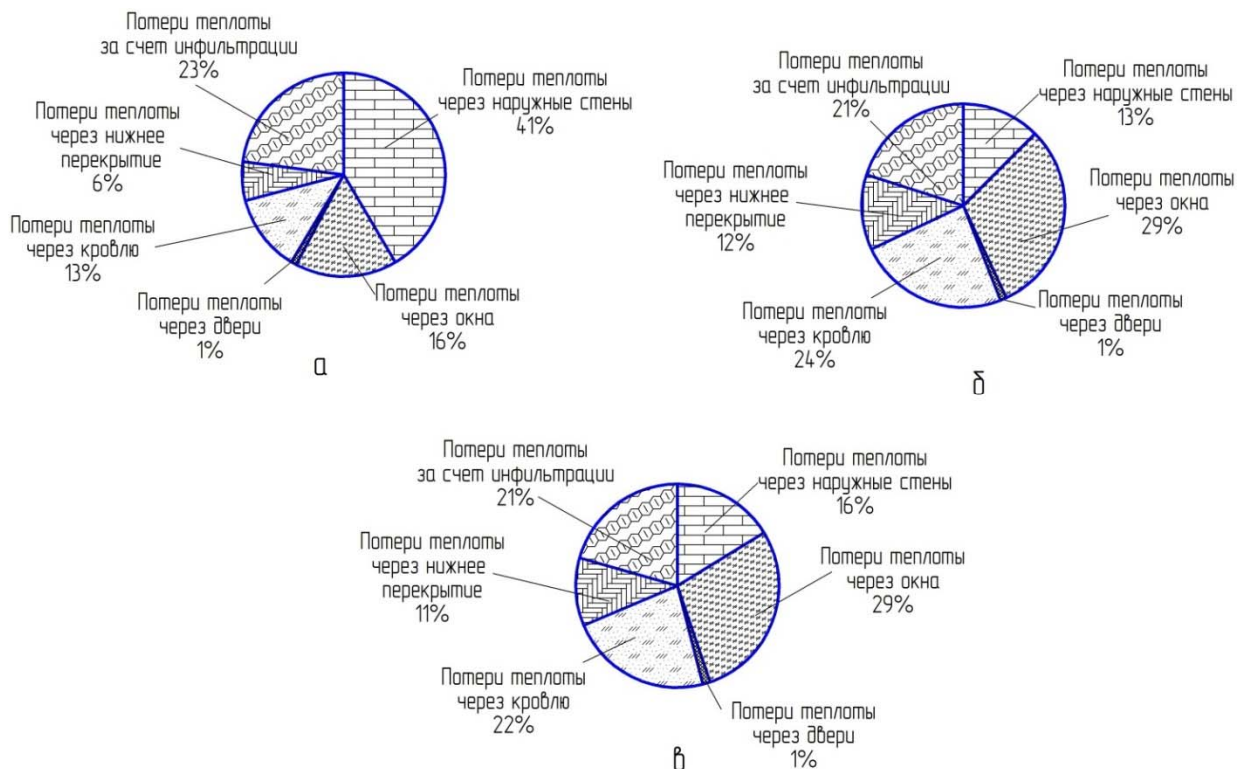


Рисунок 3 – Баланс тепловых потерь при различных вариантах теплозащиты наружных стен: а – базовый вариант; б – второй вариант теплозащиты; в – третий вариант теплозащиты

Третьим показателем, оценивающим совершенство строительной конструкции с теплоизоляционным материалом, является тепловая инерция. Данная характеристика определяется из следующего выражения [3]:

$$D = \sum_{i=1}^n R_i s_i = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} s_i \quad (6)$$

где s_i – расчетный коэффициент теплоусвоения материала i -го слоя ограждающей конструкции, $\frac{Вт}{м^2 \cdot ^\circ C}$.

Графическая интерпретация полученных значений представлена в виде гистограммы на рисунке 2в. Требованиям тепловой защиты не удовлетворяет только базовый вариант и первый вариант, у которых удельная теплозащитная характеристика превышает нормативное значение. По остальным показателям все выбранные системы теплозащиты соответствуют требованиям [3].

Так как первый вариант утепления стен не обеспечивает нормативных теплозащитных характеристик, то в дальнейшем он не рассматривался.

Проведенный по традиционной методике [9] калорический расчет школьного здания, позволил определить изменение структуры потерь теплоты через наружные ограждения. Баланс тепловых потерь при различных вариантах теплозащиты наружных стен представлен на рисунке 3.

Из рисунка 3 видно, что удельная доля тепловых потерь через наружные стены при использовании тепловой защиты снижается с 41% до 13% и 16% соответственно для каждого варианта теплозащиты. Изменение затрат тепловой энергии на отопление школьного здания при различных вариантах тепловой защиты представлено на рисунке 4 в виде гистограммы.

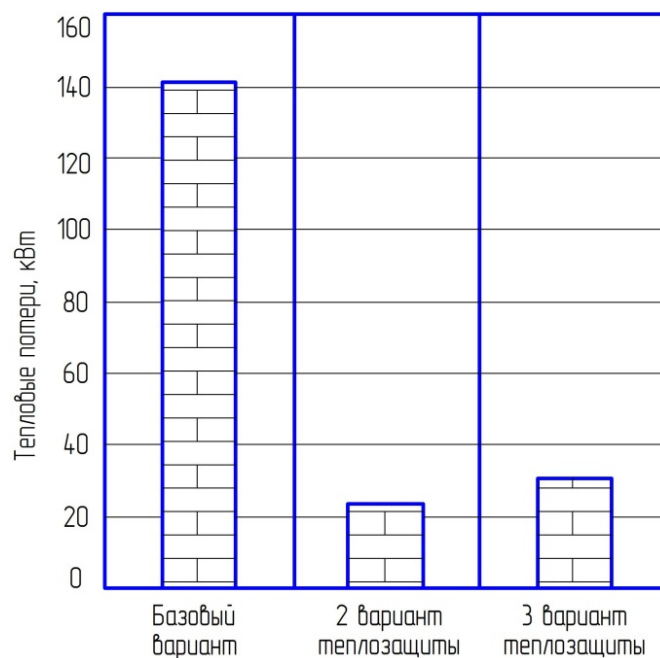


Рисунок 4 – Изменение тепловой нагрузки на отопление при различных вариантах теплозащиты наружных стен

График на рисунке 4 показывает, что при использовании всех вариантов теплозащиты тепловая мощность, необходимая для отопления здания снижается в 3 и более раза.

Таким образом, с точки зрения тепловых потерь наиболее энергоэффективным является изменение конструктивной схемы стен по 2 варианту. При использовании такой системы теплозащиты все теплотехнические характеристики имеют наилучшие показатели из всех сравниваемых конструкций, а экономия тепловой энергии снижается по сравнению с базовым вариантом в 6 раз.

Список литературы

1. Матехина, Ю. В. Обобщенная теоретическая модель тепловой защиты жилых зданий с помощью наружных ограждающих конструкций //Ю.В. Матехина, Ю.К. Осипов//Вестник Сибирского государственного индустриального университета. – 2015. – №1(11).– С.50-55.
2. Дацюк Т.А. Оценка показателей энергоэффективности зданий/ Т.А.Дацюк, А.М.Гримитлин, Е.А. Аншукова//Вестник гражданских инженеров. – 2018. – №5(70).– С.141-145.
3. СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293799/4293799306.htm>
4. Уникальный теплоизоляционный пеностекольный материал / Энергосбережение. – 2014 – №7. – С.16-17.
5. Zhang Hongmai, Tang Yuan. Analysis of the advantages and disadvantages of different types of thermal insulation of external walls // Academic research in China. 2012. №6. Pp. 18-20
6. Черноиван, В.Н. К вопросу проектирования тепловой изоляции кирпичных стен жилых зданий/В.Н. Черноиван и др]// Вестник Брестского государственного технического университета. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология.–2016.– №2(98).–С.134-136
7. Матвиевский, А.М. Повышение энергоэффективности образовательных учреждений: от планов к результатам / А.М. Матвиевский, Е.В. Костоусова // Энергосбережение.– 2014.– №5. – С.8-9.
8. СП 60.13330.2012 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL <http://docs.cntd.ru/document/1200095527>
9. СП 131.13330.2018 «Строительная климатология» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://oprfnastile.ru/normativy/sp-131-13330-2018-stroitel'naya-klimatologiya.html>

УДК 620.98

Трушкин В.А., Шлюпиков С.В., Кухарчук Р.О.

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ЭНЕРГИИ ВЕТРА В АЭРОБАРИЧЕСКОЙ ТРУБЕ ДЛЯ ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Аннотация. В статье рассматриваются перспективы использования энергии ветра с целью выработки электроэнергии посредством использования аэробарической трубы.

Ключевые слова: альтернативные источники энергии, энергия ветра, аэробарическая труба, электрогенератор, ветроэнергетика.

Энергия ветра наиболее быстро растущий источник электрической энергии в мире. Ветер является источником экологически чистой энергии, которая практически не имеет загрязняющих свойств или побочных эффектов. В соответствии с состоянием развития на текущий момент и количеством производимой энергии, ветроэнергетика является отдельной отраслью производства различных видов энергии, таких как: электрическая, механическая, тепловая и т.д.

Во всех случаях первичным источником служит кинетическая энергия ветра, путём использования различных механизмов, преобразуемая в требуемый вид энергии. Количество энергии ветра пропорционально кубу его скорости, это означает, что доступная для ветрового генератора мощность увеличивает коэффициент мощности до восьми, если удваивается скорость ветра.

В 2019 году совокупная мощность ветряной генерации в мире превысила 651 ГВт (в 2,5 раза больше суммарной мощности всей Российской электрогенерации).

В связи с ежегодным увеличением стоимости электроэнергии возникает необходимость во всём большем использовании альтернативных источников энергии, перспективным видом вполне может выступать ветровая энергия. По большей части еще и тем, что ее выработка не имеет ярко выраженной зависимости от сезонов и может иметь место быть в течение всего года.

В настоящее время разработано большое количество конструкций ветрогенераторных установок, которые отличаются как конструктивно, так и принципиально. Нами предлагается еще один способ использования энергии ветра – с использованием аэробарической трубы (рис. 1).

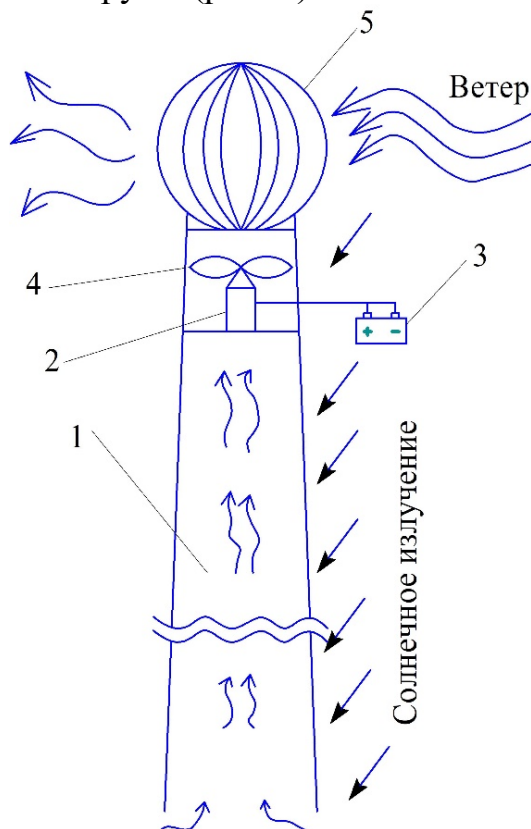


Рисунок 1 – Конструкция ветрогенераторной установки с использованием аэробарической трубы

Предлагаемая конструкция (рис.1) представляет собой воздушный канал 1, выполненный из затемнённого материала для большего поглощения солнечной радиации и нагрева поверхности аэротрубы. Проходящий поток ветра вызывает разрежение в дефлекторе 5, что приводит к дополнительному высасыванию воздуха из внутренней полости опоры. На выходе данной конструкции размещается электрогенератор 2. К электрогенератору подключаются аккумуляторные батареи 3. На валу электрогенератора устанавливается аэротурбина 4, которая способствует вращению вала электрогенератора даже при малых скоростях ветра.

Принцип работы установки состоит в следующем: в виду того, что скорость ветра изменяется с высотой, то в верхней части трубы всегда будет создаваться тяга. В солнечную погоду дополнительно за счет прогрева внешней поверхности аэробарической трубы температура проходящего воздуха будет получать восходящее движение и стремиться вверх, тем самым увеличивая скорость движения. Созданное низкое давление в нижней части аэротрубы будет засасывать наружный воздух через нижнюю часть конструкции. При движении восходящего потока воздуха будет создаваться давление на лопатки аэротурбины и она будет приводить во вращение генератор. В зависимости от мощности питаемого потребителя выбирается необходимое количество аккумуляторных батарей.

При слабом ветре воздушный поток в аэробарическом участке испытывает не слишком большое аэродинамическое сопротивление. Поэтому туда «собирается» скоростной напор и скорость ветра, а значит, и концентрация его кинетической энергии там превышает те же параметры «свободного» ветра в несколько раз. Даже в безветренную погоду может существовать разница давлений на входе и выходе конструкции, и за счет этого воздушный поток также будет стремиться кверху.

Из теории аэродинамики известно: если сечение струи воздуха уменьшается, то скорость потока увеличивается, а давление в ней уменьшается, так как $v_1 \leq v_2$, значит $P_1 \leq P_2$. Следовательно, аэробарическую трубу следует выполнить конусообразной (рис.2).

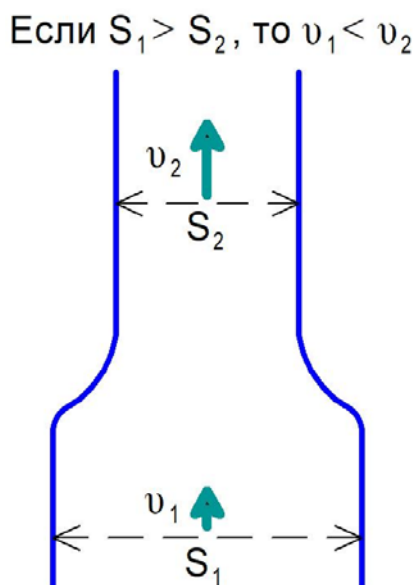


Рисунок 2 – Зависимость скорости потока воздуха от сечения трубы

В качестве практического применения данного способа могут быть сконструированы полые мачты для целей автономного освещения, а также трубопроводы, устанавливаемые на каркасе зданий и сооружений. Вырабатываемая энергия будет поступать в аккумуляторные батареи и накапливаться. Использовать ее можно, например, для ночного освещения светодиодных лент и светильников, нагрева жидкости теплоаккумуляторов, подогрева воды и прочих целей.

Подобного рода конструкции имеют относительно низкую стоимость, простоту исполнения, надежность, а также небольшие затраты на проведение текущего ремонта и технического обслуживания.

Список литературы

1. Трушкин, В.А. Исследование потенциала энергии ветра в арочных проемах зданий и сооружений / В.А. Трушкин, М.А. Левин, Ю.В. Иванкина, Р.С. Подшивалов // Аграрный научный журнал. – Саратов, 2015. №8. – С 58-60.
2. Трушкин, В.А. Состояние и перспективы развития ветроэнергетики в России / В.А. Трушкин, Д.С. Линиченко // Актуальные проблемы энергетики АПК : материалы II Междунар. науч.-практ. конф. – Саратов, 2011. – С. 279-281.
3. Прохорова, Т.В. Исследование использования ветроэнергетических установок в условиях городской застройки Т.В. Прохорова // Научно-технический вестник Поволжья. – 2013. № 3. – С. 233-236.
4. Кирпичникова, И.М. Ветроэнергетические установки. Расчёт параметров компонентов: Учебное пособие / И.М. Кирпичникова, Е.В. Соломин. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2013. – 71 с.

УДК 620.9

Туганов А.С., Петрова М.В.

ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет»,
г. Ульяновск

СОЗДАНИЕ ПРОГРАММЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМ РОБОТОМ

Аннотация. В данной статье описана созданная нами программа для загрузки на ПЛК с последующим подключением к частотному преобразователю, включенного в схему управления промышленным роботом, представленным на кафедре УлГТУ в качестве лабораторного образца.

Ключевые слова: промышленные роботы, программируемые логические контроллеры.

Целью данной работы является разработка и создание алгоритма и программы управления промышленным роботом для минимализации использования человеческого труда и затрат времени. Для автоматизации процесса управления.

Промышленный робот Универсал-5 имеет 4 степени подвижности: горизонталь, вертикаль, захват и вылет лапы. На каждую ось в процессе модернизации станда были установлены асинхронные двигатели (до этого ДПТ), которые управляются посредством частотного преобразователя Mitsubishi A700. Это позволило сделать робота более экономичным, по сравнению с ДПТ. Сделать его управления более простым, программируемым и поддающимся большому количеству параметров регулировки.

Программа была написана в программном комплексе CoDeSys 2.4 и загружена в ПЛК ОВЕН. ПЛК в свою очередь подключен к частотному преобразователю.

Алгоритм программы.

Имеется 4 асинхронных двигателя D1...D4 и 8 катушек K1...K8.

Они отвечают за:

- K1 – сжатие захвата (D1);
- K2 – разжатие захвата (D1);
- K3 – перемещение вверх (D2);
- K4 – перемещение вниз (D2);
- K5 – перемещение вдоль вправо (по оси x) (D3);
- K6 – перемещение вдоль влево (по оси x) (D4);
- K7 – перемещение руки захвата вперёд (вылет) (D5);
- K8 – перемещение руки захвата назад (вылет) (D6);

Итак, имеем 4 двигателя и 8 кнопок воздействия на эти двигатели, путём нажатия которых будем и изменять положение робота, то есть непосредственно производить какие-либо заданные операции. К выводам ПЛК будет подключен ПЧ и данные, нужные нам, кнопки управления.

На рисунках 1,2,3, приведённых ниже, представлена упрощённая программа. SR_1 – триггер, который позволяет фиксировать нажатие кнопки старт, для дальнейшего автоматического выполнения программы.

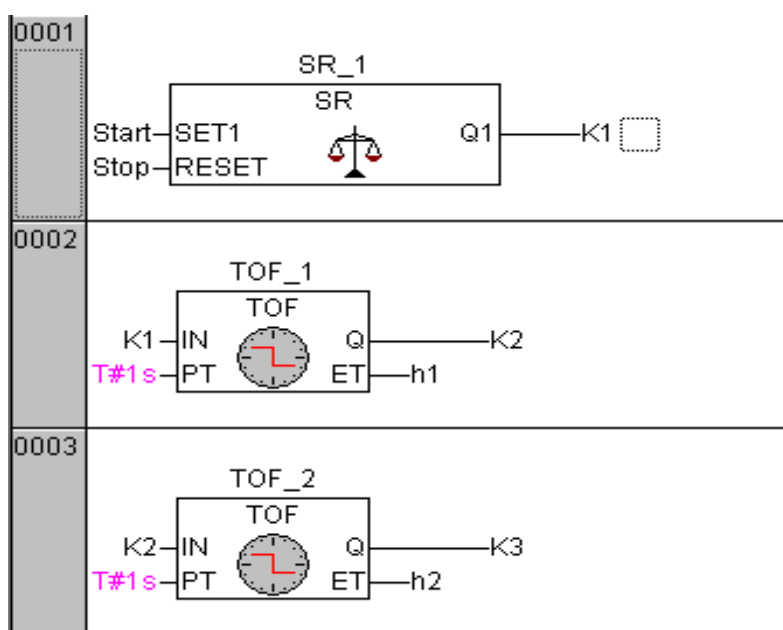


Рисунок 1 – фрагмент 1 программы.

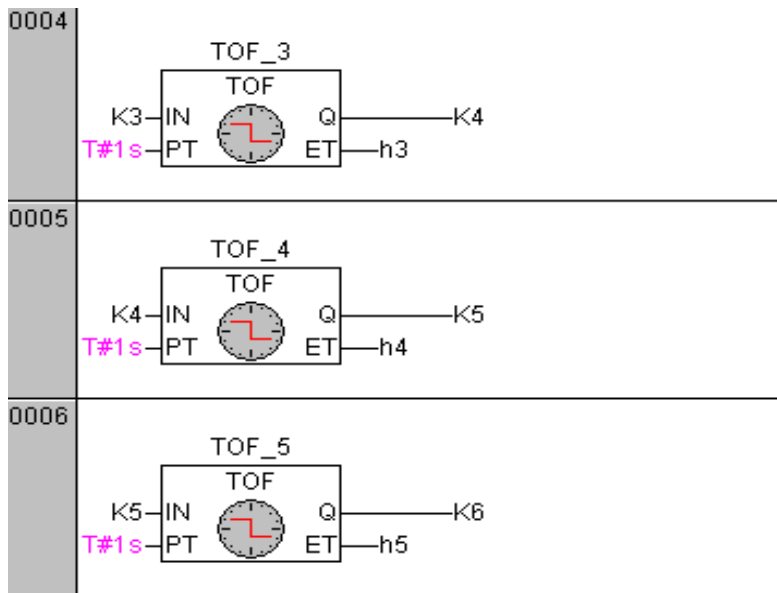


Рисунок 2 – фрагмент 2 программы.

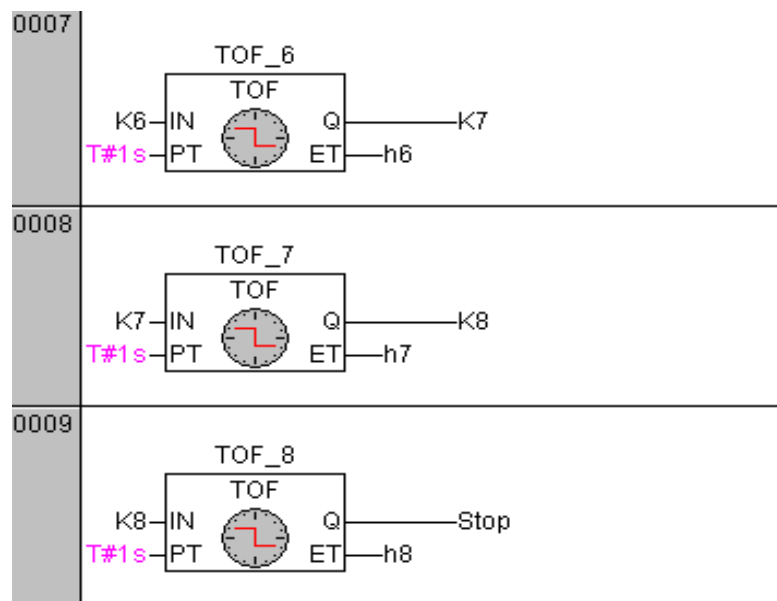


Рисунок 3 – фрагмент 3 программы.

Все TOF таймеры выполняют роль схемы управления. Каждый такой таймер включает в себя принципиальную схему, показанную на рисунке 4.

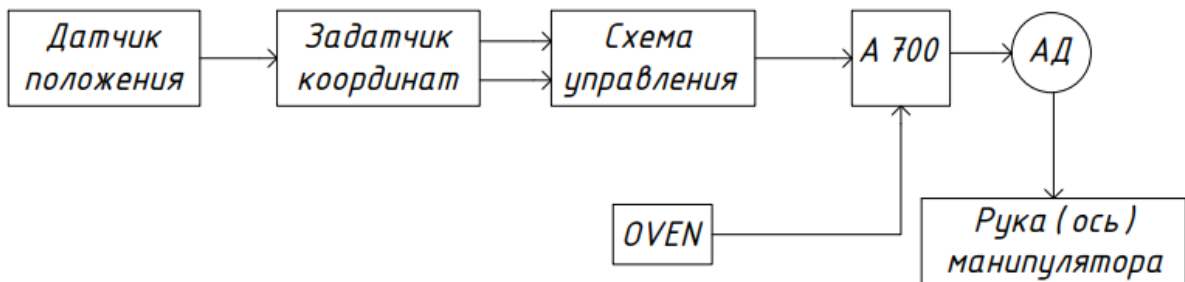


Рисунок 4 – Структурная схема управления

Датчик положения считывает информацию о положении управляемой в данный момент выполнения программы объекта управления. Задатчик координат (на схеме вход РТ ТОФ таймера) нужен для ввода координат в числовом формате. Далее эта информация направляется в схему управления, где преобразуется и поступает на входы преобразователя частоты с подключенным к нему ПЛК OVEN, с загруженной в него программой. Далее, ПЛК в связке с ПЛК создаёт нужные сигналы и подаёт их на входы АД, что в свою очередь приводит в движение конечный объект управления – управляемую ось манипулятора. После завершения программы и выполнения заданного действия последним устройством, триггер сбрасывается, что означает активацию контакта Stop – автоматическое завершение выполняемой программы.

Список литературы

1. Белов М.П., Новиков В.А., Рассудов Л.Н. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов: учеб. пособие. – М.: Академия, 2007. 576 с.
2. Терехов В. М., Осипов О. И. Системы управления электроприводов: учеб. для вузов. – М.: Академия, 2008. 304 с.
3. Оптимизация контура тока с компенсированной ЭДС двигателя и безынерционной обратной связью. – 2019. URL:http://portal.tpu.ru/SHARED/u/UDUT/Student/Tab1/Current_loop_AEPTP_M.pdf

УДК 621.314

Усков А.Е., Хазнаферова Н.В., Шеремет Д.И.

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», г. Краснодар

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ СОВМЕСТНО С СЕТЬЮ

Аннотация. На сегодняшний день происходит систематическое увеличение потребляемой мощности, к тому же для производственных потребителей требуется качественное электроснабжение. Этого можно добиться при помощи возобновляемых источников энергии, размещённых в непосредственной близости от группы потребителей.

Ключевые слова: возобновляемая энергетика, надёжность электроснабжения, качество.

На сегодняшний день в сельском хозяйстве применяется большое количество высокотехнологичного оборудования. Повышение технологичности процесса, как правило, увеличивает количество потребляемой энергии, а также предъявляются особые требования к качеству поставляемой электроэнергии.

При увеличении потребляемой мощности нередко, для обеспечения качества, требуется замена подходящих линий и электроснабжающего оборудования.

Одним из вариантов повышения качества, а также увеличения мощности получаемой электроэнергии, является использование возобновляемых источников энергии работающих в автономном режиме, при условии частичного переключения нагрузки на работу от собственных генерирующих мощностей или работа параллельно с сетью.

Применение возобновляемых источников энергии является наиболее экологичным, по сравнению с дизель-электрическими или газопоршневыми генераторами. А также применение возобновляемых источников не требует расходов на горючесмазочные материалы. Однако при использовании зелёной энергетики появляется вопрос резервирования электроэнергии, так как первичный источник (солнце или ветер) носят непостоянный характер.

Наиболее простым техническим решением является автономная работа. Качество поставляемой энергии полностью зависит от выходных параметров преобразователя, который синхронизирует работу возобновляемого источника с сетью, а также необходимо учитывать требования к качеству питающего напряжения. Например, при использовании преобразователя с высоким коэффициентом пульсаций для электроснабжения осветительной нагрузки, возникнет эффект мерцания света, что отрицательно скажется на общем состоянии здоровья. Однако применение напряжения такого качества практически никак не скажется на нагревательных элементах.

Большинство современных преобразователей работают по принципу: выпрямление входного напряжения, создание высокочастотного сигнала, формирование выходного напряжения. Причём, данная схема не зависит от вида выходного напряжения – однофазный или трёхфазный. Параметры качества выходного напряжения в первую очередь зависят от скорости реагирования системы управления на изменение выходного напряжения. В основном автономные системы электроснабжения регулируют только величину выходного напряжения.

К одному из основных параметров преобразователей относится и величина входного напряжения. Причём, чем больше мощность источника, тем больше входное напряжение преобразователя должно быть.

Таким образом, применение и интеграция в системах электроснабжения возобновляемые источники энергии является сложным технологическим процессом, в котором необходимо учитывать множество факторов, такие как: наличие и постоянство первичного источника, мощность нагрузки, необходимость накопления энергии, требуемое качество электроэнергии на выходе возобновляемого источника, размещение генераторов энергии относительно имеющейся инфраструктуры объекта электроснабжения

Список литературы

1. Автоматизированные устройства стабилизации напряжения переменного тока / О. В. Григораш, Ю. Г. Пугачёв, А. М. Передистый, А. Е. Усков // Промышленная энергетика. – 2008. – № 5. – С.17–20.
2. Пат. РФ № 2414802, МПК H02M 7/539. Преобразователь напряжения постоянного тока с промежуточным звеном повышенной частоты / Григораш О. В., Степура Ю. П., Усков

А. Е., Власенко Е. А., Винников А. В., заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет». – № 2010112018/07, заявл. 29.03.2010; опубл. 20.03.2011; бюл. № 8. – 8 с.

3. Пат. РФ № 2337463, МПК H02M 7/155. Трехфазный стабилизированный выпрямитель / Григораш О. В., Усков А. Е., Энговатова В. В., Передистый А. М., Григораш А. О., заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет». – №2007219431/09, заявл.31.07.2007; опубл. 27.10.2008; бюл. № 30. – 9 с.

УДК 698

Утемисова Н.Е.

Западно-Казахстанский аграрно-технический университет
имени Жангир хана, г. Уральск, Казахстан

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Аннотация. В статье приведен анализ состояния солнечной энергии и применение их в мировой сфере энергетики. А также рассматриваются физические основы процессов, протекающих при конверсии солнечной энергии.

Ключевые слова: солнечной электростанции (СЭС), солнечная энергия, солнечная радиация.

Ведущим экологически чистым источником энергии является Солнце. В настоящее время используется лишь ничтожная часть солнечной энергии из-за того, что существующие солнечные батареи имеют сравнительно низкий коэффициент полезного действия и очень дороги в производстве. Однако не следует сразу отказываться от практически неистощимого источника чистой энергии: по утверждениям специалистов, гелиоэнергетика могла бы одна покрыть все мыслимые потребности человечества в энергии на тысячи лет вперед. Возможно, также повысить КПД гелиоустановок в несколько раз, а разместив их на крышах домов и рядом с ними, мы обеспечим обогрев жилья, подогрев воды и работу бытовых электроприборов даже в умеренных широтах, не говоря уже о тропиках.

Для нужд промышленности, требующих больших затрат энергии, можно использовать километровые пустыри и пустыни, сплошь уставленные мощными гелиоустановками. Но перед гелиоэнергетикой встает множество трудностей с сооружением, размещением и эксплуатацией гелиоэнергоустановок на тысячах квадратных километров земной поверхности. Поэтому общий удельный вес гелиоэнергетики был и останется довольно скромным, по крайней мере, в обозримом будущем.

На протяжении миллиардов лет Солнце ежесекундно излучает огромную энергию. Можно без преувеличения сказать, что с тех пор как существует человечество, существует и идея использования солнечной энергии. Около трети энергии солнечного излучения, попадающего на Землю, отражается ею и рассеивается в межпланетном пространстве. Много солнечной энергии идет на нагревание

земной атмосферы, океанов и суши. Суть использования солнечной энергии состоит в преобразовании ее в тепловую и электрическую. Самый простой способ преобразования солнечной энергии в тепловую — это создание так называемого горячего ящика, в основе которого лежит оранжерейный эффект стекла [1].

В настоящее время в народном хозяйстве достаточно часто используется солнечная энергия — гелиотехнические установки (различные типы солнечных теплиц, парников, опреснителей, водонагревателей, сушилок). Солнечные лучи, собранные в фокусе вогнутого зеркала, плавят самые тугоплавкие металлы. Ведутся работы по созданию солнечных электростанций, по использованию солнечной энергии для отопления домов и т.д. Солнечная энергия используется в народном хозяйстве непосредственно. В последнее время эта проблема становится все более актуальной и конкретной. Естественно, что солнечные установки имеет смысл ставить там, где велик приход солнечной энергии и много безоблачных дней. Ящик из дерева или бетона покрывают сверху стеклом — одним или несколькими слоями, а металлическое дно закрашивают черной краской. Солнечная радиация проходит почти без поглощения через стекло и нагревает дно примерно до 70—90°. Когда стекло многослойно, температура воздуха в ящике может достигать 200°. Но в этом случае возрастают и потери тепла. Существует и другой метод, основанный на концентрации солнечной энергии с помощью зеркальных отражателей, собирающих лучи в фокус. Разработано несколько видов конструкций в зависимости от формы отражателя — чаши, корыта. Тело, помещаемое в фокусе зеркала, может нагреваться до 3000-4000°С. В таких установках, называемых солнечными печами, проводятся физико-химические исследования тугоплавких материалов.

Практическое применение находят солнечные полупроводниковые батареи, позволяющие непосредственно превращать солнечную энергию в электрическую [2].

В электрическую энергию солнечная преобразуется получением термоэлектричества и фотоэлектричества. При этом эффективно используются батареи из полупроводников. Солнечные фотоэлектрические батареи нашли большое применение на искусственных спутниках Земли. На третьем советском искусственном спутнике Земли впервые были установлены такие батареи. Когда спутник проходил в солнечных лучах, питание радиопередатчика шло от солнечных батарей. Одновременно происходила подзарядка электрохимических батарей для снабжения спутника электроэнергией во время его движения в земной тени. Они оказались вполне надежными источниками электроэнергии. Использование солнечной энергии будет особенно успешным на орбитальных обсерваториях и в будущем при изучении других планет.

В настоящее время строятся солнечные электростанции в основном двух типов: солнечные электростанции башенного типа и солнечные электростанции распределенного (модульного) типа.

В башенных солнечных электростанциях используется центральный приемник с полем гелиостатов, обеспечивающим степень концентрации в несколько

тысяч. Система слежения за Солнцем значительно сложна, так как требуется вращение вокруг двух осей. Управление системой осуществляется с помощью ЭВМ. В качестве рабочего тела в тепловом двигателе обычно используется водяной пар с температурой до 550°C, воздух и другие газы — до 1000°C, низкокипящие органические жидкости (в том числе фреоны) — до 100°C, жидкометаллические теплоносители — до 800°C [3].

Солнечная электростанция должна иметь аккумулирующее устройство для исключения случайных колебаний режимов эксплуатации или обеспечения необходимого изменения производства энергии во времени. При проектировании солнечных энергетических станций важно правильно оценивать метеорологические факторы. Часто место постройки солнечной электростанции выбирается исходя лишь из одного критерия: годового числа часов солнечного сияния, при этом нередко пренебрегают другим фактором - облачностью.

Термодинамический преобразователь солнечной электростанции должен содержать следующие компоненты:

- а) систему улавливания падающей радиации;
- б) приемную систему, преобразующую энергию солнечного излучения в тепло, которое передается теплоносителю;
- в) систему переноса теплоносителя от приемника к аккумулятору или к одному или нескольким теплообменникам, в которых нагревается рабочее тело;
- г) тепловой аккумулятор;
- д) теплообменники, образующие горячий и холодный источники тепловой машины [4].

Список литературы

1. Стэн Гибилиско Альтернативная энергетика без тайн: - Санкт-Петербург, Эксмо, 2010 г.- 368 с.
2. В мире науки, №3, 2006: - Москва, В мире науки, 2006 г.- 96 с.
3. Гравитационная энергетика в кватернионном исчислении: А. М. Петров - Санкт-Петербург, Компания Спутник +, 2006 г.- 16 с.
4. В. Г. Васильев Энергетика планеты Земля. Анализ и прогноз: - Москва, Белые альвы, 2006 г.- 208 с.

Хорольский В.Я., Ефанов А.В., Шемякин В.Н.

ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет»,
г. Ставрополь

МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ОТ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ

Аннотация. В статье приводятся результаты исследований по оценке современного состояния в вопросах создания микропроцессорных устройств защиты асинхронных короткозамкнутых электродвигателей от аварийных режимов. Дается сопоставление отечественных и зарубежных исследований и разработок в этой области. Показаны преимущества отечественной аппаратуры. Помещена информация о практическом применении блоков защиты.

Ключевые слова: надежность, срок службы, устройство защиты, методы, ток, напряжение, цена, режим работы, обработка сигналов, перегрузки, управление, насосная станция.

Уровень надежности применяемых на предприятиях АПК электродвигателей, большую часть из которых составляют асинхронные короткозамкнутые электродвигатели, является неудовлетворительным. Ежегодный выход их из строя составляет 15–20 % от имеющегося парка машин. По статистике в России средний срок службы электродвигателя до капитального ремонта составляет 5 лет (на практике от нескольких месяцев до 20 лет).

Ранее применявшиеся устройства защиты от аварийных режимов электрических машин: тепловые реле, аппараты встроенной температурной защиты, фазочувствительные устройства защиты устарели и не соответствуют современным требованиям [1]. Парк защитных устройств такого оборудования как асинхронные короткозамкнутые электродвигатели должен базироваться на микропроцессорной технике.

Попытки создать эффективную защиту электродвигателей предпринимаются различными производителями постоянно. Наибольшее распространение получили две идеологии: угло-фазовый метод, реализованный в большинстве импортных дорогостоящих устройств и контроль параметров работы двигателя по величине действующего значения тока в каждой из питающих фаз, положенный в основу отечественных устройств. Задача создания защитного устройства оказалась достаточно сложной.

Во-первых, ток необходимо измерять как можно точнее, ведь известно, что длительная работа асинхронного электродвигателя всего лишь при 5 % перегрузе сокращает срок его службы в 10 раз [2].

Во-вторых, в связи со значительной несинусоидальностью кривой тока, необходимо определять действующее значение токов, включая гармонический анализ, чтобы учесть значения высших гармоник, оказывающих наиболее вредное влияние на пусковые и рабочие характеристики двигателя. Работа по пиковым значениям (длительным фронтам) или по неким усредненным суммам приводит к ложным срабатываниям.

В-третьих, необходимо обеспечить отстройку от 7–8 кратных пусковых токов, одновременно обеспечив отключение двигателя даже при небольших длительных перегрузках.

В-четвертых, защита должна быть «умной», т. е. время срабатывания должно зависеть от тока.

В-пятых, необходимо отключать недогруженный двигатель при возникновении не допустимой асимметрии токов, т. к. это приводит к биению ротора.

В-шестых, необходимо учитывать тепло, выделяемое при пусках двигателя, т. к. при частых пусках двигатель может перегреться пусковыми токами, имея на валу нагрузку значительно ниже номинального значения. Кроме всего прочего, необходимо различать виды аварий, и по каждой из них принимать свое решение: можно или нельзя включать двигатель повторно.

Большинство из представленных на рынке устройств токовой защиты, мало, чем отличаются друг от друга по своим функциональным возможностям и имеют общие недостатки: низкая точность выставления токов, срабатывание по максимально допустимому току, отсутствие измерения напряжения и др.

Лишь совсем недавно появились недорогие отечественные устройства, в которых функции защиты реализованы не хуже, а в некоторых, по совокупности параметров, даже лучше, чем у большинства импортных аналогов, включая встроенные защиты преобразователей частоты и устройств плавного пуска.

Такие устройства объединяет наличие в измерительной цепи трансформаторов тока, контролирующих рабочие токи, протекающие в обмотках статора, цифровую обработку сигнала, множество контролируемых параметров, простоту конструкции.

Сопоставление отечественных и зарубежных устройств защиты указывает на целесообразность применения отечественных разработок. Несомненно, основная причина – цена. В связи с низкой платежеспособностью российских предприятий устанавливать на каждый ответственный электропривод частотный преобразователь достаточно накладно, т. к. при больших мощностях их стоимость составляет несколько тысяч долларов.

К тому же, импортные защитные устройства порой не способны выдержать жесткие режимы эксплуатации: повышенная температура, и влажность, низкое качество питающего напряжения, мощные электромагнитные и коммутационные возмущения, присутствующие в сети. У них усложнены схемы настройки и отладки, требуется наличие специальных знаний для их эксплуатации, которые отсутствуют у специалистов низшего звена.

Цена большинства отечественных устройств не превышает несколько сот долларов, причем практически не зависит от мощности защищаемого электродвигателя. Они создавались с учетом отечественных условий эксплуатации. Способны подстраиваться под реальные условия, при которых по специфике производства необходимо иногда загрублять или наоборот ослаблять режимы работы. Устройства просты в обращении и не требуют дополнительных настроек. Рассматривались как существующие типы защиты, так и перспективные разработки.

Проведенный анализ позволил установить, что имеющиеся разработки устройств защиты электродвигателей большинства отечественных производителей, мало чем отличаются друг от друга по своим функциональным возможностям и значительно уступают блокам УБЗ-301 и УБЗ-302 производства компании «Новатек-Электро».

Основные преимущества блоков УБЗ связаны с возможностью работы по действующим значениям тока и напряжения.

Рассмотрим более подробно особенности функционирования таких устройств.

Работа по действующим значениям тока и напряжения. Ни одна из известных защит не дает такой возможности. Важность принятия решения по действующим значениям, особенно токов, определяется тем, что формы кривых токов, особенно при пусках, очень далеки от синусоиды. Если принимать решения не по действующим значениям, а по неким усредненным сигналам, или (еще хуже) по пикам, как сделано во многих других устройствах, то такие защиты будут срабатывать ложно, либо, сильно загрубленные, не будут эффективно защищать нагрузку. В блоке УБЗ-301 и УБЗ-302 действующее значение токов определяется методом векторного и гармонического анализа до 7-й гармоники включительно.

Защита по тепловой перегрузке. Применение микропроцессорной техники позволило в УБЗ применить сложную математическую обработку сигналов. В частности, постоянно измеряя действующее значение тока, решается уравнение теплового баланса электродвигателя. Таким образом, анализ перегрузки производит с учетом «истории» работы электродвигателя. Уравнение теплового баланса решается непрерывно, как в процессе работы двигателя, так и при его остановках.

Среди других преимуществ блоков УБЗ необходимо отметить такие свойства:

- *Защита при симметричном (несимметричной) перегрузке фазных (линейных) токов по сложной логике принятия решений* – механические перегрузки, повреждения внутри двигателя или питающего кабеля, пр.
- *Возможность использования для двигателей погружных насосов* – защита по минимальному рабочему или пусковому току («сухой ход» для насосов).
- *Малые массогабаритные показатели и энергопотребление.* Повышенные габариты, вес, энергопотребление, небольшой диапазон рабочих температур говорят о наличии аналоговых компонентов в схемотехнике большинства устройств. А это значит, что невозможно достичь требуемого уровня надежности и точности.
- *Возможность диспетчеризации.* В блоке УБЗ, в отличие от других устройств защиты, имеется два гальванически развязанных «сухих» контакта, что необходимо для построения схемы дистанционного контроля и управления. Он единственный имеет интерфейсный выход, что дает возможность использования его в проектах АСУ ТП и диспетчеризации.

Дадим краткую характеристику функциональных возможностей устройств защиты УБЗ-301 и УБЗ-302.

Осуществляет полную и эффективную защиту электрооборудования отключением его от сети и/или блокированием его пуска в следующих случаях:

- при некачественном сетевом напряжении;
- механических перегрузках (симметричные и несимметричные перегрузки по фазным/линейным токам);
- несимметрии фазных токов без перегрузки, связанных с нарушением изоляции внутри двигателя и/или подводящего кабеля;
- исчезновении момента на валу электродвигателя («сухой ход») – защита по минимальному пусковому и/или рабочему току;
- при недопустимо низком уровне изоляции на корпус – проверка перед включением с блокировкой пуска;
- замыкании на «землю» обмотки статора во время работы – защита по токам утечки на «землю».

Блок разработан для широкого применения в инженерных системах зданий и сооружений (отопление, вентиляция, водоснабжение, кондиционирование), АСУ ТП и системах промышленной автоматизации, контроля, учета и диспетчеризации.

Устройство позволяет значительно снизить вероятность отказов трехфазного электрооборудования, уменьшить стоимость эксплуатации, оптимизировать потребление электроэнергии и значительно повысить комфортность эксплуатации [3].

Компания Pro Electro Co применила устройство УБЗ-302 в щитах управления насосных станций [4]. При этом, согласно проекта была обеспечена бесперебойная автономная работа оборудования 11 водяных скважин, расположенных в разных местах. Система управления рассчитана на несколько режимов работы: наладки, ручной, автоматический и дистанционный режимы. Информационная часть системы обеспечила передачу данных о состоянии насосных агрегатов, уровня воды в скважинах, токов, напряжений, потребляемой электроэнергии и других данных на центральный диспетчерский пункт насосных станций, а также возможность удаленного управления насосными станциями.

Так как станции расположены далеко друг от друга, использована беспроводная связь, включение насосов осуществляется с помощью устройства плавного пуска серии 3 RW (фирмы Siemens) с его резервированием.

Для реализации системы управления и защиты был разработан унифицированный комплект шкафов для насосных станций различной мощности.

Обобщая все вышеизложенное можно сказать, что на рынке отечественного приборостроения наконец то появились недорогие защитные устройства, которые не только способны составить альтернативу дешевым традиционным средствам защиты: предохранителям, автоматическим выключателям, тепловым реле, но и оказывают достойную конкуренцию дорогим импортным устройствам – токовым реле перегрузки, устройствам плавного пуска, частотным преобразователям с их встроенными функциями защиты.

Список литературы

1. Корчемный Н.А., Машевский В.П. Повышение надежности электроснабжения в сельском хозяйстве. – Киев: «Урожай», 1988.

2. Соловьев Защита асинхронных короткозамкнутых электродвигателей напряжением 0,4 кВ. – М.: НТФ «Энергопрогресс», 2007.
3. . Сравнение стационарных и численных решений систем массового обслуживания при решении задач ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций в сельских электрических сетях / Ефанов А.В., Оськин С.В., Ястребов С.С., Ярош В.А., Букреев А.Г. // Сельский механизатор. 2019. № 4. С. 22-24.
4. Хорольский В.Я., Ефанов А.В., Ершов А.Б., Шемякин В.Н. Методы и технические средства повышения надежности сельских электроустановок. Ставрополь: «АГРУС», 2019.

УДК 621.565.95.

Царина С.Б., Бакиров С.М.

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

ХАРАКТЕРИСТИКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Аннотация. Энергоэффективность оборудования оценивается показателем ЕЕІ, который характеризует годовое потребление энергии при известных режимах использования электрооборудования. В работе приведена характеристика сельскохозяйственных производственных участков различных производственных размеров. Предложен и оценен способ экономии энергии в зимний и летний период. Рассмотрен опыт применения технологии геотермальных теплообменников на сельскохозяйственных объектах.

Ключевые слова: сельскохозяйственный производственный участок, энергоэффективность, электрооборудование, электроэнергия, геотермальный теплообменник.

Энергоэффективность объектов, в том числе сельскохозяйственных, оценивается на федеральном уровне в соответствии с Федеральным законом от 23.11.2009 N 261-ФЗ (ред. от 26.07.2019) «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [1].







Требования к энергетической эффективности зданий, строений, сооружений включают в себя:

1) показатели, характеризующие удельную величину расхода энергетических ресурсов в здании, строении, сооружении;

2) состав мероприятий, влияющий на энергетическую эффективность зданий, строений, сооружений архитектурного, функционально-технологического, конструктивного и инженерно-технического решения;

3) обоснование режимов и программ работы отдельных элементов, оборудования, конструкций зданий, строений, сооружений; позволяющие исключить нерациональный расход энергетических ресурсов как в процессе строительства, реконструкции, капитального ремонта зданий, строений, сооружений, так и в процессе их эксплуатации [1].

Таблица 1 - Индекс энергоэффективности

Индекс энергоэффективности		Годовое удельное потребление кВт·ч/м ²	
		тепло	электроэнергия
A		<45	<50
B		46-65	51-65
C		66-85	66-75
D		86-105	76-85
E		106-125	86-95
F		126-145	96-105
G		>146	>105

Энергетическую эффективность бытового оборудования согласно Директивам комиссии Евросоюза по энергетике и транспорту оценивают по индексу EEI (Energy Efficiency Index). Этот показатель показывает годовое энергопотребление на единицу площади оборудования. Бытовое оборудование имеет стандартный график использования, поэтому для него можно с высокой точностью рассчитать EEI. Значения индексов соответствуют количеству потребленной энергии (таблица 1).

Таблица 2 – Оценка энергетической эффективности сельскохозяйственных производственных участков

№ п/п	Наименование деятельности предприятия	P _{max} , кВт	P _{min} , кВт	S _{max} , м ²	S _{min} , м ²	Годовая занятость, ч
1	2	3	4	5	6	7
1	Телятник	130	15	1000	100	5040
2	Коровник	130	20	1800	200	5040
3	Птичник	200	20	2000	100	7920
4	Свинарник	150	15	1000	100	5040
5	Овчарня	100	10	1000	100	4320
6	Овощехранилище	100	10	2000	50	2880
7	Кормоцех	90	10	100	20	8640
8	Теплица	200	30	20000	1000	7200
9	Зернохранилище	100	20	2000	800	8640
10	Насосная станция	1000	50	250	40	3600

В структуре всех видов энергий электроэнергия имеет большое значение для производства. Мероприятия по экономии электроэнергии приводят не только к снижению себестоимости, но и к решениям совокупного ее применения, например, к уменьшению степени загрязнения окружающей среды.

Для сельскохозяйственных предприятий электрическая энергия расходуется на основные технологические процессы: в растениеводстве – на водообеспечение, отопление; в животноводстве – на кормоприготовление, отопление, переработка продукции.

Оценим энергетическую эффективность по ЕЕІ некоторых сельскохозяйственных производственных участков (таблица 2).

Рассчитаем показатель энергоэффективности ЕЕІ по данным таблицы 2, принимая во внимание, что представленные объекты и имеют среднюю годовую занятость

$$EEI = \frac{P_{\min} t_{год}}{S_{\max}} \dots \frac{P_{\max} t_{год}}{S_{\min}}, \quad (1)$$

где $t_{год}$ – средняя годовая занятость, ч.

$$EEI_{\text{телятник}} = \frac{15 \cdot 5040}{1000} \dots \frac{150 \cdot 5040}{100} = 75,6 \dots 7560 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (2)$$

Электроэнергия в телятнике используется для преобразования в другие виды энергии в различных машинах, аппаратах, например, для кормораздачи, полива, поддержки температуры, освещения и т.д.

На территории РФ умеренный климат. В зимнее время большая часть энергии потребляется на отопление объектов. Для сельскохозяйственных объектов, приведенных в таблице 2, около 40 – 60 % энергии потребляется на отопление, из которых 45 – 55 % - электрическая энергия [2]. Доля потерь энергии на отопление составляет около 33 – 37 %.

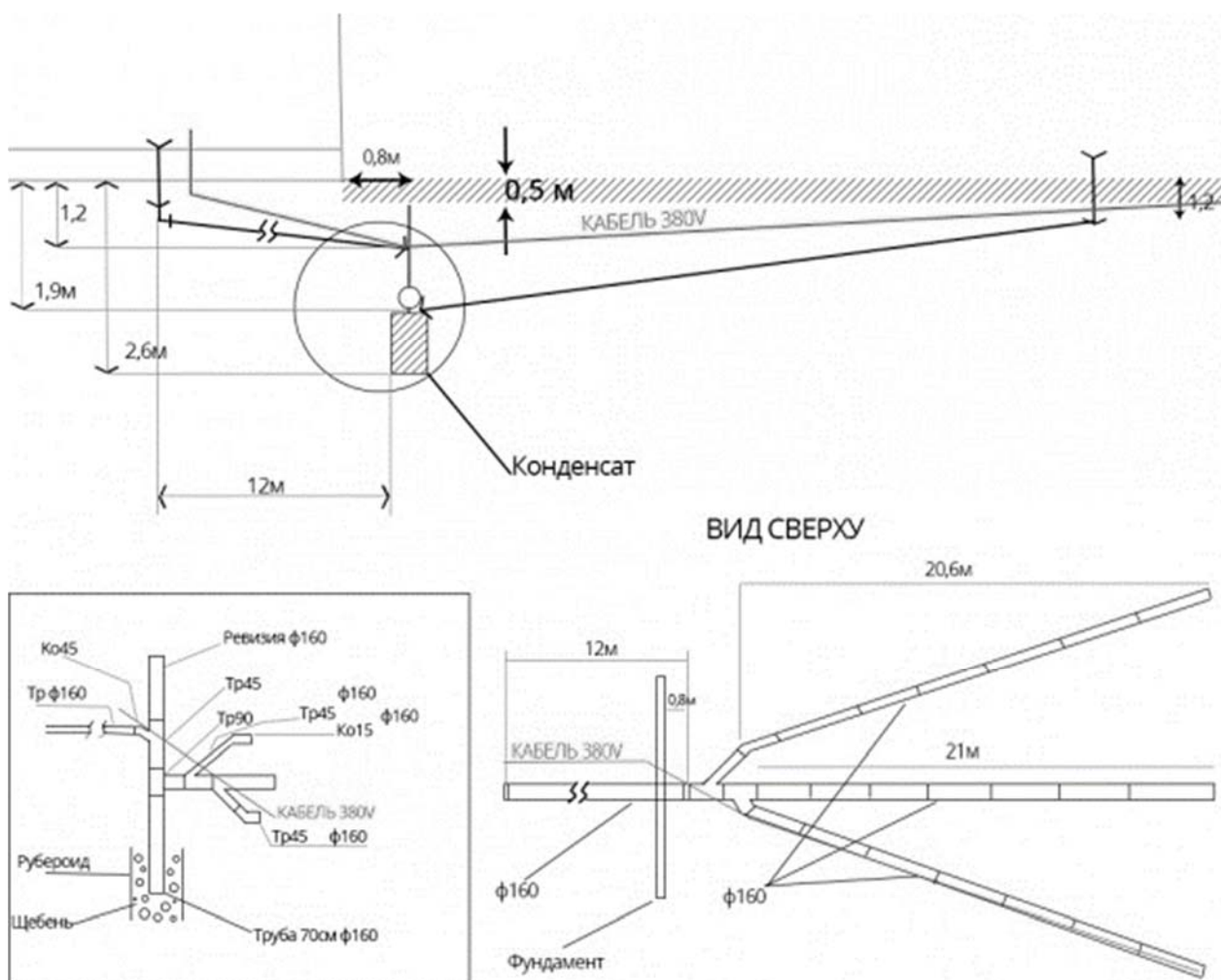


Рисунок – Устройство грунтового воздушного теплообменника

Применение источников потенциальной теплоты (геотермальная энергия) значительно снижает затраты на отопление. Вместе с этим повышение энергоэффективности сельскохозяйственных объектов в основном достигается:

1) увеличением сопротивления материалов при теплопередаче ограждающих конструкций;

2) применением систем вентиляции с возвратом тепловой энергии удаляемого воздуха;

3) использованием индивидуальных или коллективных установок возобновляемой энергии и энергоэффективных отопительных систем;

4) применением систем автоматического управления режимами работы теплового и электрического оборудования;

5) энергоэффективными архитектурно-планировочными решениями.

Одним из источников потенциальной теплоты является грунтовый теплообменник. Принцип его работы заключается в том, что температура грунта на глубине 2-3 метров всегда одинакова – примерно +10 градусов. Грунтовый теплообменник позволяет использовать геотермальную энергию зимой и летом (охлаждать воздух - экономя на кондиционировании, а зимой – подогревать помещения и сберегать тепло) [3].

Рассмотрим экспериментальный теплообменник на примере устройства, в птичнике площадью 160 м² (рисунок).

Таким образом, применение грунтового воздушного теплообменника для сельскохозяйственных объектов позволяет снизить потребление электроэнергии на отопление в зимний период и кондиционирование в летний период в прогнозируемом диапазоне от 10 до 35 %.

Список литературы

1. Федеральный закон от 23.11.2009 N 261-ФЗ (ред. от 26.07.2019) "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации"
2. Растимешин, С.А. Основные направления развития систем теплоэнергоснабжения сельскохозяйственного производства / С.А. Растимешин, И.Ю. Долгов, Д.А. Тихомиров, М.Н. Фильков // Вестник ВИЭСХ, 2012. -№3(8). – С. 25-29.
3. Роцин, О.А. Обзор систем электроснабжения сельских потребителей / О.А. Роцин // Инновации в сельском хозяйстве, 2012. – №2 – С. 2-9.

Чернусь Р.С., Багаев А.А.

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный аграрный университет»,
г. Барнаул

ПРЕДПОСЫЛКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНКОДЕРА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСХОДА СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация: Рассмотрены электромеханические преобразователи крутящего момента, которые могут использоваться в центробежных расходомерах сыпучих материалов. Указаны их достоинства и недостатки. Определены основные параметры, которые можно контролировать в преобразователях - скорость вращения и ток статора электродвигателя. Описан алгоритм их обработки. Обоснованы предпосылки использования энкодера инкрементального типа в качестве датчика расхода сыпучих материалов.

Ключевые слова: центробежный расходомер сыпучих материалов, энкодер, ток статора, выходной сигнал, расход.

В работах [1-7] описаны конструкция и основные положения теории центробежных расходомеров.

В качестве регистрируемой величины для определения расхода сыпучего материала предложено использовать электромеханические характеристики электрического двигателя: угловую скорость и ток [8,9,10].

В качестве преобразователя крутящего момента можно использовать:

Двигатель постоянного тока [2]. Выходными переменными при изменяющемся моменте сопротивления на валу у него являются скорость, ток якоря, ЭДС якоря. С целью повышения быстродействия и уменьшения инерционности измерения расхода при изменении момента на валу двигателя постоянного тока выходная переменная должна обладать минимальной постоянной времени, что может быть определено только после сравнения постоянных времени на возмущающее воздействие системы с учетом случайного характера изменения момента на валу.

Двигатели постоянного тока характеризуются наличием щеточно-коллекторного узла, обуславливающего ряд известных недостатков, главными из которых являются невысокая скорость изменения тока якоря, что препятствует их использованию в высокодинамичных электроприводах, и повышенная взрывоопасность при эксплуатации в запыленных помещениях.

Асинхронный двигатель [6, 10, 11, 12, 13]. Выходными переменными при изменяющемся моменте сопротивления на валу у него являются скорость и ток статора.

Скорость двигателя чаще всего фиксируется с помощью тахогенератора. У него выходной характеристикой является аналоговая величина - ЭДС. Кроме того, дополнительную погрешность в результаты измерений сам преобразователь, он довольно громоздок и имеет дополнительный момент инерции.

При регистрации тока статора необходимо использовать измерительный резистор в цепи обмотки статора. Чтобы при этом не происходил перекося фаз,

резисторы необходимо включать во все три обмотки статора. Для преобразования аналогового сигнала с измерительного резистора в цифровой для дальнейшей его обработки необходимо применять АЦП. Дальнейшая обработка данных может осуществляться на ПК с помощью специализированных программ таких как LabView [13].

Угловая скорость вращения рабочего органа центробежного расходомера, выполненного на базе асинхронного двигателя, и, соответственно, его скольжение зависят от величины расхода, что усложняет алгоритм вычисления расхода и вносит дополнительную погрешность в результат измерения. Расширение диапазона измерения требует использования преобразователя частоты.

Вентильный двигатель [14] представляет собой систему регулируемого электропривода, состоящую из двигателя переменного тока, подобного синхронной машине, вентильного преобразователя на основе тиристоров или транзисторов и выполняющего роль щеточно-коллекторного узла, и устройств управления, обеспечивающих коммутацию цепей обмоток двигателя в зависимости от положения ротора двигателя. Электромеханические свойства вентильного двигателя аналогичны подобным для двигателей постоянного тока. Возможность использования вентильного двигателя в качестве расходомера-дозатора описана в [15,16].

Выходным сигналом вентильного двигателя может выступать угловая скорость ротора или ток обмотки статора. Измерение и обработка тока обмотки статора довольно сложная задача, связанная с вентильным переключением обмоток. При этом форма сигнала может быть прерывистой.

Из вышесказанного следует, что основными параметрами, которые можно контролировать во всех электромеханических преобразователях для измерения расхода сыпучих материалов, является скорость вращения и ток статора электродвигателя.

Вместе с тем в работах [10, 11] показано, что информативность измерения расхода по скорости или скольжению низка, так как асинхронный двигатель в силу жесткости рабочего участка своей механической характеристики недостаточно быстро и информативно реагирует по скорости на изменение нагрузки. Там же доказано, что большей информативностью и быстродействием в целях измерения расхода обладает ток статора. Однако зависимость скорости и, следовательно, расхода материала от тока статора является нелинейной, содержит много различных коэффициентов и имеет громоздкий вид.

Определение расхода при измерении тока статора происходит в два этапа. Сначала определяется скольжение двигателя по формуле [12]:

$$s_1 = \frac{R_2' (X_k^2 R_1 I_1^2 - U_1^2 R_1 + \sqrt{-U_1^4 X_k^2 - U_1^4 X_\mu^2 - 2U_1^4 X_k X_\mu + (2U_1^2 X_k^2 X_\mu^2 - U_1^2 X_\sigma^4 + 2U_1^2 X_\mu^3 X_k) I_1^2 - X_\mu^4 X_k^2 I_1^4})}{U_1^2 X_k^2 + U_1^2 R_1^2 + U_1^2 X_\mu^2 + 2U_1^2 X_k X_\mu - (X_\mu^2 X_k^2 + X_\mu^2 R_1^2) I_1^2} \quad (1)$$

где X_k - индуктивное сопротивление короткого замыкания; R_1 - сопротивление статора; R_2' - приведенное сопротивление ротора; s - скольжение; U_1 - напряжение на статоре; X_μ - индуктивное сопротивление контура намагничивания.

Затем вычисляется расход материала [12]:

$$Q = \frac{Q_H}{s_{HC}} \left(1 - \frac{\omega}{\omega_c}\right) = \frac{Q_H}{s_{HC}} \left(1 - \frac{(1-s)\omega_0}{\omega_c}\right), \quad (2)$$

где Q_n – расход сыпучего продукта при номинальной нагрузке электродвигателя определяется экспериментально, кг/с; ω_c – скорость крыльчатки без нагрузки, рад/с; ω_0 – синхронная угловая скорость; $s_{nc} = (\omega_c - \omega_n) / \omega_c$ – скольжение при номинальной нагрузке относительно ω_c ; ω_n – номинальная угловая скорость.

При регистрации скорости вращения двигателя можно использовать только выражение (2). При этом расчеты значительно упрощаются и исключаются ряд коэффициентов, влияющих на суммарную погрешность измерения. При разработке датчиков расхода стремятся, как правило, получить линейную зависимость регистрируемой физической величины от расхода.

Таким образом, задача состоит в том, чтобы фиксировать минимальные изменения скорости вращения приводного двигателя и преобразовывать в цифровой сигнал для дальнейшей обработки и расчета расхода.

Тахогенератор с такой задачей справиться не может в силу недостаточной чувствительности и аналогового выходного сигнала.

Предлагается использовать в качестве датчика скорости инкрементальный энкодер.

Энкодер (от англ. encode – преобразовывать) – это устройство для преобразования угловых положений или линейных перемещений в цифровой сигнал, т.е. энкодер – это датчик угла или линейного перемещения. Принцип работы энкодера заключается в преобразовании механического перемещения в электрический сигнал. У инкрементального энкодера (рисунок) этот сигнал представляет собой два прямоугольных импульса, сдвинутых по фазе на 90 градусов [17].

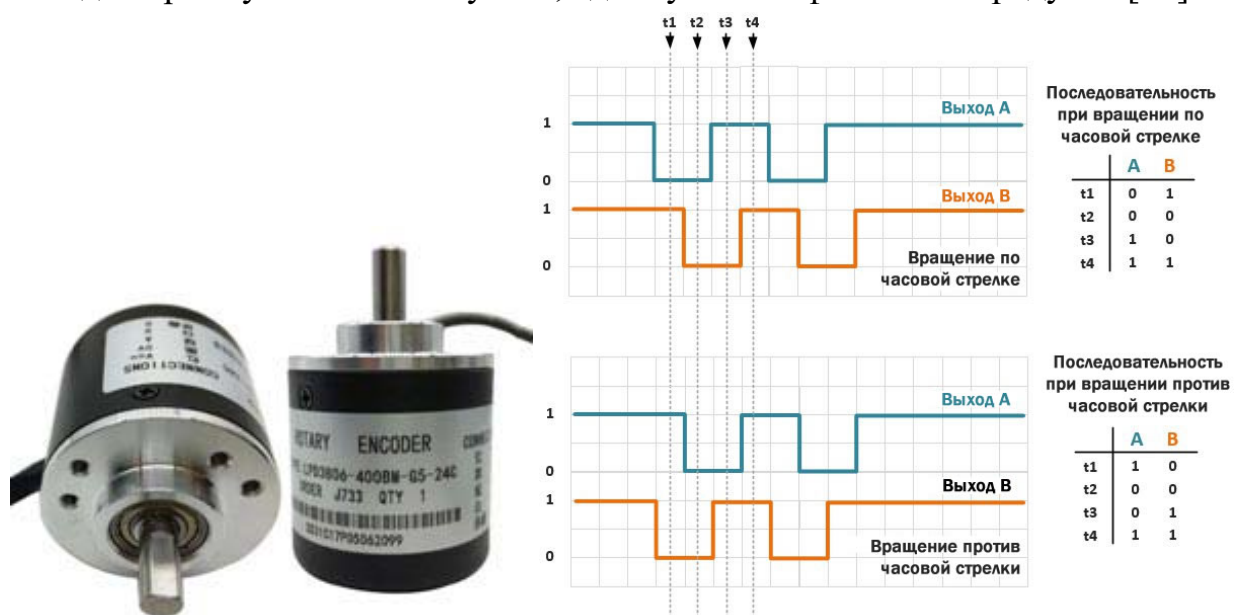


Рисунок - Внешний вид и сигналы, получаемые с инкрементального энкодера

Энкодер формирует большое количество сигналов на один оборот вала. Это позволяет с большой точностью определять скорость вращения.

Энкодер лишен недостатков тахогенератора. Момент инерции у него очень мал. Выходной сигнал – цифровой и легко обрабатывается с помощью ПК, Ардуино и других аппаратных платформ.

Алгоритм определения расхода сыпучих материалов. Вал энкодера необходимо соединить с валом электродвигателя или крыльчатки, а корпус закрепить неподвижно. В зависимости от способа монтажа бывают энкодеры с внешним и полым валом. При вращении вала энкодер на выходе формирует цифровые сигналы, которые передаются в программную среду. Там происходит расчет скорости вращения, а затем и расхода по формуле (2).

Выводы. Таким образом, применение энкодера инкрементального типа для определения расхода сыпучих материалов позволит упростить обработку сигнала и расчет расхода материала, в соответствии с этим точность измерения расхода должна увеличиться.

Список литературы

1. Багаев А.А. Использование момента кориолисовых сил для измерения массового расхода потока зерна и продуктов его размола/А.А. Багаев, В.Г. Лукьянов, Р.С. Чернусь//Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2008, №4(42).-С.47-49.
2. Багаев А.А. Двигатель постоянного тока как первичный преобразователь крутящего момента центробежных расходомеров сыпучих сельскохозяйственных продуктов /А.А. Багаев, В.Г. Лукьянов, Р.С. Чернусь//Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2008, №6(44).-С.62-65.
3. Багаев А.А. Передаточная функция центробежного расходомера сыпучих сельскохозяйственных продуктов/А.А. Багаев, В.Г. Лукьянов, Р.С. Чернусь//Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2010, №1(63).-С.71-75.
4. Багаев А.А. Передаточная функция момента сопротивления центробежного расходомера сыпучих сельскохозяйственных материалов при осевой загрузке/А.А. Багаев, Р.С. Чернусь//Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2011, №10(84).-С.86-89.
5. Багаев А.А. Требования к временным характеристикам и обоснование области расположения полюсов передаточной функции центробежного расходомера сыпучих сельскохозяйственных материалов/А.А. Багаев, Р.С. Чернусь//Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2013, №10(108).-С.115-118.
6. Багаев А.А. Требования к информационной «подвижности» центробежного расходомера сыпучих сельскохозяйственных материалов / А.А. Багаев, Р.С. Чернусь//Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2014, №8(118).-С.105-110.
7. Багаев А.А. Статистические характеристики мощности электрического двигателя центробежного расходомера сыпучих сельскохозяйственных материалов/А.А.Багаев, Р.С.Чернусь//Вестник Алтайского государственного аграрного университета.- Барнаул: Изд-во АГАУ, 2014, №10(120).-С.108-113.
8. . Пат.2532595 Российская Федерация, МПК G 01F 1/56 (2006.01) Способ непрерывного контроля расхода и дозирования сыпучих материалов / А.А. Багаев, Р.С. Чернусь, А.Ф. Костюков. Патентообладатель ФГБОУ ВПО АГАУ. - Заявка: 2013122014/28, 13.05.2013; опубликовано: 10.11.2014 Бюл. № 31. – 7 с. : ил.
9. Пат.2532596 Российская Федерация, МПК G 01F 1/56 (2006.01) Способ непрерывного контроля расхода и дозирования сыпучих материалов / А.А. Багаев, Р.С. Чернусь, А.Ф. Костюков. Патентообладатель ФГБОУ ВПО АГАУ. - Заявка: 2013122013/28, 13.05.2013; опубликовано: 10.11.2014 Бюл. № 31. – 7 с. : ил.
10. Багаев А.А. Обоснование критерия выбора электродвигателя центробежного расходомера сыпучих сельскохозяйственных продуктов/А.А.Багаев, Р.С.Чернусь//Ползуновский вестник.-Барнаул: Изд-во АлтГТУ им.И.И.Ползунова, 2011, №2/1.-С.188-193.

11. Багаев А.А Математическая модель функциональной зависимости момента и мощности приводного асинхронного электродвигателя центробежного расходомера сыпучих сельскохозяйственных материалов/ А.А.Багаев, Р.С. Чернусь// Вестник Алтайского государственного аграрного университета.- Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2015, №10 (132).- С.88-92.
12. Багаев А.А Определение расхода сыпучих сельскохозяйственных материалов путем измерения тока статора асинхронного привода центробежного расходомера / А.А.Багаев, Р.С. Чернусь// Вестник Алтайского государственного аграрного университета.- Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2015, №12 (134).-С.132-138.
13. Чернусь Р.С. Измерение момента на валу асинхронного электродвигателя с использованием среды Р.С. Чернусь//Вестник Алтайского государственного аграрного университета.- Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2018, №4(162).-С.162-168
14. Багаев А.А Передаточные функции центробежного расходомера на базе вентильного двигателя / А.А.Багаев, Р.С. Чернусь// Вестник Алтайского государственного аграрного университета.- Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2017, №7 (153).-С.159-164.
15. Bagaev A.A. Assessment of the dynamic properties of a brushless direct current motor drive of a centrifugal flow metering unit for bulk materials/A.A.Bagaev//Russian Electrical Engineering, 2019. Т.89, №12.-Р.703-706.
16. Багаев А.А. Оценка динамических свойств вентильного электропривода центробежного расходомера-дозатора сыпучих материалов/А.А.Багаев//Электротехника, 2018, №12.- С.29-33.
17. Подключение энкодера к Arduino [Электронный ресурс].- Режим доступа: <https://alexgyver.ru/encoder/> Дата обращения: 01.04.2021.

УДК 315.322.365

Четвериков Е.А., Зуев А.А.

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРЕДПОСЕВНОГО ОБЛУЧЕНИЯ ТОВАРНОГО ЗЕРНА МИКРОВОЛНОВЫМ ПОЛЕМ

Аннотация. Приводятся результаты экспериментального исследования, направленного на выбор рациональной схемы облучения зерен пшеницы и ржи перед посевом электромагнитным полем СВЧ-диапазона, а также результаты разработки оборудования предпосевной обработки семян, и апробация технологий и оборудования в конкретных технологических схемах.

Ключевые слова: СВЧ сушка, зерновая продукция, микроволновое поле.

Подготовка семян сельскохозяйственных культур к посеву с использованием энергии СВЧ-поля проводится следующим образом [1;2]. Предварительно готовят раствор прилипателей – пленкообразователей, микроэлементов, биологически активных веществ с учетом существующих рекомендаций по их приготовлению для данной культуры, состояния почвы и т.д. В водный раствор микроэлементов вводят биологически активные вещества (гуматы, гетероауксин, гибберллин, аминокислоты и т.д.) и прилипатели пленкообразователи (жидкие комплексные удобрения (ЖКУ), сахар, патока, силикатный клей и т.д.). Затем, за

3 – 15 мин до начала термической обработки, увлажняют семена раствором микроэлементов-прилипателей и биологически активных веществ. Такой промежуток времени (при дискретной обработке) вполне достаточен для проведения увлажнения и подготовки семян к обработке.

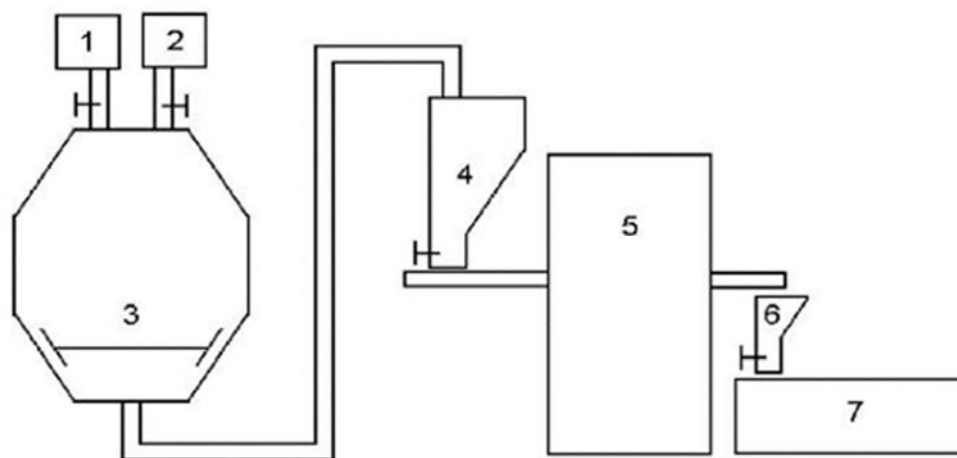


Рис. 1. –Технологическая схема подготовки семян к посеву с использованием энергии СВЧ-поля: 1 – бункер-дозатор микроэлементов; 2 – бункер-дозатор семян; 3 – смеситель-увлажнитель; 4 – бункер-дозатор увлажненных семян; 5 – СВЧ-установка; 6 – бункер-накопитель; 7 – дражирователь.

При переоборудовании существующих дискретных СВЧ-установок для поточной обработки на транспортерах (ленточных, шнековых и т.д. обязательно изготовленных из диэлектрических материалов) семена предварительно увлажняют в объеме, соответствующем постоянной загрузке установки с запасом работы на 3 – 15 мин. Время включения и отключения СВЧ-установки, т.е. термической обработки, фиксируют по секундомеру или таймеру.

Температура семян контролируется до начала обработки и после термометром, термопарой или специальным прибором, учитывающим температуру и влажность семян. Время обработки и температуру для различных партий семян подбирают заблаговременно по [2]. При настройке на режим семена обязательно проверяют на всхожесть до обработки и после.

В разработанной поточной линии [3] (см. рис.1) элемент 3, предназначенный для инкрустирования семян пленкообразующими составами с введением биологически активных веществ и микроэлементов, можно заменить серийным оборудованием типов КПС-10, АПЗ-10 и самопередвижными машинами ПС-10А, «Мобитокс - Супер», ПОШ-5 и т.д. Бункер-дозатор 4 является накопительной емкостью, предназначенной для выдержки семян в увлажненном состоянии и их последующего поступления на транспортирующий орган, СВЧ-генератор 5. После термической СВЧ-обработки подсушенные семена поступают в бункер-накопитель 6 и дражирователь 7, где дражируются мелкодисперсными минеральными удобрениями и отправляются на временное хранение или посев. Дополнительная сушка дражированных семян не требуется.

Применение описанной выше технологии позволяет существенно снизить зараженность семян или обеззараживать их полностью, стимулировать ростовые

процессы в семенах, что в конечном счете позволит снизить энергоемкость и материалоемкость в 15-20 раз, по сравнению с существующими технологиями и увеличить урожайность на 10-15 % [14]

Список литературы

1. Четвериков Е.А., Моисеев А.П., Лягина Л.А. Микроволновое и инфракрасное излучение в технологиях сушки продукции растительного происхождения // Монография, Саратов, 2016.
2. Четвериков Е.А., Моисеев А.П., Лягина Л.А. Совершенствование способов возбуждения электромагнитного поля СВЧ-диапазона в установках сушки сельскохозяйственной продукции стационарного типа// Аграрный научный журнал, Саратов, №6, 2016 – с.70-72.
3. Четвериков Е.А., Асеев К.В. Электродинамические и тепловые свойства СВЧ нагревательных установок стационарного типа при различных способах возбуждения электромагнитного поля в рабочей камере.// Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы VII Международной научно-практической конференции – Саратов: Издательство «Буква», 2016. – с. 242-244
4. Лыков А.В. Теория сушки./ А.В. Лыков - М.: Энергия, 1968. – 472 с.

УДК 315.322.365

Четвериков Е.А., Зуев А.А.

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ РЕЖИМОВ СВЧ ОБРАБОТКИ ТОВАРНОГО ЗЕРНА В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Аннотация. Приводятся схемы экспериментального исследования, направленного на выбор экспериментальной методики облучения зерен пшеницы и ржи перед посевом электромагнитным полем СВЧ-диапазона, а также результаты влияния поля на всхожесть семян.

Ключевые слова: СВЧ сушка, зерновая продукция, микроволновое поле.

При обработке семян в ЭМП СВЧ наибольший интерес представляет процесс прорастания семян. Он определяется потенциальным уровнем активности семян, который является суммой их свойств. Следовательно, большинство изменений, происходящих в семени после обработки, должно интегрироваться и фиксироваться в процессе прорастания.

Посевные качества семян нормируются ГОСТ 10854-88, ГОСТ 10583-76, ГОСТ 10968-88, ГОСТ 12044-93 и контролируются по следующим показателям: влажность, всхожесть, чистота, засоренность, наличие болезней и вредителей [1;3]. При предпосевной обработке в первую очередь обращают внимание на лабораторную всхожесть обработанного семенного материала. В зависимости от состояния семян, начало прорастания и его темп роста сильно отличается, даже если окончательная всхожесть одинакова.

Исследования проводились по многоуровневой системе в следующей последовательности [1;2]:

- выбор культуры и сорта, пользующегося социально-экономическим спросом;
- выбор вида обработки;
- обоснование параметров обработки и выбор оборудования; проведение эксперимента по определению рациональных режимов СВЧ обработки семян;
- обработка полученных данных и нахождение рациональных режимов СВЧ-обработки;
- проектирование, изготовление экспериментальной СВЧ-установки предпосевной подготовки семян.

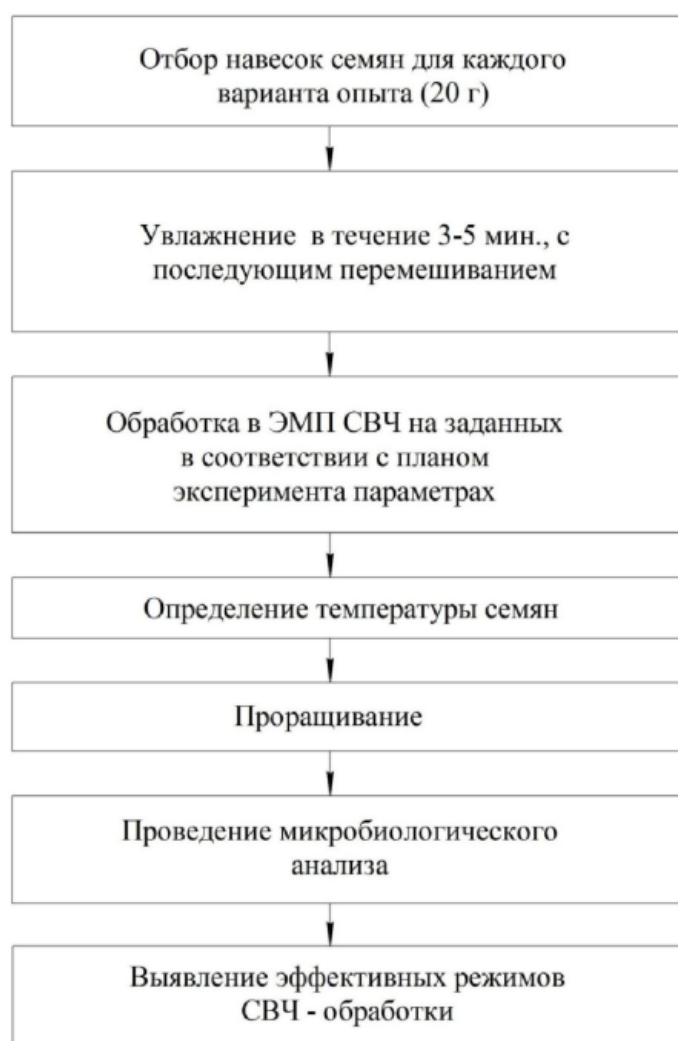


Рис.1. Структурная схема обработки семян ЭМП СВЧ.

Для определения влияния воздействия электромагнитного поля на посевные качества семян [2], они закладывались на всхожесть в лабораторных условиях. Для проведения лабораторных опытов каждого варианта плана отбирались одинаковые навески семян. Семена перед обработкой увлажняли в растворе микроэлементов [3]. На 1 л воды:

- 10 г суперфосфата;
- 8 г калия сернокислого;
- 1 г сернокислого магния;
- 0,2 г сернокислого марганца.

Для более качественной обработки семена увлажняли в течение 3-5 минут, путем опрыскивания раствора при их медленном перемешивании. Затем помещали в электромагнитное поле сверхвысокой частоты и обрабатывали на заданных режимах в соответствии с выбранным планом эксперимента [4].

После выхода из устройства у семян измеряли температуру нагрева термопарой. Из обработанных семян отбирались навески для определения посевных качеств: энергии прорастания и всхожести, путем проращивания в оптимальных условиях, установленных стандартом по методике Лихачева [3; 4]. Семена проращивались на фильтровальной бумаге в 2 слоя (диаметром 100 мм), смоченной дистиллированной водой при комнатной температуре, помещённой в чашку Петри. Отсчитывались 50 семян в 4-х кратной повторности, и располагались на равном расстоянии друг от друга. Структурная схема обработки семян в лабораторных условиях представлена на рис. 1.

Энергия прорастания [3] подсчитывалась через трое суток, всхожесть подсчитывалась на 7-е сутки [3]. Скорость прорастания определялась по следующей формуле:

$$E = \frac{n_1 \times S_1 + n_2 \times S_2 + \dots + n_m \times S_m}{n_1 + n_2 + \dots + n_m}$$

где E – средняя скорость прорастания, сут.; n – количество проросших семян на данный день, шт.; m – конечный день подсчетов.

Список литературы

1. Четвериков Е.А., Моисеев А.П., Лягина Л.А. Микроволновое и инфракрасное излучение в технологиях сушки продукции растительного происхождения.// Монография, Саратов, 2016.
2. Четвериков Е.А., Моисеев А.П., Лягина Л.А. Совершенствование способов возбуждения электромагнитного поля СВЧ-диапазона в установках сушки сельскохозяйственной продукции стационарного типа// Аграрный научный журнал, Саратов, №6, 2016 – с.70-72.
3. Четвериков Е.А., Асеев К.В. Электродинамические и тепловые свойства СВЧ нагревательных установок стационарного типа при различных способах возбуждения электромагнитного поля в рабочей камере.// Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы VII Международной научно-практической конференции – Саратов: Издательство «Буква», 2016. – с. 242-244
4. Лыков А.В. Теория сушки./ А.В. Лыков - М.: Энергия, 1968. – 472 с.

Чурляева О.Н., Третьякова Т.И.

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ, ОТВЕЧАЮЩЕЙ МИНИМУМУ ЗАТРАТ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ ОТ ИСТОЧНИКА К ПОТРЕБИТЕЛЮ

Аннотация. В статье рассмотрено условие для расчета оптимальных параметров компенсирующих устройств реактивной мощности с точки зрения минимума экономических затрат.

Ключевые слова: реактивная мощность, активная мощность, компенсация реактивной мощности, системы электроснабжения

При анализе режимов работы электрических сетей особое внимание необходимо обратить на явления, связанные с передачей реактивной мощности по сети, а также на способы ее компенсации.

Для обеспечения условий протекания рабочих режимов электрических сетей при допустимых параметрах приходится применять специальные компенсирующие устройства, соответственно возникает задача расчета их оптимальных параметров в условиях эксплуатации сети.

При решении этой задачи целесообразно прежде всего выяснить, с какими дополнительными явлениями связана передача реактивной мощности по элементам сети и какое влияние эти явления оказывают на технико-экономические показатели работы систем электроснабжения.

Как известно, передача реактивной мощности приводит к увеличению потерь напряжения в сети. С передачей реактивной мощности непосредственно связано увеличение нагрузки в соответствующих элементах сети.

При наличии соответствующих компенсирующих устройств целесообразно компенсировать реактивную мощность на месте, по возможности устраняя передачу ее по элементам сети на большие расстояния. Однако надо иметь в виду, что включение в работу новых устройств или увеличение нагрузки уже работающих иногда приводит к увеличению потерь активной мощности в них. Оптимальное решение заранее может быть неизвестно и получается путем расчета.

В питающей сети, на всех приемных подстанциях которой имеются регулирующие устройства с достаточным регулировочным диапазоном, распределение реактивной мощности можно осуществлять по условиям экономичности работы самой питающей сети. Определяющими здесь являются условия минимума потерь активной мощности в сети при заданных ограничениях по наибольшему допустимому напряжению и рабочей реактивной мощности источников питания.

Требуемая в электроэнергетической системе (ЭЭС) суммарная мощность компенсирующих устройств определяется из уравнения баланса реактивной мощности (1). Эту мощность необходимо разместить в узлах электрической сети с минимальными затратами.

$$\sum Q_G = \sum Q_H + \sum Q_{CH} + \Delta Q_\Sigma = \sum Q_\Pi, \quad (1)$$

где $\sum Q_G$ - суммарная реактивная мощность, генерируемая в ЭЭС, включая реактивную мощность, поступающую из соседних ЭЭС; $\sum Q_H$ - суммарная реактивная мощность потребителей ЭЭС, включая реактивную мощность, отдавая в соседние ЭЭС; $\sum Q_{CH}$ - суммарная реактивная мощность собственных нужд электростанций; ΔQ_Σ - суммарные потери реактивной мощности; $\sum Q_\Pi$ - суммарное потребление реактивной мощности в ЭЭС.

Рассмотрим простейшую схему существующей сети (рис. 1). от источника питания с напряжением U через сопротивление сети R получает питание нагрузка мощностью $\underline{S} = P + jQ$. На шинах нагрузки установлено компенсирующее устройство мощностью Q_k .

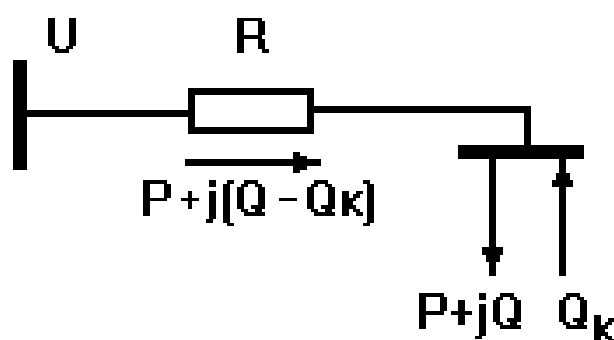


Рисунок 1 – Схема компенсации реактивной мощности

Потери активной мощности в линии при отсутствии у потребителя компенсирующего устройства ($Q_k = 0$) составляют

$$\Delta P = \frac{(P^2 + Q^2)R}{U^2}. \quad (2)$$

При установке у потребителя компенсирующего устройства ($Q_k \neq 0$) эти потери уменьшатся до величины

$$\Delta P = \frac{(P^2 + (Q - Q_k)^2)R}{U^2}. \quad (3)$$

Таким образом, компенсация реактивной мощности позволяет уменьшить потери активной мощности в схеме электроснабжения и, следовательно, улучшить технико-экономические показатели этой схемы.

Оценим влияние компенсирующего устройства (КУ) на затраты в сети.

Выражение для суммарных затрат на передачу мощности к нагрузке при установке КУ будет иметь вид:

$$Z = Z_K + c_o \Delta P = z_k Q_k + c_o \frac{(P^2 + (Q - Q_k)^2)R}{U^2}, \quad (4)$$

где Z_k – затраты на КУ; $c_0 \Delta P$ – затраты на покрытие потерь активной мощности в сети; c_0 – стоимость единицы потерянной активной мощности; z_k – удельные затраты на КУ.

Для определения минимума функции Z приравняем к нулю ее производную от переменной Q_k :

$$\frac{dZ}{dQ_k} = z_k - \frac{2(Q - Q_k) R c_0}{U^2} = 0. \quad (5)$$

Из (5) определяется экономически целесообразная реактивная мощность, передача которой от источника к потребителю отвечает минимуму затрат Z :

$$Q_{\text{э}} = Q - Q_k = \frac{z_k U^2}{2 R c_0}. \quad (6)$$

Величина $Q_{\text{э}}$ не зависит от активной мощности P , а зависит лишь от соотношения стоимостных показателей z_k и c_0 и параметров сети U и R , по которой передается мощность.

Вопрос о размещении компенсирующих устройств в электрической сети реальной ЭЭС представляет собой сложную оптимизационную задачу. Сложность заключается в том, что электроэнергетические системы являются большими системами, состоящими из взаимосвязанных подсистем. Рассматривать изолированно каждую отдельную подсистему нельзя, поскольку свойства больших систем определяются характером взаимосвязей отдельных подсистем.

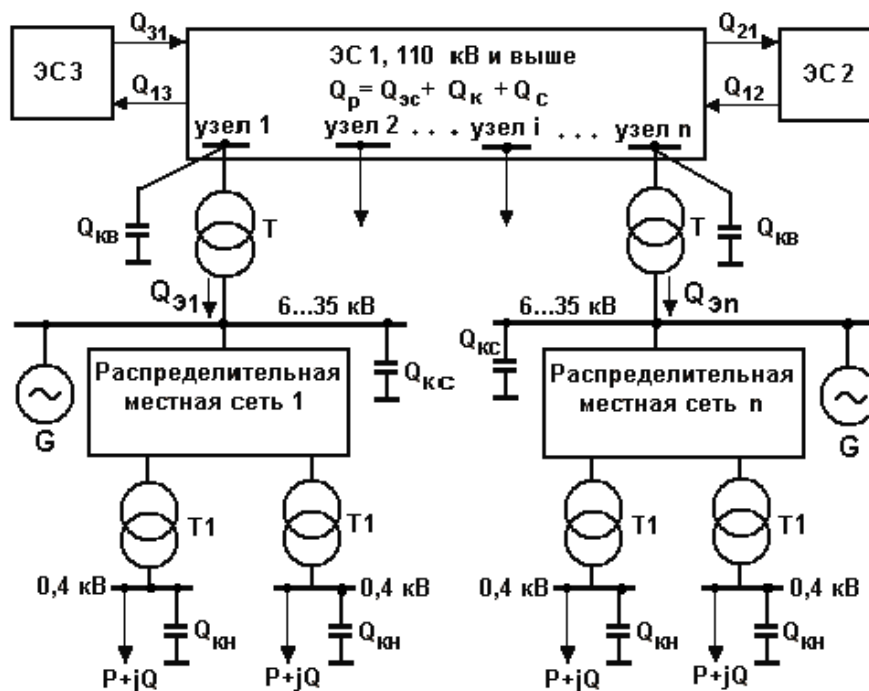


Рисунок 2 – Электрическая сеть с размещением КУ

При анализе больших систем используется системный подход, согласно которому анализ большой системы выполняется при разделении ее на подсистемы, непосредственно не связанные между собой, но влияющие друг на друга через систему более высокого уровня.

Таким образом, электрическая сеть представляется разными уровнями, как это показано на рисунке 2. Верхний уровень – это электрическая сеть напряжением 110 кВ и выше. Эта замкнутая электрическая сеть, представляемая полной схемой замещения, показана на рисунке 2 условно, как ЭС1. Реактивные мощности, вырабатываемые генераторами электростанций $Q_{ЭС}$, компенсирующими устройствами Q_K , линиями электропередачи Q_C , а также реактивные мощности, протекающие по связям с соседними ЭС2 и ЭС3 ($Q_{12}, Q_{21}, Q_{13}, Q_{31}$) обеспечивают в ЭС1 располагаемую реактивную мощность $Q_{р1}$.

Второй уровень – это множество n разомкнутых местных распределительных сетей напряжением 35 кВ и ниже, присоединенных к n узлам электрической сети верхнего уровня через трансформаторы Т. Эти местные распределительные сети непосредственно не связаны между собой, но влияют друг на друга через сеть верхнего уровня. Синхронные генераторы, компенсаторы и двигатели в каждой такой распределительной сети представлены одной эквивалентной синхронной машиной G. От местных электрических сетей через распределительные трансформаторы Т1 питаются низковольтные потребители $P+jQ$.

Компенсирующие устройства могут устанавливаться на шинах высшего ($jQ_{КВ}$) и среднего ($jQ_{КС}$) напряжения трансформаторов Т, а также на шинах 0,4 кВ распределительных трансформаторов Т1 и в самой сети 0,4 кВ ($jQ_{КН}$). Значение мощностей этих КУ и подлежит определению.

В общем виде задача оптимизации размещения КУ формулируется следующим образом: определить реактивные мощности имеющихся в узлах 6...35 кВ синхронных машин G, мощности КУ в сетях всех напряжений $Q_{КВ}, Q_{КС}, Q_{КН}$, а также значения реактивных мощностей $Q_{\Sigma i}$ ($i=1, 2, \dots, n$), передаваемых в сети потребителей, при которых обеспечивается минимум суммарных затрат.

Расчеты компенсации реактивной мощности для сетей всех видов выполняются как при проектировании развития электрических сетей, так и в условиях их эксплуатации. При проектировании определяются мощности КУ и решается задача их распределения в электрической сети. В условиях эксплуатации определяют оптимальные режимы имеющихся КУ в течение суток. Критериями оптимальности в этом случае служат минимум потерь мощности и энергии и соответствие отклонений напряжений допустимым значениям.

В связи с этим возникает задача определения оптимальной мощности компенсирующих устройств, отвечающей минимуму суммарных затрат. Такая задача относится к задаче безусловной оптимизации и может быть решена с помощью применения программных компьютерных продуктов математического и физического моделирования.

Список литературы

1. Кабышев А.В. Компенсация реактивной мощности в электроустановках промышленных предприятий: учебное пособие / А.В. Кабышев; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012 – 234 с.
2. Мясоедов Ю.В. Компенсация реактивной мощности в системах электроснабжения с распределенной генерацией: учебное пособие / Ю.В. Мясоедов. - Благовещенск: Изд-во АмГУ, 2013 – 117 с.

3. В.Н. Костин.: Оптимизационные задачи электроэнергетики: Учеб. пособие. – СПб.: СЗТУ, 2003 – 120с.
4. В.Н. Костин, Е.В. Распопов, Е.А. Родченко. Передача и распределение электроэнергии: Учеб. пособие. – СПб.: СЗТУ, 2003 – 147с.
5. Доценко В.А., Гетманов В.Т. Математическое моделирование в системах электроснабжения. Учеб. пособие / Том. политех. ун-т – Томск, 2005. – 120 с.

УДК 621.314

¹*Шлюпиков С.В., ¹Бакиров С.М., ¹Колбанов А.П., ²Кифарак С.А.*

¹ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

²ПАО «МРСК Волги» Центральное производственное отделение филиала «Саратовские РС», г. Саратов

ПРИЧИНЫ ОТКАЗОВ СИЛОВЫХ МАСЛОНАПОЛНЕННЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ

Аннотация. В статье рассматриваются причины отказов силовых маслонаполненных трансформаторов, эксплуатируемых в распределительных сетях и представлена структурная схема процесса старения изоляции.

Ключевые слова: силовой маслонаполненный трансформатор, изоляция трансформатора, причины отказов силовых трансформаторов, старение изоляции, процессы старения изоляции.

Статистический материал сетевых организаций показывает, что ежегодный отказ силовых маслонаполненных трансформаторов (СМТ) 10(6)/0,4 кВ составляет 6÷8% от числа эксплуатируемых. Практика показывает, что работоспособность СМТ главным образом определяется состоянием обмоток, которые в свою очередь зависят от состояния изоляции (жидкой и твердой). Часто изоляция работает в сложных и неблагоприятных условиях, что ведет к развитию деградиционных процессов.

Обмотки и изоляция (главная, витковая и продольная) СМТ могут повреждаться под воздействием повышенной напряженности электрического поля, вызванной недопустимыми перенапряжениями различного характера, сил механического воздействия, возникающих при коротких замыканиях (КЗ), а также под воздействием повышенных температур.

К числу предположительных причин, способных привести к появлению в конструкции трансформатора недопустимого уровня частичных разрядов относят:

- различного характера перенапряжения при работе трансформатора, особенно те, что превышают уровень испытательных напряжений;
- использование некачественного провода катушек;
- газовыделение в результате местных перегревов твердой изоляции или масла;

- малую газостойкость залитого масла;
- попадание в трансформатор различных примесей и газовых включений;
- деформацию обмоток при воздействии токов КЗ, при которой происходит сдвиг элементов конструкции обмоток и главной изоляции, приводящий к появлению недопустимой местной напряженности, эквивалентной той, которая возникает при недопустимых перенапряжениях.

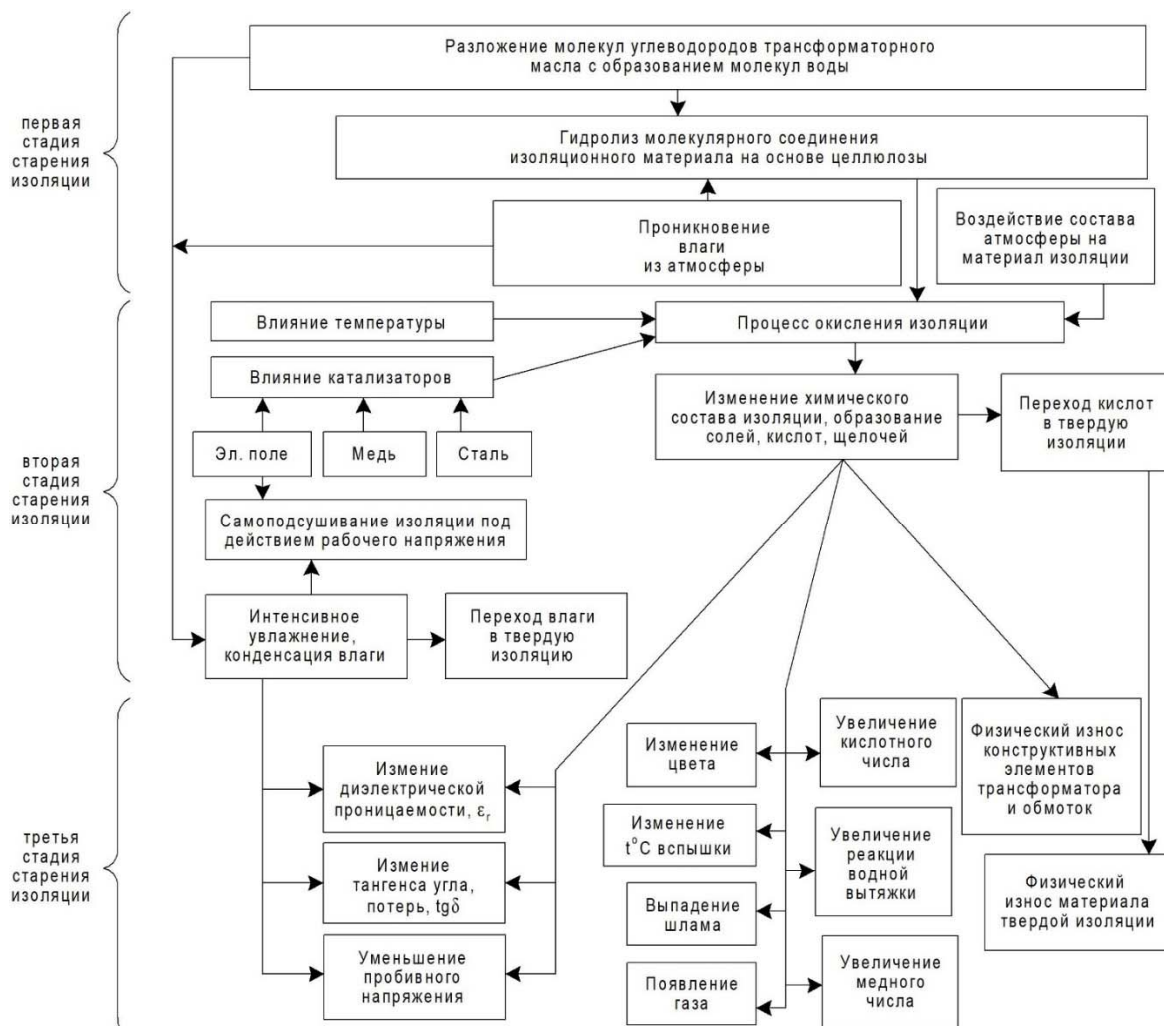


Рисунок 1 – Структурная схема развития процесса старения изоляции СМТ в процессе эксплуатации

Помимо ранее названных причин, СМТ в распределительных сетях подвержены также воздействию: грозových, внутренних перенапряжений и действию сверхтоков (токов КЗ), перегрузок, коммутационных перенапряжений в питающих сетях, высокой влажности окружающей среды, температуры воздуха и солнечной радиации.

Среди главных причин отказов СМТ принято выделять: грозových перенапряжения – 14,7%, внутренние перенапряжения, КЗ в сетях – 17,2%, перегрузки – 6,4%, снижение уровня изоляции в процессе эксплуатации – 49%, асимметрия токов нагрузки по фазам – 0,7%, увлажнение масла (по результатам лабораторного анализа – 12%).

Силовые трансформаторы имеют определенные дефекты изготовления. Начальные дефекты технологического происхождения под влиянием эксплуатационных факторов получают дальнейшее развитие. Однако не они определяют развитие процессов отказа изоляции. Основную роль играют процессы ее старения под воздействием различных эксплуатационных факторов.

Перегрузки силовых трансформаторов, повышение температуры окружающей среды, пусковые режимы мощных электродвигателей, КЗ в сетях, питаемых силовыми трансформаторами, приводят к перегреву изоляции, в результате чего ускоряется ее тепловой износ.

Тепловое старение изоляции является определяющим в общем износе, на который влияют также увлажнение масла, окисление и другие причины, снижающие механическую прочность. Появление влаги в изоляции приводит к резкому снижению сопротивления току утечки, вызванного свободными ионами и росту диэлектрических потерь. Вследствие этого снижается напряжение теплового пробоя, происходит дополнительный нагрев изоляции, что влечет за собой ускорение темпов теплового старения.

На основе воздействующих факторов, оказывающих влияющих на процесс старения и увлажнения внутренней изоляции, на рис. 1 представлена структурная схема процесса старения изоляции СМТ в процессе эксплуатации.

Состарившаяся изоляция легко разрушается под действием вибрации и электродинамических усилий, особенно при КЗ в питаемых сетях, что и приводит к отказу СМТ в результате витковых замыканий в обмотках и междуфазных замыканий.

Анализ структурной схемы, представленной на рис. 1 показывает, что процесс старения изоляции силового трансформатора под влиянием различных воздействий является сложной функцией режимных, конструкционных и климатических факторов. С целью установления основных диагностических параметров и обоснования критериев оценки интенсивности процессов старения изоляции СМТ при их эксплуатации проведен анализ влияния эксплуатационных воздействий на развитие этих процессов и установлено, что главной причиной, ускоряющей процессы деградации служат процессы увлажнения, окисления и старения изоляционных компонентов.

Таким образом можно сделать следующие выводы:

1. Применяемые способы по защите от проникновения влаги из атмосферы в бак силового трансформатора недостаточно эффективны. Помимо внешнего проникновения влаги изоляция увлажняется вследствие химического процесса разложения углеводородных соединений материала изоляции, итогом которого является образование молекул воды, однако в данном случае ее количество ничтожно мало по сравнению с атмосферной влагой.

2. Проникновение атмосферной влаги к внутренней изоляции происходит через прокладки, вводы и крышки трансформатора, а также вследствие несвоевременной замены силикагеля.

3. Процессу химического разложения способствуют кислород воздуха, повышенная температура в результате перегрузки трансформатора или активная солнечная радиация и присутствие катализаторов химической реакции.

4. Воздействие повышенных температур и катализаторов вызывает деструкцию твердой составляющей изоляции на основе целлюлозы, что способствует уменьшению степени полимеризации (механической прочности) и появлению в масле продуктов распада целлюлозы в качестве которых выступают фурановые соединения.

5. Появление молекул воды в изоляционном материале приводит к ее интенсивному окислению.

6. Диэлектрическая постоянная изоляции зависит от уровня ее увлажнения.

Список литературы

1. Шлюпиков, С.В. Совершенствование диагностирования масла трансформаторов напряжением 10/0,4 кВ, эксплуатируемых в сельском хозяйстве : автореф... дис. кан. наук. – Саратов.: 2016. – 24 с.
2. Трушкин, В.А. Дистанционный контроль влажности силикагеля маслонаполненных трансформаторов напряжением 10/0,4 кВ, эксплуатируемых в сельских электрических сетях / Трушкин В.А., Шлюпиков С.В., Кифарак С.А., Россошанский А.Р. // Аграрный научный журнал. – Саратов, 2017. № 9. С. 65-67.
3. Трушкин, В.А. Факторы, влияющие на старение трансформаторного масла / В. А. Трушкин, С. В. Шлюпиков // Актуальные проблемы энергетики АПК : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. / под ред. А. В. Павлова. – Саратов, 2013. – С. 320-322.
4. Макарова, Н.Л. Особенности эксплуатации сельских распределительных сетей 10 кВ / Н. Л. Макарова // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2006. – № 2. – С. 16-18.

УДК 614.7

Шлюпиков С.В., Герасимов А.С.

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

ЭЛЕКТРОФИЛЬТРЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ И ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОЗДУХА В ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ

Аннотация. В статье рассматривается проблема очистки и обеззараживания воздуха внутри животноводческих комплексов. В настоящее время в большинстве случаев применяется лишь механическое принудительное приточно-вытяжное вентилирование. При этом с вытяжным воздухом в окружающую среду выбрасывается огромное количество тепловой энергии. Вследствие этого нужно решить проблему очистки и обеззараживания воздуха, и вопросы энергосбережения, а также защиты окружающей среды и распространения инфекционных заболеваний аэрогенным путем. Одним из перспективных способов решения названных проблем является применение электрофильтров.

Ключевые слова: электрофильтр, дезинфекция, сельское хозяйство, воздушный фильтр, микроклимат, рециркуляция воздуха.

Одной из проблем в животноводстве является высокая концентрация и плотность животных на ограниченном пространстве. Вследствие этого внутри животноводческих комплексов в результате их жизнедеятельности выделяется значительное количество вредодействующих веществ. Концентрация пыли, различных микроорганизмов и газов (аммиак, углекислый газ, сероводород, кишечные газы и др.) зависит от ряда факторов и, как правило, значительно превышает предельно-допустимую концентрацию (ПДК).

Для снижения уровня вредных веществ в воздухе животноводческих комплексов до рекомендованных уровней проводится механическое принудительное приточно-вытяжное вентилирование. В этом случае в воздушный бассейн непрерывно выбрасывается большое количество различных загрязнений. Так, вытяжной системой вентилирования при павильонном расположении зданий в комплексе на 10 тыс. телят за холодный период года из помещения удаляется 103,9 млрд. микробных тел, 6,2 кг пыли, 23 кг аммиака; на комплексах в 2 тыс. голов – 8,7 млрд. микробных тел, пыли – 0,75 кг, аммиака – 4,8 кг, влаги в виде аэрозолей – 2058 кг [1].

Кроме того, с вытяжным воздухом выбрасывается в окружающую среду большое количество тепловой энергии. Тепловые потери можно снизить использованием вентиляционных систем с теплообменниками, однако ввиду наличия у последних недостатков (низкий КПД, быстрое ухудшение эксплуатационных характеристик в процессе работы, частое проведение технического обслуживания), использование их крайне ограничено.

Решение проблем очистки и обеззараживания воздуха позволит решить следующие задачи (рис. 1):

- защиту животноводческих помещений от проникновения и распространения инфекционных заболеваний аэрогенным путем;
- защиту окружающей среды в зоне размещения животноводческих комплексов;
- энерго- и ресурсосбережение.



Рисунок 1 – Очистка и обеззараживание воздуха животноводческих комплексов

Вред, наносимый воздушной среде животноводческими комплексами, условно разделяют на две части:

1. Загрязнение воздушного бассейна прилегающей территории комплексов и близких окрестностей веществами с неприятными запахами и пылью;

2. Загрязнение окружающей среды различными дезинфекторами, антибиотиками, вакцинами и иммунными сыворотками, используемыми в больших количествах в технологических процессах животноводства.

Среди возможных путей передачи инфекций (грызуны, насекомые, дикие птицы, корма, вода, воздух, инвентарь, тара, обслуживающий персонал и др.) большую опасность представляет аэрогенный путь, поскольку является одним из основных для большинства инфекционных заболеваний животных и наиболее сложноконтролируемым. Выделяемые во внешнюю среду газы, пыль и микроорганизмы распространяются на уровне горизонта с вытяжным воздухом на сравнительно большие расстояния.

Что касается вопросов снижения расходов энергии для нужд теплоснабжения зданий сельскохозяйственного назначения, то одним из основных способов является использование утилизаторов теплоты из выбрасываемого вентиляционного воздуха и его рециркуляция. Применение теплообменной системы позволяет сократить расход теплоты, идущей на подогрев приточного воздуха, на 60% и более. Однако присутствие в удаляемом воздухе большого количества пыли не позволяет использовать теплообменные системы с максимальным эффектом. Так в процессе эксплуатации теплообменное оборудование забивается пылью, что ведет к снижению теплопроизводительности, воздухопроизводительности и увеличению аэродинамического сопротивления. Следовательно, для эффективного использования теплообменных систем в условиях животноводческих комплексов необходима очистка удаляемого воздуха.

Наиболее приемлемым и перспективным способом снижения концентрации пыли и микроорганизмов в животноводческих комплексах будет являться рециркуляция воздуха в помещении с одновременной его очисткой и обеззараживанием.

В системах вентиляции с рециркулирующим очищенным воздухом может быть достигнута наибольшая экономия энергии. Если параметры рециркулируемого воздуха в холодный период выше параметров наружного воздуха, то частичная рециркуляция приводит к экономии теплоты и топлива.

В настоящее время промышленность предлагает большое многообразие воздушных фильтрующих конструкций и фильтров, с учетом требований, предъявляемых к их назначению. Основными показателями воздушных фильтров являются их эффективность, удельная воздушная нагрузка, сопротивление и пылеемкость. Эффективность фильтров зависит от условий их эксплуатации и дисперсности улавливаемого аэрозоля.

Фильтры высокой и сверхвысокой эффективности, как правило, волокнистые, и характеризуются способностью улавливать и надежно удерживать на сухих фильтрующих поверхностях частицы всех размеров – от частиц, измеряемых

десятыми и даже сотыми долями микрометра, которые улавливаются в результате действия механизмов диффузии и зацепления, до крупных частиц, задерживающихся в густом переплетении тонких волокон, образующих фильтр.

Для целей тонкой очистки как правило используют фильтры тонкой очистки, которые принято делить на две группы: специальные конструкции волокнистых фильтров и электрофильтры.

В волокнистых фильтрах тонкой очистки с более толстыми и редкими волокнами, чем в фильтрах высокой и сверхвысокой эффективности, механизм диффузии менее действенен, поэтому в них задерживаются не все частицы меньше 1 мкм. Более крупные частицы задерживаются в результате механического зацепления и инерции. Частицы крупнее 4...5 мкм в сухих фильтрах могут удерживаться недостаточно надежно. Волокна в волокнистых фильтрах тонкой очистки должны быть не толще 8...10 мкм. Скорости фильтрации в таких фильтрах обычно равна 0,05...0,25 м/с, поэтому для сохранения высокой производительности установки должны иметь весьма развернутую поверхность [3].

В электрических фильтрах тонкой очистки эффективно могут улавливаться частицы размером 10...0,01 мкм при скорости воздушного потока в активном сечении фильтра 0,5... 2,5 м/с [3].

Проведенный анализ технических характеристик фильтров показал, что наиболее полно зоотехническим требованиям к установкам очистки и обеззараживания рециркуляционного воздуха на животноводческих комплексах отвечают электрофильтры.

Электрофильтры по сравнению с другими фильтрами имеют ряд преимуществ:

1. Малое аэродинамическое сопротивление;
2. Хорошая степень очистки;
3. Возможность улавливать частицы размером 10...0,01 мкм и менее;
4. Способность регенерации фильтрующего элемента;
5. Возможность автоматизации процесса очистки;
6. Относительно малое потребление электроэнергии;
7. Низкая себестоимость очистки воздушных масс [3].

Кроме того, в электрофильтрах присутствует возможность прямого бактерицидного (изоэлектрического эффекта) и бактериостатического воздействия сильных электростатических полей на микроорганизмы. В них атомарный кислород, образующийся при ионизации воздуха, как и озон, является мощным окислителем.

Воздействие этих агентов на молекулы органических веществ, являющихся носителями запахов в воздухе, создает эффект дезодорации. Отчасти вследствие этого воздуху, очищенному в электрических фильтрах, присуща некая приятная свежесть. Также следует учитывать и тот факт, что повышенные концентрации озона в воздухе могут негативно сказываться на самочувствие как обслуживающего персонала, так и животных [2].

Электрофильтры относительно дороги и нуждаются в квалифицированных кадрах их эксплуатирующих. Использование в животноводстве разработанных и

выпускаемых в нашей стране воздушных электрофильтров, предназначенных для систем кондиционирования и обеспыливания воздуха в различных технологических процессах, не дает максимально возможного экономического эффекта, т.к. эти фильтры не отвечают в полной мере всем зоотехническим требованиям, предъявляемым к данным установкам промышленного животноводства. Кроме того, выбор конструктивных и режимных параметров электрофильтра во многом зависит от физико-химических свойств улавливаемой пыли.

Таким образом, для получения максимально возможного эффекта от внедрения систем фильтрации приточного и рециркуляционного воздуха необходима разработка и исследование электрофильтров, которые бы наиболее полно отвечали всем зоотехническим и технологическим требованиям промышленного животноводства, были просты, надежны и экономичны в эксплуатации.

Список литературы

1. Рекомендации по техническому перевооружению молочно-товарных ферм на 100, 200, 400 голов и свиноводческих ферм [Электронный ресурс] / Всероссийский научно-исследовательский и проектно-технологический институт механизации животноводства (ВНИИМЖ).
2. Трушкин, В.А. Перспективы использования озона в сельскохозяйственном производстве / В.А. Трушкин, С.В. Шлюпиков, Т.И. Третьякова // Актуальные проблемы энергетики АПК : материалы X нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием / под общ. ред. В.А. Трушкина – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2019. – С. 228-232.
3. Кулешов, А.Н. Проблема очистки и обеззараживания воздуха, анализ существующих аппаратов очистки рециркуляционного воздуха в животноводстве / А.Н. Кулешов // Журнал «Мир инноваций», №1-2. – 2018. – С. 38-43.

УДК 004.93

Шлюпиков С.В., Корнилов А.Ю.

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Аннотация. В статье рассматриваются области применения машинного зрения в сельскохозяйственном производстве на основе микропроцессоров и искусственного интеллекта.

Ключевые слова: устройство, машинное зрение, сельское хозяйство, робототехника, искусственный интеллект.

В настоящее время в сельскохозяйственном производстве основные функции выполняются вручную, либо под непосредственным контролем человека. Данная сфера деятельности является одной из важнейших отраслей агропромышленного комплекса. Она производит всё необходимое для жизнедеятельности человека: овощи, фрукты, мясо, зерно и т.д. С каждым годом количество мирового населения

растет, в связи с этим возрастает нагрузка на обеспечение населения сельскохозяйственной продукцией для удовлетворения всё возрастающего спроса.

Накопленный опыт сельскохозяйственного производства позволяет использовать эффективные методы обработки растений для повышения уровня урожайности и достижения высокого значения экономических показателей. Повысить урожайность возможно за счет использования элитных сортов семян, отлаженной системы «питания» сельскохозяйственных культур и использования современной техники. При всех достижениях на сегодняшний день существует важный недостаток. Так для обеспечения всех производственных потребностей, требуется большое количество людей, которым необходимо платить зарплату, в результате чего возрастает стоимость конечной продукции, и не все сельскохозяйственные производства могут позволить себе содержать большой штат сотрудников. В связи с чем получается удовлетворить спрос не полностью, что в итоге ведет к повышению стоимости продукции.

Для решения этой задачи, предлагается использование компьютерных технологий в сельскохозяйственном производстве. Эти технологии стремительно развиваются и проникают в разные сферы деятельности человека, параллельно с ними развиваются и смежные отрасли, такие как робототехника и машинное зрение. Все это открывает новые возможности применения автоматизации и способствует повышению качества, как продукции, так и условий труда людей.

Аппаратная часть машинного зрения представляет собой микроконтроллер, распаянный на плате. Существуют большое количество разновидностей данных устройств, с собственными средами разработки. Самыми доступными для исследовательских целей на начальном этапе являются микроконтроллеры на базе *Arduino*.



Рисунок 1 – Робот-фермер *FarmView*

Из-за многочисленных преимуществ перед аналогами по техническому оснащению, цене, открытости программного кода, они идеально подходят для применения в создании различных автоматизированных или роботизированных систем.

Большую перспективу имеет машинное зрение, которое развивается параллельно с робототехникой. Машинное зрение представляет собой системы преобразования данных, поступающих с устройств захвата изображения, и выполнением дальнейших операций на основе этих данных, состоящие из двух компонентов – камеры и специального программного обеспечения.

В частности, в растениеводстве можно использовать машинное зрение для распознавания заболеваний культур, как на микроуровне (по снимкам листьев и растений крупным планом), так и на макроуровне (выявляя ранние признаки заболеваний растений или распространения вредителей по данным аэрофото-съёмки).

Робот-фермер фирмы *FarmView* использует лазерный дальномер для определения высоты и объёма растения. Изредка он протягивает свой манипулятор, хватает один из стеблей и протыкает зондом, измеряет толщину кожуры (рис. 1).



Рисунок 2 – Робот по сборке клубники и ягод

В перспективе возможно использование роботов для посадки растений по определенному шаблону, учитывая специфику ландшафта.

Задействуют роботов также для сбора урожая, например, робот по сборку клубники, отличающий спелую ягоду лишь по её цвету (рис. 2).

Используют также роботов для уничтожения сорной растительности механическим способом или точечного опрыскивания гербицидами (рис. 3).



Рисунок 3 – Робот для удаления сорной растительности

Также, с их помощью можно определять состояние растений, длину рядов и расстояния между ними, состояния всходов, наличия сорняков, сравнения полученных данных с данными даты посадки. В этом случае обширное непрерывное сканирование всей площади насаждений позволяет быстро получить данные об их состоянии без длительных осмотров и затрат на привлечение большого количества человеческих ресурсов. Во время сбора и сортировки урожая алгоритмы машинного зрения применимы для классификации пищевых продуктов по определенным сортам, обнаружения дефектов и оценки свойств урожая: цвет, форма, размер, повреждения и загрязнения. Система также может автоматически сортировать некачественные зерна злаков и посадочного материала.

Сферу животноводства машинное зрение также затронуло, здесь здоровье животных является одним из ключевых факторов, определяющих развитие и продуктивность фермерских хозяйств. Системы машинного зрения способны автоматически выявлять аномалии или несоблюдение гигиенических стандартов, помогая усилить контроль за здоровьем животных и качеством получаемой продукции. Например, на основе машинного зрения была разработана программа – *Direktiva*, с помощью которой можно контролировать соблюдение сотрудниками санитарных регламентов.

Система определяет и идентифицирует личность сотрудника, напоминает о необходимости мытья рук и поэтапно отслеживает процесс по заданному алгоритму в соответствии с медицинским стандартом EN-1500. Обмануть искусственный интеллект невозможно, система не засчитает попытку помыть руки неправильно. После этой процедуры машинное зрение проверяет наличие на сотруднике требуемой спецодежды, отсутствие украшений и маникюра и т.д. Выявленные нарушения означают автоматический отказ в допуске на производство.



Рисунок 4 – Робот *Butler Gold Pro* для автоматизированного кормления

Существует робот *Butler Gold*, который предназначен для автоматического кормления и свободно толкает корм на специальный стол-платформу без давления на него. Благодаря специальному шнековому транспортеру сохраняется свежесть и качество корма. Это стимулирует животных более активно питаться. Кроме того, при использовании специализированной надстройки робот также

может разбрасывать небольшое количество концентрированного корма или минералов поверх основного питания. Это увеличивает поедаемость корма животными и способствует увеличению будущих надоев молока (рис. 4).

Таким образом, применение в сельском хозяйстве передовых технологий машинного зрения и робототехники увеличит конечное качество продукции, минимизирует ручной труд, повысит условия труда, а также увеличит количество получаемой продукции.

Список литературы

1. Трушкин, В.А. Перспективы использования RGB-датчиков в автономных машинах транспортировки грузов (на примере тепличного хозяйства) / В.А. Трушкин, С.В. Шлюпиков, А.Ю. Корнилов, А.О. Горшенин // Актуальные проблемы энергетики АПК : материалы X нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием / под общ. ред. В.А. Трушкина – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2019. – С. 238-241.
2. Шлюпиков, С.В. Конструктивные особенности электрифицированных агрегатов для транспортировки грузов / С.В. Шлюпиков, А.Ю. Корнилов, А.О. Горшенин // «Современные проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса» Сборник статей по итогам междунар. науч.-практ. конф. 2019 / Саратов: ООО «Амирит», 2019. – С. 94-101.
3. Рощин, Д.А. Способ применения компьютерного зрения для повышения точности проведения аэрофототопографической съемки местности / Д.А. Рощин // «Прикладная информатика. Научные статьи» / «Синергия», 2017. – С. 58-70.

УДК 004.93

¹Шлюпиков С.В., ¹Корнилов А.Ю., ²Горшенин А.О.

¹ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

²Организация Slyders technologies, г. Саратов

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Аннотация. В статье рассматриваются перспективы применения технологии LiDAR, позволяющие осуществлять лазерное сканирование объектов в пространстве. Особенность данной технологии состоит в том, что проводится дистанционное зондирование окружающего пространства, лазерным импульсом с целью сбора измерений, которые в последствии могут быть использованы для создания 3D-моделей, карт объектов и распознавания окружающего пространства для автономного движения техники.

Ключевые слова: компьютерное зрение, лидар, технология LiDAR, оптические системы, сканирование пространства, бесконтактные измерения, 3D пространство, моделирование.

В основе технологии LiDAR лежит получение и обработка информации об удаленных объектах с помощью активных оптических систем, использующих явления отражения света и его рассеяния в полупрозрачных и прозрачных сре-

дах. Устройство представляет собой активный дальномер оптического диапазона, который позволяет формировать двумерную или трёхмерную картину окружающего пространства. «Атмосферные» технологии LiDAR способны определять свойства прозрачной среды.

К списку достоинств LiDAR технологий можно отнести: мгновенную мощность луча; когерентность излучения; низкие потери, обусловленные малой длиной волны.

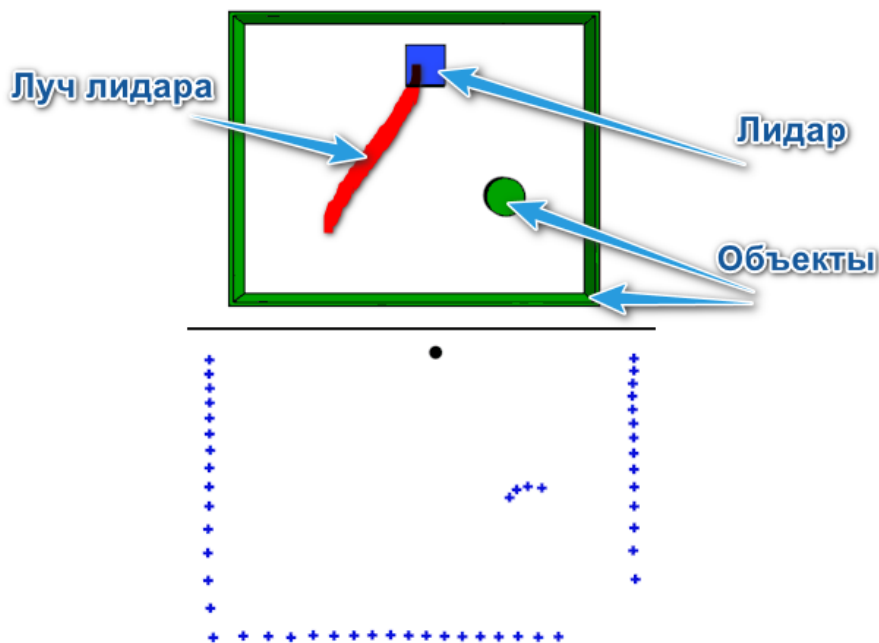


Рисунок 1 – Принцип действия технологии LiDAR

В совокупности указанные характеристики сделали оборудование незаменимым при анализе среды на расстоянии до нескольких километров. При работе лазерный луч отражается от поверхностей, возвращается к прибору и улавливается фотоприемником (рис. 1).

Частота – до 150 000 импульсов в секунду. Аппарат запоминает время прохождения сигнала, на основе чего формирует координаты предмета в пространстве: удаленность; размеры; геометрические особенности и пр. Создается точная информация о цели в виде набора 3-х мерных точек.

LiDAR выпускаются двух основных видов. Первый вид: микроимпульсные – обладают небольшой мощностью и допускаются к использованию без соблюдения особых мер безопасности. Второй вид – устройства с высокой энергией излучения, рассчитанные на исследования пространства. Они определяют параметры облаков, атмосферное давление, силу ветра, влажность, содержание газов в воздухе.

В лазерном дальномере используются разные типы лазера. Распространенные длины волн: топографические сканеры – 1064 нм; батиметрические – 532 нм; наземные коммерческие приборы – 600÷1000 нм; наземное научное оборудование – 1500 нм. Эти значения выбираются с учетом следующих факторов:

свойства окружающей среды; отражающая способность изучаемых мест; чувствительность детектора; конструктивные требования к технике; допустимая степень безопасности излучения для зрения.

Для определения не только расстояния, но и обзора цели измеряется множество точек. Методы функционирования сканирующего LiDAR: качающееся зеркало – за счет изменения положения зеркала вокруг своей оси удается отсканировать нужную область и сформировать трехмерные данные; вращающаяся призма – более совершенный метод, в котором исключен недостаток зеркала в виде непостоянной скорости движения, здесь луч скачет по граням призмы и создает ряды точек; вращающееся зеркало – развертка формируется в виде эллиптической кривой, при этом каждая точка сканируется 2 раза; оптоволоконная подсистема – в отличие от названных механических методов оптоволоконный способ обеспечивает более стабильную геометрию сканирования, поскольку между оптическими каналами оборудования и оптоволоконном связи фиксированы.

Результаты исследований представляют собой файлы с координатами и дополнительной информацией. Техника способна генерировать большие объемы измерений, поэтому в них предусмотрены собственные накопители, где все значения сохраняются сразу после сбора и цифровой обработки.

Традиционные способы трехмерной съемки для изучения ландшафта, воздушного или водного пространства стоят дорого и занимают много времени. Новая технология LiDAR эффективнее, поэтому применяется в разных областях. С помощью пульсирующего лазерного луча удастся исследовать рельеф местности с учетом любых объектов – травы, листья, деревьев, перемещающихся объектов. Полученный топографический 3D-контур создается быстро. Трехмерные системы картографирования помогают в сельском хозяйстве, когда нужно создать: ирригационную сеть; водозащитные сооружения; прочие вспомогательные объекты.

Также LiDAR технологии применяют для определения геометрических характеристик деревьев (рис. 2).



Рисунок 2 – Пример применения технологии LiDAR в сельскохозяйственном производстве

Беспилотные летательные аппараты с LiDAR позволяет собрать точные данные об особенностях и рельефе почвы. При этом не надо ждать подходящую погоду и использовать специальную технику для сбора данных.

Последние веяния науки и техники связаны с разработкой роботизированных систем направленных на облегчение условий труда или его полную замену. Развитие технологии LiDAR позволит совершить серьезный рывок в этом направлении.

Список литературы

1. *Трушкин, В.А.* Перспективы использования RGB-датчиков в автономных машинах для транспортировки грузов (на примере тепличного хозяйства) / В.А. Трушкин, С.В. Шлюпиков, А.Ю. Корнилов, А.О. Горшенин // Актуальные проблемы энергетики АПК : материалы X нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием / под общ. ред. В.А. Трушкина – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2019. – С. 238-241.
2. *Шлюпиков, С.В.* Конструктивные особенности электрифицированных агрегатов для транспортировки грузов / С.В. Шлюпиков, А.Ю. Корнилов, А.О. Горшенин // «Современные проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса» Сборник статей по итогам междунар. науч.-практ. конф. 2019 / Саратов: ООО «Амирит», 2019. – С. 94-101.
3. *Николенко, С.И.* Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей / С.И. Николенко, А. Кадурин, Е.В. Архангельская. – СПб.: «Питер», 2018. – 481 с.

УДК 631.3

Шляхов С.Д., Логачева О.В.

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ДВИГАТЕЛЯ В ПРИВОДЕ ДОЗИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Аннотация. В настоящей статье приведена классификация дозирующих устройств пищевого производства, сформулированы требования к ним и рассмотрена перспектива использования линейного электромагнитного двигателя в приводе таких технических средств.

Ключевые слова: дозирующие устройства, дискретные приводы, линейный электромагнитный привод.

Задача реализации импортозамещения в технических отраслях предполагает создание новых или существенное совершенствование традиционных механизмов, машин, систем, технологий, обеспечивающих нормальное функционирование и устойчивое развитие отдельных подразделений и предприятий в целом.

Несомненный интерес здесь представляют дискретные электрические приводы и электромеханические системы с линейными электромагнитными двигателями (ЛЭМД).

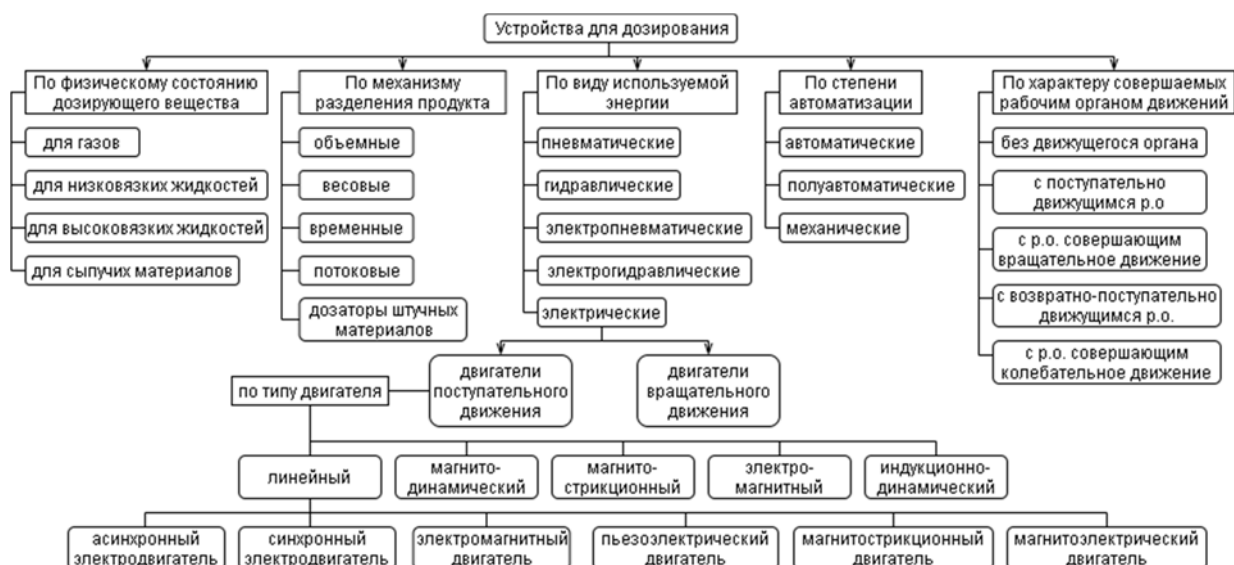


Рис. 1 - Классификация дозирующих устройств.

В частности, на практике зачастую требуется автоматически менять производительность дозирующих устройств в процессе работы в соответствии с требованиями технологического процесса. Анализ литературных источников показал, что среди многообразия технических средств для дозирования, такие дозаторы имеют прецизионную конструкцию и высокую стоимость, сложны в эксплуатации и обслуживании.

Устройства для дозирования отличаются большим разнообразием принципиальных и конструктивных решений, что затрудняет их классификацию.

По степени автоматизации различают: Наибольший практический интерес представляет классификация, приведённая на рисунке 1.

Автоматические дозаторы — это автоматизированные конструкции, работающие непрерывным циклом, которые имеют заданную точность, производящие дозирование. Их как правило применяют в крупных предприятиях с большими объемами производства. С их помощью производится большое количество продукции при этом обеспечивая достаточную точность, но такой вид дозаторов является дорогостоящим и габаритным, что не позволяет использовать такой вид дозаторов в условиях малых фермерских хозяйств.

Полуавтоматические дозаторы — это дозирующие машины, получившие большое применение в сельском хозяйстве за счёт своей универсальности и надёжности. В том числе их универсальность и адаптивность позволяют применять их для множества задач предприятий.

Полуавтоматические дозаторы в отличие от вышеуказанных автоматических дозаторов обеспечивают дозирование при непосредственном участии оператора в процессе работы. Полуавтоматические дозаторы классифицируются на весовые и объёмные в зависимости от способа разделения продукта. В объёмных дозирующих устройствах масса дозы измеряют в м³, а в весовых в килограммах.

Рассматривая устройства дозирования нельзя не рассмотреть различия по механизму разделения продукта:

Объемный дозатор производит дозирование при помощи мерного устройства, которое выполняет дозирование продукта заполняя определённый объём. Таким образом объёмные дозаторы используют заполнение мерного устройства при дозировании таких как стакан. Или же зачастую применяют дозирование за счёт изменения объёма, вытесненного поршнем и цилиндрической ёмкости. Данный метод позволяет точно дозировать продукт, а также позволяет использовать такой вид дозирования при дозировании высоковязких сред в том числе и фарша.

Объёмные дозаторы имеют как ряд преимуществ и недостатков.

К преимуществу относят надёжность за счёт упрощения конструкции дозатора и высокую производительность. Но не только повышенная надёжность является следствием упрощения конструкции, но и снижение стоимости дозатора, что в свою очередь является основополагающим фактором в выборе механизмов на малых фермерских хозяйствах.

Среди незначительных недостатков объёмных дозаторов можно выделить трудность дозирования сыпучих продуктов, так как при смене дозируемого продукта необходимо учитывать сыпучесть продукта и применять для фасовки равносыпучие продукты. Но данный недостаток является незначительным при дозировании других видов продукции, таких как высоковязкие и низковязкие жидкости.

Весовые дозаторы — это дозаторы непрерывно-циклического или дискретного (периодического) действия. Взвешивание и дозирование выполняется при помощи встроенных весов. К таким дозаторам относят также силовые дозаторы, которые позволяют производить дозирование по средствам сравнения величины электростатического поля [5].

Временные дозаторы - дозаторы непрерывно-циклического действия. Величина дозы определяется временем между открытием и закрытием заслонки, отмеряющей продукт.

Потоковые дозаторы также являются дозаторами непрерывно-циклического действия. Такие дозаторы разделяют дозы за счёт фиксированной величины времени и скорости потока.

Дозаторы штучных продуктов от выполняемой работы разделяются на дозаторы дискретного действия и непрерывно-циклические. Дозаторы штучные продуктов просты в производстве и точны при работе, но данный вид дозаторов имеет узкую специализацию и мало пригодны для совершенствования.

По виду используемой энергии разделяют на пневматические, гидравлические, комбинированные (электропневматические, электрогидравлические), электрические.

Использование гидравлических дозаторов осложнено возможностью попадания посторонних веществ в готовую продукцию, что может привести к серьёзным последствиям при производстве. Дозаторы, работающие на электрической энергии в сравнении с пневматическими, имеют ряд преимуществ таких как: точность дозирования, размер, простота автоматизации.

Выбирая устройство, работающее на электрической энергии возможен выбор по типу движения: поступательный и вращательный.

За счет возможности регулировки величины хода и отсутствия вспомогательных механизмов по передаче энергии движения наибольшую точность дозирования позволяет достичь линейный двигатель, имеющий поступательный тип движения.

В настоящее время разработаны следующие типы линейных электродвигателей.

Линейные асинхронные электродвигатели, имеющие в своих достоинствах практически неограниченное увеличение их скорости. К их недостаткам относят большой расход энергии при работе на упор. Мощность потерь несколько больше произведения силы тяги на скорость скольжения бегущего поля относительно вторичного элемента. Отсутствие вращающегося вала для размещения вентилятора требует принятия специальных мер по отводу тепла от активных материалов линейного двигателя [13].

Линейные синхронные электродвигатели скорость которых остается постоянной вне зависимости от изменения нагрузки. Среди недостатков синхронных электродвигателей выделяют: сложную конструкцию, более сложный пуск и необходимость использования вспомогательных устройств и блоков.

Достоинства магнитоэлектрических двигателей: повышенная устойчивость работы в синхронном режиме и равномерность частоты вращения. Эти двигатели имеют сравнительно высокие энергетические показатели (КПД и $\cos\phi$).

Недостатки магнитоэлектрических синхронных двигателей: более высокая стоимость по сравнению с синхронными двигателями других типов, обусловленная высокой стоимостью и сложностью обработки постоянных магнитов, выполняемых из сплавов.

Основным недостатком **магнитострикционных двигателей** как, впрочем, и пьезоэлектрических, является малый диапазон позиционирования [7].

К недостаткам **пьезоэлектрических двигателей** стоит отнести большое напряжение питания, что затрудняет его использование в малых фермерских хозяйствах для дозирования колбасного фарша.

Громадный опыт использования электромагнитных систем четко выявил их достоинства: простота конструкции и применения, почти мгновенная остановка, мгновенный реверс, быстрота срабатывания, большие усилия, простота настройки.

Анализ существующих и используемых в настоящее время технических средств дозирования показал, что, в основном, применяются дозаторы, не позволяющие осуществлять изменение величины дозы при изменении типа производимой продукции [5,6]. Структурная схема такого привода показана на рис.2. В этой связи перспективным является использование привода с линейным электрическим двигателем, осуществляющим возвратно-поступательное движение рабочего органа.

Список литературы

1. Каргин В.А. Автоматизация систем управления технологическими процессами: учебное пособие / В.А. Каргин, А.П. Моисеев, Л.А. Лягина, А.В. Волгин, Е.А. Четвериков. – Саратов: Амирит, 2018. – 177 с.
2. Усанов, К.М. Линейные электромагнитные двигатели и приводы в импульсных процессах и технологиях : монография / К.М. Усанов, В.И. Мошкин, В.А. Каргин, А.В. Волгин. – Курган: Изд-во Курганского государственного университета, 2015. – 202 с.
3. Усанов, К.М. Линейный импульсный электромагнитный привод машин с автономным питанием / К.М. Усанов, В.И. Мошкин, Г.Г. Угаров. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2006. – 284 с.
4. Каргин, В.А. Система с реверсивным линейным электромагнитным двигателем для формирования колбасных изделий / В.А. Каргин, А.П. Моисеев, С.М. Зубарев // Достижения науки – агропромышленному производству: материалы LI Международной научно-практической конференции, ч. V, Челябинск: ЧГАА, 2012. – С. 181-184.
5. Першина, С.В. Весовое дозирование зернистых материалов / С.В. Першина, А.В. Каталымов, В.Г. Однолько, В.Ф. Першин. – Москва: Машиностроение, 2009
6. Усанов, К.М. Линейный электромагнитный двигатель с осевым каналом реверсивного исполнения / К.М. Усанов, А.П. Моисеев // Вавиловские чтения – 2009: материалы Международной научно-практической конференции. – Саратов: ИЦ «Наука», 2009. – С. 378-380.
7. Усанов, К.М. Реверсивный линейный электромагнитный двигатель с осевым каналом / К.М. Усанов, А.П. Моисеев, В.А. Каргин, А.В. Волгин. – Патент на изобретение RU2440661, МПК H02K 41/03. Опубл.20.01.2012, Бюл. № 2.
8. Мошкин, В.И. Импульсные линейные электромагнитные двигатели / В.И. Мошкин, В.Ю. Нейман, Г.Г. Угаров – Курган, 2010 – 220 с.
9. Каргин, В.А. Система управления плавным ходом якоря ЛЭМД кормораздаточных транспортеров за счет автоматической корректировки выходного усилия / В.А. Каргин, А.П. Моисеев, А.В. Волгин, Н.Н. Белова. – Известия Международной академии аграрного образования. – Выпуск № 37 (2017). – С. 15-18.
10. Расчет дозатора жидкости объемного типа // Аграрный научный журнал. – 2019. – № 12. – С. 90-93. ISSN 2313-8432.
11. Каргин, В.А. Система управления формователем колбасных изделий на базе программируемого логического контроллера / В.А. Каргин, А.П. Моисеев, В.С. Никитин, Massad, A.Kh. // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VIII Международной научно-практической конференции. – Саратов: ООО «ЦеСАин» 2017. – С. 175-178.
12. Петров, И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования / Под ред. В.П. Дьяконова. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 256 с.
13. Майоров, А.М. Проблемы развития линейных асинхронных двигателей/ А.М. Майоров, М.И. Майоров - Ачинск

Шляхов С.Д., Логачева О.В.

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ДОЗАТОРА КОЛБАСНОГО ФАРША

Аннотация. В настоящей статье приведена функциональная схема программной системы автоматического управления дозатором колбасного фарша использованием программируемого логического контроллера.

Ключевые слова: дозирующие устройства, дискретные приводы, линейный электромагнитный привод, программируемый логический контроллер.

В наше время положительный опыт применения машин с использованием линейного электрического двигателя показывает перспективность их использования и замены устаревших гидравлических и пневматических систем, применяющихся в дозировании колбасного фарша.

Наибольшее распространение получили пневматические, гидравлические, шнековые и вакуумные приводы дозаторов. Пневматические и гидравлические приводы в большинстве случаев не способны выполнять дозирование с необходимой точностью, а также существуют вероятность попадания воздуха и посторонних жидкостей в продукцию.

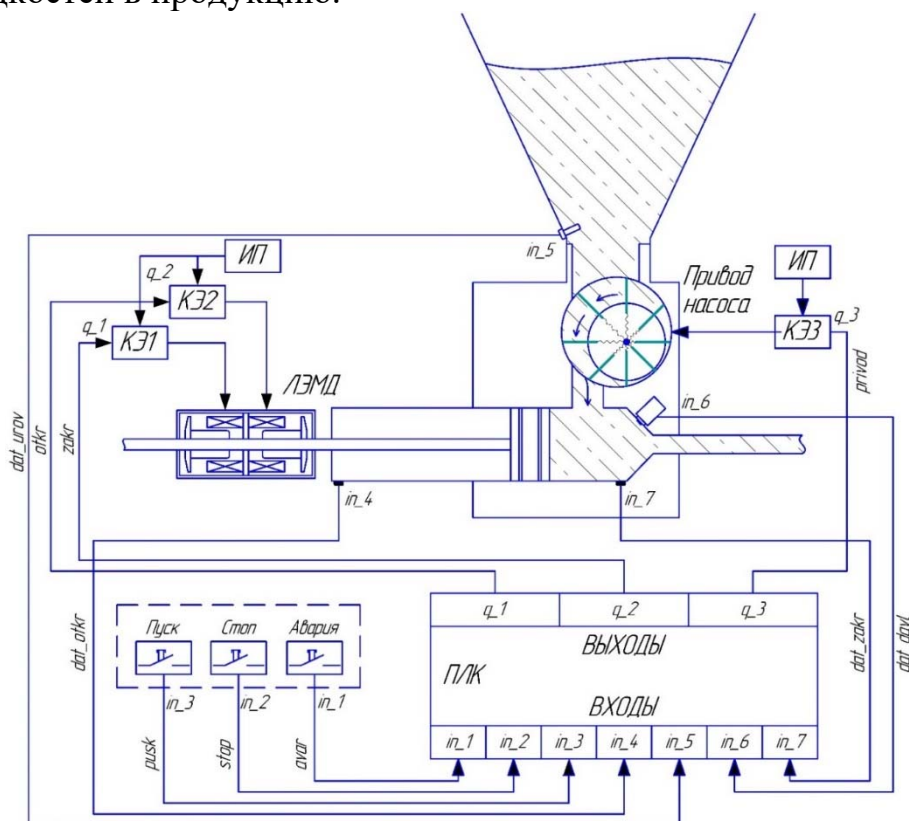


Рис.1 – Функциональная схема программной системы автоматического управления дозатором колбасного фарша

Шнековые машины не применяются для производства колбасных изделий в следствии воздействия на структуру фарша, но нашли своё применение в производстве сосисок.

При использовании поршневых дозаторов появляется необходимость периодической остановки для загрузки фарша в цилиндр, что понижает производительность. В этом случае перспективно использовать вакуумный насос, который производит автоматическое заполнение цилиндра дозирующего устройства. Использование линейного электромагнитного двигателя позволит не только выполнять дозирование с высокой степенью точности, но и регулировать величину доз, что сделает дозатор более универсальным и даст возможность применять его для производства большого количества разнообразной продукции, при одновременном уменьшении затрат.

Для корректной работы дозирующего устройства необходимо использовать систему автоматического управления. Функциональная схема программной системы показана на рисунке 1.

Управление дозированием происходит при помощи трёх кнопок: «Пуск», «Стоп», «Авария». Подача фарша в цилиндр производится при помощи привода вакуумного насоса, позволяющего за короткий срок выполнять загрузку без попадания воздуха в цилиндр. Последующее дозирование и наполнение оболочки осуществляется линейным электромагнитным двигателем. Датчики крайних положений контролируют передвижение поршня на критические значения. Датчик давления позволяет регулировать давление подачи колбасного фарша и сигнализировать о аварийных ситуациях. Датчик уровня информирует оператора о необходимости загрузки и предотвращает работу дозатора при опустошавшейся воронке.

При нажатии кнопки «Пуск» устанавливается дискретный сигнал на входе in_3 (pusk) программируемого логического контроллера. При отсутствии сигналов от датчика уровня наполненности воронки о опустошении на входе in_5 (dat_urov) то на выходе q_1 и q_3 формируется сигнал включения, поступающий в коммутационные элементы КЭ1 и КЭ3 соответственно. Первым срабатывает коммутационный элемент КЭ3 подавая импульс на привод насоса, который производит наработку колбасного фарша в цилиндр до срабатывания датчика давления (dat_davl) подавая сигнал на вход in_6, сигнализирующего о полном заполнении цилиндра, после чего отключается. После отключения привода насоса коммутационный элемент КЭ1 производит подключение обмоток линейного электромагнитного двигателя подачей импульсов на единичное срабатывание. Количество импульсов зависит от размера колбасы и плотности наполнения.

Выдавливание заканчивается после совершения максимального числа единичных срабатываний, зависящих от длины цилиндра и величины хода линейного электромагнитного двигателя. Датчик закрытия dat_zakr защищает от аварийных ситуаций при котором поршень совершает единичные перемещения больше рассчитанного на это длины цилиндра при этом подовая сигнал на вход in_7 прекращая работу приводов.

После выполнения полного хода поршня сигнал от выхода q_2 (otkr) на коммутационный элемент КЭ2 который в свою очередь подаёт импульсы для

возвращения поршня в начальное положение. После этого цикл начинается с начала.

Кнопка «Стоп» позволяет прекратить выполнение циклов не прерывая выполняемый.

Кнопка «Авария» прекращает работу приводов дозатора при возникновении аварийной ситуации.

Для удобства необходимо обозначить глобальные входы и выходы (табл.1).

Таблица 1

Глобальные входы и выходы программируемого логического контроллера

№	Наименование	Обозначение	Номер входа/выхода
1	2	3	4
ВХОДЫ			
1	Аварийная кнопка СТОП	avar	in 1
2	Кнопка остановки процесса	stop	in 2
3	Кнопка запуска процесса	pusk	in 3
4	Конечный выключатель на открытие	dat_otkr	in 4
5	Датчик уровня	dat_urov	in 5
6	Датчик давления	dat_davl	in 6
7	Конечный выключатель на закрытие	dat_zakr	in 7
ВЫХОДЫ			
8	Привод задвижки на открытие	otkr	q 1
9	Привод задвижки на закрытие	zakr	q 2
10	Электропривод насоса	privod	q 3

Из вышесказанного можно сделать выводы о том, что в малых фермерских хозяйствах рационально использовать дозаторы колбасного фарша с линейным электромагнитным приводом под управлением программируемого логического контроллера.

Список литературы

1. Каргин В.А. Автоматизация систем управления технологическими процессами: учебное пособие / В.А. Каргин, А.П. Моисеев, Л.А. Лягина, А.В. Волгин, Е.А. Четвериков. – Саратов: Амирит, 2018. – 177 с.
2. Усанов, К.М. Линейные электромагнитные двигатели и приводы в импульсных процессах и технологиях : монография / К.М. Усанов, В.И. Мошкин, В.А. Каргин, А.В. Волгин. – Курган: Изд-во Курганского государственного университета, 2015. – 202 с.
3. Мошкин, В.И. Импульсные линейные электромагнитные двигатели / В.И. Мошкин, В.Ю. Нейман, Г.Г. Угаров – Курган, 2010 – 220 с.
4. Петров, И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования / Под ред. В.П. Дьяконова. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 256 с.
5. Каргин, В.А. Система управления формователем колбасных изделий на базе программируемого логического контроллера / В.А. Каргин, А.П. Моисеев, В.С. Никитин, Massad, A.Kh. // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VIII Международной научно-практической конференции. – Саратов: ООО «ЦеСАин» 2017. – С. 175-178.
6. Каргин, В.А. Вестник Алтайского государственного аграрного университета № 6 [Текст] / В.А. Каргин // Система автоматического управления электромагнитным сводообрушителем. – Барнаул, 2019. – С. 148-154.

Щукин И.В., Пасечный А.А., Каргин В.А.

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

ПРОГРАММИРОВАНИЕ И НАСТРОЙКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ПРИВОДОМ

Аннотация. В настоящей статье приведена методика программирования и настройка автоматической системы управления электромагнитным приводом. Программирование логического контроллера осуществляется в среде CoDeSys использованием языка SFC – непрерывные функциональные схемы.

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

Одним из основных условий для решения проблем обеспечения качественной сельскохозяйственной продукцией является внедрение новых и совершенствование имеющихся технических средств [1-3].

В связи с этим применение силовых электрических приводов с линейными электромагнитными двигателями для технологий и операций с возвратно-поступательным движением рабочего органа представляется вполне эффективным [4-7].

Используемые в настоящее время электрические преобразователи [8-11], предназначены, в основном, для питания и управления ударными электромагнитными машинами, в которых не требуется автоматическая подстройка выходных показателей. Таким образом, разработка управляющего устройства безударных электромагнитных приводов сельскохозяйственного назначения, обеспечивающая автоматическую корректировку потребляемой энергии при изменении свойств нагрузки, представляется важным. Одним из путей совершенствования электрических преобразователей для реализации адаптивных управляющих систем является использование современных программируемых микропроцессорных технических средств [12-15].

В частности, на рис.1 показана функциональная схема электрического преобразователя с программируемым логическим контроллером, подробное описание которой представлено в [15].

Питание ЛЭМД осуществляется от источника питания ИП через твердотельное реле ТТР (рис. 1). Дискретная подача электроэнергии обеспечивается коммутационным элементом КЭ, включение и отключение которого увязывается с предельным положением якоря и кнопками управления КУ [14,15].

Автоматическая коррекция выходного тягового усилия F_T обеспечивается плавным варьированием напряжения на обмотке двигателя посредством изменения управляющего напряжения на твердотельном реле ТТР.

Заключительным этапом разработки автоматической системы управления безударными электромагнитными приводами является ее программирование и

настройка. Программирование логического контроллера осуществляется в среде CoDeSys (Controllers Development System) [16].

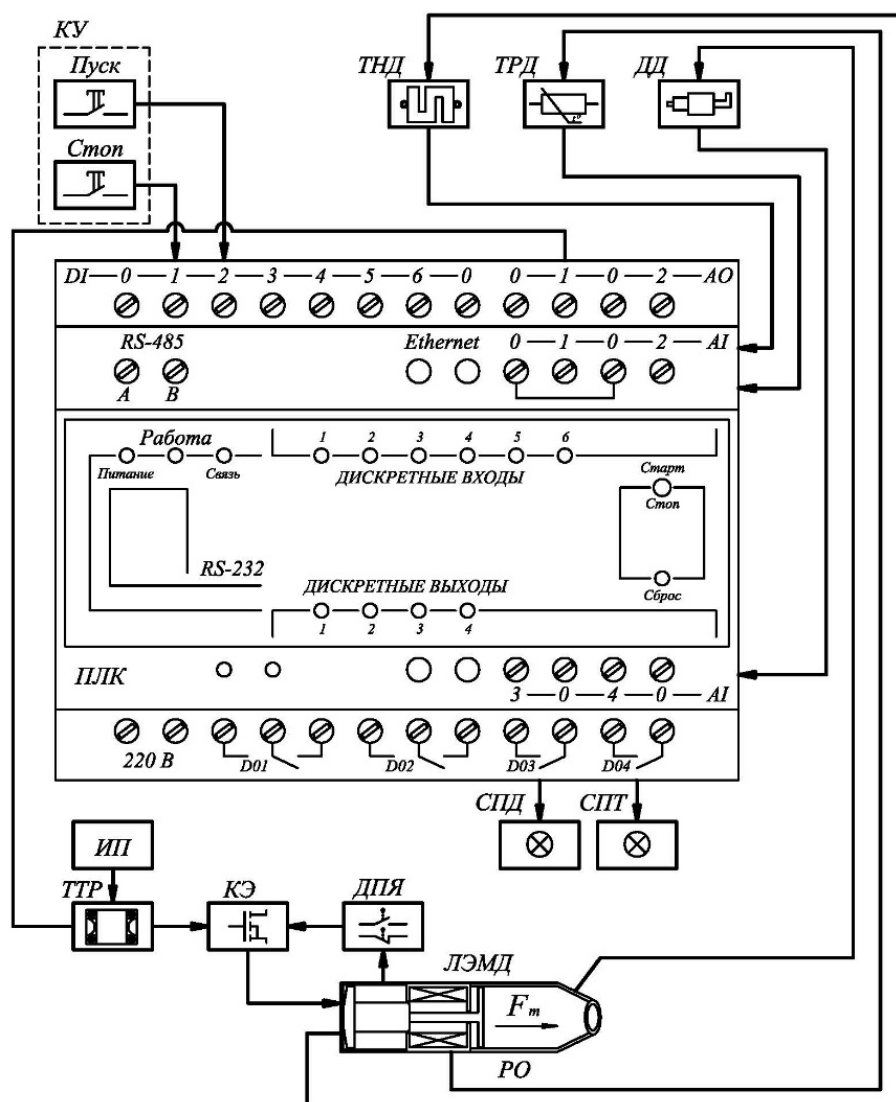


Рис.1 – Система автоматического управления плавным ходом якоря ЛЭМД: КУ – кнопки управления; ТНД – тензодатчик; ТРД – термодатчик; ДД – датчик давления; ИП – источник питания; ТТР – твердотельное реле; КЭ – коммутационный элемент; РО – рабочий орган; ЛЭМД – линейный электромагнитный двигатель; СПД – сигнализация превышения давления в фаршевом цилиндре; СПТ – сигнализация превышения температуры обмотки двигателя; ПЛК – программируемый логический контроллер.

Разделим этап программирования на ряд отдельных операций:

10. Выбор программируемого логического контроллера, тип (дискретные или аналоговые) и количество входов и выходов которого соответствуют требованиям функциональной схемы САУ (рис.1);
11. Выбор языка программирования;
12. Объявление имен глобальным входам и выходам;
13. Составление логической схемы использованием библиотек CoDeSys;
14. Настройка и эмуляция логической схемы;
15. Копирование кода программы на программируемый логический контроллер.

Выбор программируемого логического контроллера осуществляют с учетом типа (дискретные или аналоговые) и количества его входов и выходов, которые должны соответствовать требованиям функциональной схемы САУ (рис.1).

Определим количество и тип входов и выходов ПЛК:

- на дискретные входы подключаются:
 - in_1 – кнопка запуска привода *pusk*;
 - in_2 – кнопка остановки привода *stop*;
 - in_3 – конечный выключатель *SQ*;
- на аналоговые входы подключаются:
 - in_4 – датчик температуры *d_temp*;
 - in_5 – датчик давления *d_davl*;
- на дискретные выходы подключаются:
 - q_1 – управление коммутационным элементом LEMD-d;
 - q_2 – сигнализация световая *lamp*;
 - q_3 – сигнализация звуковая *zvonok*;
- на аналоговые выходы подключаются:
 - q_4 – управление твердотельным реле LEMD-a.

Из каталога требованиям соответствует контроллер фирмы ОВЕН PLK150-220.U.L, конфигурация которого предоставляется, в частности фирмой ОВЕН и скачивается бесплатно с сайта [17].

Важной операцией при программировании является объявление имен глобальным входам и выходам логического контроллера, ошибка в которой не обеспечит правильную работу всей системы.

На рис.2 и рис.3 показаны логические схемы автоматической системы управления электромагнитным прессом сокоотжимного устройства [15], выполненные на языке программирования CFC – непрерывные функциональные схемы [18].

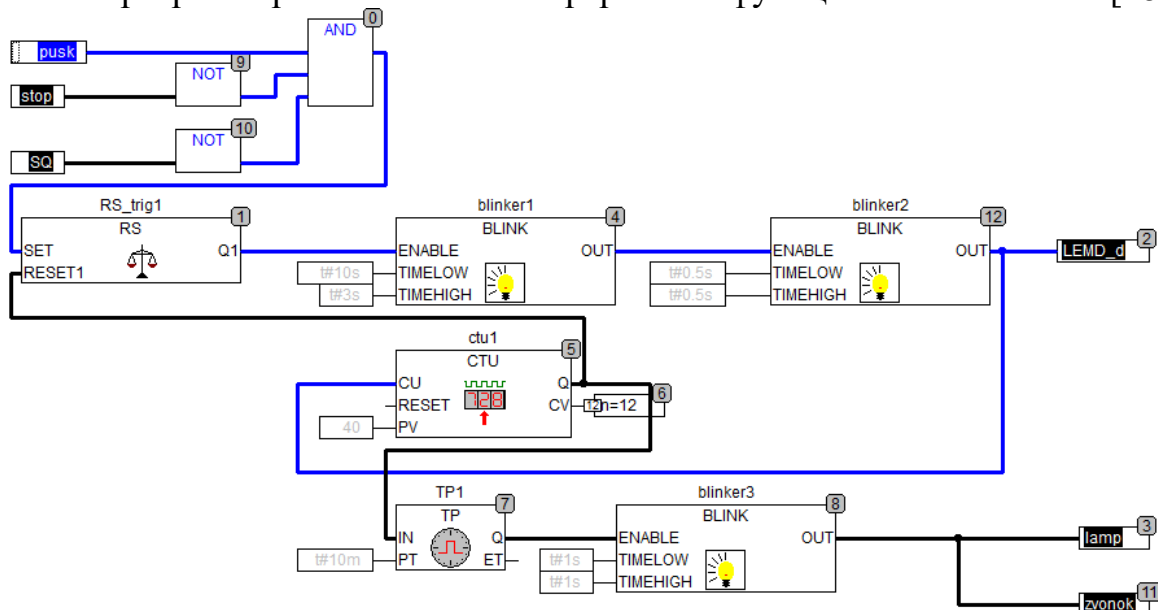


Рис.2 – Логическая схема автоматической системы управления электромагнитным прессом сокоотжимного устройства, выполненная на языке CFC с использованием библиотек CoDeSys

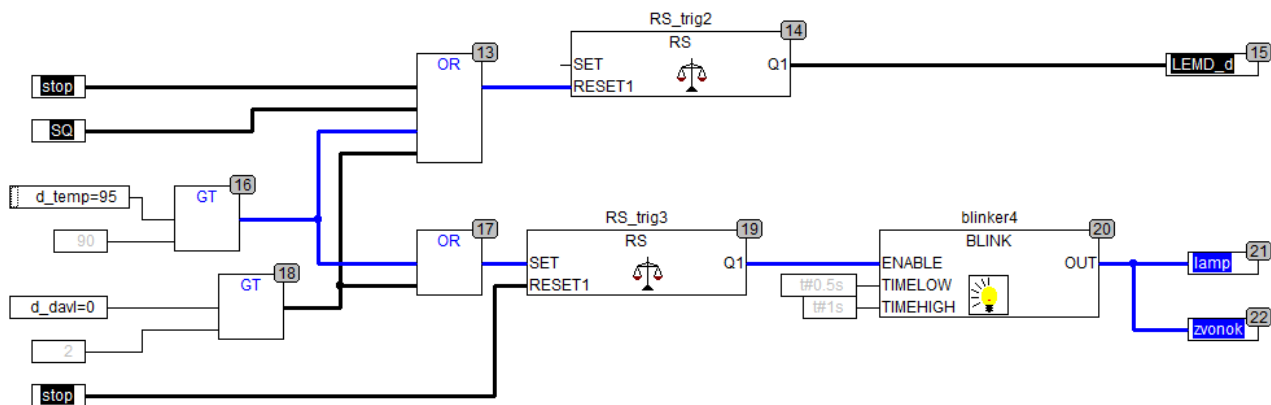


Рис.3 – Логическая схема остановки и защиты электромагнитного привода от перегрева и превышения давления в сокоотжимной емкости, выполненная на языке CFC с использованием библиотек CoDeSys.

Заключительным этапом программирования является проверка и настройка программы. При этом проверить ее работоспособность можно при помощи эмуляции, не прибегая к монтажу и подключению к ПЛК.

Во время эмуляции созданная программа выполняется не в ПЛК, а на компьютере, на котором запущен CoDeSys (рис.2 и рис.3). В этом режиме допустимы все функции онлайн, что позволяет проверить логическую правильность программ, не используя контроллер [18].

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

Таким образом, эмуляция программы показала работоспособность адаптивной управляющей системы. После проверки и настройки программы проводится копирование кода программы на логический контроллер. Аналогичным образом производится программирование ПЛК для других управляющих систем.

Список литературы

1. Мошкин, В.И. Импульсные линейные электромагнитные двигатели / В.И. Мошкин, В.Ю. Нейман, Г.Г. Угаров. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2010. – 220 с.
2. Усанов, К.М., Импульсные электромагнитные двигатели в приводе оборудования пищевого производства / К.М. Усанов, В.А. Каргин, С.М. Зубарев, А.В. Ивченко. // Научное обеспечение агропромышленного производства: Материалы Международной научно-практической конференции – Курск: Изд-во Курская государственная сельскохозяйственная академия, 2010. – С.228-231.
3. Усанов, К.М. Дискретные электромагнитные приводы в процессах и технологиях сельхозпроизводства и АПК : [монография] / К.М. Усанов, В.А. Каргин, А.П. Моисеев, А.В. Волгин. – Саратов: Амирит, 2021. – 184 с.
4. Патент на изобретение RU 2366065 Российская Федерация, МПК Н 02 К 41/03. Линейный шаговый электромагнитный двигатель / Усанов К. М., Моисеев А. П., Каргин В. А., Волгин А. В. – Опубл. 27.08.2009, Бюл. № 24.
5. Патент на изобретение RU 2440661 Российская Федерация, МПК Н 02 К 41/03. Реверсивный линейный электромагнитный двигатель с осевым каналом / Усанов К. М., Моисеев А. П., Каргин В. А., Волгин А. В. – Опубл. 20.01.2012, Бюл. № 2.
6. Усанов, К.М. Импульсный электромагнитный привод тросошайбового кормораздатчика / К.М. Усанов, А.П. Моисеев, В.А. Каргин. – Техника в сельском хозяйстве, № 3, 2011.

7. Усанов К.М. Импульсная система с линейным электромагнитным двигателем для интенсификации разгрузки бункеров / К.М. Усанов, В.А. Волгин, В.А. Каргин. – Научное обозрение, № 6, 2012. – С.255–258.
8. Усанов, К.М. Электрический преобразователь с емкостным накопителем энергии для питания электромагнитной ударной машины / К.М. Усанов, В.А. Каргин // Механизация и электрификация сельского хозяйства: Материалы конференции, посвященной 119-й годовщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова, Саратов: СГАУ, 2006. – С. 81–85
9. Усанов, К.М. Электрический преобразователь электромагнитной ударной машины / К.М. Усанов, В.А. Каргин, И.В. Трубенкова // Вавиловские чтения-2009: Материалы Межд. науч.-практ. конф. – Саратов: ООО Издательство «КУБиК», 2009. – С.376–378.
10. Ряшенцев, Н.П. Электромагнитные прессы / Н.П. Ряшенцев, Г.Г. Угаров, А.В. Львицын. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1989. – 216 с.
11. Угаров, Г.Г. Схемы питания и управления линейными электромагнитными двигателями / Г.Г. Угаров, А.В. Львицын, Г.А. Витмаер // Повышение эффективности использования электрического оборудования в сельском хозяйстве. – Саратов: СХИ, 1985. – С. 154–162.
12. Kargin, V.A. Adaptive System for Automatic Control of Output Effort of Electromagnetic Sausage-Filler / V. A. Kargin, A. V. Volgin, A. P. Moiseev // 14th International Scientific-Technical conference on actual problems of electronic instrument engineering proceedings APEIE-2018. – Vol. 1. – Part 6. – 44894.
13. Kargin, V.A. Electromagnetic Strike Action System with Self-Adjustment of Output Energy / V. A. Kargin, A. V. Volgin // 2018 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon, 20184 January 2019 8602647.
14. Каргин, В.А. Система автоматического управления электромагнитным сводообрушителем / В.А. Каргин / Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2019. – № 6 (176). – С. 148–154.
15. Каргин, В.А. Система управления электромагнитным прессом для отжима сока / В.А. Каргин. – Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2019. № 4 (174). – С. 155-160.
16. Руководство пользователя по программированию в CoDeSyS 2.3 – редакция RU 2.4, для CoDeSyS v 2.3.6x.
17. <https://owen.ru>. ОВЕН. Оборудование для автоматизации.
18. Петров, И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования / И.В. Петров. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 246 с.

УДК 621.313

Щукин К.А., Моисеев А.П., Молитвин Г.А.

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ

Аннотация. В настоящей статье разработан комплекс энергосберегающих мероприятий для повышения энергоэффективности образовательного учреждения.

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

Внедрения энергосберегающих мероприятий в разные сферы хозяйства посвящены многие научные работы и уделяется значительное внимание [1]. Однако разработкам энергосберегающих мероприятий в бюджетных организациях не уделяется должного значения. Для учета всех факторов, влияющих на энергоэффективность объекта, необходимо разработать комплексную программу энергосбережения. Частичное решение данной проблемы и посвящена настоящая статья.

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

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

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

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

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

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

е) Организация автоматического управления освещением с помощью датчиков (присутствия) в коридорах, лестничных клетках, туалетах, умывальных

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

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

з) *Оптимизация (сокращение, ограничение) времени работы электродвигательного оборудования, замена оборудования повышенной мощности современным оборудованием, менее мощным.* Ожидаемый эффект: Старое оборудование с электроприводами (вентиляторы, насосы, станки и др.) комплектовалось, как правило, двигателями повышенной мощности, что обуславливалось крайне низкой ценой электроэнергии. При современных тарифах, эксплуатация такого оборудования обходится очень дорого. Вопрос требует детальной проработки для принятия обоснованных решений, что также позволит добиться экономии электроэнергии.

Список литературы

1. Попова М.В. Методы повышения энергоэффективности зданий: учебное пособие / М.В. Попова, Т.Н. Яшкова. – Владимир: ВГУ, 2014. – 111 с.
2. Моисеев А.П. Электротехнологическое оборудование в сельскохозяйственном производстве: учебное пособие / В.А. Каргин, А.П. Моисеев, Л.А. Лягина, А.В. Волгин. – Саратов: Амирит, 2018. – 103 с.
3. Каргин В.А. Автоматизация систем управления технологическими процессами: учебное пособие / В.А. Каргин, А.П. Моисеев, Л.А. Лягина, А.В. Волгин, Е.А. Четвериков. – Саратов: Амирит, 2018. – 177 с.
4. Kargin, V.A. Adaptive system for automatic control of output effort of electromagnetic sausage-filler / V.A. Kargin, A.V. Volgin, A.P. Moiseev. – 14TH International Scientific-Technical conference on actual problems of electronic instrument engineering proceedings APEIE-2018 Volumes 1 Part 6 – 44894.

Ярош В.А., Ефанов А.В., Ширинский Ю.А.

ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет»,
г. Ставрополь

ПЕРЕВОД ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 6 КВ НА НОМИНАЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ 10 КВ

Аннотация. В статье рассмотрены этапы перевода электрической сети 6 кВ на номинальное напряжение 10 кВ и эффективность данного мероприятия.

Ключевые слова: электрические сети, номинальное напряжение, пропускная способность, кабельные и воздушные линии

Одним из наиболее широко применявшихся технических мероприятий по повышению пропускной способности электрических сетей является перевод ее на более высокое номинальное напряжение [1, 2]. Практика показала возможность успешной работы кабельных и воздушных линий, трансформаторов тока, изоляторов и коммутационной аппаратуры, установленной в трансформаторных и распределительных пунктах с конструктивным напряжением 6 кВ, в сети напряжением 10 кВ [3].

Работы по переводу сети с 6 кВ на напряжение 10 кВ делятся, как правило, несколько лет и включают следующие этапы:

- инженерное обеспечение;
- подготовительные работы;
- непосредственный перевод сети с 6 кВ на напряжение 10 кВ;
- начальный период эксплуатации сети, переведенной на напряжение 10 кВ.

Инженерное обеспечение работ предполагает: определение границ и схем переводимого участка сети; составление перечня кабельных, воздушных линий и ТП, подлежащих переводу, с указанием их характеристик (марка, сечение проводов и кабелей, длина линий, тип, количество и мощность трансформаторов, заводы изготовители, стандарты, по которым изготовлены провода и кабели, год монтажа или ввода в эксплуатацию); уточнение количества и типа установленной кабельной арматуры; изучение технического состояния линий; определение объема и стоимости работ; составление графика очередности перевода сети на напряжение 10 кВ; выдачу технических условий на подключение к сети новых потребителей с учетом перевода ее на напряжение 10 кВ [10].

Подготовительные работы включают: обеспечение необходимого запаса новых силовых трансформаторов с высшим напряжением 10 кВ; обеспечение необходимого запаса силовых трансформаторов 6/10 кВ (для установки их при необходимости двухстороннего резервирования в точках разделения. сети напряжением 6 и 10 кВ, а также в трансформаторных подстанциях предприятий, имеющих электродвигатели напряжением 6 кВ); обеспечение напряжения 10 кВ в центре питания; замену кабельных линий напряжением 6 кВ линиями 10 кВ (из-за наличия признаков старения изоляции или повреждений кабельных линий

вследствие дефектной изоляции, а также значительного осушения изоляции, заводских дефектов, участков с количеством ремонтных соединительных муфт более восьми на 1 км линии, перегрузок или имевших место многократных воздействий токов короткого замыкания и однофазных замыканий на землю); замену всех концевых муфт внутренней и наружной установок; замену вертикальных участков кабелей на 10 кВ, дефектных или явно устаревших соединительных муфт; осмотр воздушных линий и оборудования ТП; испытание за один год до перевода и непосредственно перед переводом кабелей напряжением 50 кВ постоянного тока и оборудования ТП напряжением 42 кВ переменного тока; проверку и приведение в соответствие с напряжением 10 кВ изоляционных расстояний от токоведущих частей до заземленных конструкций и частей зданий, между проводниками разных фаз, а также от токоведущих частей до сплошных и сетчатых ограждений.

Непосредственный перевод сети с напряжения 6 кВ на напряжение 10 кВ, приурочиваемый к обеспечению на шинах центра питания напряжения 10 кВ, заключается в следующем: заменяются трансформаторы 6 кВ, установленные в ТП, на трансформаторы напряжением 10 кВ; заменяются предохранители и разрядники в ТП, а также трансформаторы напряжения в центре питания на 10 кВ; устанавливаются, где это необходимо, трансформаторы 6/10 кВ; обеспечивается на шинах центра питания напряжение 10 кВ.

Начальный период эксплуатации (первые 2 года) переведенной на 10 кВ сети характеризуется более частым (2 раза в год) испытанием изоляции кабельных линий.

Перевод сети на повышенное напряжение обеспечит увеличение пропускной способности существующих кабельных и воздушных линий без дополнительной прокладки новых линий, уменьшение потерь электрической энергии в линиях питающей и распределительной сетей, улучшение качества напряжения у потребителей, снижение количества новых ячеек распределительных устройств центров питания, уменьшение сечения вновь проектируемых линий, увеличение экономического радиуса обслуживания и сокращение количества центров питания.

В результате перевода сети с 6 кВ на 10 кВ возможно повысить надежность электроснабжения потребителей за счет подключения их к новым центрам питания, а также более рационально построить схему электроснабжения.

Список литературы

1. Эксплуатация линий распределительных сетей систем электроснабжения / Е.Е. Привалов, А.В. Ефанов, С.С. Ястребов, В.А. Ярош. Москва-Берлин: Директ-Медиа, 2018.
2. Схемы электроснабжения сельских потребителей / Оськин С.В., Ефанов А.В., Ярош В.А., Ястребов С.С. // Сельский механизатор. 2020. № 3. С. 26-27.
3. Сравнение стационарных и численных решений систем массового обслуживания при решении задач ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций в сельских электрических сетях / Ефанов А.В., Оськин С.В., Ястребов С.С., Ярош В.А., Букреев А.Г. // Сельский механизатор. 2019. № 4. С. 22-24.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Андреев А.Е., Мамонтов А.Ю., Вендин С.В.</i> КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА БИОГАЗОВОГО РЕАКТОРА.....	3
<i>Бакиров С.М., Логачева О.В., Осипов А.А.</i> РОБОТИЗАЦИЯ КОРМОПРИГОТОВЛЕНИЯ В СВИНАРНИКЕ.....	5
<i>Бакиров С.М., Осипов А.А.</i> РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ РОБОТИЗИРОВАННОГО УЧЕБНОГО СВИНАРНИКА.....	11
<i>Белов В.В.</i> ПРОБЛЕМЫ ИЗМЕНЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ НАПРЯЖЕНИЯ ПИТАНИЯ НА СРОК СЛУЖБЫ БЫТОВЫХ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ.....	15
<i>Белов В.В., Белов Е.Л., Шаронова Т.В.</i> ОБОГРЕВ ТЕПЛИЦ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ.....	18
<i>Бирюлин В.И., Куделина Д.В., Гнездилова Ю.П., Калуцкий Е.С.</i> АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПРЕДЕЛЬНЫХ НОРМАТИВНЫХ ЗНАЧЕНИЙ МЕДЛЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ НАПРЯЖЕНИЯ.....	20
<i>Бирюлин В.И., Куделина Д.В., Серебровский В.И., Сафронов Р.И.</i> ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ НАПРЯЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ НА РАБОТУ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКИХ УСТАНОВОК.....	24
<i>Будко С.И., Клочкова Н.Н.</i> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ ЧИСЛА И МОЩНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛОГО РАЙОНА.....	27
<i>Будко С.И., Мальшев С.А., Осипов В.С.</i> ПЛАВНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НАГРЕВА ПЕЧИ СОПРОТИВЛЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФИЛЬТРА «LINEATOR» ДЛЯ ПОДАВЛЕНИЯ ВЫСШИХ ГАРМОНИК.....	31
<i>Верзилин А.А.</i> МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ОЧЕРЕДНОСТИ ЗАПУСКА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ НА ВЫХОДНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СИСТЕМЫ С АВТОНОМНЫМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕМ.....	36
<i>Верзилин А.А., Каргин В.А.</i> ПРОГРАММНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬЮ ЗАПУСКА МНОГОДВИГАТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ С АВТОНОМНЫМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕМ.....	39
<i>Внуков Е.В., Левин М.А.</i> ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АГРОИНЖЕНЕРИИ.....	44

<i>Воякин С.Н., Шевченко М.В.</i> ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ НА ПС 35/10 КВ.....	47
<i>Волгин А.В., Козлов Д.В., Гольдштейн Д.В.</i> ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ В ПАСТЕРИЗАЦИОННОЙ УСТАНОВКЕ.....	50
<i>Галкин Д.А., Сидоров С.А., Лошкарева О.В.</i> ВЕНТИЛЯЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕКСТИЛЬНЫХ ВОЗДУХОВОДОВ.....	56
<i>Галкин Д.А., Сидоров С.А., Лошкарева О.В.</i> ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В КРЕСТЬЯНСКО-ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВАХ.....	60
<i>Елисеев С.С.</i> ОБОСНОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ АККУМУЛЯТОРНОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ С СОЛНЕЧНЫМИ БАТАРЕЯМИ.....	68
<i>Ефанов А.В., Ярош В.А., Федорцов М.А.</i> ПОТРЕБИТЕЛИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ.....	72
<i>Ефанов А.В., Ярош В.А., Ястребов С.С., Перьков Е.В., Цагикян А.А.</i> РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОДНОФАЗНОГО ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ В СЕТЯХ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ ПО ПАРАМЕТРАМ АВРАЙЙНОГО РЕЖИМА.....	74
<i>Зорина Е.В.</i> ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОСРЕДСТВОМ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГРАММИРУЕМЫХ СИСТЕМ.....	78
<i>Зубков Ю.В., Владимиров Д.А.</i> КОНСТРУКЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН С КОМБИНИРОВАННЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ.....	79
<i>Иванова З.И., Антошина Е.С.</i> ЗНАЧЕНИЕ ИНОСТРАННОГО ЯЗЫКА В ПОДГОТОВКЕ БУДУЩЕГО СПЕЦИАЛИСТА.....	82
<i>Исаченко Д.Д., Проценко А.Н., Скорик В.А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТЕПЛА ПРИ НАГРЕВЕ ШАРА ИНДУКТОРАМИ РАЗНОГО ДИАМЕТРА.....	84
<i>Ищенко А.П.</i> ОБОСНОВАНИЕ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПЕРЕДВИЖНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ.....	87
<i>Каширин Д.Е., Павлов В.В.</i> ОБОСНОВАНИЕ УСЛОВИЙ РАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ КОЛЛЕКТОРНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ.....	91

<i>Клочков А.А.</i> МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ «ПОМОЩНИК ПРИ СОВЕРШЕНИИ ОПЕРАТИВНЫХ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЙ НА ПОДСТАНЦИЯХ».....	95
<i>Козлов Д.В., Гольдштейн Д.В.</i> АППАРАТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ВОДОСНАБЖАЮЩЕЙ УСТАНОВКОЙ.....	97
<i>Комендантова Е.В.</i> ВЫБОР ОСНОВНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ГЭС.....	103
<i>Котков Р.О., Левин М.А.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В АПК МАЛОЙ МОЩНОСТИ.....	107
<i>Котков Р.О., Левин М.А.</i> ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОИЗГОРОДИ.....	109
<i>Крюков И.Д.</i> ПРИМЕНЕНИЕ СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ С РЕГУЛИРУЕМОЙ ВЫСОТОЙ ПОДВЕСА В ПТИЦЕФАБРИКАХ.....	113
<i>Кузнецов М.Д.</i> ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ МОМЕНТА ИНЕРЦИИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЕНТИЛЬНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА.....	114
<i>Куптлеуова К.Т., Канатбаев А.А.</i> РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В ТЕПЛОЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЯХ.....	117
<i>Лебедева Ю.В.</i> ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ВЛЭП В СЛОЖНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ.....	119
<i>Литвинов С.А., Левин М.А.</i> ПЕРЕВОД С ТРАДИЦИОННОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ НА АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ МАСЛООБРАЗОВАТЕЛЯ.....	121
<i>Литвинов С.А., Левин М.А.</i> РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ ГИБРИДНОЙ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ ДЛЯ ЦЕХА ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ МОЛОКА.....	123
<i>Лошкарев И.Ю., Галкин Д.А., Сидоров С. А., Лошкарева О.В.</i> ВОЗМОЖНОСТИ ГИБРИДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ В ОСЛОЖНЁННЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ.....	126
<i>Лукьянченко А.М., Вендин С.В.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПА ТЕПЛООВОГО НАСОСА ДЛЯ АККУМУЛИРОВАНИЯ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЫБРОСОВ.....	129

<i>Лыков Ю.Ф.</i> УТКЗ В СЕЛЬСКОЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ.....	132
<i>Макаричев Ю.А., Ратцев Я.А., Сычева Е.С.</i> ВЕТРОГЕНЕРАТОР МАЛОЙ МОЩНОСТИ.....	134
<i>Матрошилов Н.П., Вендин С.В.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ «УНИМИЛК» ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ДОЕНИЯ НА ФЕРМАХ КРС.....	137
<i>Моисеев А.П., Каргин В.А., Волгин А.В.</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ В БЫТОВЫХ ИНКУБАТОРАХ.....	139
<i>Молишвин Г.А., Шукин К.А.</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ МОЛОКА УФ- И ИК- ИЗЛУЧЕНИЕМ.....	142
<i>Насихов Е.Е., Садыкова Л.А.</i> АКТИВИЗАЦИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В КАЗАХСТАНЕ.....	144
<i>Николаенко С.А., Богородицкая Л.В., Салфетников Н.Д.</i> РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ЛИНИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ РАССЫПЧАТОГО КОМБИКОРМА.....	147
<i>Обухова А.В., Клочкова Н.Н., Клочков А.А.</i> ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В СИСТЕМАХ ОСВЕЩЕНИЯ.....	151
<i>Овсянников В.Н., Левина Г.Ж.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПОЛЕЙ МОМЕНТНОГО ДВИГАТЕЛЯ.....	152
<i>Оксаниченко А.А., Вендин С.В.</i> ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ НА ФЕРМАХ КРС.....	155
<i>Панченко С.В., Украинцев М.М., Липкович И.Э., Серёгин А.А., Яценко А.А.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВКИ ДЛЯ ГЛУБОКОЙ УТИЛИЗАЦИИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ С РЕКУПЕРАТИВНЫМ ТЕПЛООБМЕННИКОМ.....	157
<i>Пасечный А.А., Шукин И.В.</i> ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ВЕНТИЛЯЦИОННО-ОТОПИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКОЙ В ПТИЧНИКЕ.....	161
<i>Русских И.Г., Лягина Л.А.</i> ВОЗДЕЙСТВИЯ ОЗОНА НА ОСНОВНЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ КОРМОВЫХ СМЕСЕЙ.....	166
<i>Русских И.Г., Лягина Л.А.</i> КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ ХРАНЕНИЯ КОРМОВЫХ СМЕСЕЙ.....	168

<i>Рыжова Е.В., Кочелаевская К.В., Кривенко В.М., Шмакова А.О.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ТЕРМОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ.....	170
<i>Рыжова Е.В., Кочелаевская К.В., Тяпаев И.С.</i> КАЧЕСТВО ОСВЕЩЕННОСТИ И ОХРАНА ТРУДА В УЧЕБНЫХ АУДИТОРИЯХ.....	173
<i>Рязанов Г.М.</i> СРАВНЕНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ.....	176
<i>Сабыржанова А.О., Жексембиева Н.С.</i> ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ.....	179
<i>Савлук С.Л., Лягина Л.А.</i> КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ БОРЬБЫ С СОРНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ.....	181
<i>Савлук С.Л., Лягина Л.А.</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЛОКАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ КОНТРОЛЯ РАСХОДА В УСТАНОВКЕ ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН.....	183
<i>Саидов Д.М., Лягина Л.А.</i> КЛАССИФИКАЦИЯ ВИДОВ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА.....	186
<i>Светличный С.В.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ЖЕСТКОГО ДИСКА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОЛИРОВАЛЬНО-ШЛИФОВАЛЬНО-ЗАТОЧНОГО МИНИ СТАНКА.....	188
<i>Седых И.А., Виноградов А.В.</i> ВАРИАНТЫ НОРМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ НАПРЯЖЕНИЕМ 0,4 КВ, СОДЕРЖАЩЕЙ НЕСКОЛЬКО ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ И ПОСТРОЕННОЙ НА БАЗЕ МУЛЬТИКОНТАКТНОЙ КОММУТАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ТИПА МКСМ-4..	191
<i>Слободскова А.А., Балакина Д.Н., Садовая И.И.</i> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В УСЛОВИЯХ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА.....	195
<i>Слободскова А.А., Латышенок Н.М., Семина Е.С., Садовая И.И.</i> ХРАНЕНИЯ ЗЕРНА В СИЛОСАХ С РЕГУЛИРУЕМОЙ ВОЗДУШНОЙ СРЕДОЙ.....	198
<i>Слободскова А.А., Латышенок Н.М., Семина Е.С., Фатьянов С.О.</i> ПРИМЕНЕНИЕ АКСЕЛЕРОМЕТРОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОЧНОГО РЕЖИМА ДВИЖЕНИЯ КОРМОРАЗДАТЧИКА.....	200
<i>Смирнова Л.В., Садыкова Л.А.</i> РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММЫ ПАРТНЕРСТВА «ЗЕЛЕНЫЙ МОСТ».....	202

<i>Сорокин В.Ю., Вендин С.В.</i> АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ.....	205
<i>Сохинов Д.Ю., Трушкин В.А.</i> ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ПРИ ПОМОЩИ УМНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ (SMART GRID).....	208
<i>Степанов В.П., Кротков Е.А., Платонов Д.Ю., Идиатулин Р.Ф., Дадонов А.Н.</i> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ МАКСИМАЛЬНОЙ ВЫРАБОТКИ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ С УЧЕТОМ ВЕРОЯТНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕТРОВОГО ПОТОКА.....	211
<i>Стерхов А.И., Лошкарев И.Ю., Логачёва О.В., Галкин Д.А., Сидоров С.А.</i> СОСТАВЛЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ СВЕТОВОДНОЙ ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ.....	215
<i>Токарева А.Н., Панченко С.В., Липкович И.Э., Талин А.К.</i> АНАЛИЗ СИСТЕМ ТЕПЛОЗАЩИТЫ ШКОЛЬНОГО ЗДАНИЯ.....	222
<i>Трушкин В.А., Шлютиков С.В., Кухарчук Р.О.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ЭНЕРГИИ ВЕТРА В АЭРОБАРИЧЕСКОЙ ТРУБЕ ДЛЯ ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ.....	227
<i>Туганов А.С., Петрова М.В.</i> СОЗДАНИЕ ПРОГРАММЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМ РОБОТОМ	230
<i>Усков А.Е., Хазнаферова Н.В., Шеремет Д.И.</i> ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ СОВМЕСТНО С СЕТЬЮ.....	233
<i>Утемисова Н.Е.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ.....	235
<i>Хорольский В.Я., Ефанов А.В., Шемякин В.Н.</i> МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ОТ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ.....	238
<i>Царина С. Б., Бакиров С. М.</i> ХАРАКТЕРИСТИКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ.....	242
<i>Чернущь Р.С., Багаев А.А.</i> ПРЕДПОСЫЛКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНКОДЕРА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСХОДА СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ.....	246
<i>Четвериков Е.А., Зуев А.А.</i> ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРЕДПОСЕВНОГО ОБЛУЧЕНИЯ ТОВАРНОГО ЗЕРНА МИКРОВОЛНОВЫМ ПОЛЕМ.....	250

<i>Четвериков Е.А., Зуев А.А.</i> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ РЕЖИМОВ СВЧ ОБРАБОТКИ ТОВАРНОГО ЗЕРНА В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ.....	252
<i>Чурляева О.Н., Третьякова Т.И.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ, ОТВЕЧАЮЩЕЙ МИНИМУМУ ЗАТРАТ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ ОТ ИСТОЧНИКА К ПОТРЕБИТЕЛЮ.....	255
<i>Шлюпиков С.В., Бакиров С.М., Колбанов А.П., Кифарак С.А.</i> ПРИЧИНЫ ОТКАЗОВ СИЛОВЫХ МАСЛОПОЛЕННЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ.....	259
<i>Шлюпиков С.В., Герасимов А.С.</i> ЭЛЕКТРОФИЛЬТРЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ И ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОЗДУХА В ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ.....	262
<i>Шлюпиков С.В., Корнилов А.Ю.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ.....	266
<i>Шлюпиков С.В., Корнилов А.Ю., Горшенин А.О.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ.....	270
<i>Шляхов С.Д., Логачева О.В.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ДВИГАТЕЛЯ В ПРИВОДЕ ДОЗИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ.....	273
<i>Шляхов С.Д., Логачева О.В.</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ДОЗАТОРА КОЛБАСНОГО ФАРША.....	278
<i>Щукин И.В., Пасечный А.А., Каргин В.А.</i> ПРОГРАММИРОВАНИЕ И НАСТРОЙКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ПРИВОДОМ.....	281
<i>Щукин К.А., Моисеев А.П., Молитвин Г.А.</i> МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ.....	285
<i>Ярош В.А., Ефанов А.В., Ширинский Ю.А.</i> ПЕРЕВОД ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 6 КВ НА НОМИНАЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ 10 КВ.....	288

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«Саратовский государственный аграрный университет
имени Н.И. Вавилова»**

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ АПК

**Материалы XII Национальной научно-практической
конференции с международным участием**

ISBN 978-5-00140-794-2



9 785001 407942 >

Подписано в печать 02.06.2021.

Формат 60×84 ¹/₁₆. Гарнитура Times New Roman. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 17,32. Тираж 100 экз. Заказ № 2235-21/03061.

Отпечатано в соответствии с предоставленными материалами
в ООО «Амирит», 410004, г. Саратов, ул. Чернышевского, 88.

Тел.: 8-800-700-86-33 | (845-2) 24-86-33

E-mail: zakaz@amirit.ru

Сайт: amirit.ru