**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

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

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ УСТАНОВОК И СИСТЕМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

**Сборник научных трудов по материалам
Всероссийской (национальной)
научно-практической конференции**

Ярославль, 19 ноября 2020 г.

Ярославль
Издательство ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА
2021

© ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, 2021
© Авторы статей, 2021

ISBN 978-5-98914-237-8

УДК 621.3
ББК 40.76
С 56

Печатается по решению редакционно-издательского совета инженерного факультета ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА.

С 56 **Совершенствование электротехнических установок и систем энергоснабжения в сельском хозяйстве** [Электронный ресурс]: сборник научных трудов по материалам Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Ярославль, 19 ноября 2020 г. / ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА. – Электрон. текст. дан. (2,141 Мб). – Ярославль: Изд-во ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, 2021. – 1 электрон. опт. диск. – ISBN 978-5-98914-237-8

В материалах конференции представлены результаты исследований ученых, преподавателей, аспирантов, докторантов высших учебных заведений Российской Федерации.

Сборник предназначен для научных работников, преподавателей высших учебных заведений, а также для работников агропромышленного комплекса. Может использоваться в учебном процессе, в том числе в процессе обучения аспирантов, подготовки магистров и бакалавров в целях углубленного рассмотрения соответствующих проблем.

УДК 621.3
ББК 40.76

Текстовое электронное издание

Минимальные системные требования: процессор Intel Pentium 1,3 ГГц и выше; оперативная память 256 Мб и более; операционная система Microsoft Windows XP/Vista/7/10; разрешение экрана 1024x768 и выше; привод CD-ROM, мышь; дополнительные программные средства: Adobe Acrobat Reader 5.0 и выше.

ISBN 978-5-98914-237-8 © ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, 2021
© Авторы статей, 2021

УДК 621.311.182

КОНСТРУКЦИЯ БИОГАЗОВОГО РЕАКТОРА НЕПРЕРЫВНОЙ ЗАГРУЗКИ СЫРЬЯ

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

Ключевые слова: биогазовый реактор, многокамерный, нагревательные элементы, контроль температуры, элементы очистки биогаза.

В статье рассмотрена конструкция биогазового реактора обеспечивающая непрерывность процесса и повышение эффективности производства биогаза и органических удобрений.

CONSTRUCTION OF A BIOGAS REACTOR FOR CONTINUOUS FEEDING OF RAW MATERIALS

A.E. Andreev, A.Yu. Mamontov,
Doctor of Technical Sciences S.V. Vendin
(FSBEI HE Belgorod SAU, Mayskiy, Russia)

Key words: biogas reactor, multi-chamber, heating elements, temperature control.

The article discusses the design of a biogas reactor that ensures the continuity of the process and increases the efficiency of biogas and organic fertilizers production.

Для переработки органического сырья в биогаз применяют различные технологии и конструкции биогазовых реакторов. Но общими требованиями для всех являются: обеспечение оптимальных температурных режимов внутри биогазовой смеси и перемешивание сырья [1–7]. В тоже время получаемая при сбраживании газовая смесь, кроме метана может содержать и другие газы, например, сероводород. Следовательно в саму конструкцию биогазового реактора необходимо включать 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, датчиков температуры 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 результат достигается тем, что биогазовый реактор непрерывной загрузки сырья содержит емкость, разделенную на камеры с устройствами перемешивания, теплоизоляционную защиту, нагревательные элементы и датчики температуры. Емкость биогазового реактора разделена на четыре горизонтальные камеры. Датчики температуры установлены в средней части каждой камеры. В верхней камере по бокам устанавливается два нагревательных элемента, а в остальных камерах в верхней части посередине установлено по одному нагревательному элементу.

Объем верхней камеры реактора равен сумме объемов нижних камер, что обеспечивает непрерывность процесса и повышает эффективность отделения газа от биомассы.

Биогазовый реактор непрерывной загрузки сырья содержит емкость 1, которая разделена на четыре горизонтальные камеры, где нижние I, II и III камеры могут иметь равные объемы, а объем верхней IV камеры равен сумме объемов нижних камер. Каждая камера оборудована теплоизоляционной защитой 2, нагревательными элементами 3: в I-III камере в верхней части посередине установлены по одному нагревательному элементу 3, в IV камере – два нагревательных элемента 3, установлены по бокам камеры. На дне каждой камеры по центру установлен электропривод 4, на котором закреплены устройства перемешивания, в качестве которых установлены лопасти-мешалки 5. Информационные и силовые кабели, которые проложены в кабельных каналах 6, подключены к нагревательным элементам 3 и электроприводам 4. В емкости 1 выполнены отверстия под компрессоры для обеспечения движения биомассы: в нижней части I камеры отверстие с компрессором 7 для закачивания массы из расходной емкости в реактор; в боковой части IV камеры отверстие с компрессором для откачивания

отработанного сырья в емкость удобрений 8; в верхней части IV камеры отверстие с компрессором для откачивания биогаза через гидрозатвор 11 и фильтр H2S, который заполнен металлическими стружками 12, в газгольдер 9. Также в камерах установлены датчики температур 10.

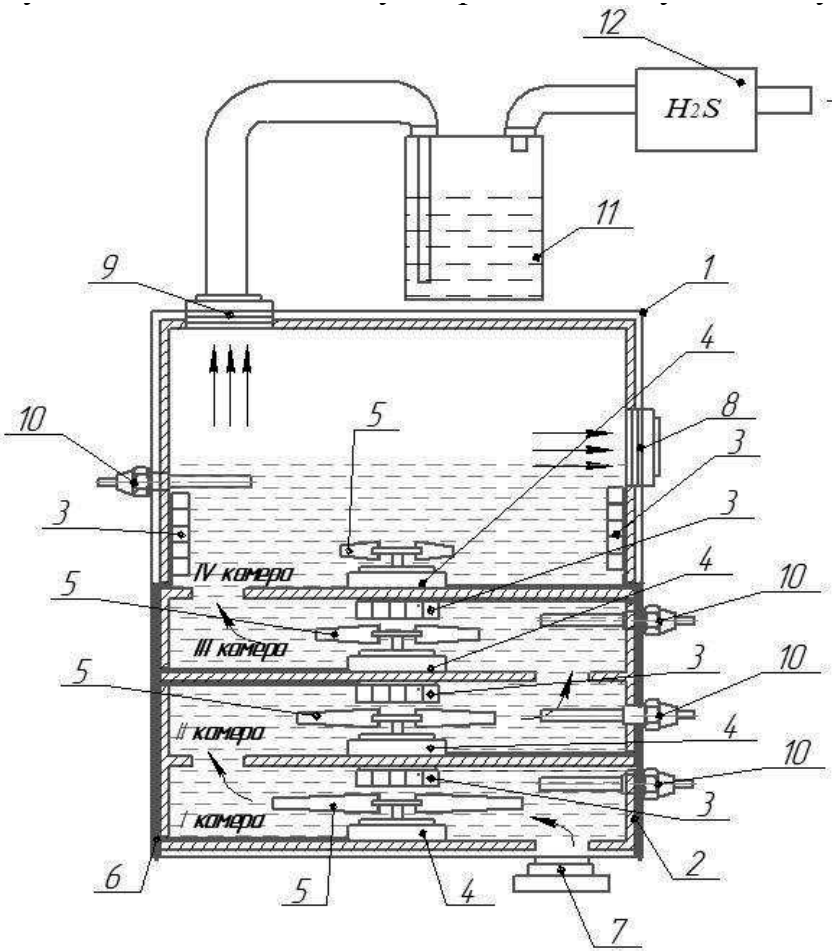

Рисунок 1 – Схема биогазового реактора непрерывной загрузки сырья

Технологический процесс производства биогаза в данной конструкции реактора состоит в следующем. Компрессором из ниж-

него 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 H2S 12 в газгольдер 9. В гидрозатворе вода поглощает углекислый газ из биогаза, затем в фильтре сероводород поглощается металлическими стружками. Уменьшение размеров лопастей-мешалок на поздних стадиях сбраживания способствует интенсивному перемешиванию и разрушению связей между бактериями. Перемешивание субстрата проводят периодически с определенной цикличностью, частотой и интенсивностью. Применение фильтра очистки позволяет удалить из биогаза углекислый газ и сероводород, благодаря чему доля метана в биогазе составляет 94–97%.

Выводы

Предлагается конструкция биогазового реактора обеспечивающая непрерывность процесса и повышение эффективности производства биогаза и органических удобрений. Технологический результат достигается за счет лопастей-мешалок, датчиков температуры 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. 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%.

Литература

1. Вендин, С.В. Автоматизация механических и тепловых процессов в многокамерном биогазовом реакторе непрерывной загрузки сырья [Текст] / 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.

2. Вендин, С.В. Обоснование параметров терморегуляции и перемешивания при анаэробном сбраживании [Текст] / С.В. Вендин, А.Ю. Мамонтов // Сельский механизатор. – 2016. – № 7. – С. 20–22.

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

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

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

6. Вендин, С.В. Оценка величины мощности дополнительных источников теплоты для биогазового реактора [Текст] / С.В. Вендин, А.Ю. Мамонтов // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2020. – № 1(25). – С. 76–84.

7. Вендин, С.В. К выбору теплоизоляции для корпуса биогазового реактора с учетом дополнительного подогрева сырья [Текст] / С.В. Вендин, А.Ю. Мамонтов, Ю.Н. Ульянцев // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2020. – № 2 (26). – С. 16–26.

8. Патент РФ 195 674. Биогазовый реактор непрерывной загрузки сырья: патент РФ № 195 674: МПК C02F11/04 / Вендин С.В., Мамонтов А.Ю., Андреев А.Е. – № 2019137688, заявл. 21.11.2019, опубл. 03.02.2020.

УДК 631.363.7: 621.318(07)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СМЕСИТЕЛЕЙ В АППАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ АПК

д.т.н. М.М. Беззубцева, к.т.н. В.С. Волков
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, Санкт-Петербург, Россия)

Ключевые слова: процесс перемешивания, электромагнитные смесители, интенсивность.

В статье представлены результаты исследований электромагнитных смесителей. Интенсификация процесса перемешивания осуществляется за счет активации контактных взаимодействий перерабатываемого материала с рабочими органами аппаратов – частицами магнитоожиженного слоя ферромешалок. Исследования проведены на моделях электромагнитных смесителей, представляющих предмет изобретений.

IMPROVEMENT OF MIXING IN HARDWARE TECHNOLOGICAL SYSTEMS APK

Doctor of Technical Sciences M.M. Bezzubtseva,
Candidate of Technical Sciences V.S. Volkov
(FSBEI HE SPb SAU, Saint Petersburg, Russia)

Key words: mixing process, electromagnetic mixers, intensity.

The article presents the results of research on electromagnetic mixers. Intensification of the mixing process is carried out by activating the contact interactions of the processed material with the working bodies of the devices – particles of the magnetically liquefied layer of ferromeshers. The research was carried out on models of electromagnetic mixers representing the subject of inventions.

Процесс перемешивания является одним из распространенных процессов в технологии переработки сырьевых материалов на предприятиях АПК. В настоящее время наибольшее распространение получили смесители, основанные на традиционных способах перемешивания: механических и аэродинамических. Как показала прак-

тика, процессы, проводимые в аппаратах этих групп, недостаточно энергоэффективны и не позволяют получить продукт с заданными технологией производства качественными показателями.

Результаты исследований показывают, что применение электромагнитных полей в процессах перемешивания материалов позволяет значительно повысить эффективность и интенсивность работы смесителей. Между тем, основные исследования базируются на изучении и разработке аппаратов с использованием переменных электромагнитных полей, что априори предопределяет недостаточную их эффективность и высокую энергозатратность управления. Использование в процессах перемешивания постоянных электромагнитных полей изучено недостаточно. Представлены отдельные конструкции аппаратов, в которых процесс перемешивания интенсифицирован путем воздействия на рабочие элементы магнитного поля постоянных магнитов. Это не решает основной проблемы – проблемы снижения энергоемкости готовых изделий [1]. Создание смесителей, отвечающих требованиям производства по показателю энергоэффективности, является актуальной задачей современных производств АПК.

Целью исследования является разработка смесителя с использованием для формирования магнитоожиженного слоя ферротел (перемешивающих органов) постоянного электромагнитного поля, обеспечивающего автоматизацию и повышение интенсивности процесса с получением высоких качественных показателей готовых изделий.

Методика

Использованы аналитические и экспериментально-статистические методы исследований.

На предприятиях АПК процесс перемешивания предназначен для интенсификации показателя однородности гетерогенных систем. Перемешивание считается обязательной составляющей в аппаратурно-технологических системах переработки рецептурных смесей в готовую продукцию. Высококачественное смешивание материала возможно при использовании электрических перемешивающих приборов с магнитоожиженным слоем ферротел [2, 3]. На рисунке 1 представлена классификация мешалок АПК, построенная на нетрадиционном признаке – способе формирования усилия для сдвигового смещения слоев перерабатываемого материала.

С целью создания мешалок с высокими показателями эффективности и интенсивности сформулированы технические требования к разработке метода организации процесса электромагнитного смешивания материалов: использованию энергии электрического поля; внедрению в качестве перемешивающих составляющих ферромагнитных цилиндров; обеспечению выхода продукта с высокими показателями качества; проведению процесса при наименьших расходах энергии; проектированию СМС для широкого спектра перерабатываемых смесей с различными физико-химическими и реологическими свойствами.

Показатели	1 группа					2 группа			3 группа		4 группа	
Способ формирования перемешивающего усилия. Тип мешалки	Механический					Динамический			С использованием колебаний		Электромагнитный	
	С закрепленными рабочими органами		Со свободными перемешивающими телами			Аэро (струйные)		Гидро	-		С переменным магнитным полем	С постоянным магнитным полем
Обрабатываемая среда	Особо вязкая	Умеренно вязкая	Умеренно вязкая	Вязкая	Сыпучая	Сыпучая	Жидкость	Мало-вязкие	Сыпучие	Жидкость, твердое	Жидкая, сыпучая, вязкая	Жидкая, сыпучая, вязкая
Вид мешалки	лопастные, ленточные, скребковые	Планетарная, прямоточная	Вибрационная, гравитационная	Планетарная, широкая	Центробежная	Прямоточная, противоточная, отражательная	Барботер	Клинтиционные	Ультразвуковая, резонансная		Вихревые э/м аппараты (ВЭА), э/м мешалки (ЭММ)	Импульсные, непрерывные, импульсно-непрерывные
Вспомогательные процессы	Транспорт, теплообмен, пластификация	Теплообмен		Транспорт		Сушка, аэрация, экстракция			С использованием колебаний		Акустическая и электромагнитная обработка, электролиз	
	Пищевая промышленность, производство солода, хлебопекарная, макаронная, кондитерская		Очистка воды, сельское хозяйство, строительство, пищевая, горная, химическая, зерновая, комбикормовая, медицина			Комбикормовая, пищевая, мучная промышленность, химическая, нефтехимическая промышленность			Пищевая промышленность	Химическая, фармацевтическая, биотехнологическая, нефтехимическая	Лакокрасочная, строительство	

Рисунок 1 – Классификация мешалок АПК

При прохождении магнитного потока, перемешивающие тела организуются в структурные кластеры, сцепляющие плоскости, ограничивающие камеру обработки продукта. При условном смещении данных плоскостей, эти структуры переориентируются. Перемешивающие тела получают кинетическую энергию и пере-

мещаются в рабочей камере аппарата. Процесс целенаправленной переориентации перемешивающих составляющих в структурных группах сопровождается созданием многоточечных контактных взаимодействий между рабочими органами и перемешиваемым продуктом. Кинетические параметры процесса зависят от интенсивности перемещения перемешивающих составляющих в магнитоожиженном слое.

В разработанном методе применена механическая энергия, поступающая от приводного электродвигателя, а также энергии поля, создаваемого в камере обработки продукта регулируемым электрическим током, пропускаемым по обмотке (или обмоткам) управления. Достижение наибольшего технологического эффекта обеспечено переменой полярности импульсов тока, питающих обмотку управления ОУ.

На рисунке 2 представлены структурные кластеры из ферромагнитных составляющих:

Экспериментальные исследования [1] показали, что удельные энергетические затраты ЭМС составляют 25 Вт·ч/л; Variomag Poly 15 – 38 Вт·ч/л; Varimixer HP 6 – 34 Вт·ч/л; Multipoint HP6P – 47 Вт·ч/л.

Эксперименты, проведенные на модельных системах (рецептурных смесях муки различных сортов) в аппаратах, представляющих предмет изобретений [4, 5, 6], показали, что на интенсивность и эффективность процесса перемешивания в ЭМС влияют следующие факторы: индукция Во (или величина силы тока управления), частота вращения вала n, коэффициент наполнения перемешивающими телами рабочей камеры Кз, период полярности Т. Подбор режимов работы аппаратов с использованием метода планирования эксперимента позволило оптимизировать процесс и получить готовую продукцию высокого качества с низкими показателями энергоемкости [1, 7].

Выводы

Результаты исследований показали, что разработка импортозамещающих электромагнитных смесителей и их внедрение в аппаратурно-технологические системы АПК позволит интенсифицировать процесс перемешивания материалов и повысить энергоэффективность производственных процессов [1, 7].

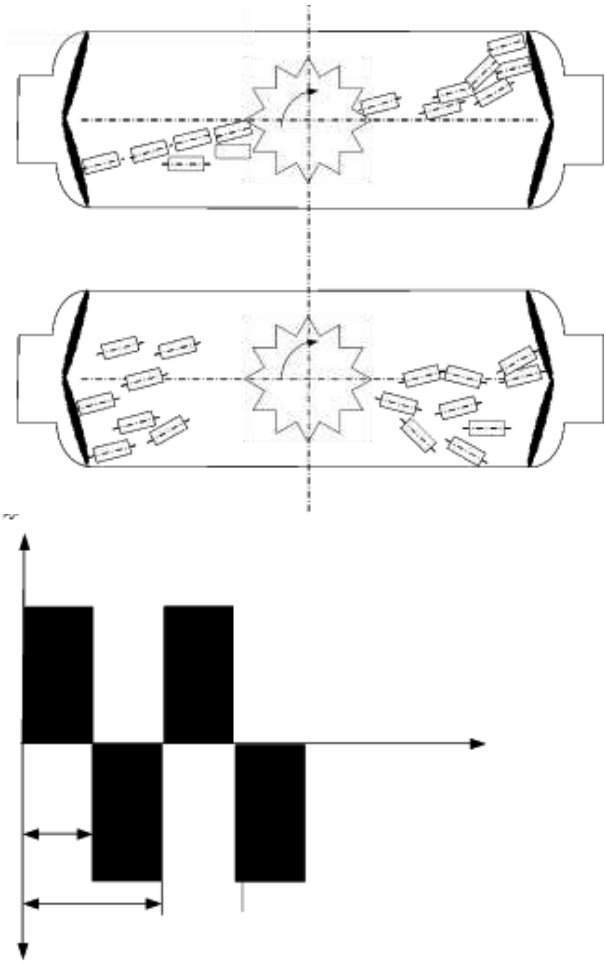

Рисунок 2 – Процесс формирования процесса перемешивания в ЭМС:
а – при действии импульсов тока + Iу; б – при действии импульсов неизменного тока –IУ; с – временная диаграмма режимов работы ЭМС: Т – время следования импульсов; t – продолжительность воздействия импульса

Литература

1. Беззубцева, М.М. Механоактиваторы агропромышленного комплекса. Анализ, инновации, изобретения [Текст]: монография

/ М.М. Беззубцева, В.С. Волков. – СПб.: Издательство ФГБОУ ВО СПбГАУ. – 2014. – 161 с.

2. Bezzubceva, M.M. Regularities of formation of shock-abrasive loads in magnetic liquefied layers of electromagnetic mechanoactivation / M.M. Bezzubceva, V.S. Volkov // European Journal of Natural History. – 2017. – № 4. – С. 79–82.

3. Беззубцева, М.М. Моделирование электромагнитных полей в аппаратах с магнитоожиженным слоем [Текст] / М.М. Беззубцева, В.С. Волков // Известия ФГБОУ ВО СПбГАУ. – СПб.: ФГБОУ ВО СПбГАУ, 2017. – № 4 (49). – С. 259-268.

4. Свидетельство на полезную модель № 653. Устройство для перемешивания и измельчения какао-продуктов / Беззубцева М.М., Симонов С.И., Беззубцев А.Е. – 1995. Бюл. № 8.

5. Патент РФ № 2043727. Электромагнитное устройство для измельчения и перемешивания продуктов шоколадного производства: патент РФ № 2043727 класс A23G1/18 / Беззубцева М.М. – № 93025336, заявл. 27.04.1993; опубл. 20.09.1995, Бюл. № 24.

6. Патент России № 2007094. Электромеханическое устройство для обработки шоколадных масс: патент РФ № 2007094 класс A23G1/18 / Беззубцева М.М., Беззубцев А.Е., Азаров Н.Н., Азаров Ю.Н. – № 92016057, заявл. 28.12.1992, опубл. 1994, Бюл. № 3.

7. Беззубцева, М.М. Импортозамещающие электромагнитные механоактиваторы для переработки пищевого сельскохозяйственного сырья // Улучшение эксплуатационных показателей сельскохозяйственной энергетики. – Вятка: ФГБОУ ВО Вятская ГСХА, 2017. – С. 81–85.

УДК 621

НЕЙРОСЕТИ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

д.т.н. А.В. Богдан, аспирант Д.Н. Грищенко, к.т.н. В.В. Лозовский
(ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ, Краснодар, Россия)

Ключевые слова: система электроснабжения, нейросеть, прогнозирование, оперативно-диспетчерский персонал.

Использование нейросетей в системе электроснабжения для прогнозирования показателей и формирования комплекса мероприятий для оперативно – диспетчерского персонала является перспективной предметной областью. Анализируя показатели системы в режиме реального времени нейросеть может «рекомендовать» поступить тем или иным образом диспетчеру (оператору), таким образом, сбор данных и их обработка – это задача нейросети, а принятие окончательного решения на основе полученных данных – задача диспетчера.

NEURAL NETWORKS IN THE POWER SYSTEM

Doctor of Technical Sciences A.V. Bogdan,
Postgraduate D.N. Grishchenko,
Candidate of Technical Sciences V.V. Lozovskiy
(FSBEI HE Kuban SAU, Krasnodar, Russia)

Key words: power system, neural network, prediction, operational and dispatching personnel.

Using neural networks in power systems for prediction parameters and form complex of actions for operational and dispatching personnel is a prospective subject field. Analyzing parameters of a system in a real-time neural network could «suggest» do one way or another operator, thus, data collection and processing – are the mission of the neural network, and making the final decision – is the mission of the operator.

Надежность системы электроснабжения (СЭС) всегда являлась и до сих пор является одной из актуальнейших проблем в Отечественной и мировой электроэнергетике. Не последнюю роль в поддержании номинального режима работы системы электроснабжения играют оперативно-диспетчерские службы электросетевых компаний. Мониторинг ситуации в реальном времени, оперативные переключения, принятие решение на основе показателей системы – это лишь часть функций, выполнение которых возложено на оперативно-диспетчерский персонал.

Развитие первых нейронных сетей началось еще в 40–50-е годы прошлого столетия и уже к началу 1990-х годов нейронные

сети показывали такие результаты, что их начали интегрироваться в энергетику для решения конкретных прикладных задач. Неплохие показатели были получены при использовании нейронной сети в ряде европейских городов. Сначала нейронная сеть на основе собранных за несколько лет данных о суточных нагрузках на энергосистему обучалась и, впоследствии, давала прогноз о суточной нагрузке на предстоящую дату в рассматриваемом районе. Что касается погрешности, то она не превышала 1,3% в течение года.

Но ведь среднесуточная и почасовая нагрузка на энергосистему это лишь ничтожная часть показателей системы электроснабжения, которые могут быть спрогнозированы, либо на основании которых можно сделать прогноз. Если для обучения нейронной сети использовать помимо информации о среднесуточной и почасовой нагрузках еще и другие показатели, такие, как, например, состояние электрооборудования трансформаторной подстанции (ТП), ее мощность, состояние линий электропередачи (ЛЭП), категория надежности потребителей электрической энергии, то можно формировать более комплексную оценку будущей ситуации. В этом случае, при помощи нейронных сетей можно формировать конкретный комплекс действий оперативно-диспетчерского персонала, для поддержания системы в оптимальном режиме работы и предотвращения аварийных ситуаций. Это могут быть самые разные действия: оперативное переключение, установка дизельной электростанции (ДЭС) и т.д. Безусловно, данные руководства к действию должны носить рекомендательный характер, то есть окончательное решение остается за диспетчером (оператором).

Таким образом, можно сделать вывод, что использование нейронных сетей в системе электроснабжения является перспективной область применения. Нейросети могут эффективно использоваться для прогнозирования каких-либо параметров и в дальнейшем формирования комплекса мероприятий по минимизации негативных последствий на систему и поддержание ее работоспособности в оптимальном режиме.

Литература

1. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации [Текст] / С. Осовский. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 345 с.

2. Головко, В.А. Нейросетевые технологии обработки данных [Текст] / В.А. Головко, В.В. Краснопрошин. – Минск: БГУ, 2017. – 265 с.

УДК 629.331

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ В СОВРЕМЕННОМ МАЛОМ ГОРОДСКОМ ТРАНСПОРТЕ

обучающийся М.С. Ладыгин, аспирант А.С. Ладыгин, обучающийся М.С. Джерепа
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия)

Ключевые слова: зазор, электросамокат, аккумулятор, автопилот, дезинфекция, беспилотный.

Первый в мире электрический самокат с автопилотом. Тестирование умных самокатов, способных не только самостоятельно приехать по вызову клиента, но и по завершении поездки в режиме автопилота вернуться на базу для технического обслуживания и дезинфекции в условиях пандемии. Новинка позволит сократить в разы расходы на содержание всей инфраструктуры для самокатов. Большинство моделей предназначено для эксплуатации круглогодично. МВД России определен статус электросамокатов мощностью более 250 ватт в качестве мопеда.

METHODS FOR ENSURING OPTIMAL OVER-PISTON GAPS DURING OPERATION OF AUTOMOTIVE TRACTOR DIESEL ENGINES

Student M.S. Ladygin, Postgraduate A.S. Ladygin, Student M.S. Dzherepa
(FSBEI HE Yaroslavl SAA, Yaroslavl, Russia)

Key words: electric scooter, battery, autopilot, disinfection, unmanned.

The world's first self-driving electric scooter. Testing of smart scooters capable of not only arriving on their own upon a customer's

call, but also returning to the base for maintenance and disinfection in a pandemic at the end of the trip in autopilot mode. The new product will significantly reduce the cost of maintaining the entire infrastructure for scooters. Most models are designed for year-round use. The Ministry of Internal Affairs of Russia has determined the status of electric scooters with a capacity of more than 250 watts as a moped.

Современный малый городской транспорт, представленный электрическими скутерами, в ближайшее время может выйти на качественно новый уровень и обеспечить горожан доступным, удобным, компактным и независимым средством передвижения. В городе Пичтри-Корнерс, штат Джорджия (США), в технопарке Curiosity Lab запущено тестирование умных самокатов, способных не только самостоятельно приехать по вызову клиента, но и по завершении поездки в режиме автопилота вернуться на базу для технического обслуживания и дезинфекции в условиях пандемии [1].

Это трехколесный электросамокат с функциями искусственного интеллекта. Новинка называется Ninebot Kick Scooter T60, а производиться она будет на производственных мощностях компании Segway. Речь идет о самом настоящем электросамокате с функцией автоматического пилотирования. Тем не менее, все не совсем так, как может показаться на первый взгляд. Это транспортное средство, когда его кто-то использует, не может само решать, куда ехать, чтобы водитель лишь просто стоял и наблюдал за процессом поездки.

Речь идет о таком автопилоте, который работает без водителя. По задумке создателей данного транспортного средства, когда в нем отпадает необходимость, например, когда пользователь доехал до пункта назначения, электросамокат сможет сам сначала найти ближайшую станцию, используя данные с GPS и мобильной сети, а затем доехать до нее с соблюдением всех ПДД и подключиться к зарядке, чтобы затем, после этого, его могли использовать другие люди. Проще говоря, новшество по большей части создано для компаний, предоставляющих электросамокаты в аренду, потому что им больше не придется вручную находить их и отвозить на зарядку.

Подобное новшество способно в полной мере изменить сам принцип аренды таких транспортных средств. Поскольку сам электросамокат весит не больше 30 килограммов, когда он будет находиться в режиме автоматического пилотирования, зарядка потребляться практически совсем не будет, так как никто ехать на нем не будет. По заявлениям производителя, Ninebot Kick Scooter T60 способен перевозить пользователя весом до 120 килограммов, однако нет никаких сомнений в том, что на самом деле он способен перемещать людей и с весом до 140 килограммов, если вдруг возникнет такая необходимость. Просто нужно учитывать, что от этого показателя крайне сильно зависит расход энергии и, как следствие, дальность поездки.

Компания Uber уже заявила о том, что новинка ей крайне интересна, потому что она позволит сократить в разы расходы на содержание всей инфраструктуры для самокатов.

Рисунок 1 – Умный электросамокат Ninebot Kick Scooter T60

Потребность в дезинфекции после каждой поездки влияет на оптимальную логистику проекта, предусматривающую непрерывные цепочки поездок потребителей, когда скутер по завершении

одной поездки, отправляется к следующему заказчику по оптимальному маршруту. В условиях пандемии скутеру требуется обязательное возвращение на базу для прохождений дезинфекции после каждой поездки. Такое условие влияет на экономическую эффективность проекта и увеличивает время подачи самоката заказчику. При тестировании будет проверена система поставки транспорта и возможность проезда беспилотных скутеров по городской местности без создания аварийных ситуаций. В будущем такой транспорт можно будет использовать в сервисах «умных городов». По словам производителя, Ninebot KickScooter T60 уже почти полностью создан, а сейчас ведется его тестирование в условиях крупных мегаполисов, поэтому если вдруг вы где-то увидите самокат, который движется без водителя, не удивляйтесь слишком сильно [2].

Электросамокаты нового поколения скоро заменят велосипеды в качестве основного решения для микромобильности. Это в человеческой природе – экономить энергию и время при поездках на работу.

Представленный на презентации новый электросамокат имеет три колеса – два спереди и одно сзади, что дает возможность ему быть устойчивым без пользователя и вернуться обратно до места расположения ближайшей зарядной станции без повреждений и падений, а также систему удаленного управления, использующую видеокамеру спереди устройства, которая позволяет оператору сервиса проката или специальному программному обеспечению удаленно анализировать ситуацию на дороге перед устройством и привести его в нужное место в ручном или автоматическом режиме, используя данные GPS и мобильной сети. Стоимость новинки на этапе предзаказа и первых продаж оценивается в 1 420 долларов США (90 000 рублей) за одну единицу. Однако, помимо закупки самих новых электросамокатов, прокатным компаниям будет также необходимо установить специальные зарядные станции непосредственно в местах их использования.

Если считать, что с пассажиром самокат потребляет вдвое больше энергии, чем пустой, то «неснижаемый остаток» батареи – 30%. Довольно много, учитывая и так невеликий запас хода.

Предварительные оценки: масса самоката 25 кг, масса вместе с человеком 100 кг, пробег при этом 75 км.

Без человека пробег будет приблизительно в 4 раза больше (меньше трение качения и сопротивление воздуха) – 300 км.

Если станции расположены в 6 км друг от друга, то надо всего 2% от заряда на возврат на зарядную станцию.

Получается, что можно сделать не только беспилотный возврат, но и беспилотную подачу электросамоката. Причем станция проката может быть удалена до 10–15 км от пользователя (на дорогу туда – обратно потребуется 10% заряда). Таким образом, можно будет использовать самокаты и за городом [3].

Рисунок 2 – Зимние покрышки

Рисунок 3 – Модель электросамоката с зонтом

Электросамокаты в большинстве имеют покрышки только для летнего катания, но в связи со сложным климатом в РФ есть очень много любителей продолжать кататься на электросамокатах и зимой. Для обеспечения безопасности и проходимости по снегу и льду необходимо поставить зимние покрышки и преодолевать любые последствия непогоды, чувствуя себя безопасно и уверенно.

Большинство моделей предназначено для эксплуатации круглогодично, т.е. предусматривается наличие дождя и снега на улице, и может иметь в комплектации зонт [4].

Анализ п. 1.2 Правил дорожного движения позволяет сделать вывод, что пока электросамокаты приравниваются к пешеходам и для управления ими водительское удостоверение не требуется. Без прав разрешено управлять любым электротранспортом, при условии, что мощность его двигателя не превышает 250 ватт (2,5 кВт).

29 сентября 2020 года МВД России определило статус электросамокатов мощностью более 250 ватт в качестве мопеда. Таким образом, пользователи таких самокатов обязаны иметь права категории М, использовать шлем и не могут передвигаться по тротуарам.

Литература

1. Ninebot Kick Scooter T60 – первый в мире электрический самокат с автопилотом [Электронный ресурс] // AKKet.com: официальный сайт компании. – М.: AKKet.com, 2013-2020. – Режим доступа: https://akket.com/raznoe/180383-ninebot-kickscooter-t60-pervyj-v-mire-elektricheskij-samokat-s-avtopilotom.html (дата обращения 1.11.2020).

2. Создан электросамокат с функцией возврата на зарядную станцию [Электронный ресурс] // «Habr»: официальный сайт компании. – М.: «Habr», 2006-2020. – Режим доступа: https://habr.com/ru/news/t/464029/ (дата обращения 2.11.2020).

3. Подробности об устройстве и функциях электросамоката Kick Scooter T60 [Электронный ресурс] // «Habr»: официальный сайт компании. – М.: «Habr», 2006-2020. – Режим доступа: https://habr.com/ru/post/464535/ (дата обращения 3.11.2020).

4. 10 важных дополнений к электросамокату, которые полезно всегда иметь при себе, подробно объясняем почему [Электронный

ресурс] // Смартмаг.рф (электросамокаты и гироскутеры в Екатеринбурге): официальный канал портала Смартмаг.рф на Яндекс Дзен. – М.: ООО «Яндекс», 1997-2020. – Режим доступа: https://zen.yandex.ru/media/id/5daedadfd5bbc300ae439fc1/10-vajnyh-dopolnenii-k-elektrosamokatu-kotorye-polezno-vsegda-imet-pri-sebe-podrobno-obiasniaem-pochemu-5de76f34e4f39f00b2d65942 (дата обращения: 4.11.2020).

УДК 621.311

АНАЛИЗ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

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

Ключевые слова: электрическая энергия, потери, снижение электрических потерь, способы снижения электрических потерь.

В статье приведен анализ причин потерь электроэнергии и мероприятий по снижению потерь электроэнергии в системах электроснабжения.

ANALYSIS OF MEASURES TO REDUCE ELECTRICITY LOSSES IN POWER SUPPLY SYSTEMS

A.M. Lukyanchenko, Doctor of Technical Sciences S.V. Vendin
(FSBEI HE Belgorod SAU, Mayskiy, Russia)

Key words: electrical energy, losses, reduction of electrical losses, methods of reducing electrical losses.

The article analyzes the causes of electricity losses and measures to reduce electricity losses in power supply systems.

При передаче электрической энергии потери неизбежны, поэтому основной задачей для повышения эффективности электроэнергетических систем является их уменьшение. Потери электроэнергии могут быть вызваны нагревом токопроводящих частей электрических машин, коронным разрядом в ЛЭП, намагничива-

нием [1–2], гармоническими составляющими электрической энергии [3] и провалами напряжений, которые формируют потребители [4] и т.д. Величина потерь как правило достигает 25–30%, что снижает срок службы электрооборудования [5]. Относительные потери электроэнергии при передаче ее по сети должны находится в пределах 4–10%. Фактические потери, т.е. разность между электроэнергией, поступающей в сеть и распределенной между потребителями можно разделить на следующие составляющие: 1) технические потери электроэнергии, которые возникают при передаче электроэнергии по электрическим сетям и расход электроэнергии на нужды подстанций; 2) потери, обусловленные погрешностью системы учета; 3) коммерческие потери, обусловленные неразрешенным несоответствием оплаты за электроэнергию.

Самые большие потери электроэнергии происходят при передаче электроэнергии на большие расстояния. Чтобы передать такое напряжения нужны провода с большим сечением. Если повысить напряжение при передаче электроэнергии, то ток снизится, и провода большого диаметра не понадобятся. При распределении электроэнергии между потребителями ее конвертируют в напряжение от 6 до 10 кВ, а после в 0,4 кВ, и именно здесь появляются потери в трансформаторе. В настоящее время есть множество способов снижения потерь электроэнергии.

Первый способ осуществляется путем уменьшения сопротивление нулевого провода, это достаточно простой и незатратный способ.

Второй способ состоит в замене устаревшую ЛЭП на новую. Однако этот способ связан с большими затратами материальных средств.

Третьим способом является снижения потерь путем повторного заземления нулевого провода на каждом столбе ЛЭП. Суть этого способа состоит в том, что сопротивление земли соединяют параллельно сопротивлению нулевого провода трансформатора подстанции и нулем потребителя [1, 6].

Четвертый способ основан на снижении сопротивления, при котором необходимо проверять ноль и фазу. В процессе использования ЛЭП рано или поздно под воздействием различных факторов случается обрыв проводов, таким образом образуются места

локального повышения сопротивления – скрутки, сростки и т.д. Чтобы предотвратить подобное необходимо, регулярно проверять электролинию [7].

Пятым способом выступает применение стабилизаторов напряжения на входе в объект. Такие стабилизаторы могут быть однофазного и трехфазного типа они могут иметь мощность от сотен Вт до сотен кВт. Они увеличивают коэффициент мощности и обеспечивают стабилизацию напряжения при изменении напряжения на входе ±30%, в пределах ±5%, на выходе.

Шестой способ – это компенсация потерь. Он подразумевает использование компенсаторов реактивной мощности. То есть производят вынос электросчетчика из здания и устанавливают его на опоре ЛЭП в специальном коробе. В данном способе потери снижаются за счет использования трехфазного подключения. Это влечет уменьшение тока по каждой фазе, следовательно, и потери в линии это позволяет равномерно распределить нагрузку [8].

Выводы

При передаче электрической энергии потери неизбежны, поэтому их снижение является основной задачей для повышения эффективности электроэнергетических систем. В настоящее время применяют различные способы снижения потерь электроэнергии, среди которых можно выделить следующие: уменьшение сопротивления нулевого провода; замена ЛЭП на новую; повторное заземление нулевого провода на каждом столбе ЛЭП; контроль сопротивления проверкой ноля и фазы; применение стабилизаторов напряжения на вводе в объект; использование компенсаторов реактивной мощности. Снижение потерь электроэнергии – это комплексная проблема, требующая внедрения новых технологий в энергетическую сбытовую деятельность и управление режимами сетей.

Литература

1. Шойимова, С.П. Потери электроэнергии и способы борьбы с ними [Текст] / С.П. Шойимова // Молодой ученый. – 2015. – № 23. – С. 278–280.

2. Соловьев, С.В. Тепловизионный контроль состояния электроустановок Белгородских электрических сетей с помощью прибора

FLIRI50 [Текст] / С.В. Соловьев, Д.Н. Филонова // Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики: сборник научных трудов по материалам 11-й Международной конференции по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики / под общей редакцией Р.А. Ковалева. – Белгород: Издательство ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2015. – 371 с.

3. Килин, С.В. Анализ несинусоидальности и несимметрии в электрических сетях 0,4-10 кВ [Текст] / С.В. Килин, С.В. Вендин // Проблемы электрификации сельского хозяйства: сборник научных трудов по материалам Всероссийской научно-практической конференции. – Белгород: Издательство ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2018. – С. 15–21.

4. Виноградов, А.А. Расчет нормативов электропотребления гражданами Белгородской области [Текст] / А.А. Виноградов, М.Ю. Михайлова, С.А. Духанин, С.В. Соловьев // Вестник ФГБОУ ВО БГТУ им. В.Г. Шухова. – Белгород: ФГБОУ ВО БГТУ им. В.Г. Шухова, 2010. – № 3. – С. 136–139.

5. Артемьев, А.В. Расчет, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях: Руководство для практических расчетов [Текст] / А.В. Артемьев, О.В. Савченко. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2004. – 280 с.

6. Вендин, С.В. Оценка эффективности применения мультитроссовой молниезащиты на подстанциях 35-110 кВ [Текст] / С.В. Вендин, С.В. Соловьев, С.В. Килин, А.О. Яковлев // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2019. – № 4 (37). – С. 133–142.

7. Яковлев, А.О. Особенности применения цифровых подстанций [Текст] / А.О. Яковлев // Инновационные решения в аграрной науке – взгляд в будущее. Материалы XXIII международной научно-производственной конференции «Инновационные решения в аграрной науке – взгляд в будущее». – 2019. – С. 119–120.

8. Железко, Ю.С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: Руководство для практических расчетов [Текст] / Ю.С. Железко. – М.: ЭНАС, 2009. – 56 с.

УДК 631.234

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ (ПОЛИВ, ОСВЕЩЕНИЕ, ОБОГРЕВ, ВЕНТИЛЯЦИЯ) В ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕПЛИЦАХ

к.т.н., доцент О.Г. Несиоловский,
старший преподаватель Р.Д. Адакин,
к.т.н., доцент И.М. Соцкая
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия)

Ключевые слова: автоматизация, промышленная теплица, датчики, программа SCADA, протокол Modbas RTU, контроллер.

В статье рассмотрены вопросы автоматизированного программного управления микроклиматом в промышленной теплице. Для реализации процесса автоматизации были изучены существующие направления автоматизации, программы, применяемые в этом направлении и контроллеры. Из большого списка программ и оборудования были выбраны наиболее оптимальные для нашего случая. Для увязки оборудования и программ были разработаны и составлены на программном языке алгоритмы управления, позволяющие контроллерам опрашивать датчики и отсылать значения опрашиваемых величин на компьютер по запросу. На компьютере установлена программа SCADA позволяющая анализировать приходящую информацию от контроллеров, пропускать через алгоритмы и принимать решения по управлению исполнительными механизмами. Для этого она отсылает управляющие сигналы на контроллеры, через OPC DA сервер, они в свою очередь управляют питанием приборов через реле, тем самым осуществляется работа исполнительных механизмов. Затем при следующем опросе SCADA анализирует как подчиненные контроллеры и исполнительные механизмы справляются с поставленными задачами, и продолжает управление, для поддержания заданных значений микроклимата теплицы установленные оператором.

DEVELOPMENT OF ALGORITHMS FOR ENERGY-SAVING MICROCLIMATE MANAGEMENT (IRRIGATION, LIGHTING, HEATING, VENTILATION) IN INDUSTRIAL GREENHOUSES

Candidate of Technical Sciences, Docent O.G. Nesiolovsky,
Senior Lecturer R.D. Adakin,
Candidate of Technical Sciences, Docent I.M. Sotskaya
(FSBEI HE Yaroslavl SAA, Yaroslavl, Russia)

Key words: automation, industrial greenhouse, sensors, SCADA program, Modbas RTU Protocol, controller.

The article deals with the issues of automated software control of the microclimate in an industrial greenhouse. To implement the automation process, we studied the existing areas of automation, programs used in this direction, and controllers. From a large list of programs and equipment, we selected the most optimal ones for our case. To link hardware and software, control algorithms were developed and compiled in a software language that allow controllers to query sensors and send the values of the polled values to the computer on request. The computer has a SCADA program that allows you to analyze incoming information from controllers, pass it through algorithms, and make decisions on managing actuators. To do this, it sends control signals to the controllers via the OPC DA server, which in turn control the power supply of the devices via a relay, thereby operating the actuators. Then, during the next survey, SCADA analyzes how its subordinate controllers and actuators cope with the tasks set, and continues to manage, to maintain the set values of the greenhouse microclimate set by the operator.

Введение

В настоящее время растет использование промышленных теплиц, вместе с тем развиваются технологии и способы для выращивания различных культур в них. Теплицы разделяются по времени работы: на круглогодичные и сезонные; по способу освещения: на освещение целый день или только в темное время суток; по способу полива: на полив со штанги или капельное (точечное).

От способа размещения культур в теплице зависит способ полива. Например, культуры, не требующие привязку веревкой к потолку и растущие низко и посажены, широко поливают движущейся штангой с форсунками, рисунок 1.

Рисунок 1 – Посадка культур широко

Штанга двигается с помощью электродвигателя по балке, за ней тянется шланг с водой или подкормкой. По длине штанги расположены форсунки в ряд через равное расстояние. Происходит полив растений. При достижении штанги края теплицы она упирается в концевой выключатель и происходит переключение электродвигателя в обратную сторону, реверс.

Посаженные ярусным способом культуры поливают локально, протянув трубопровод с отводами на каждый этаж рисунок 2.

Рисунок 2 – Модульный или ярусный способ выращивания растений

Различаются также способы освещения теплиц по цвету свечения розовые или белые светильники,их комбинации по расположению (рисунок 3).

Рисунок 3 – Способы освещения теплиц

Поэтому для разработки универсальной программы управления светом, поливом, вентиляцией и обогревом невозможно создать универсальную программу, чтобы учесть все нюансы выращивания растений в различных теплицах. В каждой теплице есть своя индивидуальная особенность по введению процессов выращивания [1]. Поэтому программа автоматизации для каждой теплицы будет также индивидуальна. Такие общие моменты автоматизации можно обозначить, поставив задачи, и в дальнейшем, если потребуется эту программу внедрять в существующую теплицу, необходимо будет только доработать алгоритмы управления по учету индивидуальных особенностей процессов выращивания, присуще этой теплице [2]. Поэтому перейдем к постановке задач.

Задачи автоматизации

Необходимо разработать алгоритмы, позволяющие автоматически управлять следующими процессами:

1. Управление освещением, и досвечиванием в теплице в темное время суток. Досвечивание – это процесс освещения растений с целью как можно больше насытить светом для получения хороших результатов роста растений и их плодов. Для освещения используют светильники испускающие белый свет, для досвечивания розоватый или комбинированный, при этом используют специализированные светильники.

2. Управление поливом: по сигналу с датчиков влажности земли, по мере высыхания влаги при достижения минимального зна-

чения необходимо подать определенное количество воды в нужный сектор, не превышающее максимально допустимого значения влажности почвы.

3. Контроль заданной температуры необходимо достигать в теплице при превышении температуры и влажности выше нормы с помощью открытия окон и включения вентилирования, а при понижении температуры ниже нормы включать обогреватель.

Методика

Для выполнения поставленных задач, нами были исследованы существующее оборудование контроллеры, датчики и программное обеспечение к ним. Подобрав необходимое сочетание оборудования и программного обеспечения, были разработаны алгоритмы управления для контроллеров [3], чтобы они могли опрашивать датчики и отсылать значения опрашиваемых величин по сигналу запроса на компьютер. На компьютере в свою очередь установлена программа SCADA [4], для которой тоже разработаны и написаны соответствующие алгоритмы опроса контроллеров, а также установки, придерживаясь значений которых, программа будет управлять исполнительными механизмами, добиваясь нужных режимов микроклимата теплицы.

Для контроллеров составлен алгоритм, позволяющий понять им как нужно реагировать на запрос, для этого использовался способ передачи данных – протокол Modbas RTU RS 485. Это надежный протокол передачи данных, разработанный для передачи данных на промышленном автоматизированном оборудовании, который актуален и в современное время, широко применяется в стране и за рубежом.

Поставленные задачи были выполнены, разработанные алгоритмы программного обеспечения показали хорошую работу на подобранном оборудовании [5]. Пример одного окна программы показан на рисунок 4.

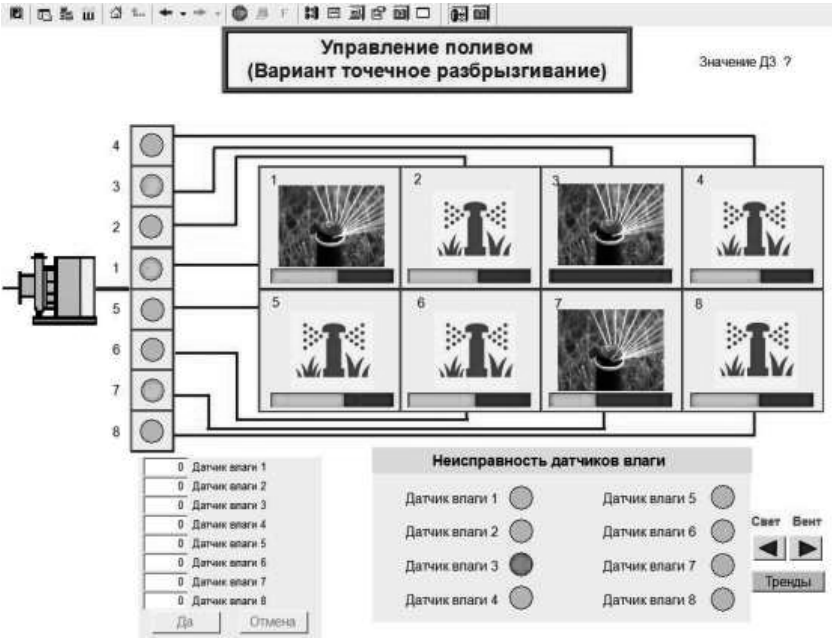

Рисунок 4 – Окно SCADA программы, управляющее поливом

Выводы

Разработаны алгоритмы совместной работы контроллеров, опроса датчиков и передачи информации на SCADA, которая обеспечивает анализ полученных данных и управление исполнительными механизмами, такими как насосы, регулируемые клапана для подачи воды, освещение, электродвигатели окон. Для этого SCADA посылает сигналы управления на контроллеры, которые свою очередь командуют распределением электропитания 220 В или 380 В с помощью реле на перечисленные исполнительные механизмы. Прием и передача сигналов SCSADA системой от контроллеров и назад к ним, позволяет вести автоматизированное управление для поддержания заданных параметров микроклимата в промышленных теплицах.

Литература

1. Адакин, Р.Д. Умная теплица. Автоматизация процессов выращивания культур в малогабаритных теплицах [Текст] /

Р.Д. Адакин, М.Л. Борисова, В.П. Дмитренко, О.Г. Несиоловский, И.М. Соцкая // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса: сборник научных трудов XII Международной научно-практической конференции в рамках XXII Агропромышленного форума юга России и выставки «Интерагромаш». – Ростов-на-Дону: Издательство ФГБОУ ВО Донской ГТУ, Аграрный научный центр «Донской», 2019. – С. 329–332.

2. Дмитренко, В.П. Автоматизация процессов выращивания культур в промышленных теплицах [Текст] / В.П. Дмитренко, И.М. Соцкая, Р.Д. Адакин. – Ярославль: Издательство ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, 2019. – С. 10–15.

3. Визуальное программирование FL Prog [Электронный ресурс] // FlProg: официальный сайт компании. – М.: FlProg, 2020. – Режим доступа: https://flprog.ru/ (дата обращения: 3.11.2020).

4. ИнСАТ – Интеллектуальные системы автоматизации технологии [Электронный ресурс] // ИнСАТ: официальный сайт компании. – М.: ИнСАТ, 2002-2020. – Режим доступа: https://insat.ru/ (дата обращения: 10.11.2020).

5. Автоматизация промышленных теплиц [Электронный ресурс] // Роман Адакин: канал на Youtube.com. – Маунтин-Вью, Калифорния, США: Google LLC, 1998-2020. – Режим доступа: https://www.youtube.com/watch?v = kGJd-4jxW0k (дата обращения: 3.11.2020).

УДК 621.311.182

АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В БЕЛГОРОДСКОМ РЕГИОНЕ

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

Ключевые слова: альтернативные виды энергетики, Белгородский регион, перспективы использования.

В статье приведен анализ возможности и перспектив использования ветроэнергетики, биотоплива, гелиоэнергетики, гидроэнер-

гетики, грозовой энергетики и водородной энергетики применительно к региону Белгородской области.

ANALYSIS OF THE PROSPECTS OF USING DIFFERENT TYPES OF ALTERNATIVE ENERGY SOURCES IN THE BELGOROD REGION

G.K. Polovnev, Doctor of Technical Sciences S.V. Vendin
(FSBEI HE Belgorod SAU, Mayskiy, Russia)

Key words: alternative types of energy, Belgorod region, prospects of use.

The article provides an analysis of the possibilities and prospects of using wind energy, biofuel, solar energy, hydropower, lightning energy and hydrogen energy in relation to the region of the Belgorod region.

Мировая наука и промышленность развивает технологии использования различных видов альтернативных источников энергии, среди которых можно выделить ветроэнергетику, биотопливо, гелиоэнергетику, гидроэнергетику, грозовую энергетику, водородную энергетику и др. [1]. Однако, несмотря на кажущуюся перспективность использования возобновляемых и альтернативных источников энергии, возможности их применения в конкретном географическом регионе ограничены. Ниже приведен анализ возможности и перспектив использования различных видов альтернативных источников энергии применительно к региону Белгородской области.

Ветроэнергетика

Отрасль энергетики, специализирующаяся на преобразовании кинетической энергии воздушных масс в атмосфере в электрическую, механическую, тепловую или в любую другую форму энергии, удобную для использования в народном хозяйстве [2]. Такое преобразование может осуществляться такими агрегатами, как ветрогенератор (для получения электрической энергии), ветряная мельница (для преобразования в механическую энергию), парус (для использования в транспорте) и другими.

К достоинствам ветроэнергетики следует отнести:

1. Получение энергии с помощью ветрогенераторов не производит никаких выбросов в атмосферу;

2. Быстрое развертывание сети ветрогенераторов;

3. Для появления тока достаточно скорости ветра в 3 м/с.

Основные недостатки ветроэнергетики состоят в следующем:

1. Электростанции, использующие ветрогенераторы, менее продуктивны по сравнению с традиционными электростанциями (ТЭС, ГЭС и АЭС), это происходит из-за того, что источник энергии (ветер) не является постоянным;

2. Проблема переработки лопастей, которые служат 20-25 лет.

Биотопливо

Топливо из растительного или животного сырья, из продуктов жизнедеятельности организмов или органических промышленных отходов [3].

Различается жидкое биотопливо (для двигателей внутреннего сгорания, например, этанол, метанол, биодизель), твердое биотопливо (дрова, брикеты, топливные гранулы, щепа, солома, лузга) и газообразное (синтез-газ, биогаз, водород).

К достоинствам энергетики биотоплива следует отнести:

1. Мобильность. По сравнению с другими альтернативными источниками энергии биотопливо можно транспортировать в необходимое место назначение;

2. Снижение стоимости обслуживания двигателей при использовании биотоплива. Так как биотопливо является более чистым топливом, относительно бензина, то загрязнение ДВС уменьшается;

3. Экономическая выгода для стран, которые не обладают большими запасами топлива (нефти).

Основные недостатки энергетики биотоплива состоят в следующем:

1. Применение биотоплива подходит не для каждого региона, так как некоторые культуры в одних местах лучше растут, а в других не растут совсем или растут плохо;

2. В холодное время года необходимо подогревать топливо, идущее из топливного бака в топливный насос;

3. Срок хранения биотоплива – около 3-х месяцев.

Гелиоэнергетика

Направление альтернативной энергетики, основанное на непосредственном использовании солнечного излучения для получения энергии в каком-либо виде. Солнечная энергетика использует возобновляемые источники энергии и является «экологически чистой», то есть не производящей вредных отходов во время активной фазы использования. Производство энергии с помощью солнечных электростанций хорошо согласовывается с концепцией распределенного производства энергии [4].

К достоинствам гелиоэнергетики следует отнести:

1. Доступность. Для организации собственной солнечной электростанции необходимо лишь оборудование, использовать которое можно как на дачном участке, так и на больших промышленных предприятиях;

2. Экологичность. Использование гелиоэнергетики, это не только получение энергии, но также отсутствие вредных выбросов в атмосферу при ее выработке;

3. Простота обслуживания. Установленное оборудование практически не требует ухода.

Основные недостатки гелиоэнергетики состоят в следующем:

1. Простой выработки энергии в ночное время;

2. Низкий КПД выработки электроэнергии. На сегодняшний день существуют фотоэлементы с КПД от 16,4 % до 25 % в зависимости от стоимости самого фотоэлемента.

Гидроэнергетика

Область хозяйственно-экономической деятельности человека, совокупность больших естественных и искусственных подсистем, служащих для преобразования энергии водного потока в электрическую энергию [5].

К достоинствам гидроэнергетики следует отнести:

1. Долгий срок эксплуатации. Некоторые ГЭС служат 50-100 лет;

2. Простой контроль за производительностью ГЭС (изменение скорости потока воды).

Основные недостатки гидроэнергетики состоят в следующем:

1. Повреждение экосистемы и потеря земли;

2. Выброс метана из водохранилищ;

3. Изменение климата в зонах водохранилища, повышение влажности воздуха.

Грозовая энергетика

Это способ получения энергии путем поимки и перенаправления энергии молний в электросеть. Данный вид энергетики использует возобновляемый источник энергии и относится к альтернативным источникам энергии [6].

К достоинствам грозовой энергетики следует отнести:

1. Экологически чистая энергия;

2. Выработка электроэнергии в независимости от времени года или суток;

3. Так как оборудование находится в воздухе, за счет этого происходит экономия земельной территории.

Основные недостатки грозовой энергетики состоят в следующем:

1. Высокое напряжение, представляющее опасность для окружающих и персонала;

2. Оборудование, расположенное на высоте, это опасность для авиации.

Водородная энергетика

Водородная энергетика, область энергетики, основанная на использовании водорода в качестве энергоносителя [7]. Водород называют самым экологически чистым источником энергии, его запасы практически безграничны, а КПД топливных элементов вдвое выше, чем у двигателей внутреннего сгорания. Традиционный метод получения сравнительно небольших количеств H_2 – электролиз воды. Из 1 литра воды путем электролиза получится примерно 1234 л водорода. Теплоотдача водорода на 250% выше, чем у топливно-воздушной смеси. Удивительно, но 222 кг водорода могут заменить 1 тонну бензина. Водородная энергетика относится к альтернативной энергетике. Водород может применяться на транспорте в следующих вариантах:

1. В водородных двигателях внутреннего сгорания в качестве основного компонента горючей смеси;

2. В гибридных силовых установках, использующих топливные элементы для получения электрической энергии;

3. В газовых и газодизельных двигателях в смеси с природным газом.

Япония уже сегодня плотно взялась за практическое развитие водородной энергетики. Компании Kawasaki Heavy Industries и Obayashi в г. Кобе возводят водородную электростанцию мощностью 1 МВт. А тепло от сгорания газа будет использовано для отопления.

General Electrics (США) работает над топливными элементами с 65% эффективностью и утверждает что их КПД может быть повышен до 95%, что позволяет запасать до 10 МВт электрической энергии (после преобразования) в одном водородном топливном элементе.

К достоинствам водородной энергетики следует отнести:

1. Мобильность. Водород хранится в газообразном состоянии, поэтому его легко транспортировать;

2. Условия хранения проще чем у любого другого топлива, а также долгое время хранения водорода являются несомненными плюсами;

3. Разное отраслевое применение. Водород может применятся как в автомобильной сфере, так и в промышленности, жилищном хозяйстве, инженерном деле.

Основные недостатки водородной энергетики состоят в следующем:

1. Получение водорода – процесс трудоемкий и на сегодняшний день до сих пор нет единого механизма по его добыче;

2. Так как сам водород имеет повышенную взрывоопасность, то при его добыче существует большая вероятность взрыва;

3. Добыча водорода – это очень дорогостоящий процесс, требующий больших финансовых затрат.

Выводы

В результате проведенного анализа достоинств и проблем связанных с использованием ветроэнергетики, биотоплива, гелиоэнергетики, гидроэнергетики, грозовой энергетики и водородной энергетики можно сделать вывод, что для региона Белгородской области, с учетом ее географических особенностей, наиболее перспективным будет развитие и использование таких видов альтернативной энергии, как ветроэнергетика, солнечная энергия и водородная энергетика.

Литература

1. Лаверов, Н.П. Топливно-энергетические ресурсы: состояние и рациональное использование [Текст] / Н.П. Лаверов // Энергетика России: проблемы и перспективы: труды науч. сессии РАН. – М.: Наука, 2006. – С. 21-29.

2. А., да Роза Возобновляемые источники энергии. Физико-технические основы [Текст] / А. да Роза. – М.: МЭИ, Интеллект, 2010. – 704 с.

3. Соуфер, С. Биомасса как источник энергии [Текст] / С. Соувер, О.Р. Заборски, А.П. Чочиа. – М.: Мир, 1985. – С. 8-89.

4. Плеханов, Сергей. О сырьевых ограничениях развития солнечной энергетики в 2013-2020 гг. [Текст] / Сергей Плеханов. – М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2013. – 788 с.

5. Вест, К. Источник энергии [Текст] / К. Вест. – М.: ИЛ, 2012. – 224 с.

6. Сибикин, Ю. Д. Альтернативные источники энергии [Текст] / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. – М.: РадиоСофт, 2014. – 248 с.

7. Сибикин, Ю. Д. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии [Текст] / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. – М.: КноРус, 2012. – С. 240.

УДК 621.791(075)

МОДЕЛИРОВАНИЕ СВАРКИ ТРЕНИЕМ С ПРЯМЫМ ПРИВОДОМ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА VIRTUA RFW

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

Ключевые слова: линейная сварка трением, сварка трением с перемешиванием, орбитальная сварка трением, теплопроводность, пластическая деформация.

В статье рассматривается новый целостный подход к моделированию процесса ротационной сварки трением (RFW). Основное внимание в этом отношении уделяется определению параметров процесса для сварочных швов виртуальным образом. Пластиче-

ские деформации отображаются с помощью сформулированных лагранжевым методом конечных элементов, включающих сложные процедуры повторного зацепления во избежание ложных искажений элементов. Подход с методом штрафной функции в сочетании с регуляризованным законом кулоновского трения позволяет очень надежно предсказать силы на границе раздела. Программа способна моделировать весь процесс за адекватное время вычислений, используя в своих интересах общую осевую симметрию задачи. После обобщенного вывода основных уравнений и использованного материала рассматривается практический пример, чтобы продемонстрировать характеристики модели. Качественное сравнение формы сварки с экспериментальным образцом и примерное исследование влияния параметров процесса завершают работу.

DIRECT DRIVE FRICTION WELDING SIMULATION USING A SOFTWARE PRODUCT VIRTUA RFW

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

Key words: linear friction welding, friction stir welding, orbital friction welding, thermal conductivity, plastic deformation.

The article discusses a new holistic approach to modeling the process of rotary friction welding (RFW). The main focus in this regard is on the definition of process parameters for welds in a virtual manner. Plastic deformations are displayed using Lagrangian finite element methods, which include sophisticated re-engagement procedures to avoid false distortion of elements. The penalty function approach, combined with the regularized Coulomb friction law, makes it possible to predict very reliably the forces at the interface. The program is able to simulate the entire process in an adequate computation time, taking advantage of the general axial symmetry of the problem. After a generalized derivation of the basic equations and material used, a practical example is considered to demonstrate the characteristics of the model. A qualitative comparison of the shape of welding with an experimental sample and an approximate study of the influence of process parameters complete the work.

Введение

Процесс ротационной сварки трением (RFW) – это процесс сварки в твердом состоянии, применяемый в обширной области применения от автомобильной и железнодорожной промышленности до авиастроения. Основными преимуществами RFW являются стабильность процесса, высококачественные соединения и хороший потенциал для автоматизации процесса. Кроме того, ассортимент свариваемых материалов намного шире, при этом для соединения не требуются ни добавки, ни присадочный материал.

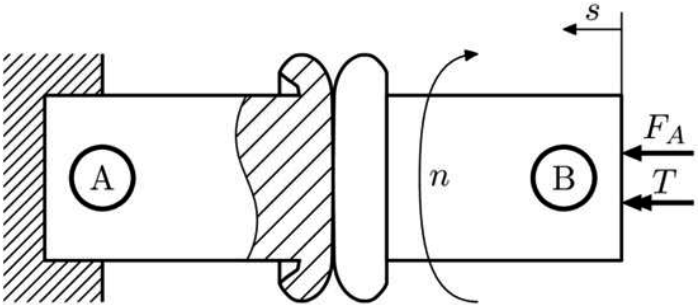

Рисунок 1 – Основной параметр процесса RFW

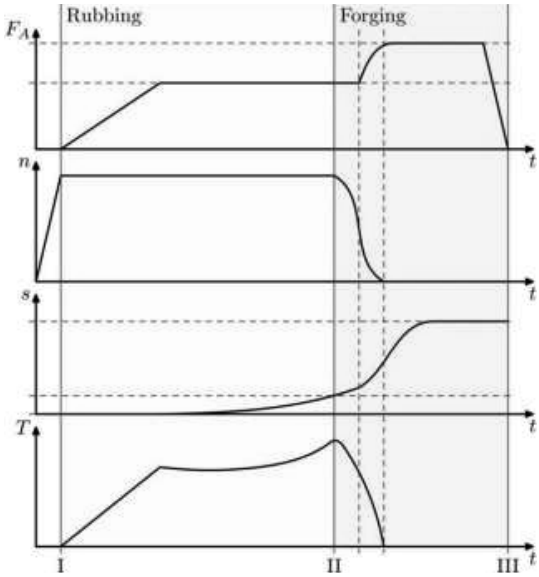

Рисунок 2 – Типичный параметр процесса, выполняемый в RFW

В то время как при процессах сварки обычно достигается жидкая фаза материала, RFW не превышает температуру плавления каждой из сварочных деталей, что приводит к образованию меньшей зоны термического влияния [1]. Помимо RFW, существуют и другие процессы сварки трением, такие как, например, линейная сварка трением (LFW), сварка трением с перемешиванием (FSW) и орбитальная сварка трением (OFW), которые отличаются главным образом относительным направлением движения двух свариваемых деталей. Однако физика соединения остается аналогичной, поскольку механизм связывания для всех – это диффузия материала при высокой температуре и давлении. Еще в 1970-х годах исследовательские группы исследовали движущие физические явления RFW, такие как тепловыделение, теплопроводность, пластическая деформация, истирание поверхностей трения и материальная диффузия [2]. На рисунке 1 дана схематическая иллюстрация процесса RFW с выделением основных параметров процесса, таких как осевая подача s(t), осевая сила FA(t), крутящий момент T (t) и частота вращения n (t). В соответствии с приводом машины, можно различать сварку трением с инерцией (IFW) и сварку трением с прямым приводом (DDFW). Первая процедура использует накопленную энергию маховика для создания трения, тогда как процесс DDFW осуществляется непрерывно. Что касается DDFW, то простейшая форма управления процессом – это силовое управление, что означает, что скорость вращения и осевая сила задаются в зависимости от времени, а крутящий момент и подача определяются физикой сварного шва. Во время процесса обычно различают стадию трения (I-II) и стадию ковки (II-III), как показано на рисунке 2. Типичными параметрами сварного шва являются сила трения и ковки, время трения, скорость вращения и тип шпинделя. Чтобы оптимизировать эти параметры и управление процессом, необходимо понимать физические явления процесса. Модели, встречающиеся в литературе, в целом можно разделить на чисто тепловые и связанные термомеханические. Представители первой группы сосредотачиваются скорее на прогнозировании профилей температуры в сварных швах трением, тогда как механически связанные подходы можно разделить на модели вычислительной механики твердого тела (CSM) и вычислительной гидродинамики (CFD) модели. Основная особенность таких моделей заключается в том, что они учитывают небольшие деформации, и, следовательно,

можно учесть такие эффекты, как остаточные напряжения и тепловые расширения. В основном, параметрическая модель Джонсона-Кука оценивается как основа для зависимости предела текучести от упругих деформаций, скорости пластической деформации и температуры [2]. Определенным недостатком моделей CSM является то, что затраты на вычисления, вероятно, будут выше, чем по сравнению с моделями CFD. Последний метод моделирования рассматривает перемешиваемую фазу материала как жидкость с очень высокой вязкостью, что является благоприятным подходом в области вычислительной пластичности [3]. Поведение материала в этом отношении в первую очередь описывается основной функцией динамической вязкости от скорости деформации и температуры.

Контактное моделирование

Реалистичное моделирование процесса DDFW неизбежно зависит от реализации модели контакта и трения. Для разумного времени вычислений в нашей модели был использован подход метода штрафной функции, который показан на рисунке 3. Имеются два сварочных элемента при сварке взаимно проникают друг в друга. Следовательно, давление p в поверхностных точках Гаусса определяется глубиной пересечения s согласно функции:

$$p = \{0, \quad s<0 \quad aps2, \quad s\geq 0 \qquad (1)$$

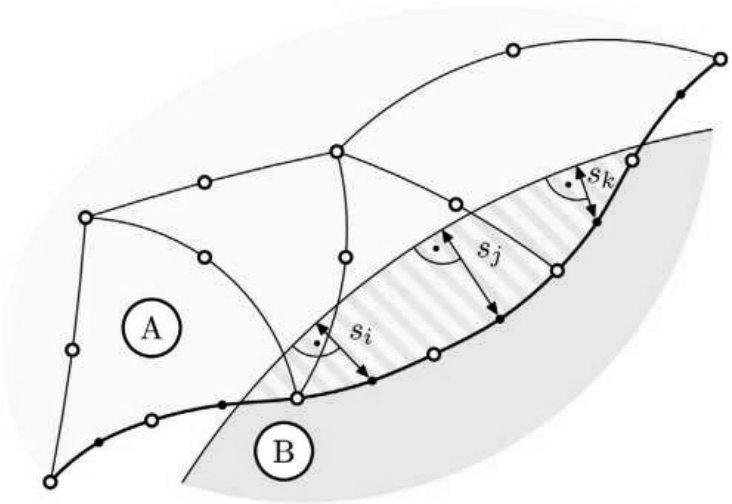

Рисунок 3 – Метод штрафной функции

Штрафная функция ар может быть выбрана в зависимости от размера заготовки и ожидаемого контактного давления. Например, если говорить, что типичное контактное давление составляет около 60 МПа, тогда хорошим выбором для р будет 6000 Мпа/мм². Касательные напряжения zφподчиняются Закону кулоновского трения:

$$\tau_{z\varphi} = \begin{cases} \eta p & \Delta v_{\varphi} > 0 \\ < \eta p & \Delta v_{\varphi} = 0 \end{cases}, \qquad (2)$$

где Δv_{φ} – относительная разность скоростей поверхностей контакта двух деталей;

η – коэффициент трения, зависящий от температуры.

Поскольку уравнение (2) содержит сильную особенность при переходе от состояния скольжения к состоянию соединения регуляризованный подход:

$$\tau_{z\varphi} = \frac{2\eta p}{\pi} \arctan\left(\frac{\Delta v_{\varphi}}{a_{reg}}\right). \qquad (3)$$

Вместо этого используется фактор регуляризации a_{reg}. Фактически, результаты моделирования показывают, что во время фазы трения условие соединения практически никогда не выполняется, следовательно, регуляризация носит скорее формальный характер, а не входит в модель. Источник тепла на контактной поверхности детали A и B тогда определяется выражением:

$$\begin{aligned} rq,A &= aAaA + aBZ\varphi\Delta v + ABB - A; \\ rq,B &= aBaA + aBZ\varphi\Delta v + ABA - B. \end{aligned} \qquad (4)$$

Определяются параметры температуропроводности:

$$aA = c,AAcA;\ aA = c,BBcB, \qquad (5)$$

использующиеся для распределения теплоты трения между двумя сварочными швами в соответствии с предложениями Кьюменти [4]. Тепловой поток между двумя поверхностями определяется коэффициентом теплопередачи α_{AB}.

Результаты моделирования

В этом разделе будет продемонстрировано моделирование процесса сварки кузнечной детали, показанной на рисунке 4. Здесь

основное внимание уделяется демонстрации потенциалов и характеристик модели, не требуя количественная точность свойств материала и границы условия. Моделирование выполняется на основе конечных элементов в MATLAB.

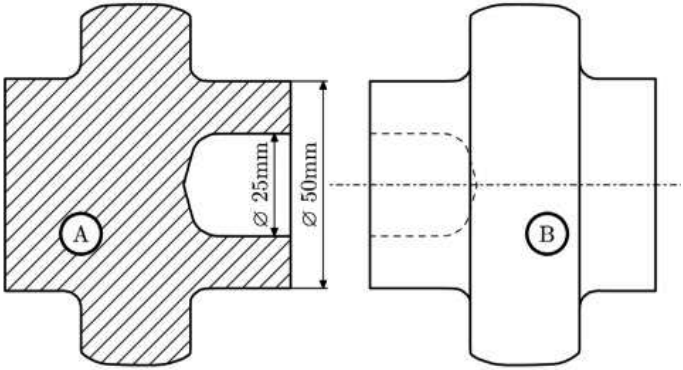

Рисунок 4 – Наблюдаемая проблема сварки трением

Используемые константы материала представлены в таблице 1. Рассматриваемый процесс состоит только из одной стадии трения при p = 40 Н/мм² и n = 800 мин⁻¹ при времени трения t_r = 7 с. Элементы по сварке похожи, предлагая возможность сократить вычислительные затраты вдвое за счет моделирования только одной стороны. Однако следует иметь в виду, что этот шаг допустим только в том случае, если пренебречь силами инерции, включая фиктивные, и предположить, что коэффициент теплопередачи αsurf не зависит от скорости вращения. Настоящий пример расчета соответствует этим требованиям, поэтому поведение поворотной стороны отображается граничным условием симметрии. Зацепление неподвижной стороны выполняется со средним размером элемента d_e = 0,4 мм на контактной поверхности. Увеличенная объемная вязкость по Лагранжу оценивается в 1, 175·10⁶ Нс/мм², что является подходящим вариантом хорошей обусловленности системы уравнений.

Параметр штрафа для расчета контактных усилий a_p = = 1000 Н / мм⁴. Для регуляризации касательных напряжений трения учитывается коэффициент a_{reg} = 200 мм/с. Во время моделирования было выполнено 103 этапа повторного зацепления. В нем

среднее количество элементов составляло около 600, что давало примерно 4000 степеней свободы смещения и 1300 температурных степеней свободы. На рисунке 5 показано температурное поле в конце стадии притирки при t = 7 с. Выяснилось, что температура плавления материала не достигается ни разу во время моделирования. Фактически, можно легко заключить, что в процессе RFW температура расплава вряд ли будет достигнута или превышена ни при моделировании, ни на практике. Объяснение этому состоит в том, что вблизи точки плавления материал течет и больше не может передавать касательные напряжения. Следовательно, как только температура достигнет точки плавления, трущиеся поверхности будут соединяться, и нагрев при трении будет приостановлен.

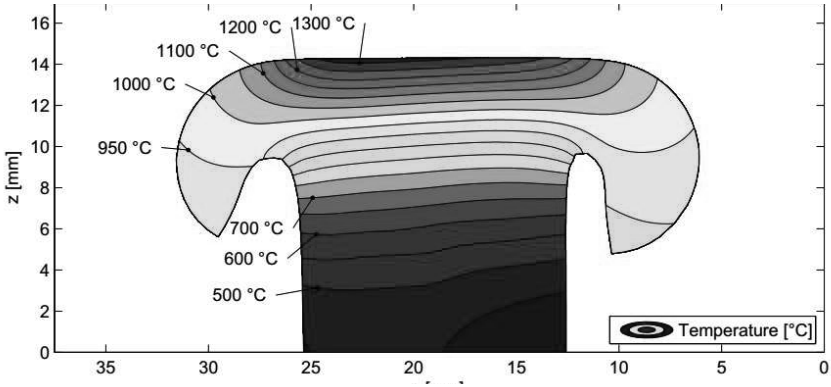

Рисунок 5 – Температуры сразу после стадии трения при t = 7 с

Присмотревшись к условиям контактного давления на рисунке 6, можно увидеть, что вначале осевая сила распределяется равномерно по поперечному сечению. Однако, как только материал начинает течь, появляется отчетливый профиль давления, достигающий максимума в середине поперечного сечения при r ≈ 17 мм. Сравнение этого профиля с температурой поверхности контакта на рисунке 6 показывает, что максимумы температуры и давления не совпадают. В то время как давление является самым высоким вблизи внутреннего диаметра при r ≈ 17 мм, максимальная температура достигается при r ≈ 22 мм. Неустойчивость контурных линий на рисунке 6 связана с временными перестановками во время моделирования, которые немного изменяют распределение контактных сил.

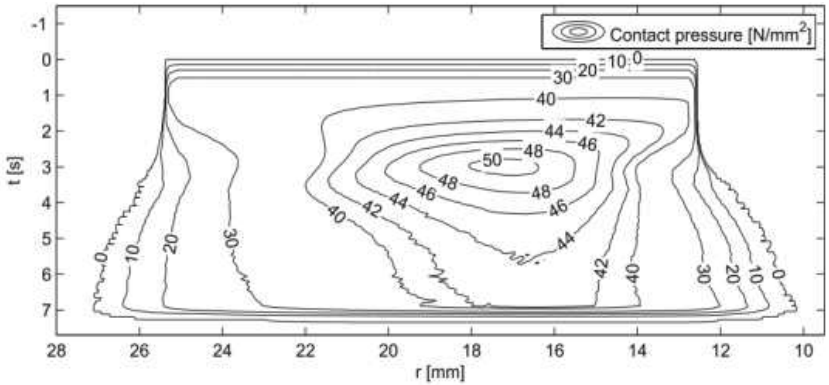

Рисунок 6 – Изменение давления на поверхности контакта в процессе

На рисунке 7 показаны прогоны параметров процесса. Поскольку в этом примере процесс управляется силой, две левые диаграммы, а именно осевая сила и частота вращения, являются входными величинами, тогда как две правые диаграммы являются результатами моделирования. Окончательная осадка сварной детали составляет 12,8 мм, что примерно соответствует укорочению эталонного образца.

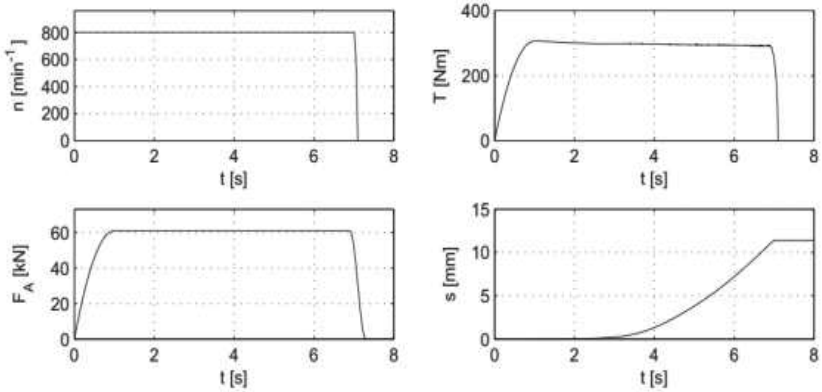

Рисунок 7 – Прогоны параметров процесса моделирования

Выводы

В данной статье представлен целостный модельный подход, основанный на конститутивной модели жидкости типа Карро для

моделирования сварки трением с прямым приводом (DDFW). Преимуществом предложенного закона о материалах является формулировка предела текучести, позволяющая легко определить его материальные параметры.

Имея в виду, что в практических приложениях экспериментальные данные обычно доступны для узких диапазонов напряжений и температур, текущая модель способна давать качественные прогнозы с помощью довольно фундаментальных параметров, таких как, температура расплава и предел текучести при комнатной температуре.

Литература

1. Zhang, H. Resistance Welding: Fundamentals and Applications / H. Zhang, J. Senkara. – Boca Raton: CRC Press, 2006. – P. 456.

2. Song, Q. Testing and Modeling of Contact Problems in Resistance Welding / Q. Song. – Kgs. Lyngby: Technical University of Denmark, 2003. – P. 186.

3. Zhou, K. Study on effect of electrode force on resistance spot welding process / K. Zhou, L. Cai // Journal of Applied Physics. – 2014. – Vol. 116. – № 8.

4. Zhang, W. Design and Implementation of Software for Resistance Welding Process Simulations / W. Zhang // Journal of Materials and Manufacturing. – 2003. – Vol. 112. – № 5. – P. 556–564.

УДК 621.311

АНАЛИЗ МЕРОПРИЯТИЙ БОРЬБЫ С ОБЛЕДЕНЕНИЕМ ПРОВОДОВ НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

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

Ключевые слова: воздушные линии, обледенение, способы борьбы, плавка льда.

В статье приведены основные виды обледенения проводов и рассмотрены используемые методы борьбы с обледенением на проводах воздушных линий электропередач.

ANALYSIS OF MEASURES FOR ANTI-ICE WIRES ON AIR POWER LINES

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

Key words: overhead lines, icing, methods of struggle, ice melting.

The article presents the main types of wire icing and considers the methods used to combat icing on the wires of overhead power lines.

Обледенение проводов ВЛ часто сопровождается нарушением нормальной работы установок, а иногда приводит к авариям [1–3]. В связи с этим в последние годы изучение этого явления и разработка методов предупреждения и борьбы с обледенением проводов приобрели значительный интерес для электротехнической промышленности.

На практике следует рассматривать следующие три вида обледенения: 1) обледенение; 2) матовое гололедное образование; называемое изморозью; 3) иней – легкое снежное ледяное покрытие [1, 4, 5].

Первый вид – обледенение, называемый также льдом, образуется в результате замерзания относительно крупных капель переохлажденной воды, падающих на поверхность при температуре чуть ниже нуля (обычно это от –2°до –5°С). Эти капли, ударяясь о поверхность, не замерзают сразу или полностью, а перед тем, как превратиться в лед, как бы растекаются вокруг места своего попадания, так что получившийся лед имеет гладкую поверхность.

Второй вид – изморозь. Ледяные наросты этого типа имеют меньший удельный вес, чем чистый лед. Этот тип обледенения появляется в облаках или тумане, состоящих из сильно переохлажденных капелек воды при температурах от –2° до –26°С, то есть при температурах даже ниже тех, при которых образуется обледенение.

Третий вид – иней, представляет собой легкое ледяное образование, возникающее при попадании охлажденной до температуры ниже нуля поверхности в атмосферу, заполненную насыщенными парами, затем эти пары оседают на поверхности в виде очень тонкого снежного покрова.

Для практических мер борьбы наибольший интерес представляют первые два вида обледенения. Это обусловлено тем, что иней не представляет большой опасности для линий электропередач ввиду своей легкости и хрупкости.

Обледенение и изморозь всегда представляют большую опасность для воздушных линий электропередач. Причиной этому является высокая скорость обледенения и высокая прочность сцепления наледи с проводом. Обледенение и изморозь могут приводить к обрыву проводов и снижают надежность электроснабжения. Отметим, что разрабатываемые мероприятия в идеальном варианте должны быть эффективными для всех видов обледенения.

Известные меры, используемые при борьбе с гололедом на проводах воздушных линий электропередач, разделяют на две основные группы:

а) способы предотвращения обледенения (профилактические методы);

б) способы удаления ледяной корки до того, как она достигнет опасной толщины.

Льдообразование легко предотвращается, если на поверхности провода поддерживать температуру выше нуля в контакте с водяным туманом. Кроме того покрытие поверхности слоем антифриза также снижает температуру замерзания попадающей на поверхность провода воды. Однако наиболее применяемыми на настоящее время мерами борьбы со льдом являются следующие три способа [6, 7]:

1. Разрушение и удаление льда механическими вибрациями;

2. Физико-химический способ перевода льда в механически неустойчивое состояние, когда ледяная корка может отвалиться под собственным весом. Это достигается путем покрытия поверхности проводов соответствующей смазкой;

3. Предотвращение обледенения проводов при их коронировании.

Исследования показали эффективность этих методов.

Ледяной покров с проводов хорошо снимается при возбуждении в них механических колебаний. В данном случае имеет место значительная концентрация механической энергии в особых точках проводов, приводящая к разрушению ледяного покрова. Происходит нарушение сцепления льда с поверхностью провода и за

счет волновой вибрации разрушенный лед удаляется с поверхности провода.

Преимуществом возбуждения механических колебаний является то, что волна распространяется по всему проводу, разрушая ледяную корку в различных местах по длине провода. Однако надо иметь ввиду, что превышение усилия механических колебаний может привести к нарушению прочности крепежных элементов и самого провода.

На провод, подвергающийся угрозе обледенения, можно подать напряжение выше критического. В этом случае капли дождя, частицы тумана и кристаллы льда, заряженные в корончатом покрытии, оттолкнутся от поверхности провода и при некоторых условиях вообще не смогут на нем осесть [6]. Известно, например, что в электрофильтрах взвешенные частицы заряжаются, приобретают заряд того же знака, что и знак коронной проволоки, и, направляясь к противоположному электроду, оседают на нем. Только небольшое количество наиболее массивных частиц осаждается на самой коронной проволоке. При одинаковом знаке заряда на проводе и на капле воды с увеличением приложенного напряжения скорость осаждения влаги значительно снижается. При этом провод, находящийся во влажной атмосфере может оставаться сухим. Кроме того, увеличение напряжений выше критического уровня сопровождается уменьшением толщины образующейся ледяной корки. Следовательно, можно подобрать такое значение напряжения, при котором образование льда будет сильно замедлено, или совсем прекратится. Однако этот способ ограничен уровнями передаваемого по линиям электропередач высокого напряжения [7].

Выводы

Изучение вопроса о поверхностном обледенении привело к выводу, что пока не представляется возможным предложить эффективный и практически приемлемый универсальный способ борьбы с этим явлением. В каждом отдельном случае из множества возможных способов борьбы с обледенением нужно выбрать наиболее подходящий. Следовательно, необходимы теоретические и экспериментальные исследования по разработке способов и технических средств борьбы с обледенением на проводах воздушных линий электропередач. При этом необходимо использовать электрические возможности самой линии электропередач и уровня передаваемого по ней напряжения.

Литература

1. Банников, Ю.И. Влияние напряжения ВЛ электропередачи на процесс гололедообразования [Текст] / Ю.И. Банников, Н.Я. Николаев // Научн. тр. ЧИМЭСХ. – Челябинск: ЧИМЭСХ, 1977. – Вып. 123. – С. 101–104.

2. Алексеев, Б.А. Повышение пропускной способности воздушных линий электропередачи и применение проводов новых марок [Текст] / Б.А. Алексеев // ЭЛЕКТРО. – 2009. – № 3. – С. 45–50.

3. Нестеров, А.М. Обзор возможности строительства ВЛ 35 кВ в габаритах ВЛ 10 кВ в Белгородской области [Текст] / А.М. Нестеров, С.В. Вендин // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2013. – № 6. – С. 200-203.

4. РД 34.20.511 (МУ 34-70-028–82). Методические указания по плавке гололеда переменным током [Текст]. Ч. 1. – М.: Союзтехэнерго, 1983.

5. РД 34.20.511 (МУ 34-70-028–82). Методические указания по плавке гололеда постоянным током [Текст]. Ч. 2. – М.: Союзтехэнерго, 1983.

6. Кочкин, В.И. Новые технологии повышения пропускной способности ЛЭП. Управляемая передача мощности [Текст] / В.И. Кочкин // Новости Электротехники. – 2007. – № 4(46). – С. 44–48.

7. Электротехнический справочник: В 3 т. Т. 3. В 2 кн. Кн. 1. Производство и распределение электрической энергии [Текст] / под общ. ред. профессоров МЭИ И.Н. Орлова (гл. ред.) и др. – 7 изд., испр. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 880 с.

УДК 636.08

ВЫБОР КОНСТРУКЦИИ ИОНИЗАТОРА ДЛЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ

к.т.н., доцент Е.В. Шешунова, д.т.н., профессор В.В. Шмигель
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия)

Ключевые слова: воздух, животноводческие помещения, коровы, аэроионы, продуктивность животных, аэроионизация.

Давно замечено, что горный воздух и воздух некоторых здравниц с благоприятным для здоровья климатом обогащен так назы-

ваемыми легкими отрицательными ионами, с которыми связывают целебность этих мест при лечении туберкулеза, астмы, нервно-эндокринных заболеваний, ревматизма, гипертонии. Под влиянием, например, коронного разряда в электрическом поле от молекул отрываются электроны, и равновесие нарушается: молекулы, потерявшие часть электронов, становятся положительными ионами, а молекулы, которые присоединяют избыток электронов,-отрицательными ионами. Пыль, микроорганизмы, влага воздуха чаще представляют собой тяжелые положительные ионы; легкими отрицательными ионами большей частью становятся молекулы кислорода воздуха, которые и оказывают основной биологический эффект через органы дыхания и кожу на весь организм. Под влиянием ионов изменяется состояние центральной и вегетативной нервной системы, благодаря повышению окислительных процессов улучшается обмен веществ, усиливается активность защитных (иммунных) сил организма

В статье приведен анализ ионизаторов воздуха, которые могут быть применены на животноводческих комплексах.

THE CHOICE OF DESIGN OF THE IONIZER FOR LIVESTOCK BUILDINGS

Candidate of Technological Sciences,
Docent E.V. Sheshunova,
Doctor of Technological Sciences, Professor V.V. Shmigel
(FSBEI HE Yaroslavl SAA, Yaroslavl, Russia)

Key words: air, livestock premises, cows, aeroions, animal productivity, aeroionization.

It has long been noticed that the mountain air and the air of some health resorts with a favorable climate for health is enriched with so-called light negative ions, which are associated with the healing properties of these places in the treatment of tuberculosis, asthma, neuro-endocrine diseases, rheumatism, hypertension. Under the influence of, for example, a corona discharge in an electric field, electrons are detached from molecules, and the equilibrium is destroyed: molecules that have lost some of the electrons become positive ions, and molecules that attach an excess of electrons become negative

ions. Dust, microorganisms, and air moisture are more often heavy positive ions; light negative ions are mostly air oxygen molecules, which have the main biological effect through the respiratory system and the skin on the entire body. Under the influence of ions, the state of the Central and autonomic nervous systems changes, due to increased oxidative processes, metabolism improves, and the activity of the body's protective (immune) forces increases

The article presents an analysis of air ionizers that can be used in livestock complexes.

Материалы и методы

Ионизатор воздуха – бытовой электрический прибор, который создает аэроионы для благоприятного микроклимата в помещении. Создание аэроионов называется ионизацией. Ионизация – это процесс расщепления нейтральной молекулы на две разные молекулы. Одна – положительно заряженная (та, что осталась без электрона) и вторая – отрицательная (у которой остался электрон). Воздух, заряженный аэроионами, хорошо влияет на здоровье животного.

В результате аэроионизации, вследствие улучшения обмена веществ, более высокой оплаты корма продукцией, повышения устойчивости животных и птиц к заболеваниям возрастают привесы молодняка и свиней на откорме, удои молока, яйценоскость, выводимость цыплят, репродуктивные качества производителей, снижается отход цыплят, уменьшается заболеваемость на почве различных нарушений обмена веществ, отмечен положительный эффект при бронхопневмониях, респираторных заболеваниях птиц.

Искусственные ионизаторы бывают: электрические униполярные и биполярные, радиоактивные, с использованием эффекта разбрызгивания воды, ультрафиолетового излучения и другие. Некоторые из них маломощны и применяются только в медицине.

В животноводстве чаще применяют искусственные ионизаторы, основанные на использовании тихого коронного разряда [1]. Первыми применялись униполярные ионизаторы, которые кроме полезных эффектов вырабатывали еще электростатическое поле, озон и т.п. Но во время первых опытов не было эффективной измерительной аппаратуры, не было биполярных ионизаторов, поэтому

на это можно сделать скидку. К рабочему органу, выполненному в виде круглой металлической люстры или вытянутой вдоль помещения проволоки, подводится отрицательный полюс тока высокого напряжения. Положительным полюсом служат заземленные предметы – пол, стены, потолок. Между полюсами создается электрическое поле, в котором происходит перезарядка и движение молекул частиц воздуха. Высокое напряжение 60–80 киловольт подается высоковольтными выпрямителями, которые промышленность выпускает для рентгеновских аппаратов. С пульта управления на выпрямитель подается обычное напряжение сети 220 вольт.

Результаты

Рассмотрим некоторые ионизаторы воздуха.

Принцип работы ионизатора воздуха Чижевского [2] простой. Основной элемент люстры – электрод. На него подают высокое напряжение (20–30 киловольт), генерирующееся в системе из двух электродов. Они имеют разный радиус, на меньшем из них установлена игла. Второй электрод – это провод, по которому передается напряжение. С поверхности иглы срываются электроны, которые соударяются с молекулами воздуха и образуют отрицательно заряженный ион. Когда человек будет вдыхать аэроионы, они передадут свои заряды эритроцитам крови, которые окажут влияние на обменные процессы.

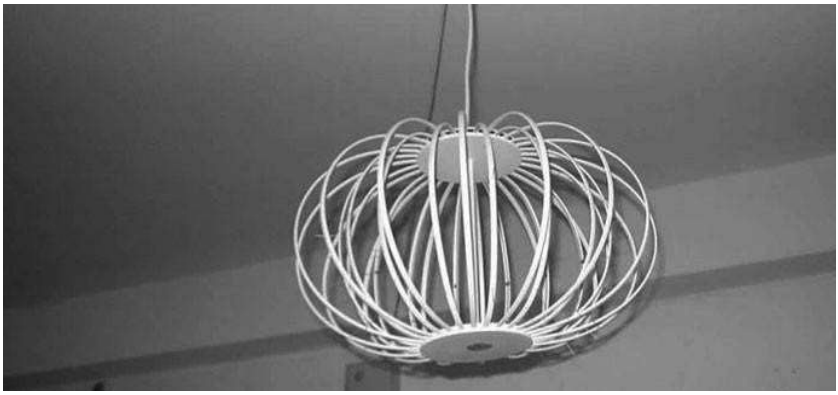

Рисунок 1 – Ионизатор (люстра) Чижевского

Чтобы ионизатор воздуха Чижевского принес пользу, следует применять прибор осторожно. Первый сеанс не должен превы-

шать 30 минут. Постепенно время действия люстры увеличивается до 3–4 часов в сутки. Для животных считается нормой, если при первых сеансах возникает головная боль и головокружение. Такие ощущения может вызывать непривычно чистый воздух. Сократите время работы люстры, чтобы избежать негативных последствий. Существует ряд правил установки лампы:

• высота потолков – не менее 2,5 м;

• влажность воздуха в помещении – до 80%;

• в воздухе не должны присутствовать ядовитые вещества;

• расстояние от люстры до техники – не меньше 2,5 м;

• между предметами в помещении и ионизатором должно быть пространство от 0,5 м.

Биполярный ионизатор воздуха Янтарь-5Х для систем приточной вентиляции

Рисунок 2 – Ионизатор воздуха для приточных шахт

Предназначен для создания и поддержания концентрации легких аэроионов одновременно положительной и отрицательной по-

лярности в офисных помещениях, комнатах отдыха, конференц-залах, животноводческих помещениях.

Отличительные особенности:

• Регулируемая скорость потока воздуха с одновременной коррекцией концентрации аэроионов и униполярности (управляется микропроцессором ATMEL), десять режимов работы ионизатора.

• Долговечные иглы, жесткие кольца, благодаря этому ионизатор прост в обслуживании.

• Современный дизайн, из экологически чистых материалов. В отличие от пластика, корпус не электризуется, не выделяются опасные химические вещества, присущие практически любому пластику.

• Равномерное распределение аэроионов по помещению обеспечивается качественным высокопроизводительным вентилятором 120 мм.

• Нет опасного влияния на другую электронную технику, использовать ионизатор можно на протяжении того времени, которое вы проводите в помещении.

• Каждый ионизатор настраивается индивидуально (концентрация, униполярность).

• Благодаря новейшей схемотехнике и стабилизирующим кольцам обеспечивается высокая устойчивость именно легких аэроионов, только ионы с высокой подвижностью полезны для здоровья.

• Может служить в качестве нейтрализатора электростатических полей, очищает воздух от пыли и запахов, пыль не загрязняет стены и потолок.

• Универсальная система команд управления «Янтарь», позволяющая управлять одновременно рядом приборов, например с ПК (системы «Умный дом»)

Биполярный ионизатор «Янтарь-5Х» устанавливается в 2–8 метрах от мест нахождения животных и обеспечивает компенсацию аэроионной недостаточности в зоне дыхания животных обоих знаков в соответствии с санитарными правилами и нормами СанПиН 2.2.4.1294-03 (по нормам должны быть ионы обеих полярностей, как в естественной среде).

Ионизатор воздуха по патенту RU 72409 U1

Ионизатор воздуха, содержащий, цилиндрический корпус с установленным на входном торце вентилятором и размещенными

внутри корпуса двумя электродами, выполняющими функции катода и анода и соединенными с источником питания, при этом катод выполнен в виде сетки, отличающийся тем, что анод выполнен в виде сетки с закрепленными на ней перпендикулярно плоскости сетки стержнями, расположенными в шахматном порядке с шагом, равным своей высоте, причем вся поверхность сетки и стержней кроме вершин последних покрыта диэлектрической пленкой, электроды установлены внутри корпуса таким образом, что расстояние от вентилятора до анода больше, чем расстояние от вентилятора до катода, на величину межэлектродного расстояния, которое не менее чем в два раза превышает высоту стержня, а в качестве источника питания использован высоковольтный генератор импульсов наносекундного диапазона.

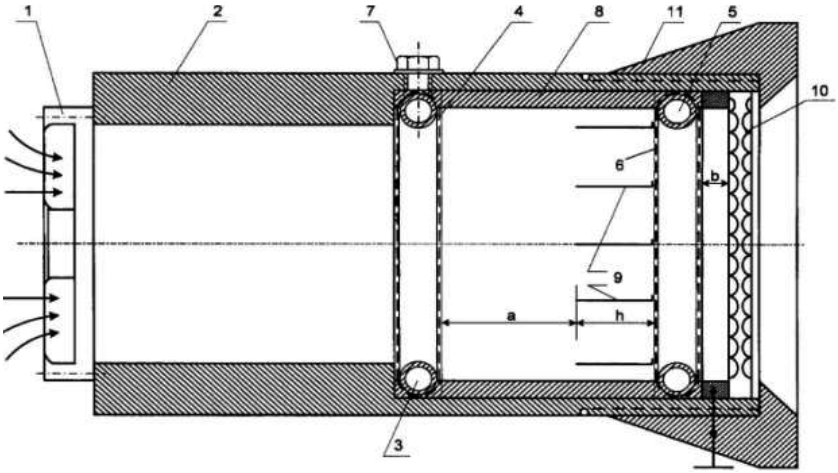

Рисунок 3 – Ионизатор воздуха

Описание

Полезная модель [3] относится к устройствам выработки из атмосферного воздуха электроотрицательных кислородосодержащих ионов и может быть использована в медицине, ветеринарии, растениеводстве, животноводстве и других биотехнологиях, в частности, она может быть использована для антистрессовых комнат, больничных (реабилитационных) палат, операционных, травмопунктов, перевязочных и ожоговых центров, в озонотерапии, а также в других помещениях восстановления.

Ионизаторы воздуха, в том числе и люстры Чижевского, находят весьма широкое применение в медицине, косметологии и в быту. Однако эти устройства, предназначенные для генерации электроотрицательных ионов, наряду с отрицательными ионами вырабатывают целую гамму, как положительных ионов, так и нейтральных радикалов. Так как в атмосферном воздухе основным компонентом является азот, то и положительных ионов в подаваемом воздухе более чем в три раза больше, чем электроотрицательных.

Наличие в помещениях весьма высокой концентрации электроположительных ионов и свободных радикалов (особенно при повышенной влажности) отрицательно сказывается на биообъектах, так как снижает реакцию организма, замедляя процесс преобразования $O_2 \Leftrightarrow CO_2$ при дыхании из-за снижения концентрации растворенной CO_2 в крови, и снижая вырабатываемый при этом переходе АТФ при значительном обезвоживании межтканевой зоны.

В качестве прототипа полезной модели принят ионизатор воздуха, содержащий цилиндрический корпус с установленным вентилятором на входе, игольчатый электрод, размещенный по оси корпуса, и сетку, электроды подключены к разноименным полюсам высоковольтного регулируемого источника постоянного тока, причем сетка перекрывает поперечное сечение корпуса, расположена на большем расстоянии от входа, чем игольчатый электрод, и создает с последним неоднородное электрическое поле, соотношение длины и диаметра входного сечения конфузора и внутреннего диаметра цилиндрического корпуса лежит в диапазоне 0,1–0,5 и 1,0–1,66; отношения расстояний острия иглы и сетки от входного торца конфузора к внутреннему диаметру корпуса лежат в диапазоне 1–1,5 и 1,5–2,0 соответственно, общая длина цилиндрического корпуса с конфузором составляет 2,8–3,3 от внутреннего диаметра корпуса. В ионизаторе воздуха при подаче разноименных потенциалов на игольчатый электрод и сетку между ними возникает неоднородное электрическое поле, которое воздействует на поступающий через конфузор воздух, что приводит к возникновению большого числа аэроионов, которые под действием электростатических сил двигаются в направлении выходного торца и создают однонаправленный поток создающий вентиляционный эффект (RU 2132974, F04D 33/00, 10.07.99).

Недостатком известного ионизатора воздуха является невысокая эффективность устройства, обусловленная наличием на его выходе значительной концентрации положительных ионов и нейтральных радикалов.

Техническим результатом полезной модели является повышение эффективности устройства за счет предотвращения появления на его выходе положительных ионов и существенного снижения концентрации нейтральных радикалов.

Технический результат полезной модели достигается тем, что в ионизаторе воздуха содержащем, цилиндрический корпус с установленным на входном торце вентилятором и размещенными внутри корпуса двумя электродами, выполняющими функции катода и анода, и соединенными с источником питания, катод выполнен в виде сетки, анод выполнен в виде сетки, с закрепленными на ней перпендикулярно плоскости сетки стержнями, расположенными в шахматном порядке с шагом равным своей высоте, причем вся поверхность сетки и стержней, кроме вершин последних, покрыта диэлектрической пленкой, электроды установлены внутри корпуса таким образом, что расстояние от вентилятора до анода, больше чем расстояние от вентилятора до катода, на величину межэлектродного расстояния, которое не менее чем в два раза превышает высоту стержня, а в качестве источника питания использован высоковольтный генератор импульсов наносекундного диапазона.

Стержень электрода, выполняющего функцию анода, может быть выполнен в виде иглы.

Частота повторения импульсов высоковольтного генератора импульсов наносекундного диапазона выбирается близкой к резонансной частоте межмолекулярной связи молекул исходного до ионизации воздуха.

Амплитуда импульсов высоковольтного генератора импульсов наносекундного диапазона не менее чем в два раза превышает величину напряжения, при котором возникает процесс ионизации.

Цилиндрический корпус выполняется из диэлектрического материала.

Ионизатор воздуха с вышеперечисленной совокупностью признаков позволяет получить на выходе поток воздуха с преимуществом электроотрицательных кислородосодержащих ионов,

нейтрального азота и незначительной концентрации свободных радикалов в виде ОН-групп.

На чертеже (рисунок 3) представлен пример выполнения предлагаемого ионизатора воздуха. Рисунок 3 условно иллюстрирует образование между электродами резко неоднородного электрического поля.

Ионизатор воздуха содержит вентилятор 1, установленный на входном торце цилиндрического корпуса 2, внутри которого размещены два электрода (4 и 6), выполняющие соответственно функции катода и анода, электрод 4 (катод) закреплен на металлическом кольце 3, а электрод 6 (анод) закреплен на металлическом кольце 5, электроды соединены с высоковольтным генератором импульсов наносекундного диапазона (на чертеже не показано). Катод 4 выполнен в виде сетки, а анод 6 выполнен в виде сетки, с закрепленными на ней перпендикулярно плоскости сетки стержнями 9, расположенными в шахматном порядке с шагом равным своей высоте (h), вся поверхность сетки и стержней, кроме вершин последних, покрыта диэлектрической пленкой, электроды (4, 6) установлены внутри корпуса 2 таким образом, что расстояние от вентилятора 1 до анода 6, больше чем расстояние от вентилятора 1 до катода 4, на величину межэлектродного расстояния «а», которое не менее чем в два раза превышает высоту (h) стержня. Расстояние между электродами фиксируется диэлектрической вставкой 8, выполненной в виде полого цилиндра.

Работа устройства осуществляется следующим образом.

Вентилятор 1, в качестве которого может быть использован типовой маломощный вентилятор, жестко закреплен на торце корпуса 2, выполненного в виде трубы из диэлектрического материала. Этот вентилятор прогоняет атмосферный воздух через разрядное устройство, состоящее из двух сетчатых электродов 4 и 6, закрепленных на металлических кольцах соответственно 3 и 5. Электрод 4, являющийся катодом, расположен ближе к вентилятору 1. На электрод 4 подают импульсы отрицательной полярности с выхода высоковольтного генератора импульсов наносекундного диапазона. Для подключения этого электрода 4 к выходу высоковольтного генератора импульсов наносекундного диапазона может быть использован, типовой разъем 7 или иное контактное при-

способление. Высоковольтный генератор импульсов наносекундного диапазона, должен формировать импульсы длительностью t = 300 нс и длительностью фронта $\tau_{фр} \leq 100$ нс. Электрод 6, относительно которого осуществляется подача высоковольтных импульсов, заземлен, т.е. его потенциал равен нулю. Электрод 6 размещается внутри корпуса 2 таким образом, чтобы закрепленные на сетке электрода 4 стержни были направлены в сторону электрода 4 (катода). Величина межэлектродного расстояния «а» должна не менее чем в два раза превышать высоту стержня, а амплитуда импульсов высоковольтного генератора импульсов наносекундного диапазона должна не менее чем в два раза превышать величину напряжения, при котором возникает процесс ионизации (напряжения «зажигания» короны). Сетка электрода 6 совместно с закрепленными на ней стержнями 9 покрывается, кроме самой вершины стержня, диэлектрической пленкой толщиной не меньше 170 мкм, т.к. начиная с такой величины, обеспечивается требуемая однородность покрытия, а, следовательно, целостность и однотипность экрана. При подаче высоковольтных импульсов на электроды 4 и 6 между ними образуется резконеоднородное электрическое поле, условная иллюстрация которого приведена на рисунке. Это поле до возникновения коронного разряда будет электростатическим и с заданной точностью рассчитывается аналитически.

Из приведенном рисунке 3 следует, что при подаче на электроды импульсного напряжения u(t), величина которого меньше напряжения зажигания короны Ui, поле между электродами 4 и 6 чисто электростатическое с переменной напряженностью по высоте и имеет провалы в зонах между стержнями 9 (иглами). Если u(t) > Ui и до его амплитудного значения вокруг вершины стержня (иглы) возникает ионизация, характеризуемая анодонаправленными стримерами, траектории которых напоминают факел распыла с характерной зоной вблизи вершины, со свойствами низкотемпературной плазмы. С вершины этой зоны, зависящей от перенапряжения относительно зажигания короны, в сторону электрода 4 (катода) (на самом деле из всего межэлектродного пространства в сторону вершины иглы) одновременно существует множество стримеров. Зона со свойствами плазмы имеет яркое свечение со средневзвешенной длиной излучения $\lambda \approx 400 \div 460$ нм, а область с

одновременно существующими стримерами ярко голубое свечение (ультрафиолетовое) в диапазоне $110 \leq \lambda \leq 300$ нм. Одновременно с выносом объемного заряда во внутрь разрядного промежутка возникает электрический ветер, скорость которого пропорциональна квадрату разрядного тока и направлена (эпюра скоростей) по силовым линиям поля.

Подаваемый в устройство вентилятором 1 воздух проходит через сетчатый электрод 4, преобразуется за счет сил электрического поля и контакта с его поверхностью (две сетки), в результате чего образуются ионы и свободные радикалы. Химический состав, как ионов, так и радикалов, зависит от состава и влажности исходного воздуха. Попадая в межэлектродное пространство происходит окончательное разделение ионов по знаку, по массе и по приобретенной скорости. Положительные ионы от азота и его окислов до тяжелых металлов свободно двигаясь в зоне слабой напряженности электрического поля без заметного сопротивления (из-за действия скорости транспортировки υ1), подгоняемые электрическим ветром, устремляются к огромной поверхности катода, где и нейтрализуются. Отрицательные ионы (как раз кислородосодержащие) устремляются к аноду, подгоняемые потоком со скоростью υ_1 и тормозятся электрическим ветром. В результате этого сложного воздействия происходит расфокусировка в движении отрицательных ионов. Нейтрализоваться могут лишь отрицательные ионы транспортируемые только по центральной силовой линии, оседая и разряжаясь на маленькой поверхности острия. Отрицательные ионы, оседаемые на боковой поверхности стержней 9 (игл), фокусируют поток, состоящий в основном только из электроотрицательных ионов, увеличивая их скорость перемещения.

В этом соотношении не учитывается влияние электрического ветра.

Оптимальная геометрия стержней, ячеек сетчатых электродов и межэлектродного расстояния для заданного или используемого вентилятора определяется исключительно возможностями высоковольтного генератора импульсов при заданной интенсивности «факельной» короны.

Поскольку шаг размещения стержней на сетчатой поверхности анода определяет интенсивность и/или качество электростатической фокусировки струй потока воздуха с избытком электроотри-

цательных ионов, то эта величина выбирается из оптимальных режимов. Для выбранного значения h каждый стержень разрядного промежутка по своей форме короны и ее интенсивности не оказывает никакого влияния на соседние. Система стержней (игл), защищенная диэлектрическим барьером, обеспечивает беспрепятственный проход воздуха с одинаково заряженными (по знаку) ионами.

Все струйки воздушного потока содержат практически одинаковую концентрацию отрицательных ионов и поэтому, пройдя определенное расстояние меньше h/2, из-за отталкивающего эффекта, образуют практически однородную среду.

Ввиду этого на расстоянии «b» = h/2 параллельно сетки электрода 6 устанавливается дисковый фильтр 10, выполненный в виде пчелиных сот из композиционного материала, наполнителем которого служит силикагель. Такой фильтр работает на принципе пористой адсорбции, обеспечивая осаждение на поверхностях пор как ионов типа OH--группы (влаги), так и свободных радикалов OH-групп с учетом окислов и диоксидов металлов.

В результате в поступающем с выхода устройства потоке будет преимущество электроотрицательных ионов.

Применение импульсной короны в наносекундном диапазоне при частоте следования f0 достаточном для синтеза кислородосодержащих обеспечивает минимальные электрические (энергетические) затраты. Так при внесении концентрации отрицательных ионов N- ≥ 1013 см^3 достаточны затраты в 150–170 Вт при расходе 1 ÷ 1,5 л/сек.

Выводы

Ионизированный воздух отрицательной полярности оказывает несомненно благоприятное воздействие на организм коров и их молочную производительность. Это воздействие сказывается: в увеличении живого веса коров, в повышении суточного удоя, в благоприятных колебаниях в содержании процента жира и белка в молоке, в ходе полового цикла, в повышении абсолютного количества гемоглобина, количества эритроцитов.

Литература

1. Шешунова, Е.В. Необходимость ионизации воздуха в животноводческих помещениях [Текст] / Е.В. Шешунова, В.В. Шмигель,

Н.С. Борисов // Инновационные инженерно-технические решения в АПК: сборник научных трудов по материалам Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Ярославль: Издательство ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, 2018. – С. 73–82.

2. Чижевский, А.Л. Аэроионификация в сельском хозяйстве [Текст] / А.Л. Чижевский. – М.: Госпланиздат, 1960. – 762 с.

3. Ионизатор воздуха [Текст]: пат. RU 72409 U1 Российская Федерация / Ляпин А.Г., Ярошенко В.С. – № 2007145832/22; заявл. 12.12.07, опубл. 20.04.2008.

УДК 631.362.34:[621.85.052:62-189.2]

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ЛЕНТОЧНОГО ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ТРИЕРА НА БАЗЕ БЕЗРЕДУКТОРНОГО СИНХРОННОГО МОТОР-БАРАБАНА

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

Ключевые слова: ленточный электростатический триер, векторное управление, семена, ротор, электромагнитный поток, энергопотребление.

С развитием технологий и появлением энергоемких машин класса IE4 наблюдается тенденция перехода от редукторного электропривода к безредукторному, появляется возможность замены традиционных электроприводов на компактные синхронные мотор-барабаны в герметичном корпусе, что позволяет не только снизить габариты, но повысить эффективность и промышленную безопасность электропривода. Энергопотребление электропривода снижается за счет регулирования скорости ленты в зависимости от входного дозирования семян на полочки ленточного электростатического триера.

Предлагается применение безредукторного мотор-барабана с синхронным двигателем на постоянных магнитах (СДПМ), регулируемого в функции дозирования семян на полочки ленточного электростатического триера.

Синхронные двигатели с постоянными магнитами (СДПМ)/ (PMSM) на роторе играют очень важную роль в современных электроприводах. Существует два типа СДПМ: 1) с внутренними магнитами; 2) с поверхностными магнитами, которые все чаще используются в высокоскоростных приводах.

Предложена схема регулирования скорости в зависимости от дозирования семян на полочки ленточного электростатического триера, позволяющая снизить энергопотребление электропривода, в которой, в отличие от известных, задание для контура скорости формируется с помощью задатчиков интенсивности и блоков квантования дозирования семян.

ENERGY-EFFICIENT ELECTRIC DRIVE OF A BELT ELECTROSTATIC TRIER BASED ON A GEARLESS SYNCHRONOUS MOTOR DRUM

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

Key words: belt electrostatic trier, vector control, seeds, rotor, electromagnetic flux, power consumption.

With the development of technology and the emergence of energy-intensive machines IE4 class, there is a tendency to move away from gear electric drive to gearless, it becomes possible to replace traditional electric drives to compact synchronous motor drums in a sealed case, which allows not only reduce dimensions, but increase efficiency and industrial safety of the electric drive. The power consumption of the electric drive is reduced by adjusting the belt speed depending on the input dosing seeds on the shelves of the belt electrostatic grader. It is proposed to use a gearless drum motor with permanent magnet synchronous motor (PMSM), adjustable in the function of dosing seeds on the shelves of the belt electrostatic grader.

Permanent magnet synchronous motors (PMSM) / (PMSM) on the rotor play a very important role in modern electric drives. There are two types of PMSM, PMSM with internal magnets and PMSM with surface magnets, which are increasingly used in high speed drives.

A speed control scheme is proposed, depending on the dosing of seeds on the shelves of a belt electrostatic grader, which allows to reduce the power consumption of the electric drive, in which, in contrast to the known ones, the task for the speed loop is formed using intensity controllers and quantization blocks for dosing seeds.

Введение

Электродвигатели потребляют около 60% всей электроэнергии в отрасли. Следовательно, минимизация потерь в двигателях и, как следствие, оптимизация их эффективности являются ключевым фактором в любой отрасли [1].

Синхронные двигатели с постоянными магнитами (PMSM) играют очень важную роль в усовершенствованных регулируемых электроприводах, в основном из-за высокой плотности мощности, относительно небольшой инерции ротора и высокого КПД. PMSM можно условно разделить на две категории: синхронные машины с поверхностными постоянным магнитом (SPMSM) и внутренние PM синхронные машины (IPMSM). В SPMSM магниты устанавливаются на поверхности сердечника ротора, тогда как в IPMSM магниты размещаются внутри сердечника ротора. В высокопроизводительных приложениях приводы PMSM готовы удовлетворить сложные требования, такие как быстрый динамический отклик, высокий коэффициент мощности и широкий диапазон рабочих скоростей. Наиболее часто используемый метод управления PMSM – это управление с ориентацией на поле (FOC). Алгоритм FOC позволит контролировать крутящий момент и скорость вращения в реальном времени

Потери двигателя состоят из механических потерь, потерь меди и железа. Потери в меди пропорциональны квадрату силы тока. Потери в стали в машине состоят из двух компонентов: гистерезиса и потерь на вихревые токи. Гистерезисные потери являются результатом непрерывного изменения потоковых связей в железе и почти пропорциональны произведению квадрата потоковых связей и частоты изменения магнитного потока. Потери на вихревые токи почти пропорциональны квадрату произведения магнитных связей в воздушном зазоре и частоты изменения магнитного потока. Механические потери зависят от скорости и не поддаются контролю. Поэтому в статье будут анализироваться только контролируемые

потери, то есть потери меди и железа. На более низких скоростях потери в стали незначительны по сравнению с потерями в меди. На более высоких скоростях увеличивается доля потерь в стали, и их также необходимо учитывать, чтобы минимизировать общие электрические потери двигателя [3].

Потери меди в двигателе происходят в обмотках статора, откуда выделяется тепло. Таким образом, с точки зрения отвода тепла двигатель с внутренним ротором может быть легче охлажден, поскольку его поверхность статора прикреплена непосредственно к внешней стороне. В то время как внешний ротор обычно нуждается в собственной системе охлаждения.

Методика управления скоростью ленты электростатического триера

Выполнение регулирования скорости ленты триера зависит от режимов работы системы и входящего потока семян на полочки.

Основными требованиями для обеспечения контроля качества безредукторного барабанного двигателя являются:

1. Широкий диапазон регулирования крутящего момента для управляемости при переменных динамических нагрузках.

2. Высокая точность регулирования для контроля при малых и близких к нулю оборотах.

3. Быстрое время отклика для стабильного управления во время частых переходных процессов.

Для управления двигателем с постоянными магнитами необходимо знать значение угла положения ротора θ. В методах бессенсорного управления используется косвенная оценка угла θ, но реализация методов оценки осложняется большим количеством обратных связей в системе управления, а также может быть значительна ошибка расчета, особенно при работе на низкой скорости. Кроме того, бессенсорные методы управления требуют очень высокой вычислительной мощности и значительно сокращают время отклика. В методах управления датчиками используются датчики Холла, резольверы и инкрементальные энкодеры для измерения угла положения ротора. Современные типы датчиков измеряют угол θ с высокой точностью и скоростью, поэтому для контроля малоподвижных PMSM анализируем только методы сенсорного контроля.

Для обеспечения максимальной эффективности PMSM контролируемые электрические потери должны быть минимальными. Общие электрические потери в PMSM складываются из потерь в меди и в стали.

$$Pe = PCu + PFe \quad (1)$$

На рисунке 1 показана блоковая схема прямого управления моментом с пространственно-векторной модуляцией.

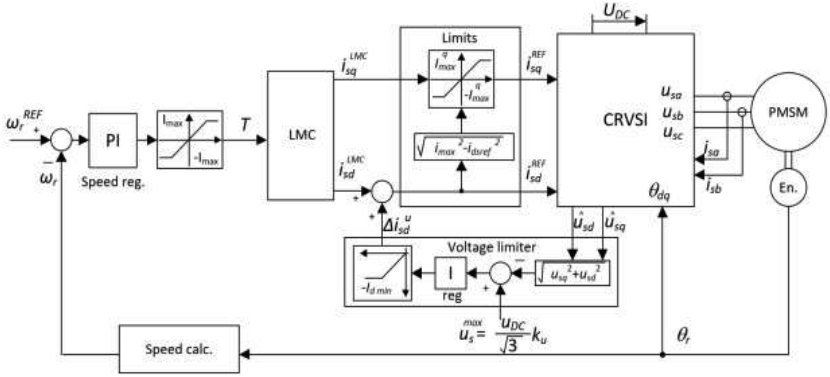

Рисунок 1 – Блок-схема приводной системы PMSM прямого управления моментом с пространственно-векторной модуляцией

$$iod = -Ld2Rs + Rcm2Ld2Rs + Rc + RsRc2. \quad (2)$$

Ток двухфазной системы i_{oq} может быть рассчитан из с использованием оптимального i_{od} и желаемого крутящего момента T.

Скорость регулируется пропорционально-интегральным регулятором, выход которого является опорным моментом. Управление минимизацией потерь (LMC) принимает текущую скорость ротора и использует параметры двигателя для расчета тока d с использованием (2). Второй вход блока LMC – это задание крутящего момента, которое используется для завершения расчета выходных сигналов блока, которые являются эталонами для токов d и q.

Математическая модель PMSM

Типичная математическая модель PMSM описана в двухфазной системе координат d-q с синхронным вращением следующим образом:

$$diddt = -rsLdid + eLqLdiq + 1Ldvd; \quad (3)$$

$$diqdt = -eLdLqid – rsLqiq – eKeLq + 1Lqvq,$$

где v_d, v_q – напряжения по осям d и q;

i_d, i_q – токи по осям d и q;

r_s – сопротивление фазной обмотки;

L_d, L_q – индуктивности по осям d и q;

ω_e – скорость вращения магнитного потока;

K_e – потокосцепление постоянного магнита.

Управление токовой петлей привода PMSM на рисунке 1 основано на подходе векторного управления. То есть, если для идентификатора установлено значение 0 на рисунке 1, PMSM будет развязан и будет управлять PMSM, как для управления двигателем постоянного тока. Следовательно, после разъединения крутящий момент PMSM можно записать в виде следующего уравнения:

$$Te = 3P4Keiq \triangleq Ktiq. \quad (4)$$

Учитывая механическую нагрузку, общее динамическое уравнение системы привода PMSM получается следующим образом:

$$J_m ddtr + Bmr = Te-TL \quad (5)$$

где T_e – крутящий момент двигателя;

P – пары полюсов;

K_t – постоянный крутящий момент;

J_m – инерционное значение;

B_m – коэффициент демпфирования;

T_L – внешний крутящий момент;

ω_r – скорость ротора.

Структура трехфазного инвертора

В качестве преобразователя частоты выбран трехфазный инвертор, конструкция которого позволяет решать задачу преобразования частоты с IGBT-транзисторами меньших номинальных параметров при малом коэффициенте нелинейных искажений напряжения.

Преобразователь AC-AC выполняет преобразование частоты/напряжения за один шаг без использования элементов хранения. Кроме двунаправленных переключателей, преобразователь также

обеспечивает регенеративную работу, что является желательной функцией в приложениях управления двигателями. IGBT с общим эмиттером и антипараллельной диодной конфигурацией был использован для получения двунаправленного переключателя, как показано на рисунке 2.

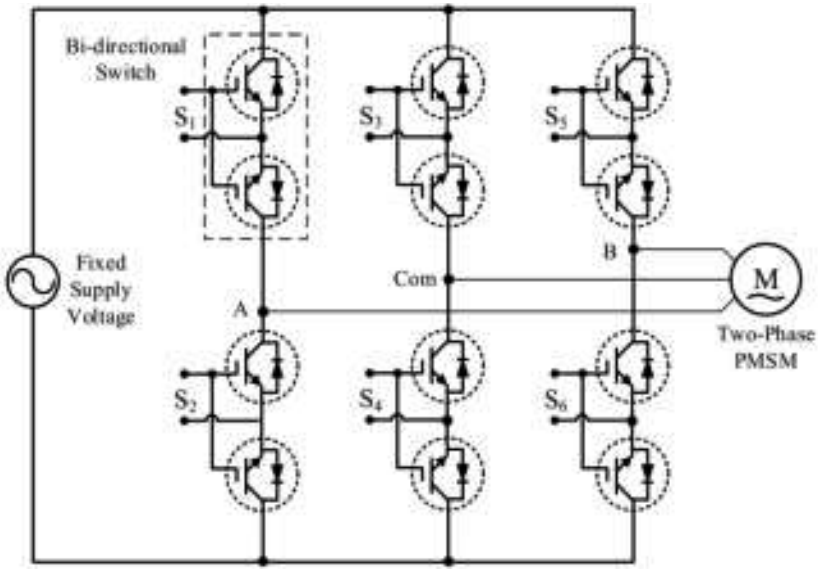

Рисунок 2 – Конструкция однофазного преобразователя переменного тока в двухфазный

Предлагаемый преобразователь может быть создан двухфазным со сдвигом фазы на 90 градусов с использованием постоянной однофазной сети. Преобразователь также может выполнять регулировку частоты и амплитуды выходного напряжения. Таким образом, его можно использовать в качестве драйвера двигателя переменного тока с регулируемой скоростью для двухфазного PMSM. Однако предлагаемый преобразователь имеет низкое соотношение напряжений между входом и выходом около 0,54. Выходное напряжение преобразователя не подходит для обычного двигателя. Следовательно, новый двигатель должен быть спроектирован так, чтобы синхронизировать между выходным напряжением преобразователя и номинальным напряжением двигателя.

Преобразователь генерирует напряжение 180 В среднеквадратического значения при полном индексе модуляции для одной фазы. Двигатель разработан с использованием программы MotorSolve. Конструкция статора и ротора спроектированного нами двигателя показана на рисунке 3. В этом исследовании использовался двигатель с поверхностными постоянными магнитами, как показано на рисунке. Число полюсов двигателя принято равным 8. Номинальная скорость двигателя определяется как 3000 об/мин, мощностью 425 Вт, КПД – 0,91.

В таблице 1 показаны параметры, которые использовались при проектировании двигателя.

Таблица 1 – Расчетные параметры предлагаемой конструкции внутреннего ротора и статора PMSM

Наименование	Prototype Design 1	
Масса сердечника ротора	0,226969388	kg
Масса магнитов ротора	0,179738055	kg
Масса гильзы ротора	0	kg
Масса сердечника статора	0,8149711	kg
Масса обмотки статора	0,62221146	kg
Момент инерции		
Момент инерции ротора	0,000439485	kg·m²
Обмотки статора		
Внешний диаметр обмотки конца	102,5641544	mm
Осевая протяженность торцевой обмотки	18,19042586	mm
Длина конечного поворота	48,63155847	mm
Коэффициент заполнения торцевой обмотки	35,61128149	%
Концевое сопротивление обмотки	0,072072952	Ω
Индуктивность концевой обмотки	0,035591029	mH
Сопротивление фазы обмотки	0,13135376	Ω
Межфазное сопротивление обмотки	0,26270752	Ω
Эффективность использования площади магнитов в данной конфигурации обмотки	94,52136366	%
Угловой разброс	60	°
Сечение проводника	1,7450167	mm²
Коэффициент заполнения слота	35	%

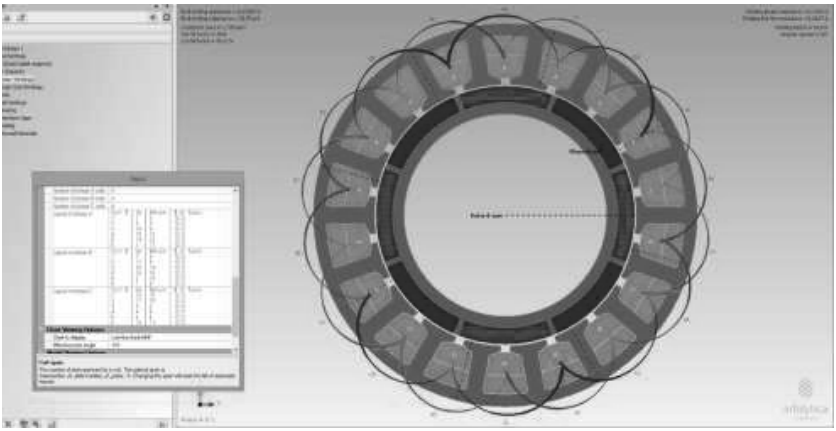

Рисунок 3 – Синхронный двигатель с поверхностными постоянными магнитами

На рисунке 4 представлено распределение электромагнитного потока в магнитопроводе СДПМ при номинальной нагрузке. Статор и ротор имеют среднюю магнитную индукцию около 1 Тесла, как показано на рисунке.

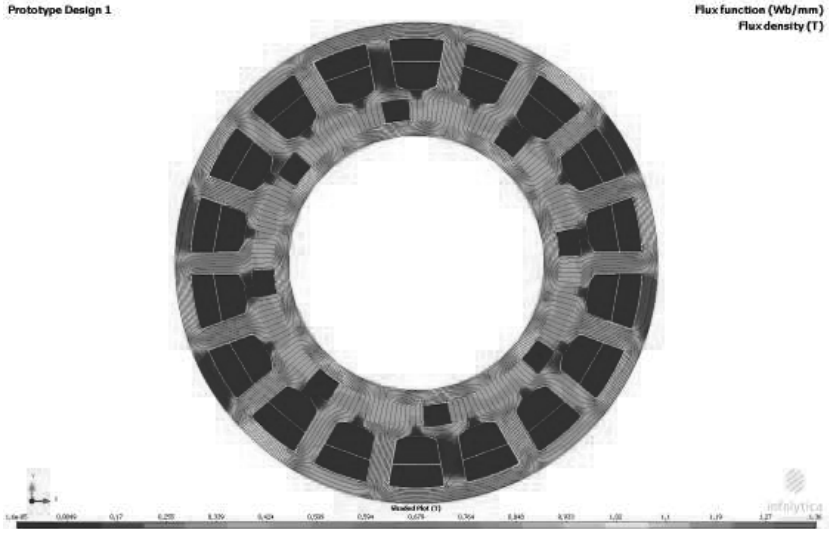

Рисунок 4 – Плотность электромагнитного потока статора и ротора (Bmax = 1,36 Тл)

Распределение плотности потока в первой конструкции вполне удовлетворительное, среднее распределение варьируется от 0,6 до 1,36 Тл. Большая часть силовых линий магнитного поля проходит через зубцы сердечника статора, а величина электромагнитной индукции велика (желтые и красные области) из-за высокой коэрцитивной силы постоянных магнитов. По этим причинам материал зуба сильно намагничен, в воздушном зазоре возникает большое количество высших гармоник, и распределение электромагнитного потока становится неравномерным с пиками в областях зубьев.

На рисунке 5 представлены зависимости токов, мощности, потерь и крутящего момента от угла положения ротора при номинальном токе статора. Все эти характеристики, особенно электромагнитный момент, имеют несинусоидальное распределение. Дополнительный реактивный момент появляется в виде высших гармоник в спектре гармоник электромагнитного момента из-за зубцового момента и несинусоидальной обратной ЭДС в обмотках статора с высокими взаимными индукциями.

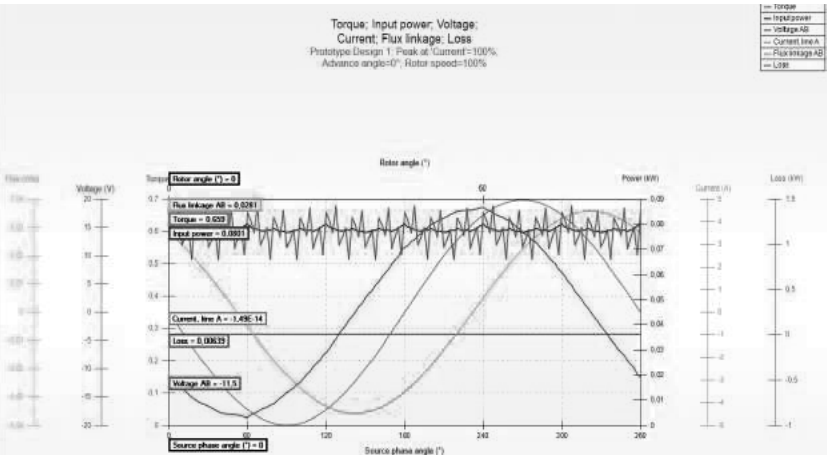

Рисунок 5 – Угловые характеристики СДПМ
при прямом запуске двигателя от сети

Программа расчета не поддерживает алгоритм векторного управления для двухфазной PMSM. Однако программа проектирования двигателей поддерживает блоки MATLAB / Simulink.

На рисунке 6 показано векторное управление СДПМ с использованием MATLAB. На этом этапе алгоритм векторного управления и параметры ПИ-регулятора тестируются на разработанном двигателе. Параметры ПИ-регулятора определяются с помощью алгоритма автонастройки, который поддерживается блоками PI Simulink. Время выборки моделирования принято равным 500 мс. Заданные значения скорости приняты как 1000 рад/с, в условиях нагрузки 1,42 Нм (тяговое усилие ленты электростатического триера).

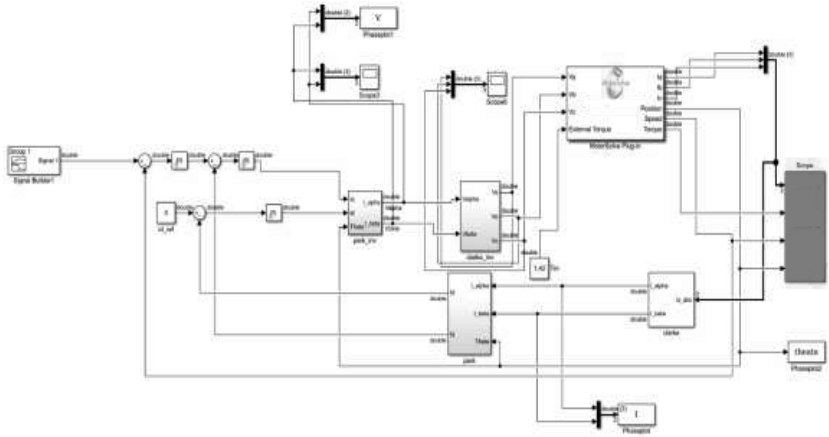

Рисунок 6 – Векторное управление двухфазными блоками PMSM

Результаты моделирования регулирования скорости СДПМ для безредукторного синхронного мотор-барабана в течение 500 мс показаны на рисунке 7.

Для исследования регулирования скорости ленты в системе управления с безредукторным синхронным мотор-барабаном используется поминутный дозирование ленточного электростатического триера. Схема задатчика скорости в зависимости от входного потока семян показана на рисунке 8. Усреднение мгновенной величины потока семян производится по приблизительному значению длительности движения полочек с семенами из начальной точки триера к верхней точке при номинальной скорости движения ленты Переключение скоростей устроено по принципу трехпозиционного реле, задатчик интенсивности представляет собой интегральное звено с постоянной времени Тзи = 10 с. Регулирование скорости

вращения СДПМ реализуется в три ступени: при массе груза на участке Q(t) < 4 кг/ч скорость ω_1 = 0,2 рад/с; при 2 кг/ч < Q(t) < 3 кг/ч ω_2 = 0,4 рад/с; при Q(t) > 4 кг/ч ω_n = 1,00 рад/с.

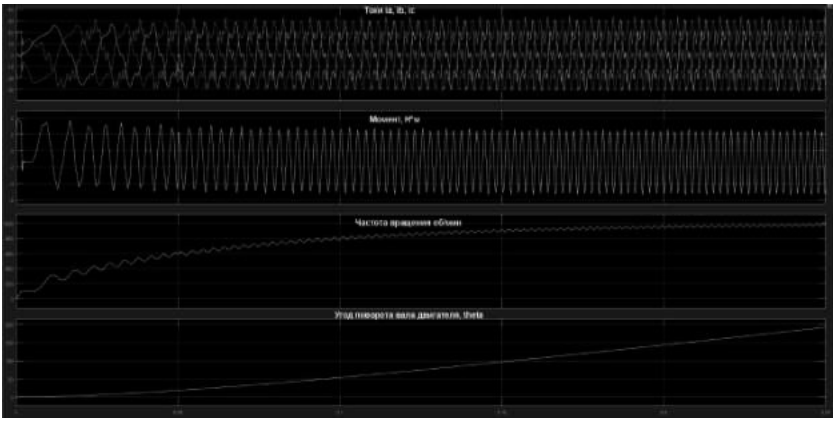

Рисунок 7 – Результаты моделирования СДПМ

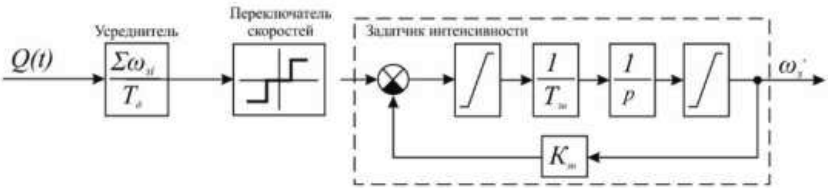

Рисунок 8 – Схема задатчика скорости в зависимости от потока семян

Разработана система электропривода ленточного электростатического триера на базе безредукторного мотор-барабана с синхронным двигателем на постоянных магнитах, регулируемого в функции потока посредством задатчиков интенсивности и блоков квантования сигнала потока. Установлено, что регулирование скорости в функции потока позволяет экономить до 27% от суммарного энергопотребления в отличие от постоянной работы электропривода на номинальной мощности.

Литература

1. Dosiek, L. Cogging torque reduction in permanent magnet machines / L. Dosiek, P. Pillay // IEEE Trans. Industry Application. – 2007. – Vol. 43. – № 6. – P. 1656–1657.

2. Wu, L. A Cogging torque reduction method for surface mounted permanent magnet motor / L. Wu, W. Jin, J. Ni, and J. Ying // International Conference on Electrical Machines and Systems. – Seoul, 2007. – P. 769–773.

3. Islam, R. Permanetmagnet synchronous motor magnet designs with skewing for torque ripple and cogging torque reduction / R. Islam, I. Husain, A. Fardoun, K. McLaughlin // IEEE Trans. Industry Applications. – 2009. – Vol. 45. – № 1. – P. 152–160.

4. Zhu, Z.Q. Influence of design parameters on cogging torque in permanent magnet machines / Z.Q. Zhu, D. Howe // IEEE Trans. Energy Conversion. – 2000. – Vol. 15. – № 4. – P. 407–412.

5. Lateb, R. Effect of magnet segmentation on the cogging torque in surface-mounted permanent magnet motors / R. Lateb, N. Takorabet, F. Meibody-Tabar // IEEE Trans. Magnetics. – 2006. – Vol. 42. – № 3. – P. 442–445.

СОДЕРЖАНИЕ

Андреев А.Е., Мамонтов А.Ю., Вендин С.В. (ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, Майский, Россия) Конструкция биогазового реактора непрерывной загрузки сырья.....3
Беззубцева М.М., Волков В.С. (ФГБОУ ВО СПбГАУ, Санкт-Петербург, Россия) Совершенствование смесителей в аппаратурно-технологических системах АПК.....8
Богдан А.В., Грищенко Д.Н., Лозовский В.В. (ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ, Краснодар, Россия) Нейросети в системе электроснабжения.....13
Ладыгин М.С., Ладыгин А.С., Джерепа М.С. (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия) Применение системы автоматического управления в современном малом городском транспорте.....16
Лукьянченко А.М., Вендин С.В. (ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, Майский, Россия) Анализ мероприятий по снижению потерь электроэнергии в системах электроснабжения.....22
Несиоловский О.Г., Адакин Р.Д., Соцкая И.М. (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия) Разработка алгоритмов энергосберегающего управления микроклиматом (полив, освещение, обогрев, вентиляция) в промышленных теплицах.....26
Половнев Г.К., Вендин С.В. (ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, Майский, Россия) Анализ перспектив использования различных видов альтернативных источников энергии в Белгородском регионе.....32
Соцкая И.М., Угловский А.С. (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия) Моделирование сварки трением с прямым приводом с помощью программного продукта VIRTUA RFW.....38
Чернов В.В., Вендин С.В. (ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, Майский, Россия) Анализ мероприятий борьбы с обледенением проводов на воздушных линиях электропередач.... 47
Шешунова Е.В., Шмигель В.В. (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия) Выбор конструкции ионизатора для животноводческих помещений.....51
Шмигель В.В., Угловский А.С. (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия) Энергоэффективный электропривод ленточного электростатического триера на базе безредукторного синхронного мотор-барабана 64

Научное издание

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ УСТАНОВОК И СИСТЕМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Сборник научных трудов по материалам Всероссийской (национальной) научно-практической конференции

Ярославль, 19 ноября 2020 г.

Текстовое электронное издание

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

Подписано к использованию 19.01.2021 г.
Объем издания 2,141 Мб, 1 электрон. опт. диск.
Минимальные системные требования: процессор Intel Pentium 1,3 ГГц и выше; оперативная память 256 Мб и более; операционная система Microsoft Windows XP/Vista/7/10; разрешение экрана 1024x768 и выше; привод CD-ROM, мышь; дополнительные программные средства: Adobe Acrobat Reader 5.0 и выше.

Издательство ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА.
150042, г. Ярославль, Тутаевское шоссе, 58.
http://www.yaragrovuz.ru/