

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Новомосковский институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»

Первичная организация Российского химического общества
им. Д.И. Менделеева
Совет молодых ученых НИ РХТУ им. Д.И. Менделеева

*Конференция посвящена 80-летию
Победы в Великой Отечественной войне*

**XXVII НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ
УЧЕНЫХ, АСПИРАНТОВ, СТУДЕНТОВ**

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Технические науки

Новомосковск,
2025

УДК 378:082.2(043.2)

ББК 74.58

Д 259

Д 259 XXVII научно-техническая конференция молодых ученых, аспирантов, студентов. Тезисы докладов. Технические науки / ФГБОУ ВО РХТУ им. Д.И. Менделеева, Новомосковский институт (филиал). Новомосковск, 2025. – 70 с.

Работа конференции проводилась в шести секциях, на которых обсуждались вопросы химии и технологии неорганических веществ, органической химии и полимерных композиционных материалов, инженерной механики и материаловедения, кибернетики технологических процессов и технических систем, гуманитарных наук экологии, экономики и управления, энергетики.

Сборник содержит доклады и сообщения студентов, аспирантов и молодых ученых.

Текст репродуцирован с оригиналов авторов.

УДК 378:082.2(043.2)

ББК 74.58

Редакционная коллегия:

директор В.Л. Первухин - *председатель*

доцент, кандидат экономических наук А.В. Овчаров – *зам. председателя*

доцент, кандидат технических наук С.И. Сидельников – *отв. секретарь*

профессор, доктор технических наук В.М. Логачева

доцент, кандидат химических наук Е.И. Костылева

доцент, кандидат экономических наук Ю.В. Кулакова

доцент, кандидат технических наук Ю.В. Гербер

доцент, кандидат философских наук Э.Е. Гордова

© ФГБОУ ВО «Российского химико-технологического
университет им. Д.И. Менделеева»,
Новомосковский институт (филиал), 2025

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ ЭНЕРГЕТИКИ

<i>Писарев Г.К., Примак Е.В., Курило Н.А.</i> Об основных методах неразрушающего контроля тепловых сетей.....	7
<i>Писарев Г.К., Курило Н.А.</i> Энергоэффективные здания: современные подходы и практические решения.....	8
<i>Родина П.И., Зайцев Н.А., Чермошенцев Е.А.</i> Комплексное использование топлива на тепловых электрических станциях.....	10
<i>Якунина М.С., Зайцев Н.А., Чермошенцев Е.А.</i> Повышение эффективности работы электрофильтров ТЭС.....	11
<i>Цапаева Е.С., Архипов И.А., Чермошенцев Е.А., Зайцев Н.А.</i> Способы защиты рабочих лопаток турбин от эрозивно – коррозионного износа.....	12
...	
<i>Хороших Д.Н., Золотарева В.Е., Курило Н.А.</i> Действие плана ГОЭЛРО продолжается.....	13
<i>Хороших Д.Н., Золотарева В.Е., Тимофеева И.В.</i> Анализ теплообменного оборудования котельных.....	14
<i>Миронов А.С., Макрушин В.В.</i> Превалирование отопительной системы из модулей-блоков.....	15
<i>Почечугин Н.В., Макрушин В.В.</i> Сокращение энергозатрат при использовании тепловой энергии.....	16
<i>Цапаева Е.С., Золотарева В.Е., Чермошенцев Е.А.</i> О системах отопления объектов ЖКХ.....	17
<i>Родина П.И., Зайцев Н.А., Золотарева В.Е., Чермошенцев Е.А.</i> Исследование состава твёрдых отложений с пластин камер второго контура сетевых подогревателей котельной №13м г. Новомосковска.....	18
<i>Примак Е.В., Золотарева В.Е., Тимофеева И.В.</i> О современных ветрогенераторах.....	19
<i>Примак Е.В., Золотарева В.Е., Тимофеева И.В.</i> Использование цикла Аллама на ТЭС для достижения нулевых выбросов в окружающую среду.....	20
<i>Голованова П.Д., Архипов И.А., Сивкова О.Д.</i> Изучение понятия энтропия в курсах физики и химии для студентов-технологов.....	22
<i>Барабанов С.А., Майорова Н.Д.</i> Этеротон. Наука в искусстве.....	23
<i>Дасаев Б.Р., Майорова Н.Д.</i> Водород – топливо будущего.....	24
<i>Александрова Е.А., Лагуткин О.Е.</i> Проблемы прогнозирования электропотребления предприятий.....	25

<i>Барабанов С.А., Дасаев Б.Р. Использование MS EXCEL для итерационных расчётов режимов.....</i>	26
<i>Барабанов С.А., Дасаев Б.Р. Моделирование режимов электрических цепей переменного тока.....</i>	27
<i>Валицкий И.М., Лобанов С.С. Математические аспекты устойчивости энергосистем.....</i>	28
<i>Вязова А.Е., Савельев А.В. Оценка динамики движения ротора синхронной машины.....</i>	29
<i>Вязова А.Е., Савельев А.В. Перспективная оценка суточного графика электрической нагрузки.....</i>	30
<i>Ильин А.И., Сидоров В.В. Разработка автоматизированной системы управления уличным освещением с использованием GSM-технологий</i>	31
<i>Катасонов М.С., Руденко Е.О. Учет явнополусности синхронных машин при расчете устойчивости.....</i>	34
<i>Кива А.С., Ошурков М.Г., Энергоснабжающие организации потребителей.....</i>	35
<i>Колесников Е.Б., Катасонов М.С. Формирователь сигнала треугольной формы.....</i>	36
<i>Колесников Е.Б., Лобанов С.С. Утроитель частоты.....</i>	37
<i>Михалев Д.В., Паршуков А.В. Оценка надежности электроснабжения ООО «Щекиноазот».....</i>	38
<i>Моисеенков А.А., Ошурков М.Г., Аспекты вузовской подготовки специалистов электрики.....</i>	39
<i>Ошурков М.Г., Худайназаров Т.Ш., Чиркова Т.Ю. Программа расчета платы за электроэнергию по ценовым категориям.....</i>	40
<i>Ползиков М.Н., Беляков П.С. Технико-экономическая эффективность самозапуска электродвигателей.....</i>	41
<i>Ползиков М.Н., Беляков П.С. Симметрирование напряжений при неблагоприятной электромагнитной обстановке на промышленных объектах.....</i>	42
<i>Ползиков М.Н., Потанин Р. А. Влияние резкопеременной нагрузки на компенсацию реактивной мощности.....</i>	43
<i>Ребенков Е.С., Майорова Н.Д., Барабанов С.А. Конформные преобразования в цифровой модели электропривода с упругими связями.....</i>	44
<i>Ребенков Е.С., Майорова Н.Д., Катасонов М.С. Математическая модель частотного электропривода с упруго-вязкой связью.....</i>	45
<i>Стебунова Е.Д., Катасонов М.С. Особенности проверки электрооборудования в схемах собственных нужд электростанций.....</i>	46

СЕКЦИЯ КИБЕРНЕТИКИ, АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ, МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

<i>Ивлев А.Е., Соломатин Д.С., Лопатин А.Г., Брыков Б.А.</i> «Корректирующее устройство для системы управления температурой смеси в аппарате».....	48
<i>Яковлев Д.С., Волков В.Ю.</i> «Разработка системы управления многомерным нелинейным химико-технологическим объектом».....	49
<i>Хайдаров М.Т., Волков В.Ю.</i> «Использование SIMSCAPE Simulink для моделирования теплообменника».....	50
<i>Новиков И.А., Волков В.Ю.</i> «Использование ИИ для предсказания отказов химико-технологических процессов».....	51
<i>Смирнов С.А.</i> «Система регистрации и сигнализации утечек рабочего газа в дирижаблях жесткой конструкции».....	52
<i>Артамонов П.С., Санаева Г.Н., Гербер Ю.В.</i> «Применение машинного обучения для прогнозирования состояния реактора окислительного пиролиза».....	54
<i>Азатьян Д.А.</i> «Разработка реалистичного симулятора геодезиста».....	
<i>Шалухин Д.В., Гринюк О.Н.</i> «Звуковая идентичность радиопередачи: жанровый подход к мастерингу аудио в студенческом проекте».....	55
<i>Мохаммад Али К.А., Силин А.В.</i> «Роль Astra Linux в импортозамещении ИТ-технологий России: проблемы и решения».....	56
<i>Цой Е.А., Гринюк О.Н.</i> «Создание анимационных промо-роликов в онлайн-среде как шаг к карьере в медиапроизводстве».....	57
<i>Бицура М.С., Силин А.В.</i> «Управление информационными рисками в химической отрасли: вызовы устойчивости и защиты от внешних и внутренних угроз».....	58
<i>Купцова Е.В., Гринюк О.Н.</i> «Формирование профессиональных навыков музыкального редактирования	59
<i>Силин А.В., Халецкий Е.П.</i> «Разработка автоматизированной информационной подсистемы обработки результатов вступительных испытаний».....	60
<i>Косарев М.А.</i> «Робототехника как инструмент автоматизации производств».....	61
<i>Факиа Хуссейн Мохаммед Ибрахим Али, Волков В.Ю.</i> «Повышение энергоэффективности ветрогенераторных установок».....	62
	63

<i>Кочергин А.Н.</i> «Следящие системы: от автоматизации до интеллектуального управления».....	
<i>Мараев В.В., Силин А.В.</i> «Разработка и внедрение автоматизированного веб-решения для управления услугами туристического агентства».....	64
<i>Дробот Д.А.</i> «Унификация лабораторных установок в учебных организациях СПО и ВО».....	65
<i>Платонова О.Ю., Чебану Е.М.</i> «Функция $L(x) = \int dt/t$ и её свойства»....	66
<i>Платонова О.Ю., Острецова Д.Н.</i> «Применение неравенства Буняковского для вычисления интегралов».....	67
<i>Матвеев В.А., Цепяева Е.С.</i> «Неравенство Титу».....	68
<i>Бизикин Т.С., Соболев А.В.</i> «О расчете параметров экспоненциального фильтра в структуре ЭСАР».....	69
<i>Азатян Д.А., Соболев А.В.</i> «Исследование устойчивости ЭСАР с помощью критерия Гурвица».....	70

СЕКЦИЯ ЭНЕРГЕТИКИ

УДК 697.34; 620.19

Писарев Г.К., Примак Е.В., Курило Н.А.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д. И. Менделеева)

ОБ ОСНОВНЫХ МЕТОДАХ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

Тепловые сети – это сложные инженерные конструкции, которые предназначены для доставки тепловой энергии до потребителей, и осуществление контроля их качества представляет собой важнейший этап как на стадии производства трубопроводов, так и в период их обслуживания. Нормативный срок использования трубопровода составляет около 25 лет, но практика использования показывает, что в силу ряда причин износ происходит гораздо раньше, поэтому своевременный неразрушающий контроль трубопроводов тепловых сетей способен предотвратить появление аварийных ситуаций.

К основным методам неразрушающего контроля тепловых сетей можно отнести:

- тепловой или тепловизионный;
- акустический;
- виброакустический;
- магнитный.

Тепловой метод контроля базируется на фиксации и преобразовании инфракрасного излучения в видимый спектр. Значительная часть задач теплового контроля решается с помощью тепловизоров, поэтому часто используется термин тепловизионный контроль. Тепловизионная диагностика теплосетей, которая проводится во время приемки и строительного надзора, помогает определить участки с температурными аномалиями.

Акустический или ультразвуковой метод контроля был предложен советским физиком С.Я. Соколовым в 1928 году и в настоящее время является одним из наиболее широко применяемых методов неразрушающего контроля. Ультразвуковая дефектоскопия позволяет осуществлять контроль сварных соединений, сосудов и аппаратов высокого давления, трубопроводов, поковок, листового проката и другой продукции.

На тепловых сетях активно используется акустическая томография, которую можно отнести к вибродиагностике. По границе движущейся жидкой среды и трубопровода создается трение и вибрации, которые раз-

личаются по частоте и амплитуде под влиянием неоднородности внутренней поверхности труб, толщины стенки, отводов, зон концентрации напряжений, утечек рабочей среды.

Магнитные методы основаны на изучении магнитных полей рассеяния вокруг изделий из ферромагнитных материалов после намагничивания. Наиболее распространенным методом магнитной дефектоскопии является магнитопорошковый метод.

Литература

1. ГОСТ Р 56542–2015. Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов
2. Писчасов С.А. Методы диагностики тепловых сетей // Новости теплоснабжения. - 2014. - № 05 (165) http://www.ntsnn.ru/o-zhurnale/archiv/2014/5_2014.html
3. Чайкина А.Ю., Иванников В.П. Основные методы неразрушающего контроля при выявлении дефектов магистральных трубопроводов // Современные методы технической диагностики и неразрушающего контроля деталей и узлов. – 2019. - №2

УДК 621.31.697.329: 699.86

Писарев Г.К., Курило Н.А.

(Новомосковский институт РХТУ им. Менделеева)

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ЗДАНИЯ: СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

В условиях роста потребления энергетических ресурсов и усиливающих экологических вызовов особое значение приобретает концепция энергоэффективного строительства. Здания, как один из основных потребителей энергии, играют ключевую роль в достижении устойчивого развития и снижении выбросов парниковых газов.

Энергоэффективные здания представляют собой архитектурно-инженерные решения, направленные на минимизацию потерь энергии при одновременном обеспечении высокого уровня комфорта для пользователей. Современные международные методики оценки энергоэффективности — такие как LEED, BREEAM, DGNB — базируются на интегральной оценке жизненного цикла здания, включая проектирование, строительство, эксплуатацию и демонтаж. В основе этих подходов лежит принцип рационального использования ресурсов, включая теплоэнергию, воду, материалы и электроэнергию. Кроме того, данные стандарты учитывают качество внутренней среды, уровень освещённости, вентиляции, акустического комфорта и влияние здания на окружающую среду.

Наряду с новыми зданиями важной задачей становится повышение энергоэффективности существующего фонда, особенно в странах с устаревшими строительными нормами. Реконструкция зданий с применением энергоэффективных технологий включает ряд технических решений: комплексное утепление наружных конструкций, установка энергосберегающих окон и дверей, внедрение современных систем вентиляции с рекуперацией тепла, а также автоматизированных систем управления потреблением энергии. Эти меры позволяют снизить энергозатраты до 40–60% в зависимости от исходного состояния объекта.

Особое внимание в современных исследованиях уделяется сочетанию пассивных и активных методов энергоэффективности. Пассивные меры, такие как ориентация здания по сторонам света, естественное освещение и вентиляция, направлены на снижение потребности в искусственном климат-контроле. Активные же технологии включают в себя использование возобновляемых источников энергии, например, солнечных панелей или тепловых насосов, и интеграцию «умных» систем мониторинга и управления.

В условиях климатических и социально-экономических особенностей Российской Федерации энергоэффективное строительство требует адаптации международных подходов к национальным стандартам. Разработка методик сертификации, экономических стимулов, а также образовательных и просветительских инициатив становится приоритетной задачей государственной политики в сфере устойчивого развития.

Таким образом, энергоэффективные здания представляют собой не только инструмент энергосбережения, но и основу для формирования экологически ответственной, технологически развитой и экономически устойчивой урбанистической среды.

Литература

1. <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-energoeffektivnosti-i-ekologichnosti-zdaniy-po-mezhdunarodnym-standartam>
2. <https://panor.ru/articles/sposoby-uvelicheniya-energoeffektivnosti-zdaniy-v-protsesse-rekonstruktsii/14622.html>
3. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года//Министерство энергетики Российской Федерации. [Электронный ресурс]: URL.: <http://minenergo.gov.ru/aboutminen/energostrategy/>

**КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОПЛИВА НА
ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ**

Повышение эффективности использования топлива является важнейшей задачей экономики, так как с топливно-энергетическим комплексом связано более 40 % материальных затрат страны. Однако эффективность использования топлива как источника энергии остаётся низкой, составляя в целом по стране не более 40 %. Ещё меньше эффективность использования топлива в химической промышленности, хотя в природе нет более концентрированного и удобного для переработки химического сырья, каким являются органические виды топлива: уголь, нефть, природный газ. Чисто энергетическое их использование нерационально. Однако дешёвизна и доступность этих видов топлива долгое время мало стимулировали поиски способов более рационального их использования. В настоящее время затраты на добычу и транспорт топлива непрерывно растут, из-за удалённости основных месторождений. При этом из-за раздельного энергетического и технологического использования топлива его перерасход и нерациональное потребление неизбежны. В технологических процессах перерасход возникает из-за невозможности глубокой утилизации теплоты отходящих газов, вследствие чего теряется более половины потенциальной теплоты топлива. В энергетических процессах наряду с перерасходом топлива вследствие несовершенства топочной техники пропадает его наиболее ценная с технологической точки зрения часть – летучие вещества, могущие быть использованными для получения горючего газа с высокой теплотой сгорания и жидких смолпродуктов (заменители нефти). Потенциальное содержание смолпродуктов в твёрдом топливе, добываемом в нашей стране, составляет более половины добычи нефти. Потенциальное же содержание газа в добываемом твёрдом топливе превосходит годовую добычу природного газа.

Решение обеих задач: повышение энергетической эффективности использования топлива и получение из него ценного сырья, принципиально возможно путём перехода к новым комплексным энерготехнологическим методам использования топлива, основанным на деструктивной, высокотемпературной переработке его, обеспечивающей отбор ценных продуктов, и сжигании части топлива для производства энергетического теплоносителя, используемого в комбинированном энергетическом и технологическом процессе.

Якунина М.С., Зайцев Н.А., Чермошенцев Е.А.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д. И. Менделеева)

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОФИЛЬТРОВ ТЭС

Сжигание твёрдого топлива в пылевидном состоянии может сопровождаться большим выбросом твёрдых частиц золы и недогоревшего топлива в атмосферу. В связи с этим на пылеугольных ТЭС устанавливаются циклоны, батарейные циклоны, электрофильтры, что позволяет значительно снизить объёмы выбросов твёрдых частиц в атмосферу. Электрофильтры на электростанциях позволяют достичь наиболее глубокой очистки дымовых газов – близкой к 100 %. При этом величина электрического удельного сопротивления (УЭС) слоя частиц золы существенно влияет на эффективность работы электрофильтра. По удельному электрическому сопротивлению зола делится на три группы. Наибольшую трудность для улавливания в электрофильтрах имеет зола третьей группы с наиболее высоким значением УЭС. Слой пыли этой группы на осадительных электродах действует как изолятор. Это приводит к нарушению нормальной работы электрофильтра, снижению коронного разряда, возникновению обратной короны со встречным движением частиц пыли от осадительного к коронирующему электроду. Повышение эффективности работы электрофильтров при очистке дымовых газов, имеющих неблагоприятные электрофизические свойства, требует подбора методов снижения интенсивности или предотвращения образования обратной короны, то есть создания условий, обеспечивающих стабильную работу электрофильтров.

Применение импульсного напряжения для питания электрофильтров является принципиально новым способом борьбы с обратной короной. Это позволяет увеличить амплитудное значение напряжения электрофильтра, что является большим преимуществом, так как импульсная прочность воздушных промежутков выше их электрической прочности при постоянном напряжении. Эффективность работы электрофильтров при этом возрастает вследствие роста скорости дрейфа частиц к осадительному электроду и прекращению обратного коронирования. Для улавливания высокоомной золы разработан способ предполагающий её предварительную зарядку. Перспективным решением проблем улавливания золы с высоким УЭС являются методы кондиционирования дымовых газов. Разработаны химические, температурные и температурно-влажностные методы кондиционирования.

УДК 621.1:621.311:621.165

Ценаева Е.С., Архипов И.А., Чермошенцев Е.А. Зайцев Н.А.
**СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ РАБОЧИХ ЛОПАТОК ТУРБИН
ОТ ЭРОЗИОННО – КОРРОЗИОННОГО ИЗНОСА**

Элементы проточной части паровых турбин ТЭС подвержены не только эрозионно-коррозионному износу, но и различным видам химической и электрохимической коррозии несмотря на то, что из парогенератора перегретый пар, поступающий в турбину, соответствует жестким требованиям ПТЭ. Коррозионному воздействию подвергаются поверхности роторов, дисков, рабочих лопаток, особенно в зоне фазового перехода. К металлам, из которых изготовлены детали паровых турбин, предъявляются высокие требования в отношении механической прочности, пластичности при высоких температурах, коррозионной и эрозионной стойкости. Для корпусных деталей турбин, дисков, и роторов, как правило, применяют перлитные стали. Рабочие лопатки изготавливаются из хромистых и хромистомолибденовых аустенитных сталей. Расширение пара в проточной части турбины идет при резком снижении его давления и сверхзвуковой скорости потока, что оказывает прямое влияние на растворимость примесей в паре, образование концентрированных растворов NaCl и NaOH, появление на поверхности металла отложений. Влияние этих факторов приводит к коррозионному растрескиванию вследствие механического напряжения с образованием в металле трещин и хрупкому разрушению. Способы повышения коррозионно-эрозионной стойкости в большинстве своем направлены на защиту поверхности рабочих лопаток последних ступеней ЦНД турбин от высокоскоростного каплеударного воздействия. Активные способы направлены на уменьшение степени влажности и уменьшение размеров частиц двухфазного потока с помощью межступенчатых сепараторов. Пассивные методы борьбы в первую очередь направлены на изменение поверхностных свойств конструкционных материалов или на обеспечение их внешней защиты от каплеударного воздействия. Самый распространенный способ – припайка или приварка стеллитовых пластин на входные и выходные кромки рабочих лопаток, а также нанесение защитного покрытия на поверхности лопаток сплавов на основе титана. Анализ актуальности проблемы эрозионно-коррозионного износа конструкционных материалов паротурбинных установок показывает, что для повышения надежно-

сти работы оборудования необходимо применение инновационных разработок в материаловедении – новых эрозионно-коррозионных материалов и сплавов.

УДК 621.31

Хороших Д.Н., Золотарева В.Е., Курило Н.А.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)
ДЕЙСТВИЕ ПЛАНА ГОЭЛРО ПРОДОЛЖАЕТСЯ

План ГОЭЛРО, реализованный в начале XX века, оставил глубокий след в истории Советского Союза и стал важнейшим проектом, на котором строилась вся дальнейшая модернизация страны. Успехи электрификации не только определили индустриальное развитие СССР на десятилетия вперёд, но и заложили основу для современного энергетического потенциала России [1].

К сожалению, до наших времён сохранились не все электростанции, построенные по программе ГОЭЛРО. Причинами для этого послужили многочисленные разрушения во время Великой Отечественной Войны, замена старых станций на более новые вследствие износа и устаревания старого оборудования, централизация энергосистем, которая отсеивала мелкие электростанции за ненадобностью [1].

Один из ключевых аспектов наследия плана ГОЭЛРО — это созданная энергетическая инфраструктура, которая, претерпев множество модернизаций и изменений, продолжает играть важную роль и сегодня. Многие электростанции, построенные в рамках плана, до сих пор функционируют, обеспечивая электроэнергией миллионы жителей. Например: Новомосковская, Шатурская и Нижегородская ГРЭС, Белгородская и Алексинская ТЭЦ, а также многие другие сохранились с начала реализации проекта ГОЭЛРО до наших времён и продолжают вырабатывать тепловую и электрическую энергию.

Последние события, связанные с перечисленными электростанциями:

- Новомосковская ГРЭС с 2022 года является филиалом АО «НАК «Азот» Новомосковская ГРЭС. Она обеспечивает бесперебойную работу АО «НАК «Азот» и снабжает теплом часть микрорайонов города Новомосковск.

- Шатурская ГРЭС - Филиал ПАО «Юнипро», расположена в городе Шатура (Московская область) в последний раз была модернизирована в 2019 году, Теперь установленная мощность этой станции составляет 1500

МВт, тепловая мощность - 344,3 Гкал; количество энергоблоков: 7; используемое топливо: природный газ, мазут, уголь.

Нижегородская ГРЭС (им. А. В. Винтера) с 2014 года стала энергетическим комплексом АО «Волга»: электрическая мощность - 112 МВт; тепловая мощность - 438 Гкал/ч; годовая выработка электричества - 593.17 млн. кВт·ч.

Белгородская ТЭЦ и Алексинская ТЭЦ входят в состав ПАО «Квадра». Белгородская ТЭЦ снабжает тепловой энергией северный и центральный районы города Белгорода, обеспечивая на 36,3% потребность города в тепле. На Алексинской ТЭЦ с 2019 года в систему вошел новый энергоблок мощностью 115 МВт.

Литература

1. Электрификация СССР: Путь к индустриализации. - <https://biographe.ru/history/elektrifikaciya-sssr>

УДК 66.045.1

Хороших Д.Н., Золотарева В.Е., Тимофеева И.В.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)
**АНАЛИЗ ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ
КОТЕЛЬНЫХ**

Рассмотрим оборудование, производящее и передающее тепло, которое входит в состав современных котельных.

Во-первых, это устройства, производящие пар или горячую воду: паровые и водогрейные котлы. Пар в зависимости от установленной мощности котельной и параметров, необходимых потребителям, может производиться:

- водотрубными двух барабанными с естественной циркуляцией паровыми котлами марки Е, например, производитель Бийский котельный завод «Генерация»;

- жаротрубными котлами на различное давление пара, например, «Дорогобужкотломаш» с 2022 года производит жаротрубные котлы «Байкал» со следующими характеристика: диапазон паропроизводительности: 2 - 10 тонн пара в час (по запросу до 25 т/ч); максимальная температура пара на выходе из котла: 175/192/204 °С; рабочее (избыточное) давление пара: 0,9/1,3/1,6 МПа; тип пара на выходе из котла: ; насыщенный; топливо: природный газ / дизельное топливо; тип: жаротрубный трехходовой.

«Дорогобужкотломаш» кроме паровых котлов производит котлы водогрейные газо-мазутные КВ-ГМ. Котлы водотрубной конструкции, разработанной в России под местные условия эксплуатации: серии «Смоленск», ПТВМ и КВ-ГМ традиционные; типоразмерный ряд от 1 до 209МВт; высокие показатели по критериям долговечность, надёжность, ремонтпригодность.

Одним из наиболее распространенных в котельных типов теплообменных аппаратов является кожухотрубный теплообменник. Он используется в качестве сетевого подогревателя в паровых котельных.

У кожухотрубных теплообменников \ недостатки: громоздкость, сложность очистки от отложений и связанные с этим затраты; проблематичность в выявлении протечек и многое другое. Пластинчатые теплообменники лишены подобных недостатков. Это - устройства, предназначенные для передачи тепла от более горячей среды к более холодной через специальные разделительные стенки каналов, образованных пластинами особой конфигурации, составляет пакет штампованных низколегированных пластин с гофрированной поверхностью, имеющей разнообразные профили.

Пластинчатые теплообменники находят широкое применение в коммунальной энергетике, в системах отопления, вентиляции и горячего водоснабжения. Они особенно востребованы в тех областях, где важны компактные размеры и быстрая настройка системы на рабочий режим, например, при нагреве и охлаждении воды в стерилизаторах или пастеризации молока. Кроме того, такие теплообменные аппараты активно используются в установках для утилизации вторичных энергетических ресурсов, а также в регенераторах и рекуператорах.

УДК 621.1

Миронов А.С., Макрушин В.В.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ПРЕВАЛИРОВАНИЕ ОТОПИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ИЗ МОДУЛЕЙ-БЛОКОВ

Блочно-модульные котельные (БМК) – это актуальные новейшие конструкции, для производства которых применены ультрасовременные эффективные технологии. Перечислим достоинства БМК по сравнению со старыми, ещё Советскими отопительными котельными.

Блочно-модульная система постройки объектов энергетики является одним из главных преимуществ повышенной заводской готовности.

Постройка БМК является гарантией долгой и безотказной работы. Каждая БМК проходит все необходимые испытания, а уже только потом вводится в эксплуатацию.

Строительство БМК происходит в короткие сроки.

Использование современного оборудования и высокая степень автоматизации позволяет сделать эксплуатацию и обслуживание блочно-модульных котельных максимально экономичным.

Сокращаются затраты на энергоресурсы.

В завершении стоит отметить, что со всеми перечисленными преимуществами, а также автономность БМК и отсутствие постоянного персонала обслуживания, делает котельные такого типа весьма выгодным мероприятием.

Т.о., БМК наиболее мобильны, экономичны, отвечают высочайшими экологическими требованиями, а основное достоинство все-таки заключается в том, что они обладают достаточно высоким коэффициентом полезного действия.

УДК 621.1

Почечугин Н.В., Макрушин В.В.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

СОКРАЩЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

Проблемы экологии и истощение ресурсов естественных энергоносителей, удорожание их добычи и переработки заставляет нас задуматься о сокращении энергозатрат при развитии современных теплоэнергетических отраслей.

Сбережение энергии в теплоэнергетике складывается из сокращения энергозатрат при использовании тепловой энергии и рационального потребления тепловой энергии.

Перечислим варианты снижения энергозатрат при использовании тепловой энергии:

- увеличение надежности агрегатов, производящих тепловую энергию и их к.п.д.
- использование качественного топлива, совершенствование процессов его очистки и переработки
- оптимизацию процесса сжигания топлива, сокращение вредных выбросов
- создание технологий сжигания топлив, перспективных с точки зрения экономии и экологии.

- снижение затрат на топливо путем увеличения доли качественно новых энергоагрегатов.

- переход к возобновляемым и нетрадиционным видам энергии (солнечной, ветровой, энергии приливов и отливов, энергии биомассы, низкопотенциальной энергии, тепловых насосов, энергии микроГЭС, геотермальной и волновой энергии), позволяющих существенно снизить применение традиционных топлив.

- использование альтернативных топлив

- применение новейших материалов, в том числе с использованием нанотехнологий.

УДК 697.24

Цепанова Е.С., Золотарева В.Е., Чермошенцев Е.А.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д. И. Менделеева)
О СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ЖКХ

В настоящее время в России наиболее распространено централизованное теплофикационное теплоснабжение. Основными источниками тепла в этом случае являются ТЭЦ и мощные котельные. Развитие индивидуального строительства вызвало рост индивидуальных систем теплоснабжения. Сокращение до минимума расстояния, на которое надо передавать тепло, сопровождается обнулением экономических затрат на тепловые сети. Основными источниками тепла становятся комплексы инженерных устройств для обогрева помещений. Этими устройствами являются печи, электронагревательные, газовые водогрейные котлы и устройства, нагревающие воду за счет сжигания твердого топлива. Печное отопление в том виде, в котором мы его знаем, появилось в 15 веке. Здесь воздух в помещении нагревался от соприкосновения с поверхностями горячей печи, расположенной внутри отапливаемого помещения. Работак водогрейной системы индивидуального отопления заключается в том, что вода, как теплоноситель, нагревается в котле и по трубам поступает к радиаторам отопления, отдает тепло в помещении и возвращается в котел. Циркуляция воды может быть естественной за счет силы тяжести или принудительной циркуляционными насосами. Системы с естественной циркуляцией в силу своих особенностей, больше подходят только для домов с общей площадью до 200 кв. м, или помещений имеющих мало тепловых контуров. Кроме того, для них понадобятся трубы большого диаметра (не менее 40- 50 мм). Причем прокладывают их под углом к ори-

горизонтальной плоскости, чтобы вода текла под действием своего веса. Такие системы трудно регулировать, но зато они независимы от электрообеспечения. Системы с принудительной циркуляцией подходят для домов и объектов любой площади, они легко регулируются и более эффективны при теплоотдаче. Большим достоинством является комфорт от эксплуатации (возможность поддерживать необходимую температуру в каждом помещении). В них могут использоваться трубы небольшого диаметра. В такой системе меньше разница в температуре между прямой и обратной водой, что увеличивает срок службы котла. Единственным недостатком электронагревательных котлов является потребность в бесперебойном электропитании. У газовых водогрейных котлов главным недостатком становится потенциальная опасность утечки газа, что может привести к отравлению или взрыву. Поэтому необходимо строго соблюдать правила безопасности при эксплуатации газовых котельных и регулярно проводить их техническое обслуживание. Недостатком пеллетных котлов являются их большие габариты и требование наличия в комплектации топливных бункеров. Стандартные бункеры позволяют установке работать автономно на протяжении 2-4 дней. Для увеличения срока автономной работы потребуются организация дополнительного склада.

УДК 628.1

Родина П.И., Зайцев Н.А., Золотарева В.Е., Чермошенцев Е.А.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д. И. Менделеева)

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА ТВЁРДЫХ ОТЛОЖЕНИЙ С ПЛАСТИН КАМЕР ВТОРОГО КОНТУРА СЕТЕВЫХ ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ КОТЕЛЬНОЙ №13м г. НОВОМОСКОВСКА

Котельная №13м введена в эксплуатацию в октябре 2022 г. Отопительная нагрузка реализуется с помощью двух сетевых подогревателей СП-1, СП-2. Это водоводяные пластинчатые теплообменники ЭТ-041с-10-227. Количество пластин в каждом теплообменнике 227 штук. Второй контур подпитывается водопроводной водой. При этом используется реагентная (комплексонатная) водоподготовка с дозированием ингибитора коррозии и накипеобразования «Эктоскейл-800-1».

Выполнен рентгенофазовый анализ отложений с пластин камер второго контура сетевых подогревателей №1 и №2 котельной №13м. Рентгенофазовый анализ выполнен на дифрактометре ДРОН-3М. Дифрактограммы образцов твёрдых отложений из СП №1и №2 показывают, что

основной компонент в отложениях $\text{FeO}(\text{OH})$ - гётит в слабо окристаллизованном состоянии. Образец отложений из СП №2 окристаллизован сильнее, чем образец из СП №1.

Проведён дериватографический анализ проб отложений. Съёмка проведена на оптическом приборе «Дериватограф» марки ОД-103. Потери массы образцов для эффектов с $T_{\text{max}} = 690^\circ\text{C}$ и 740°C , относящихся к разложению CaCO_3 , соответствуют выделению в газовую фазу CO_2 . Для образца из СП №1 потеря массы составила 6 мг. $T_{\text{max}} = 690^\circ\text{C}$. Масса навески составляла 340 мг. Для образца из СП №2 потеря массы составила 6 мг. $T_{\text{max}} = 740^\circ\text{C}$. Масса навески составляла 340 мг.

Расчёты по данным дериватографического анализа отложений показывают, что содержание CaCO_3 в обоих образцах одинаково (4%). Однако, различие в максимумах эндотермических эффектов указывает на некоторое различие в кристалличности CaCO_3 в образцах. Чем больше температура максимума эффекта, тем выше кристалличность. 96 % массы образцов приходится на содержание железа, которое по данным рентгенофазового анализа присутствует в виде фазы гётит $[\text{FeO}(\text{OH})]$. С другой стороны, оба образца очень близки к лимониту и гелеобразным оксидам железа.

По результатам рентгенофазового и дериватографического анализов, отложения на пластинах камер второго контура СП состоят из соединений железа – гётит $\text{FeO}(\text{OH})$ - (96%), кальциевые соединения представлены в виде примеси – кальцита CaCO_3 - (4%).

УДК 621.311.24

Примак Е.В., Золотарева В.Е., Тимофеева И.В.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д. И. Менделеева)
О СОВРЕМЕННЫХ ВЕТРОГЕНЕРАТОРАХ

Ветрогенераторы – это устройства, преобразующие кинетическую энергию ветра в механическую энергию вращения лопастей. Лопасты, улавливая силу ветра, через вал генератора приводят в движение ротор электрогенератора, который генерирует электрический ток. Такие установки являются важным элементом развития возобновляемой энергетики, предлагая относительно традиционных источников энергии экологически чистый и во многих случаях экономически выгодный способ получения электроэнергии.

Использование силы ветра для механической работы (мельницы, водяные насосы) известно с древности. Производство электричества с помощью ветра относится к концу XIX — началу XX веков. Хотя эксперименты с использованием ветра для генерации энергии проводились и

раньше, именно в это время появились первые относительно практичные устройства, однако их эффективность была низкой. Развитие электротехники и материаловедения позволили создать более совершенные и экономически целесообразные ветрогенераторы.

Преимущества использования выработки электроэнергии с использованием ветрогенераторов: пока на Земле дует ветер, ветрогенераторы могут производить электроэнергию; при производстве электроэнергии этим способом нет вредных выбросов (оксидов углерода, азота, серы и других продуктов горения топлива) в атмосферу.

Последние годы эксплуатации ветровых электростанций показали ряд серьезных недостатков, в том числе: сложность утилизации вышедших из строя лопастей; близкое расположение ветрогенераторов у домов, их постоянное вращение приводят к постоянному шуму и мельканию солнечного света, вызывающему у некоторых людей эпилептические припадки; ветровые электростанции оказались источником интенсивного инфразвукового шума, неблагоприятно воздействующего на человеческий организм (постоянное угнетенное состояние, сильное беспричинное беспокойство и жизненный дискомфорт). Многолетняя эксплуатация большого числа ветряных установок показала, что этот шум не могут выдерживать животные и птицы. Они покидают район размещения станции, территории самой ветровой станции и вокруг нее становятся непригодными для жизни. Бороться с такими недостатками можно, размещая ветряные электростанции далеко от жилья человека (например, ветрогенераторы морского базирования, как в Китае) или использовать в качестве бытовых ветрогенераторы с особой формой лопастей (3 винта в форме спирали Архимеда). Такие винты способствуют уменьшению шума при работе ветрогенератора.

УДК 621.311.22

Примак Е.В., Золотарева В.Е., Тимофеева И.В.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д. И. Менделеева)
**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИКЛА АЛЛАМА НА ТЭС ДЛЯ
ДОСТИЖЕНИЯ НУЛЕВЫХ ВЫБРОСОВ
В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

Цикле Аллама - инновационная технология, разработанная лауреатом Нобелевской премии и премии «Глобальная энергия» Роднеем Алламом, для получения энергии из углеводородного топлива с минимальным воздействием на окружающую среду. В отличие от традиционных методов

сжигания топлива, которые выделяют значительное количество парниковых газов (метан CH_4 , закись азота N_2O , фреоны), цикл Аллама был разработан с целью достижения практически нулевого выброса углерода [1].

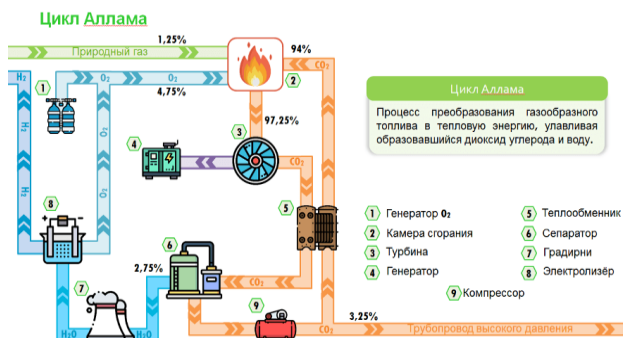


Рисунок 1 - Схема технологии [1]

Преимущества внедрения технологии, обеспечивающей работу цикла Аллама заключаются в: снижении выбросов парниковых газов в результате замены окислителя с воздуха на кислород в процессе сжигания топлива; использовании существующей инфраструктуры; получение водорода, как продукта технологии; улучшении энергетической безопасности. Сложности, которые необходимо преодолеть при переводе схемы ТЭЦ на работу по циклу Аллама: высокие капиталовложения; высокие эксплуатационные расходы; снижение общей энергоэффективности [2, 3].

Уникальность этой схемы заключается в сжигании газа в специальной камере с чистым кислородом под высоким давлением. Эта технология позволяет получать энергию, при этом образующийся углекислый газ (CO_2) не выбрасывается в атмосферу, а циркулирует в замкнутом контуре, проходя через турбину и возвращаясь в реактор. Изначально при создании этого цикла автор в качестве топлива предполагалось использовать природный газ. В России ведутся разработки проекта цикла Аллама для твердого топлива – угля [3].

Литература

1. Эффективный метод сокращения выбросов парниковых газов на производстве электроэнергии - <https://apni.ru/article/4992-effektivnij-metod-sokrashcheniya-vibrosov-par>
2. Сироткин А.И. Разработка турбины для работы со сверхкритическими параметрами и с рекуперацией CO_2 // Материалы II международной научно-практической конференции «Производственные системы

будущего: опыт внедрения Lean и экологических решений». - 2023. - <https://kuzstu.ru/uploads/attach/file/2023/04/06/094238f8aa7ee36e8ce7.pdf>

3. Чистая генерация на основе «Цикла Аллама»: первая в мире ТЭС с нулевыми выбросами в окружающую среду. -

https://www.isjaee.com/jour/announcement/view/45?locale=ru_RU

УДК 536.75

Голованова П.Д., Архипов И.А., Сивкова О.Д.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ИЗУЧЕНИЕ ПОНЯТИЯ ЭНТРОПИИ В КУРСАХ ФИЗИКИ И ХИМИИ ДЛЯ СУДЕНТОВ-ТЕХНОЛОГОВ

Энтропия является одной из функций состояния системы веществ, широко используется при исследовании различных процессов, в т.ч. химических реакций. Целью настоящей работы является сравнение методики изучения понятия энтропия в курсах общей физики и общей химии для студентов направления подготовки «Химическая технология» и выработка рекомендаций по сближению этих курсов.

В курсе химии дается лишь качественное определение энтропии, как меры беспорядка системы [1]. В курсе физики используется количественное определение энтропии $S = \kappa \ln \Omega$ [2], где κ – постоянная Больцмана, Ω – статистический вес.

Также в курсе физики энтропия определяется, как $dS = dQ/T$, где dS – дифференциал энтропии, dQ – количество теплоты, сообщенное системе, T – термодинамическая температура. Это соотношение затем используется при нахождении приращения энтропии для изопроцессов в газах. В частности, для изотермического процесса $\Delta S = Q/T$. В курсе химии приращение ΔS энтропии находят как разность энтропий системы до и после реакции [1], используя табличные данные о стандартной энтропии (в Дж/К·моль при $T = 298,15$ К) для различных веществ.

Величина $T\Delta S$ в химии носит название энтропийный фактор, который характеризует стремление системы к возрастанию энтропии [1]. В физике это выражение определяет тепло, полученное системой, а неубывание энтропии изолированной системы утверждает второе начало термодинамики $\Delta S \geq 0$. Смысл этого закона в том, что энтропия изолированной системы возрастает или по достижению максимального значения остается постоянной [2]. Далее разъясняется, что энтропия неизолированной системы может как возрастать, так и убывать.

Таким образом, рассмотрение энтропии в курсе физики существенно углубляет знания студентов, полученные при изучении химии. Целесообразно также включить в программу по физике расчет стандартной энтропии, значения которой приведены в таблицах.

Литература

1. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия. М.: Высшая школа, 1981. 679 с.
2. Савельев И.В. Курс общей физики. В 5 кн. Кн. 3. Молекулярная физика и термодинамика. М.: Изд-во АСТ, 2001. 208 с.

УДК 621.3.049.7

Барабанов С.А., Майорова Н.Д.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ЭТЕРОТОН. НАУКА В ИСКУССТВЕ

Этеротон - симбиоз двух несовместимых вещей: электромагнетизма и звуковых волн. Это музыкальный инструмент, работающий на основе технологии ёмкостного реле - это электронное реле, при увеличении (в основном) ёмкости между его датчиком и общим проводом оно реагирует на данные изменения. Важный узел такого реле – высокочастотный генератор электрических колебаний с частотой в пределах сотен тысяч герц. При параллельном подключении ёмкости в цепь генератора колебания резко обрываются или значительно изменяются.

Лев Сергеевич Термен - русский радиоинженер, изобретатель данного необычного музыкального инструмента. В начале 20в. он работал в лаборатории у Абрама Иоффе, изучая измерение диэлектрической постоянной газов при различных условиях.

Генератор электрических колебаний на катодной лампе – такой была изначальная измерительная установка. Газ, находившийся между пластин конденсатора, использовали как составляющую колебательного контура, влияя тем самым на частоту колебаний контура. Для повышения чувствительности Лев Сергеевич применил интерференцию высокочастотных токов двух генераторов: один с фиксированной, другой с переменной частотой. Сигналы подавались на электронное реле, формируя на выходе разностную частоту. Изменения этой частоты отражали параметры газа, снижая погрешности и повышая точность измерений. При попадании разностной частоты в звуковой диапазон сигнал становился слышимым.

Благодаря музыкальному образованию Термена, он легко подбирал мелодии. Первый прототип этеротона был создан в 1919 году, а презентация своего творения в 1920 году.

Технология катодного реле нашло применение и в современном мире: сигнализации, бытовые электросушилки, в простейшей бытовой автоматике, реле уровня воды, электронные игрушки, аттракционы.

УДК 662.769.2

Дасаев Б.Р., Майорова Н.Д.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ВОДОРОД – ТОПЛИВО БУДУЩЕГО

В настоящее время Россия активно движется в направлении водородной энергетики. В.В. Путин на Российской Энергетической неделе отметил, что водород представляет собой более перспективный источник чистой энергии по сравнению с солнечной и ветровой. К 2035 году Россия имеет все шансы стать крупнейшим мировым экспортёром водорода.

На данный момент электроэнергия, получаемая из водорода, производится с помощью топливных элементов, которые состоят из двух камер: анода и катода, разделённых мембраной. Все элементы покрыты дорогими редкоземельными металлами, которые служат катализаторами. В процессе гидролиза водород в анодной камере соединяется с кислородом из воздуха в катоде, образуя водяной пар. Этот процесс сопровождается выделением свободных электронов, которые поступают в электрическую сеть.

Акционерная финансовая корпорация «Система» совместно с КАМАЗом разрабатывают проект по созданию беспилотных грузовиков на водороде для маршрута Москва-Санкт-Петербург. Компании уже завершили разработку пилотного проекта такого грузовика и планируют начать его испытания на полигоне в ближайшее время.

Кроме того, уже существуют поезда на водородных топливных элементах. Первый такой локомотив был представлен в 2016 году в Германии. Поезд Coradia iLint стал результатом совместной работы нескольких стран: разработка осуществлялась французской компанией Alstom, а топливные элементы были произведены канадской компанией Hydrogenics. В результате получился двухвагонный состав с двумя тяговыми установками мощностью 400 кВт, что позволяет ему проехать до 1000 км на одном заряде.

ПРОБЛЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ

Сложности прогнозирования месячного электропотребления традиционными методами обусловлены рядом причин:

1. В условиях новых экономических отношений, когда электрические параметры цехов зависят от рыночных изменений, флуктуация показателей считается случайной.
2. Для прогнозирования электрических параметров известными методами необходима предыстория длиной 7-10 лет.
3. Возникают сложности в сборе статистических данных на достаточной для прогнозирования длине временного ряда.
4. Изменяется состав субабонентов (появляются и исчезают кооперативы, малые предприятия в составе завода и т.д.).
5. Не все подразделения напрямую связаны с выпуском продукции и охвачены системой учета.

Проблемы прогнозирования годового электропотребления:

1. Невозможность прогнозирования временного ряда по одному показателю.
2. На временной ряд электрических показателей воздействуют форсмажорные обстоятельства (например, аварии).
3. Удельные нормы расхода электроэнергии, используемые при проведении прогнозов, имеют индивидуальные временные ряды для каждого объекта исследования.
4. Отсутствуют один или несколько видов продукции, которые оказывают наибольшее влияние на электропотребление.

Для преодоления этих трудностей необходимо выявление некоторых величин, остающихся стабильными (прогнозируемыми) в данных условиях. Предлагается при прогнозировании использовать положение о стабильности (структурной устойчивости) ценозов, проверенной на обширном статистическом материале.

Число лет предыстории при использовании рангового анализа может составлять три года, что гораздо меньше, чем, например, при использовании метода наименьших квадратов.

Барабанов С.А., Дасаев Б.Р.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)
**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ MS EXCEL ДЛЯ ИТЕРАЦИОННЫХ
РАСЧЁТОВ РЕЖИМОВ**

Как правило, для реальных объектов электроэнергетики параметры режима (токи в ветвях, напряжения в узлах схемы) определяются в матричной форме на основе узловых уравнений, искомой является матрица падения напряжения относительно балансирующего узла U_{Δ} в виде $Y \cdot U_{\Delta} = J$. При задании нагрузок мощностью (сопротивлением) задающие токи узлов J зависят от уровня напряжения, что приводит к необходимости использования итерационных методов (последовательных приближений).

Стандартными для подобных расчётов являются методы простой (Гаусса-Якоби) и ускоренных итераций (Зейделя). Для учебных схем (порядок системы уравнений, определяемый числом узлов, равен 3) ответ с погрешностью в 0,1% может быть получен соответственно на 30-й и 25-й итерациях (для «ручного» расчёта подобное весьма трудоёмко).

Электронный процессор MS Excel может быть, прежде всего, использован как вычислительное средство – для расчета параметров в табличной форме. Но его функциональные возможности позволяют организовать итерационный процесс решением оптимизационной задачи, минимизируя невязку решения. Для этого используется надстройка программы «Поиск решения» (Solver). Изменяемыми ячейками являются начальные напряжения, целевыми – сумма квадратов (модулей) отклонений текущего приближения от последующего – для них определяется минимум. Таким образом, реализуется метод наименьшим квадратов (модулей). На наличие сходимости итерационного процесса в этом случае модель можно не проверять, она обеспечивается преобладанием в матрице проводимостей Y диагональных элементов (собственная проводимость) над недиагональными (взаимная).

Корректность расчётов подтверждается верификацией результатов с расчётами по известным рекуррентным формулам. Помимо этого, получена независимость конечного результата от начального приближения U_{Δ} (традиционно принято принимать нулевыми). Для MS Excel нельзя использовать в подобных расчётах комплексные числа. Это приводит к ограничению применения подобной модели для цепей переменного тока – в этом случае, нужно применять программные средства с большей функциональностью (в частности, MathCAD).

Барабанов С.А., Дасаев Б.Р.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)
**МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
ЦЕПЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА**

Режим (состояние в заданный момент времени, характеризующее количественно динамикой изменения мгновенного значения тока i) RLC-цепи описывается уравнением:

$$Ri + L \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \int i dt = e, \quad (1)$$

где e – мгновенное значение ЭДС.

Трудоёмкость решения (1) в явном виде приводит к тому, что традиционно значения параметров режима оцениваются по их действующим (среднее за половину периода) значением, а параметры системы характеризуются не величинами индуктивности L и ёмкости C , а соответствующими постоянными индуктивными сопротивлениями (справедливо при постоянстве частоты питающей сети, что не выполняется при электромеханических переходных процессах).

Современные ИТ-средства позволяют применять прямые математические методы и оценивать мгновенные параметры режимов. В качестве программного средства ввиду большей функциональности принимаем Matlab, ориентируясь на его библиотеки.

Решение (1) может быть выполнено четырьмя методами: в явном виде (символьное решение с использованием функции *dsolve*); в численном виде (составление скрипта Matlab с использованием соответствующего функционала – предпочтительна функция *ode45*, реализующая метод Рунге-Кутты 4/5 порядка); структурное моделирование (использование библиотеки Simulink); визуальное моделирование (библиотека SimScape). Программирование (скрипт) представляется более рациональным при изучении математических алгоритмов и информационных технологий, моделирование – для решения задач предметной области электротехники.

Решение в символьном виде получается довольно громоздким – его затруднительно использовать на практике. Решения другими методами идентичны (в пределах требований общеинженерной точности инженерных расчётов). Корректность результатов (расчёты выполнены при вари-

ации расчётных условий) подтверждается соответствием известным теоретическим положениям – в частности, максимум тока наблюдается при возникновении КЗ при нулевом начальном значении тока.

УДК 621.311+ 681.5.015.23

Валицкий И.М., Лобанов С.С.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УСТОЙЧИВОСТИ ЭНЕРГОСИСТЕМ

Устойчивость – способность объекта восстанавливать исходный режим. Математически переходный процесс в энергосистеме описывается дифференциальным уравнением (ДУ), порядок которого определяется числом источников энергии. Устойчивость обеспечивается в том случае, если действительные части корней характеристического уравнения являются отрицательными. Для реальных объектов силовой энергетики ввиду сложности их управления (контуры возбуждения, автоматики, демпфирования, защиты) это приводит к ДУ 4-го порядка и более. Это приводит к трудоёмким расчетам и, зачастую, к отсутствию решения в области действительных чисел. Поэтому на практике обычно устойчивость оценивают или визуально (метод площадей) или на основании алгебраических (Рауса-Гурвица) или частотных (Михайлова) критериев, использующих соотношения между корнями ДУ (без их вычисления).

Современное программное обеспечение (пакеты прикладной математики – MathCAD, Matlab) позволяет минимизировать объем вычислений. Прежде всего, можно отказаться от вторичных критериев устойчивости. Как правило, характеристическое уравнение имеет вид полинома. В Matlab для определения его корней используется функция *roots*, также можно использовать функционал для решения уравнений (в аналитическом виде к решению приводит *solve*, в численном – *vpasolve*). Для построения зоны устойчивости используется построение диаграммы Найквиста (*nyquist* или *nyquistplot*).

От визуальной оценки по методу площадей (следствие энергетического критерия устойчивости) можно отказаться в пользу использования дифференциального исчисления в явном виде. Для получения значений площадок ускорения и торможения (предельный угол отключения коммутационного режима определяется условием их равенства) в виде определенных интегралов используется функция *int*.

Подобные расчеты проведены для типовых конструкций синхронных генераторов. Соответствие результатов ранее проведенным расчетам говорит об их корректности. Также получено (аналитически, в лексике

Matlab – расчёт в символьном виде), что зоне устойчивости соответствует восходящая часть кривой электромагнитной мощности, что соответствует известным теоретическим положениям.

УДК 621.311+ 681.5.015.23

Вязова А.Е., Савельев А.В.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ОЦЕНКА ДИНАМИКИ ДВИЖЕНИЯ РОТОРА СИНХРОННОЙ МАШИНЫ

Угловая скорость ω синхронной машины описывается уравнением на основе общих закономерностей вращательного движения твердого тела в виде:

$$T_j \frac{d^2 \delta}{dt^2} + P_d \frac{d\delta}{dt} = \Delta P, \quad (1)$$

где T_j – постоянная инерции (аналог момента инерции); P_d – мощность демпфирования; ΔP – небаланс мощности (в относительных единицах электромагнитные мощность и момент тождественны).

Ранее (1) решалось методом последовательных интервалов (метод Эйлера первого порядка) без учета демпфирования P_d . Это позволяет качественно оценить устойчивость режима без получения параметров нового установившегося (результат соответствует циклическому колебательному процессу для консервативной системы). Использование современных программных продуктов (пакеты прикладной математики) позволяет получить более точное решение.

В качестве инструментального средства принят Matlab. Получено решение (1) для типовых параметров энергосистемы. Установлено отсутствие решения в общем виде (функция *dsolve*), что соответствует отсутствию решения как уравнения с разделяющимися переменными.

Основная сложность решения (1) заключается в том, что параметры правой части не являются неизменными. При коммутации величина электромагнитной мощности P_m изменяется скачком. Поэтому для удобства моделирования уравнения использована библиотека Simulink, позволяющая на основе блоков математических операций (например, для интегрирования используется блок *Integrator*) моделировать динамический процесс – в данном частном случае интегрирование дифференциального уравнения. Результаты выводятся на электронные осциллографы *Scope*.

Таким образом, получено более точное решение для реальной (диссипативной) энергосистемы. Корректность результатов подтверждается со-

ответствием известным теоретическим положением теории электромеханических переходных процессов. Развитие работы представляется в ее адаптации для лабораторного практикума – построение виртуального лабораторного стенда (библиотека SimPowerSystems).

УДК 621.311

Вязова А.Е., Савельев А.В.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ПЕРСПЕКТИВНАЯ ОЦЕНКА СУТОЧНОГО ГРАФИКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

Для принятия обоснованных решений на ОРЭМ необходима заявка суточного (почасового) графика электрической нагрузки. Нами исследованы временные ряды нагрузки ведущих предприятий Тульской области, информация получена из открытых источников. В современных условиях из-за нестабильности экономики график нагрузки является резко нестационарным – нельзя его параметры оценивать на перспективу по средним значениям по аналогии с текущим периодом. В этой связи возникают сложности при использовании традиционных методов краткосрочного оперативного прогнозирования из-за того, что авторегрессионные модели (проинтегрированного скользящего среднего) не дают достоверной оценки (средняя погрешность подобного прогноза около 8%). Известно, что величина электропотребления ведет себя более предсказуемо при увеличении величины осреднения графика – с приемлемой погрешностью прогнозировать суммарное суточное электропотребление можно. Но декомпозиция суммарной величины по часам приводит к погрешности около 6%.

Наилучший результат получен при использовании нейросетевых методов, в качестве инструмента принят Matlab (приложение Neural Networks Toolbox). Методика прогнозирования включает в себя следующие этапы: импорт исходных данных, сглаживание временного ряда, верификация с возможной интерполяцией, построение прогнозной модели, анализ адекватности результата с возможной коррекцией расчетных условий.

Установлено, что наилучшие результаты при решении оптимизационной задачи и обучении сети дает использование алгоритма Левенберга-Марквардта. Точность прогноза определяется, прежде всего, обработкой массива входной информации. При этом влияния сглаживания временного ряда на результат не проявляется. Большее значение имеет преобразование самой величины в виде представления ряда в виде приращений мощности (погрешность прогноза – 3,3%) и выполнение нормирования

(при проведении расчётов в относительных единицах погрешность – 3,5%). Наилучший результат (погрешность – 2,9%) показывает консенсус-прогноз – выполнение двух отдельных прогнозов (нормированный ряд нагрузки, нагрузка в виде приращений) с принятием среднего значения прогнозной величины.

УДК 621.321

Ильин А.И., Сидоров В.В.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УЛИЧНЫМ ОСВЕЩЕНИЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ GSM-ТЕХНОЛОГИЙ

Управления уличным освещением можно осуществлять различными способами:

1. ручное, управление осуществляется с помощью дежурного персонала или выездными бригадами;
2. механическое, с помощью таймеров и переключателей, настроенных на предустановленные временные интервалы;
3. фото-сенсорное, на датчиках фотореле и уровня естественного освещения;
4. таймерное. задавая расписание на включение и выключение освещения; дистанционное, где для включения и выключения освещения используются радиосигналы или интернет.
5. интеллектуальные, комбинированно используют датчики движения, температуры, влажности и другие сенсоры для адаптации освещения к условиям окружающей среды в общей системе управления умным городом.

В настоящее время, в основном, используются первые три способа. Они имеют ряд недостатков, основные из которых: большие трудозатраты; отвлечение дежурного персонала на выполнение рутинных операций; скорость и оперативность выполнения операций. Пятый вариант требует больших капиталовложений. Поэтому оптимальным вариантом для системы автоматического управления освещением в небольших городах является четвертый способ.

Была поставлена задача - разработать систему автоматического управления уличным освещением участка города Узловая. Управление должно осуществляться через ячейку на РУ 0,4 кВ с использованием GSM-канала.

Система включает аппаратную и программную части для управления 49 лампами накаливания мощностью 250 Вт. Архитектура системы модульная и состоит из диспетчерского пункта с компьютером и специализированным ПО, GSM-модема iRZ MC52iWDT, GSM-реле SIMply MAX P01 на подстанции, силового оборудования ячейки (контактор КТИ-5150, автоматы защиты) и каналов связи GSM-сети.

В качестве основного коммутационного аппарата используется контактор КТИ-5150 производства ИЕК с номинальным током 150А. Управление контактором происходит через GSM-реле SIMply MAX P01, принимающее SMS-команды и преобразующее их в управляющие сигналы.

Программное обеспечение разработано на C++ с использованием Microsoft Visual Studio и .NET Framework. Программа управляет GSM-модемом через COM-порт, отправляет SMS-команды, декодирует входящие сообщения, хранит информацию в MSSQL, обеспечивает автоматическое управление по графику, ведет журнал событий (рисунок 1) и ограничивает доступ пользователей (рисунок 2).

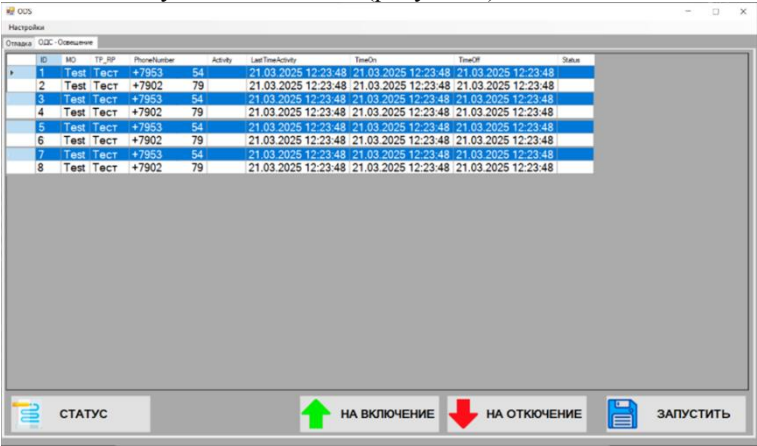


Рисунок 1 - Основное окно управления освещением

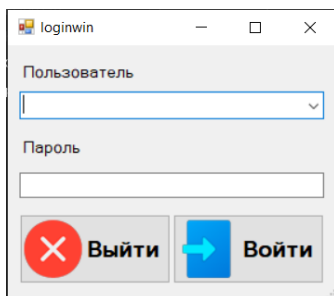


Рисунок 2 - Окно входа

Для обеспечения надежности реализованы механизмы электробезопасности (защита силовых цепей автоматами, заземление, изоляция), функциональной безопасности (дублирование цепей управления, контроль положения контактора, защита от сбоев GSM-сети) и информационной безопасности (авторизация доступа, пароли в командах, ограничение списка телефонных номеров, журналирование).

Взаимодействие между диспетчерским пунктом и GSM-реле происходит через SMS-сообщения формата: [пароль] OUT1 [действие] ANSW. После выполнения команды GSM-реле отправляет ответное сообщение с результатом операции (рисунок 3).

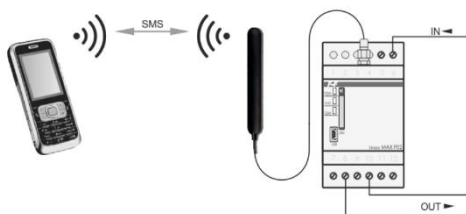


Рисунок 3 – Принцип работы реле дистанционного управления серии SIMply MAX P01

Разработанная система представляет собой комплексное решение, объединяющее GSM-технологии и специализированное ПО. Система соответствует поставленным требованиям и готова к внедрению. Модульная архитектура обеспечивает возможность масштабирования и интеграции с другими автоматизированными системами. Дальнейшее развитие может включать интеграцию с датчиками освещенности, мобильные приложения и адаптивные алгоритмы управления на основе машинного обучения.

Внедрение системы обеспечивает экономический эффект благодаря отсутствию необходимости выездов бригад, сокращению временных затрат на управление, оптимизации энергопотребления за счет точного соблюдения графика работы, повышению оперативности контроля и минимизации человеческого фактора.

Катасонов М.С., Руденко Е.О.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

УЧЕТ ЯВНОПОЛЮСНОСТИ СИНХРОННЫХ МАШИН ПРИ РАСЧЕТЕ УСТОЙЧИВОСТИ

Устойчивость системы электроснабжения как вида электромеханических переходных процессов традиционно базируется на ряде допущений, направленных на упрощение модели. В частности, при расчете самозапуска не учитывается динамика изменения сопротивления синхронных машин и изменение напряжения в точке подключения нагрузки. Ввод этих упрощений исторически обусловлен ориентацией на «ручные» методы расчета. В данный момент развитие технологий ИТ-области позволяет строить более точные модели.

Нами проведен расчет устойчивости генераторов ТЭЦ «Первомайская» (суммарная мощность 125 МВт, тепловая мощность 674 Гкал/ч). Прежде всего, отметим возможность учета контура демпфирования – это позволяет получать оценки для реальной (диссипативной) системы, а не для идеализированной (консервативной).

Ранее синхронная машина рассматривалась как система с симметрией магнитного потока (без учета явнополюсности) и с постоянной величиной ЭДС (пренебрежение форсировкой возбуждения синхронной машины). Установлено, что это позволяет построить корректную модель в большинстве случаев, но для системы соизмеримой мощности (источники местной генерации) вызывает чрезмерную погрешность. При этом отказ от учета явнополюсности приводит к погрешности запаса устойчивости (как правило, в меньшую сторону) около 12% (для системы бесконечной мощности результаты моделирования приемлемы, погрешность не превышает 3%).

Учет же форсировки возбуждения (регуляторы АРВ пропорционального и сильного действия) существенно усложняет модель ввиду плохой формализуемости динамики тока возбуждения. При этом критические параметры режима (время существования аварийного режима, угол отключения коммутационного режима $\delta_{отк}$) меняются не существенно (расхождение не превышает 2%) и режим без АРВ является более тяжелым (можно утверждать, что если в этом случае сохраняется устойчивость, то при действии АРВ она будет сохранена тем более).

Таким образом, представляется модификация традиционной модели синхронной машины, заключающейся в учете контура демпфирования и явнополюсности при отказе от учета действия форсировки возбуждения.

ЭНЕРГОСНАБЖАЮЩИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Одна из перспективных форм вхождения потребителей в рынок электроэнергии – создание потребительских энергоснабжающих компаний (ЭСОП), которые получают статус субъекта оптового рынка с правом участия в торгах в Свободном секторе и покупки электроэнергии в регулируемом секторе.

Деятельность ЭСОП предполагает определенный круг обязанностей, связанных с решением технических и технологических вопросов приобретения, преобразования и распределения электроэнергии:

- техническое сопровождение взаимодействия на границе раздела ЭСОП – субъект электроэнергетики;

- прием заявок по электропотреблению и мощности от потребителей, определение границ обслуживания, балансовой принадлежности и учета электроэнергии;

- разработка и выдача технических условий;

- диспетчерское управление режимами потребителей;

- согласование и выдача рекомендаций по режимам крупных потребителей, получающих электроэнергию транзитом от сетей 220 кВ и выше;

- прогнозирование электропотребления и мощности по временным интервалам (3-, 10-, 30-минутный, часовой, суточный, недельный, месячный, квартальный, годовой, средне- и долгосрочный), в том числе и в функции основных технологических показателей;

- организация технического обслуживания и ремонта высоковольтного оборудования и сетей в соответствии с действующими правилами технической эксплуатации и охраны труда.

Становление энергобизнеса потребителей электроэнергии требует ответа на ряд принципиальных вопросов. Важнейшие – правовой статус; структура ЭСОП, ориентированная на прибыль; отработка взаимодействия с субъектами электроэнергетики, с одной стороны, и потребителями, с другой; формулирование отношения к собственным генерирующим промышленным мощностям и генерации на вторичных энергоресурсах и на возобновляемых источниках энергии; создание АСКУЭ и системы, отвечающей требованиям оптового рынка; разработка программно-математического обеспечения для контрольно-сбытовой деятельности ЭСОП и прогноза электропотребления, удовлетворяющего требованиям оптового рынка.

ФОРМИРОВАТЕЛЬ СИГНАЛА ТРЕУГОЛЬНОЙ ФОРМЫ

Формирователи сигнала треугольной формы находят широкое применение в преобразователях напряжения во временной интервал, широтно-импульсных преобразователях, устройствах временной задержки и т.д.

Неотъемлемой частью большинства формирователей сигнала треугольной формы является интегратор. Наличие интегратора приводит к необходимости корректировки его выходного напряжения в зависимости от частоты входного сигнала. Для этого в устройствах используется преобразователь частоты в напряжение, наличие на выходе которого фильтра нижних частот предопределяет низкое быстродействие формирователя во всем рабочем диапазоне частот. Предлагаемый формирователь сигнала треугольной формы свободен от вышеприведенного недостатка.

Формирователь сигнала треугольной формы содержит следующие блоки: удвоитель частоты, двухполупериодный выпрямитель, компаратор, управляемый усилитель, блок масштабирования и сумматор [1].

Принцип действия формирователя заключается в следующем. Частота входного синусоидального напряжения удваивается удвоителем частоты и поступает на вход блока выделения модуля. Напряжение, имеющее форму двухполупериодного выпрямления с выхода блока выделения модуля подается на информационный вход управляемого усилителя, на управляющий вход которого подается напряжение прямоугольной формы, сформированное компаратором из входного синусоидального напряжения. На входы сумматора поступают несинусоидальное напряжение, сформированное по величине в блоке масштабирования, и входного синусоидального напряжение.

В сумматоре полученное напряжение складывается с входным синусоидальным напряжением. В результате на выходе сумматора и на выходе устройства формируется напряжение, имеющее треугольную форму.

Литература

1. Патент № 222828 РФ, МПК H03K 4/06, H03B 28/00. Формирователь сигнала треугольной формы / Е.Б. Колесников. Опубл. 9.01.2024. Бюл. № 2.

УТРОИТЕЛЬ ЧАСТОТЫ

Утроение частоты гармонического сигнала используется в радиопередающих устройствах с целью получения высокой стабильности частоты при относительно низкой частоте задающего генератора с кварцевой стабилизацией.

Использование интегратора в схеме большинства таких устройств приводит к необходимости изменения его коэффициента усиления в зависимости от частоты входного сигнала. Недостатком этих утроителей является низкое быстродействие особенно в области низких частот, обусловленное применением в устройстве преобразователя частоты в напряжение, неотъемлемой частью которого является фильтр нижних частот. Разработанный утроитель частоты свободен от вышеуказанного недостатка.

Разработанный утроитель частоты содержит управляемый фазовращатель, квадратурный фазовращатель, амплитудный детектор, блок деления, компаратор, управляемый усилитель, арксинусный преобразователь, блок масштабирования [1].

Принцип действия утроителя частоты заключается в следующем. Входное синусоидальное напряжение сдвигается на 90° квадратурным фазовращателем. С помощью амплитудного детектора и блока деления обеспечивалась его единичная амплитуда. Одновременно компаратор формирует напряжение прямоугольной формы из входного синусоидального напряжения, которое подается на вход управления управляемого усилителя, на информационный вход которого подается квадратурное напряжение единичной амплитуды. На выходе управляемого усилителя формируются фрагменты косинусоидального напряжения длительностью полупериода квадратурного напряжения. Арксинусный преобразователь преобразует полученное напряжение в напряжение пилообразной формы. Напряжение, сформированное блоком масштабирования, управляет управляемым фазовращателем таким образом, что входное напряжение утроителя преобразуется в напряжение утроенной частоты той же амплитуды.

Таким образом, предлагаемый утроитель частоты имеет более высокое быстродействие в сравнении с известными.

Литература

1. Патент № 215482 РФ, МПК H03B 19/00. Утроитель частоты / Е.Б. Колесников. Оpubл. 14.12.2022. Бюл. № 35.
УДК 621.315

Михалев Д.В., Паршуков А.В.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)
ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ
ООО «ЩЕКИНОАЗОТ»

Надежность – свойство системы, выполнять заданные функции в необходимом объеме. Для системы электроснабжения (СЭС) речь идёт о снабжении потребителей электроэнергией без ограничения при её качестве, соответствующим заданным нормам. При расчёте надёжности СЭС, как правило, рассматривают структурную надёжность, основанную на оценке работоспособности системы на основе составления логической схемы по надёжности отдельных элементов.

Получены вероятностные оценки надёжности СЭС ООО «Щекиноазот» (крупный химический концерн, второе предприятие в Тульской области по объёму электропотребления). Полученные результаты говорят о высокой надёжности системы, коэффициент вынужденного простоя (вероятность отказа в течение года) составляет около 10^{-4} . Это обусловлено современными схемными решениями (три источника питания, включая собственную энергоустановку – в производстве серной кислоты), ограничением токов аварийных режимов (использование реактированных линий), мероприятиями модернизации СЭС (использование кабельных линий 110 кВ), относительно небольшой загрузкой оборудования (она не превышает 50%, что обусловлено работой предприятия в настоящее время с загрузкой меньше проектной мощности).

Рассмотрены вынужденные (аварийные) отказы – непосредственные (перерыв питания) и смежные (необходимый вывод в ремонтное состояние элементов, не поврежденных в явном виде), а также плановые отключения. Установлено, что учётом плановых отключений (на основе регламентных норм ППР или по состоянию) можно пренебречь.

Основную роль для состояния надёжности играют источники энергии (внешняя система, ТЭЦ «Первомайская», собственная генерация). В этой связи целесообразно было бы наряду со структурной надёжностью оценить балансовую. Она направлена на оценку надёжности питающих центров (с учётом степени ограничения мощности). Но подобная статистика в открытом доступе отсутствует. Продолжение работы представляется в построении математической модели надёжности как марковского случайного процесса (вершины графа представляют собой возможные состояния элемента, а ребра отражают вероятности перехода из одного состояния в другое).

УДК 621.311

Моисеенков А.А., Ошурков М.Г.,

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)
**АСПЕКТЫ ВУЗОВСКОЙ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ
ЭЛЕКТРИКИ**

Уровень и содержание высшего образования при подготовке должны полнее учитывать все аспекты инженерной деятельности, которая, в свою очередь, должна быть адекватна объекту электрики:

- конструирование, изготовление, эксплуатация отдельных технических изделий и устройств;
- проектирование, сооружение, эксплуатация технических систем типа цех, производство, завод;
- менеджмент различных объектов, предполагающий решение технических, кадровых, финансовых, юридических, информационных вопросов;
- инжиниринг (востребованные рынком инженерно-консультационные и проектно-исследовательские услуги).

Подготовка по каждому выделенному направлению должна обеспечиваться знаниями соответствующих разделов фундаментальных, социально-экономических, прикладных дисциплин (особое значение имеет информатика). Фундаментальные науки должны обеспечивать понимание и математическое описание физико-химических явлений и процессов; социально-экономические дисциплины должны предложить специалисту соответствующую задаче стратегию мышления, дать умение анализировать и предвидеть социально-экономические последствия возможных технических решений.

Традиционное техническое образование обеспечивает лишь часть аспектов инженерной деятельности. Необходимо усиление подготовки по организационной и юридической сторонам, например, защите прав интеллектуальной собственности. Менеджмент, инжиниринг, современные информационные технологии – новые понятия, стремительно входящие в жизнь.

Более важным является осмысление философского аспекта проблемы подготовки инженера в связи с формированием у философов новой (третьей) научной картины мира. Сформировались объекты нового типа – техноценозы. Функционирование техноценозов подчиняется выявленным законам и закономерностям, которые необходимо изучать и использовать в методиках расчетов, проектировании, управлении. Необходимо внедрять в учебный процесс изучение математического аппарата описания техноценозов.

УДК 621.311

Ошурков М.Г., Худайназаров Т.Ш., Чиркова Т.Ю.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)
**ПРОГРАММА РАСЧЕТА ПЛАТЫ ЗА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ ПО
ЦЕНОВЫМ КАТЕГОРИЯМ**

Разработана программа расчета платы за электроэнергию (ЭЭ) по шести ценовым категориям (ЦК), которая позволит потребителю сравнить варианты оплаты и выбрать оптимальную ценовую категорию, минимизирующую плату. Расчет платы описан формулами и реализован в среде MS-Excel. Использован комплекс подготовленных взаимосвязанных таблиц Excel, в которых рассчитывается плата за ЭЭ по всем ЦК. Реализован расчет платы за ЭЭ (мощность) по выведенным авторами формулам. Формулы выводились на основании анализа текстовых документов, содержащих Правила розничных рынков. Правильность формул проверялась сравнением результатов расчетов по предлагаемой программе с расчетами сбытовых компаний для различных потребителей.

Для расчета нужно заменить исходные данные в таблицах MS Excel на соответствующие фактические показатели предприятия (объемы почасового потребления, тарифные ставки гарантирующего поставщика (ГП)). Также требуется ввести плановые и отчетные часы пиковой нагрузки на расчетный месяц (по данным системного оператора для сбытовой компании).

Сведения о почасовом потреблении получаются экспортом данных из АСКУЭ предприятия, либо, при небольшом количестве точек учета, непосредственно со счетчиков.

Описание использования программы:

1. Временной ряд электропотребления (график нагрузки с интервалом осреднения – час) на листе «Электропотребление» в столбец «С».

2. Номер месяца и год на листе «Исходные данные».

3. Тарифы на листе «Тарифы».

4. Номера часов, для которых рассчитывается P_c , лист – «Тарифы». «1» – если час учитывается, в противном случае – «0».

5. Номера часов, для которых рассчитывается $P_{орэ}$, лист – «3ЦК», столбец N. «1» – если час учитывается, в противном случае – «0».

6. Задать принудительно праздник (т.е. выходной день кроме субботы и воскресенья).

В результате получается таблица платы за электроэнергию (мощность) по шести ценовым категориям, что дает основания потребителю выбрать оптимальную для себя ценовую категорию.

УДК 621.311

Ползиков М.Н., Беляков П.С.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ САМОЗАПУСКА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Эффективность самозапуска электродвигателей измеряется сокращением ущерба благодаря ускорению ликвидации аварийного состояния и сохранению в рабочем состоянии двигателей.

Нарушения нормального режима электроснабжения влекут за собой экономический ущерб из-за расстройств технологического процесса. Этот ущерб подразделяется на прямой ущерб от брака продукции, повреждения оборудования, затрат на восстановление технологического процесса и на дополнительный ущерб, зависящий от недовыпуска продукции.

Для ориентировочной оценки ущерба определяется приближенное значение ущерба по удельному значению его на 1 кВт отключенной мощности.

Проведенный по некоторым предприятиям анализ показывает, что самозапуск электродвигателей наиболее ответственных механизмов — одно из наиболее эффективных мероприятий по снижению ущерба от перерывов электроснабжения промышленных предприятий, не требующих больших капитальных затрат на его осуществление. Но вполне успешное действие автоматических устройств и выполнение всей операции самозапуска требуют проработки с учетом требований всех производственных служб, расчетов динамики электропривода еще на стадии проектирования. В действующих электроустановках для отработки операций при самозапуске проводятся эксперименты.

Литература

1. Иванов В.С., Соколов В.И. Режимы потребления и качество электроэнергии систем электроснабжения промышленных предприятий. - М.: Энергоатомиздат, 1987.- 336 с.

Ползиков М.Н., Беляков П.С.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

СИММЕТРИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ НЕБЛАГОПРИЯТНОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКЕ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

Целью симметрирования напряжения является уменьшение напряжений и токов обратной и нулевой последовательностей. Во внутризаводских электросетях особенно актуально снижение электрических параметров обратной последовательности, чем нулевой, как более влияющей на работу трехфазных электродвигателей переменного тока, включенных на несимметричные линейные напряжения.

Снижение токов обратной и нулевой последовательностей для достижения нормируемого коэффициента несимметрии 2% требует применения симметрирующих устройств, которые выполняются индуктивностью и емкостью, так как включение активных сопротивлений для симметрирования приводит к потреблению дополнительной активной мощности. Многофункциональные фальтросимметрирующие устройства (ФСУ) дополнительно используются для компенсации реактивной мощности.

На рис.1 приведена схема многофункционального ФСУ, построенного на основе статических линейных реакторов и регулируемых батарей конденсаторов [1]. К их достоинствам следует отнести быстродействие, защищенность от высших гармоник, отсутствие вращающихся частей.

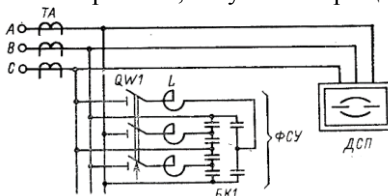


Рисунок 1 – Пример многофункционального фальтросимметрирующего устройства

Литература

1. Иванов В.С., Соколов В.И. Режимы потребления и качество электроэнергии систем электроснабжения промышленных предприятий. - М.: Энергоатомиздат, 1987.- 336 с.: ил

ВЛИЯНИЕ РЕЗКОПЕРЕМЕННОЙ НАГРУЗКИ НА КОМПЕНСАЦИЮ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

К неравномерным нагрузкам относятся нелинейные, несимметричные и резкопеременные нагрузки (вентильные преобразователи, ДСП, сварка) с низким $\cos\varphi$.

Резкопеременный характер потребления реактивной мощности вызывает колебания напряжения в питающей сети как на шинах 6-10 кВ, так и на шинах 110-220 кВ. В сети 6-10 кВ колебания напряжения и коэффициент несинусоидальности могут достигать более 20 %, а в сети 110-220 кВ - могут превышать 3% [1].

Несимметрия напряжения в значительной степени выражена в сетях подключения дуговых сталеплавильных печей.

В сетях с указанными потребителями подходы к компенсации реактивной мощности отличаются от сетей с равномерной нагрузкой:

1. Высокоскоростные изменения потребления реактивной мощности требует внедрения КУ с быстродействующей системой управления, учитывающей скорость увеличения и снижения потребляемой реактивной мощности. Быстродействие может составлять ориентировочно 1000-2000 Мвар/с.

2. Учет несимметричной нагрузки требует пофазное управление КУ.

3. В сети с резкопеременной нагрузкой необходимо ограничение применения статических КБ для компенсации постоянной составляющей.

Проектирование средств компенсации реактивной мощности в сетях с резкопеременными нагрузками расчет должен осуществляться на основании графиков потребляемой активной и реактивной мощности. При отсутствии таковых на стадии проектирования возможно использование графиков действующих предприятий с аналогичным технологическим процессом.

Литература

1. Иванов В.С., Соколов В.И. Режимы потребления и качество электроэнергии систем электроснабжения промышленных предприятий. - М.: Энергоатомиздат, 1987. - 336 с.: ил

Ребенков Е.С., Майорова Н.Д., Барабанов С.А.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

КОНФОРМНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ В ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА С УПРУГИМИ СВЯЗЯМИ

Конформные Z-преобразования аналоговых переходных функций переводят систему ЭП в цифровой формат. Переходные функции каждой координаты определены по формуле:

$$W_i(z) = Z\{L^{-1}[W_i(s)/s]\}.$$

При выбранном шаге дискретизации $h=0,1$ с и умножении на z- преобразование единичной последовательности $U(z)=Z\cdot(Z-1)^{-1}$ получены переходные функции координат привода в виде следующих отношений:

$$\omega_1(Z) = \frac{Z^3 \cdot 1,03695 - Z^2 \cdot 1,97516 + Z \cdot 0,969159}{Z^3 - Z^2 \cdot 2,84917 + Z \cdot 2,73279 - 0,883623};$$

$$\omega_2(Z) = \frac{Z^3 \cdot 0,0000304392 - Z^2 \cdot 0,0021 + Z \cdot 0,028327}{Z^3 \cdot 0,98191 - Z^2 \cdot 2,79762 + Z \cdot 2,68335 - 0,867638};$$

$$M_1(Z) = \frac{-Z^3 \cdot 4,25513 + Z^2 \cdot 13,01584 - Z \cdot 8,45115}{Z^3 - Z^2 \cdot 2,849169 + Z \cdot 2,73279 - 0,883623};$$

$$M_2(Z) = \frac{-Z^2 \cdot 2,24431 + Z \cdot 6,92485}{Z^2 - Z \cdot 1,849169 + 0,883624}.$$

Делением полиномов рассчитаны решетчатые функции скорости ротора АД ω_1 , скорости ИО ω_2 , вращающего момента M_1 и момента на нагрузке M_2 (рис.1) и (рис.2).

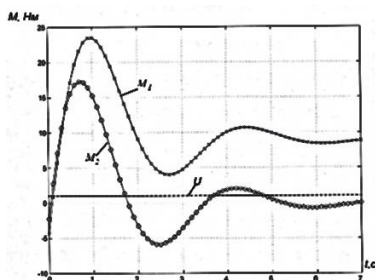
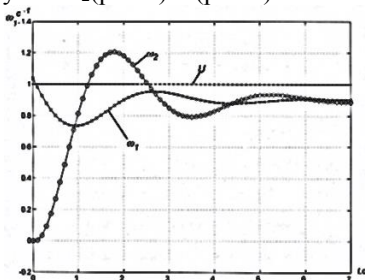


Рисунок 1 - Решетчатые функции скорости ротора ω_1 и скорости исполнительного органа ω_2

Рисунок 2 - Решетчатые функции вращающего момента M_1 и момента на нагрузке M_2

Сравнительный анализ аналоговых и цифровых переходных функций указывает на достоверность проведённых Z-преобразований.

Литература

1. Ребенков Е.С. Цифровой регулятор демпфирования упругих колебаний в многомассовом электроприводе. // ГИАБ №2.-М: Издательство МГГУ, 2014, с. 330-335.

УДК 621.867.2-83

Ребенков Е.С., Майорова Н.Д., Катасонов М.С.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЧАСТОТНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С УПРУГО-ВЯЗКОЙ СВЯЗЬЮ

Составлена структурная схема частотного электропривода (рис.1), которая отражает в операторной форме уравнения, связывающие параметры электропривода (ЭП) и переменные координаты ЭП – задание преобразователя частоты $U(s)$, скорость $\omega_1(s)$ ротора асинхронного двигателя (АД), $\omega_2(s)$ – скорость исполнительного органа (ИО). Вращающий момент АД $M_1(s)$ и момент нагрузки $M_2(s)$ на ИО [1].

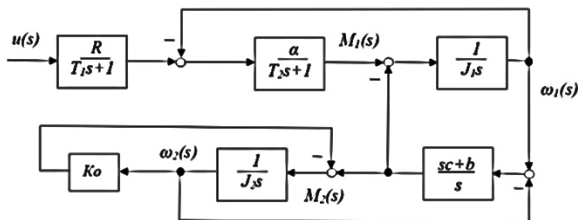


Рисунок 1 – Структурная схема ЭП

По методу переменных состояния взаимосвязь между координатами и параметрами системы устанавливается двумя матричными уравнениями в операторной форме:

$$\mathbf{X}(s) \cdot s = \mathbf{A} \cdot \mathbf{X}(s) + \mathbf{B} \cdot \mathbf{U}(s) \text{ и } \mathbf{Y}(s) = \mathbf{C} \cdot \mathbf{X}(s).$$

Совместное решение этих уравнений дает матрицу уравнения для определения передаточных функций системы:

$$\mathbf{W}(s) = \frac{\mathbf{Y}(s)}{\mathbf{U}(s)} = \mathbf{C} \cdot (s\mathbf{E} - \mathbf{A})^{-1} \cdot \mathbf{B}$$

Определив матрицы связи **A, B, C** по заданным параметрам привода: $J_1=3,46 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$; $J_2=15,35 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$; $c=50,2 \text{ Н}\cdot\text{м}$; $T_1=0,008 \text{ с}$; $T_2=0,0187 \text{ с}$; $b=0,2$; $R=1$; $K_0=10 \text{ Нмс}$; $\alpha=88,5 \text{ Нмс}$ получена матрица переходных функций системы, компонентами которой являются скалярные переходные функции в операторной форме:

$$\omega_1(s)=(1358,48\cdot s^2+902,2\cdot s+4442,7)/s\cdot F(s);$$

$$\omega_2(s)=(4442,7+17,7\cdot S)/s\cdot F(s);$$

$$M_1(s)=(4700,32\cdot s^3+3395,04\cdot s^2+83744,2+44427)/s\cdot F(s);$$

$$M_2(s)=(271,695\cdot s+68195,4)/F(s);$$

где

$$F(s)=0,00794541\cdot s^5+1,4238\cdot s^4+65,1446\cdot s^3+1429,4\cdot s^2+1897,91\cdot s+4944,7.$$

Полученные уравнения составляют математическую модель ЭП с упругой связью.

Литература

1. Ребенков Е.С. Цифровой регулятор демпфирования упругих колебаний в многомассовом электроприводе. // ГИАБ №2. -М: Издательство МГГУ, 2014, с. 330-335

УДК 621.311

Стебунова Е.Д., Катасонов М.С.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕРКИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ В СХЕМАХ СОБСТВЕННЫХ НУЖД ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Электрооборудование в схемах электростанций и подстанций сначала выбирается по продолжительным режимам работы (нормальному, ремонтному и послеаварийному), а затем проверяется по аварийному режиму, режиму короткого замыкания (к.з.). При проверке электрооборудования необходимо рассчитать наибольший возможный ток к.з., как правило это ток трехфазного к.з.

При проверке оборудования в схемах электростанций может понадобиться проведение большого количества расчетов для различных точек к.з. в связи с наличием электрооборудования на различных уровнях напряжения, как в главной схеме, так и в схеме собственных нужд (с.н.). По этой причине в схемах станций для проверки оборудования принято выделять расчетные зоны к.з. Всего в схемах станций может быть выделено 7 расчетных зон, 5 относятся к главной схеме станций и 2 (6 и 7) к схеме собственных нужд. Электрооборудование, входящее в одну зону, может быть проверено по одним значениям тока к.з. рассчитанному для

одной точки к.з. в этой зоне. Таким образом процесс проверки значительно упрощается.

Особенностью расчета тока к.з. для схем с.н. является то, что основной нагрузкой схем с.н. на первой ступени напряжения, как правило, 6кВ являются асинхронные электродвигатели. Мощность этих двигателей почти равна мощности рабочих трансформаторов с.н.

При коротком замыкании в системе собственных нужд существенное влияние на характер процесса и ток оказывают группы электродвигателей, включенных вблизи места повреждения. Наиболее сильно это влияние проявляется в сетях напряжением 6кВ собственных нужд крупных тепловых и атомных электростанций. Для определения расчетных условий в зонах с.н. 6 и 7 необходимо учитывать подпитку от асинхронных электродвигателей, причем для 6 зоны расчетные условия однозначно не определяются. Особенностью 6 зоны еще является то, что необходимо рассчитать ударный ток от внешних источников и ударный ток от асинхронных электродвигателей с.н. и большее из найденных значений принять за расчетное для проверки на динамическую устойчивость. Причем расчетным током к.з. для проверки на термическую устойчивость может оказаться $I_{по}$ от внешних источников, а для проверки на динамическую $i_{уд}$ от электродвигателей с.н.

Для 7 с.н. зоны расчетными значениями для проверки электрооборудования на термическую и динамическую устойчивость является суммарный ток к.з. от внешних источников и ток подпитки от электродвигателей с.н. Для проверки выключателей на отключающую способность определяется суммарный ток к.з. от внешних источников, который принимается незатухающим, и периодическую составляющую тока подпитки от асинхронных электродвигателей с.н. с учетом затухания и большее из найденных значений принимается за расчетное.

Литература

1. Рожкова Л.Д., Карнеева Л.К., Чиркова Т.В. Электрооборудование станций и подстанций: Учебник для техникумов. – 9-е изд. перераб. и доп. - М.– 448с.

**СЕКЦИЯ КИБЕРНЕТИКИ, АВТОМАТИЗАЦИИ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ,
МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ**

УДК 681.5

Ивлев А.Е., Соломатин Д.С., Лопатин А.Г., Брыков Б.А.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

**КОРРЕКТИРУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРОЙ СМЕСИ В АППАРАТЕ**

Существует спектр объектов химической промышленности, управление которыми требует специального подхода. Это обусловлено наличием внутренних возмущений, вызванных особенностями кинетики химических процессов в аппарате. Физически это проявляется в виде резкого, неотвратимого, повышения температуры регулируемой среды в аппарате.

Для подавления такого рода возмущений применяют сложные схемы систем управления, предусматривающие наличие нескольких контуров регулирования, корректирующих устройств и т.д.

Принцип работы корректирующего устройства заключается в коррекции сигнала задания в контуре регулирования температуры смеси в аппарате на основании данных, полученных от модели этого аппарата.

Модель аппарата может быть построена на базе уравнений кинетики процесса, теплового или материального баланса, либо представлена в виде нейро-нечеткой системы. Модель аппарата должна предоставлять данные о начале действия внутреннего возмущения.

Корректирующее устройство (КУ) целесообразно реализовать в виде нечетко-логической модели типа SISO. Входной величиной для КУ является выход модели аппарата, а выходной – сигнал коррекции уставки (СКУ) регулятора контура регулирования температуры.

В момент действия внутреннего возмущения КУ получает отличное от нуля входное значение от модели аппарата и генерирует СКУ, вследствие чего ошибка регулирования дополнительно возрастает и регулятор вырабатывает управляющее воздействие, подавляя внутреннее возмущение.

Проверка предложенного КУ проведена путем имитационного моделирования системы управления температурой мономер-полимерной смеси в реакторе синтеза полиметилметакрилата с применением программного комплекса, разработанного в MATLAB и позволяющего моделировать разные режимы работы промышленного реактора.

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МНОГОМЕРНЫМ
НЕЛИНЕЙНЫМ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ОБЪЕКТОМ**

В современной инженерной практике часто встречаются задачи управления сложными техническими объектами, характеризующимися большим числом взаимосвязанных переменных состояния, входных воздействий и выходов. Эти объекты обычно имеют сложную структуру, проявляют нелинейные свойства и подвержены влиянию внешних возмущений. Для эффективного управления такими системами требуются специальные методы анализа и синтеза алгоритмов управления, учитывающие все особенности такого объекта.

Система управления многомерным нелинейным объектом представляет собой комплекс аппаратно-программных средств, предназначенных для регулирования его поведения таким образом, чтобы обеспечить выполнение заданных целей функционирования. Такие цели могут включать стабилизацию, слежение за траекториями движения, оптимизацию процессов производства или повышение качества продукции. Разработка системы управления многомерным нелинейным объектом включает следующие ключевые этапы: анализ объекта управления, постановку задачи управления, выбор метода синтеза регулятора, реализацию и тестирование системы управления.

Анализ и моделирование системы управления осуществляются с использованием методов теории автоматического управления, теории случайных процессов, статистического анализа и численных методов решения дифференциальных уравнений.

Создание эффективной системы управления многомерным нелинейным объектом является сложной задачей, требующей глубоких теоретических знаний и практических навыков. Применение современных методов анализа и синтеза позволяет существенно повысить эффективность управления и расширить возможности применения сложных технических объектов в промышленности, транспорте, медицине и других областях человеческой деятельности.

Дальнейшие исследования в области управления ХТП должны быть направлены на разработку новых подходов к управлению многомерными нелинейными объектами, учитывая возрастающую сложность технологических процессов и потребность в повышении точности и надежности систем управления, энергосбережение, экономическую эффективность и защиту окружающей среды.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ SIMSCAPE SIMULINK ДЛЯ
МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕПЛООБМЕННИКА**

SIMSCAPE Simulink — это инструмент от фирмы MathWorks, предназначенный для физического моделирования различных инженерных систем, включая тепловые процессы. Для моделирования теплообменников этот пакет предлагает обширные возможности благодаря наличию библиотек компонентов для гидродинамических, тепловых и механических процессов.

Для построения модели теплообменника в SIMSCAPE Simulink выбирается тип теплообменника: трубчатые теплообменники, пластинчатые теплообменники, кожухотрубные теплообменники, рекуперативные теплообменники и другие. Каждый тип имеет свою специфику конструкции и теплообмена, которую важно учитывать при построении модели. Затем, используя библиотеки физических блоков SIMSCAPE, создаётся схема теплообменника, которая включает следующие компоненты: теплоносители (жидкости или газы), трубы или каналы для прохождения теплоносителей, теплопередающие поверхности (например, стенки трубы). Затем к схеме подключаются источники тепла и жидкости, определяющие начальные условия и рабочие режимы системы. Это могут быть: источники давления и температуры, насосы и вентиляторы для прокачки среды, датчики для измерения параметров потока и температур. Потом указываются физические свойства материалов стенок и жидкостей/газов, участвующих в процессе теплопередачи: плотность, вязкость, тепловая проводимость, коэффициент теплового расширения.

После этого, настраиваются коэффициенты теплопередачи между средами и стенками теплообменника. Эти значения зависят от геометрии устройства, скорости потоков и природы теплоносителя и определяются начальные и конечные состояния рабочих сред, внешние условия окружающей среды, скорость подачи и отвода тепловой энергии.

Затем запускается процесс моделирования и оценивается динамика изменения температуры, давления и расхода внутри теплообменника. Для визуализации процесса используются встроенные инструменты анализа результатов, графики и отчёты. Результаты моделирования обязательно нужно проверить на адекватность, проанализировать эффективность теплообменника и при необходимости внести улучшения в конструкцию или настроить управляющие параметры.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИИ ДЛЯ ПРЕДСКАЗАНИЯ ОТКАЗОВ
ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Предсказание отказов химико-технологических процессов (ХТП) является важным аспектом повышения безопасности производства, оптимизации производственных циклов и минимизации экономических потерь. Искусственный интеллект предлагает мощные инструменты для анализа больших объемов данных, выявления скрытых закономерностей и предсказания возможных сбоев задолго до того, как они произойдут. Успешное применение искусственного интеллекта требует сбора качественных данных об условиях процесса и состоянии оборудования. Современные химические предприятия оснащены множеством датчиков, регистрирующих температуру, давление, скорость потока веществ, уровни вибрации машин и другие важные показатели. Эти данные затем обрабатываются искусственным интеллектом для создания моделей поведения системы. Обычно используются такие методы обработки данных, как: анализ временных рядов, который позволяет выявлять паттерны изменения параметров во времени, определять периоды стабильности и нестабильности, а также обнаруживать аномалии, сигнализирующие о возможном отказе; машинное обучение, алгоритмы которого обучаются на исторических данных, позволяя системе находить корреляции между входными параметрами и выходящими показателями. Это позволяет прогнозировать возникновение аварийных ситуаций заранее, кластеризация, которая помогает разделить состояния оборудования на группы схожих режимов работы, облегчая диагностику отклонений от нормального функционирования.

ИИ способен строить сложные модели поведения химико-технологического процесса, учитывающие множество факторов одновременно. Такие модели позволяют выявить причинно-следственные связи, которые не очевидны человеку-эксперту. Использование ИИ для предсказания отказов ХТП представляет собой перспективное направление развития промышленности. Благодаря аналитике больших данных и обучению сложных моделей поведение сложной производственной среды становится понятнее и его легче контролировать. Прогрессивные технологии искусственного интеллекта способствуют повышению надежности предприятий химической отрасли, сокращению простоев и снижению рисков возникновения аварийных ситуаций.

**СИСТЕМА РЕГИСТРАЦИИ И СИГНАЛИЗАЦИИ УТЕЧЕК
РАБОЧЕГО ГАЗА В ДИРИЖАБЛЯХ ЖЕСТКОЙ
КОНСТРУКЦИИ**

Гелий является самым безопасным подъемным газом для дирижаблей. В отличие от водорода он:

- не поддерживает горение;
- инертен;
- не токсичен.

Эти свойства делают гелий абсолютно безопасным для использования в дирижаблях. Одна из главных проблем гелия является его способность проникать через микроскопические поры и трещины.

Дирижабли жесткой конструкции являются перспективной технологией в области транспортировки грузов на большие расстояния и неподготовленные для самолетов условия. Обладают значительно более высокой грузоподъемностью. Одной из проблем является утечка рабочего газа из газовых мешков.

В качестве решения предлагается создание системы технической диагностики (СТД) для каждого газового мешка с подъемным газом, функциональные особенности которой:

- онлайн-мониторинг целостности газовых мешков;
- обнаружение утечек газа;
- сигнализация ремонтной бригаде;
- регулирование расхода рабочего газа;
- распределение газа в нужный газовый мешок при нормированных утечках.

Физическая реализация СТД предполагает подбор следующих средств автоматизации и управления:

- датчики давления, устанавливаемые внутри газовых мешков;
- газоанализаторы для выявления утечек во внешнем пространстве газовых мешков;
- промышленные регуляторы, либо программируемые промышленные контроллеры для создания контуров управления расходом рабочего газа;
- Рабочая станция (ЭВМ) с установленным программным обеспечением (SCADA система) для обработки сигналов с датчиков, распределения потоков газа, регистрации текущего состояния объекта, архивирования показаний.

Артамонов П.С., Санаева Г.Н., Гербер Ю.В.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)
**ПРИМЕНЕНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ РЕАКТОРА
ОКИСЛИТЕЛЬНОГО ПИРОЛИЗА**

В химической технологии нейронные сети могут быть использованы для оптимизации процессов, прогнозирования результатов и контроля качества продукции благодаря возможности быстрой и эффективной обработки больших объемов данных.

Для обеспечения технологической безопасности процесса окислительного пиролиза целесообразно прогнозирование его состояния с целью предотвращения перехода в аварийную ситуацию из-за возникновения взрывоопасных сочетаний компонентов в газе пиролиза на выходе из реактора. В связи с этим была разработана гибридная нейронная сеть, включающая четыре входные переменные (температуры и расходы природного газа и кислорода на входе в реактор) и четыре выходных переменные (содержание ацетилена, кислорода и метана в газе пиролиза, а также температура газа пиролиза). Сложность математического описания процессов в реакторе окислительного пиролиза обусловила необходимость применения методов машинного обучения.

С использованием языка Python и библиотек scikit-learn, NumPy, Pandas была построена модель реактора в виде «черного ящика», позволяющая предсказывать значения выходных переменных на основе значений входных параметров. Построение гибридной сети включало подготовку данных (сбор, предобработку, нормализацию), обучение модели (использовался алгоритм обучения с учителем), проверку качества модели с использованием среднеквадратичной ошибки (MSE) и прогнозирование выходных значений. Сравнение полученных результатов с результатами традиционного моделирования, а также результатами, полученными в среде ANFIS (Simulink), подтверждает эффективность предложенного подхода. Явления переобучения не выявлено. Также реализована возможность дообучения полученной модели с использованием новых данных, которые добавляются к уже имеющейся обучающей выборке, что позволяет расширить объем информации, на основе которой происходит обучение.

Таким образом, гибридная сеть может постоянно адаптироваться к новым условиям и обеспечивать высокую точность прогнозирования состояния реактора окислительного пиролиза.

РАЗРАБОТКА РЕАЛИСТИЧНОГО СИМУЛЯТОРА ГЕОДЕЗИСТА

В современных условиях обучения всё большую значимость приобретает использование виртуальных технологий, особенно в инженерных дисциплинах.

Геодезия - одна из таких областей, где отработка навыков невозможна без взаимодействия с техническим оборудованием. Для решения задачи подготовки специалистов была разработана обучающая симуляционная система на игровом движке Unity.

Цель проекта - создать реалистичный симулятор геодезиста для вузов и профессиональных организаций. Виртуальная среда позволяет отрабатывать навыки установки и настройки тахеометра, а также взаимодействия с отражателями, марками и штативом.

Симулятор предоставляет следующий функционал:

- установка тахеометра, выравнивание по уровню, точное и грубое вращение;
- работа с отражателем и марками;
- смена ролей между геодезистом и помощником;
- реалистичная физика лазера и установка оборудования на наклонной поверхности;
- управление от первого лица, система слайдеров и интерфейсов.

Особое внимание уделено точной имитации механики работы с реальным оборудованием. Пользователь, управляя от первого лица, устанавливает штатив, регулирует его высоту, выравнивает тахеометр по пузырьковому уровню и производит настройку прибора, как в настоящей полевой практике.

Разработка ведётся на Unity с использованием языка C#. Вся логика написана с нуля. Для вращения реализована двухступенчатая система: основной и точный буферные слайдеры, визуально синхронизированные, с учётом инверсии поворота. Отдельно реализована система пузырькового уровня и механика установки ножек штатива.

Симулятор уже вызвал интерес у образовательных учреждений, включая ВУЗ РУДН. Первый релиз запланирован на конец мая, после чего начнётся расширение функционала: новые приборы, погодные условия и система заданий.

Проект стал для разработчика важным этапом профессионального роста и основой для дальнейшей коммерциализации.

**ЗВУКОВАЯ ИДЕНТИЧНОСТЬ РАДИОПЕРЕДАЧИ:
ЖАНРОВЫЙ ПОДХОД К МАСТЕРИНГУ АУДИО В
СТУДЕНЧЕСКОМ ПРОЕКТЕ**

В эпоху цифровых технологий музыкальный редактор должен уметь создавать и адаптировать звуковой контент. Проект по мастерингу аудио в инди-жанре стал важным этапом обучения.

Задача состояла в адаптации аудиофайла под формат радиопередачи, соблюдая эстетические и технические требования, характерные для выбранного музыкального направления. Важно было добиться не только качественного звука, но и звуковой идентичности, соответствующей концепции радиостанции и ожиданиям аудитории.

Мастеринг выполнялся в Adobe Audition и Sound Forge Pro 10.0. Были исследованы особенности инди-музыки: живость, естественность, атмосферность и аналоговый налёт. Это требовало настройки параметров компрессии, эквализации и стереоэффектов. В Sound Forge Pro инструмент Wave Hammer использовался для компрессии и повышения громкости без искажений. Настройки были подобраны под инди-жанр: порог — около 22 dB, соотношение компрессии — 3.5:1, время атаки — 20 мс, выходной уровень — +3 dB. Это позволило добиться плотного, но прозрачного звучания, сохранив динамику композиции. Эквализация корректировала спектр: вырезаны ненужные низкие частоты, усилен диапазон 200–300 Hz для тепла звука, и высокие частоты для яркости. Изменения были аккуратными, чтобы не нарушить характер трека. Особое внимание уделили расширению стерео-базы с помощью Stereo Enhancer. Установив ширину в пределах 30% и усиление до 20%, удалось достигнуть объёмного звучания без артефактов. Для финальной обработки был применён лимитер на уровне -0.5 dB и эффект Dither (TPDF) для смягчения цифровых искажений при конвертации. В Adobe Audition использовались стандарты громкости по ITU, чтобы обеспечить совместимость трека с радиоформатом.

Благодаря проекту были получены ценные навыки применения инструментов для решения задач конкретного медиапродукта. Подчеркнута важность стилистической и технической целостности аудиоконтента, особенно в радиовещании.

Выполнение жанрового мастеринга приблизило к реалиям работы музыкального редактора и помогло сформировать собственные подходы к работе со звуком.

РОЛЬ ASTRA LINUX В ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИИ ИТ-ТЕХНОЛОГИЙ РОССИИ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

Россия активно реализует политику импортозамещения в ИТ-сфере. В условиях СВО усилилась необходимость технологического суверенитета, и Astra Linux стала ключевым инструментом этой стратегии. С 2008 года система развивается как альтернатива зарубежным ОС, обеспечивая кибербезопасность и соответствуя требованиям госсектора. Сегодня она внедрена в таких структурах, как Минкультуры, «Газпром», «РЖД», «Росатом», а также рекомендована для работы с гостайной.

Постановление Правительства РФ №1236 от 2015 года и Указ Президента РФ №171 от 2014 года закрепили приоритет отечественного ПО. Astra Linux соответствует ГОСТ Р 57580.1-2017 и имеет полный набор сертификатов Минобороны, ФСБ и ФСТЭК. Экосистема включает более 2,5 тыс. совместимых решений, что важно для перехода крупных корпораций. Продукты Astra Linux входят в реестр Минцифры России. Операционная система Astra Linux принята в стандарт ФОИВов и госкорпораций. Единственная в стране имеет полный набор сертификатов Минобороны России, ФСБ России и ФСТЭК России – по 1-ому, максимальному, уровню доверия.

Тем не менее, внедрение сопровождается трудностями: высокая стоимость миграции, недостаток специалистов, несовместимость с некоторыми приложениями. Только 37% представителей бизнеса считают переход полностью реалистичным. Для решения проблем разработаны программы тестирования совместимости Ready for Astra, мобильная версия (Astra Linux Mobile) и обучающие инициативы.

К 2030 году планируется охват до 40% рынка госсектора и выход на рынок БРИКС. Astra Linux активно используется в промышленности, включая проекты в ХМАО и Крыму, где реализуются региональные стратегии импортозамещения.

Astra Linux доказала свою эффективность как инструмент импортозамещения в России благодаря высоким стандартам безопасности, широкой экосистеме совместимых решений и успешным кейсам внедрения в госсекторе и промышленности. Таким образом, Astra Linux — эффективный элемент цифрового суверенитета России, однако требует комплексного подхода к решению организационных и технических вызовов.

Цой Е.А., Гринюк О.Н.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д. И. Менделеева)
**СОЗДАНИЕ АНИМАЦИОННЫХ ПРОМО-РОЛИКОВ В
ОНЛАЙН-СРЕДЕ КАК ШАГ К КАРЬЕРЕ В
МЕДИАПРОИЗВОДСТВЕ**

В условиях цифровой трансформации медиасреды навыки видеоредактирования важны для специалистов в области информационных технологий. В рамках изучения дисциплины «Мультимедийные технологии» студенты Новомосковского института (филиала) РХТУ им. Д.И. Менделеева выполнили проект по освоению онлайн-инструментов для создания анимационных видеороликов и формирования портфолио видеоредактора.

Основной задачей стало изучение онлайн-сервисов Animaker и Simpleshow, предлагающих возможности для создания анимационных видеороликов. Эти платформы не требуют навыков программирования и ориентированы на интуитивное создание визуального контента.

На первом этапе был изучен интерфейс платформ, функционал, шаблоны, анимации и мультимедийные элементы, а также обучающие материалы: видеоуроки, инструкции и статьи. Далее был написан оригинальный сценарий для промо-видео на тему «Искусство рисования», включающий интро, основную часть и призыв к действию. Сценарий включал видеоряд, аудио сопровождение и текст для озвучки или субтитров. Для усиления воздействия были использованы музыкальные фоны и мотивационные фразы. Затем был создан ролик в сервисе Animaker: импортированы материалы, отредактирован визуальный ряд, синхронизировано аудио и добавлены переходы. Особое внимание уделили стилю ролика: цветовой палитре, персонажам и анимации, соответствующим настроению видео. Одновременно мы тестировали возможности генерации текста для промо-сценариев при помощи нейросетевых инструментов, таких как GigaChat и Perplexity, интеграция которых открыла нам новые горизонты автоматизации и креативного поиска идей. В результате был создан анимационный промо-ролик для портфолио видеоредактора. Получен опыт в сторителлинге, работе с нейросетями, и освоены этапы производства видеоконтента.

Выполнение проекта позволило развить навыки: визуализацию идей, монтаж, анимацию, работу с AI-инструментами и онлайн-средой, приблизив студентов к задачам в сфере мультимедиа и медиапроизводства. Такой подход делает обучение интерактивным и приближает к реальным задачам.

**УПРАВЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫМИ РИСКАМИ В
ХИМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ: ВЫЗОВЫ УСТОЙЧИВОСТИ И
ЗАЩИТЫ ОТ ВНЕШНИХ И ВНУТРЕННИХ УГРОЗ**

Современная химическая промышленность активно внедряет цифровые технологии, что повышает как эффективность, так и уязвимость. Объекты отрасли — критически важные элементы национальной экономики, и их устойчивость зависит от защищённости информационных систем на всех этапах — от НИОКР до технологического контроля.

Основные угрозы делятся на внешние (взломы, атаки на SCADA и MES-системы, вредоносное ПО, фишинг) и внутренние (низкая цифровая грамотность, несанкционированное использование устройств и ПО). Любая утечка данных или сбой может вызвать техногенные аварии, экологический ущерб или репутационные потери.

На фоне актуализации вопросов киберустойчивости важную роль играет нормативная база. Согласно Федеральному закону № 187-ФЗ от 26.07.2017 и постановлению Правительства РФ № 78 от 08.02.2021, субъекты КИИ обязаны реализовать меры защиты информации. Приказ ФСТЭК № 239 от 30.07.2021 определяет правила категорирования объектов и требования к их безопасности.

Управление рисками опирается на современные стандарты — ГОСТ Р ИСО/МЭК 27001-2019 и ГОСТ Р 57580.1-2017, которые помогают выявить уязвимости и внедрить мониторинг и реагирование на инциденты в реальном времени.

Перспективное направление — внедрение систем мониторинга мобильных устройств. Примером служит решение, внедрённое в ГУ ТО «КЦСОН № 4»: MDM-платформа с API-шлюзом позволяет контролировать устройства, обновлять ПО, ограничивать действия пользователей и использовать геолокацию.

В химической отрасли такие меры особенно актуальны, учитывая работу с опасными веществами и данными. Управление мобильными устройствами становится ключевым элементом цифровой трансформации.

Таким образом, устойчивость химических предприятий невозможна без комплексного подхода к управлению информационными рисками, включающего нормативы, стандарты и технические решения.

Купцова Е.В., Гринюк О.Н.

(Новомосковский институт РХТУ им. Д. И. Менделеева)

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ НАВЫКОВ МУЗЫКАЛЬНОГО РЕДАКТИРОВАНИЯ ЧЕРЕЗ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ МЕДИА-ПРОЕКТЫ

В рамках изучения дисциплины «Мультимедийные технологии» в нашем техническом университете мы познакомились с профессией музыкального редактора и попробовали себя в этой роли через учебные медиапроекты. Благодаря такому подходу мы не просто узнали, кто такой музыкальный редактор, но и начали формировать реальные профессиональные навыки, необходимые для трудоустройства.

На начальном этапе преподаватели предложили проанализировать вакансии музыкальных редакторов на сайтах по поиску работы. Это помогло увидеть востребованные компетенции и оценить пробелы в знаниях. Для их восполнения мы выбрали бесплатный онлайн-курс «Как стать музыкальным редактором» на платформе Stepik, прошли его полностью, выполняя задания и изучая материалы о специфике профессии. Дополнительно осваивали работу в профессиональном ПО Ableton Live, широко используемом в звукоредактировании. Параллельно изучали раздел «Авторское право аудиоконтента», что помогло понять, как работать с интеллектуальной собственностью и избежать юридических ошибок. Понимая нехватку опыта взаимодействия с индустрией, преподаватели организовали экскурсию на радиостанцию «Маруся ФМ» в Новомосковске. Мы увидели работу радиоредактора изнутри, задали вопросы и получили ценные рекомендации. Положительная оценка наших знаний от специалиста вдохновила и подтвердила правильность выбранного пути.

В завершение модуля каждый создал портфолио с учебными проектами: музыкальное сопровождение рекламного ролика с использованием нейросетевых инструментов Suno и Perplexity, а также адаптацию и мастеринг рок-композиции для радиопередачи с Adobe Audition и Sound Forge Pro. Мы учились работать индивидуально и в команде, развивая технические и гибкие навыки — коммуникацию, презентацию, креативность и уверенность.

Таким образом, выполнение образовательных медиапроектов помогло не только закрепить знания, но и подготовиться к будущему трудоустройству в сфере музыкального редактирования и мультимедийных технологий. Если нужно, могу помочь с дополнительным редактированием или форматированием.

**РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ
ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДСИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ
РЕЗУЛЬТАТОВ ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ**

В настоящее время все больше студентов стремятся получить высшее образование, что приводит к значительному увеличению количества абитуриентов. Поскольку вступительные испытания проводятся в письменном виде, ручная проверка бланков ответов абитуриентов членами отборочной комиссии занимает большое количество времени. Помимо этого, требуется дополнительное время, чтобы составить итоговые списки для распределения абитуриентов, которые успешно сдали экзамены и были зачислены на обучение.

Для решения подобной проблемы была разработана подсистема, которая имеет следующий функционал:

- автоматически считывает данные с отсканированных бланков в формате PDF-документа,
- начисляет баллы за правильные ответы;
- формирует отчеты о результатах сдачи экзаменов в виде Excel-документа;

Разработка данной автоматизированной информационной подсистемы включала следующие этапы:

- проектирование структуры автоматизированной подсистемы;
- проектирование инфологической модели предметной области;
- разработка даталогической модели базы данных;
- разработка автоматизированной информационной подсистемы.

Главным этапом разработки было создание собственной программы для распознавания символов, поскольку современные системы, которые используют такую технологию, не подходили для решения поставленной задачи. В основе созданной программы лежит метод сверточных нейронных сетей (Convolutional Neural Network, CNN), который обеспечивает высокую точность распознавания как печатного, так и рукописного текста. Распознанные данные сохраняются в базе данных, после чего система осуществляет их выборку и перенос в документ Excel для формирования отчетов.

В результате разработана автоматизированную информационную подсистему, которая позволила повысить эффективность проверки экзаменационных бланков, а также упростила процесс хранения данных и формирования отчетов о сдаче экзаменов абитуриентами.

РОБОТОТЕХНИКА КАК ИНСТРУМЕНТ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

Робототехника и автоматизация производственных процессов тесно связаны. Фактически, робототехника является одним из ключевых инструментов реализации автоматизации на производстве. Роботы используются для выполнения самых разнообразных задач, которые ранее выполнялись вручную, что приводит к значительному повышению эффективности и производительности.

Ключевые аспекты, объединяющие робототехнику и автоматизацию, это замена ручного труда, повышение точности и качества, увеличение производительности, повышение безопасности, интеграция с другими системами автоматизации, развитие гибких производственных систем, новые возможности для производства.

Главные проблемы массового применения робототехники: высокие начальные инвестиции, необходимость квалифицированного персонала, сопротивление со стороны работников, сложность интеграции, кибербезопасность, этические вопросы, зависимость от технологий и поставщиков.

Робототехника и автоматизация — ключевые факторы повышения производительности и конкурентоспособности в современной экономике. По мере развития технологий роботы становятся все более доступными и функциональными, что делает их внедрение все более актуальным для предприятий различных отраслей. В то же время, решение связанных с этим проблем крайне важно для успешной реализации потенциала автоматизации и минимизации негативных последствий.

Для решения указанных выше проблем необходимо применять комплексные меры, в том числе: государственная поддержка путем предоставления налоговых льгот, субсидий и грантов на приобретение оборудования и обучение персонала; актуализация образовательных программ в области робототехники и автоматизации, чтобы подготовить квалифицированных специалистов; разработка социальных программ для поддержки работников, которые могут потерять работу из-за автоматизации, например, программы переквалификации и помощи в поиске новой работы; разработка этических норм и правил для регулирования использования роботов и искусственного интеллекта в производстве; внедрение надежных систем кибербезопасности для защиты автоматизированных систем от кибератак.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ВЕТРОГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК

Повышение энергоэффективности ветрогенераторных установок (ВЭУ) достигается за счет комплекса технических и технологических решений, направленных на оптимизацию работы ветровых турбин, систем накопления энергии и систем управления.

К основным направлениям повышения энергоэффективности ветрогенераторов можно отнести: оптимизацию формы, конструкции и материалов изготовления лопастей, интеллектуальные системы управления, которые используют датчики и алгоритмы машинного обучения для анализа параметров ветра в реальном времени и оптимального регулирования угла наклона и скорости вращения лопастей. Такие системы обеспечивают максимальное извлечение энергии из ветра, стабильную работу и снижают износ оборудования. Несмотря на то, что внедрение интеллектуальных систем требует инвестиций, вложения окупятся за счет повышения производительности и снижения затрат на обслуживание. К другим направлениям можно отнести энергосбережение и накопление энергии, технические инновации и модернизацию существующего оборудования. Интеграция с электросетями и новые модели установок, такие как, системы синхронизации с электросетями и гибридные установки с несколькими источниками энергии повышает общую эффективность и надежность энергоснабжения, а исследование и внедрение новых типов ветрогенераторов, включая вертикальные и морские модели, могут применяться для расширения возможностей использования ветровой энергии [1].

Таким образом, повышение энергоэффективности ветрогенераторных установок достигается за счет комплексного подхода: оптимизации аэродинамики лопастей, внедрения интеллектуального управления, модернизации оборудования и систем накопления энергии. Эти меры позволяют увеличить коэффициент мощности, повысить надежность и снизить эксплуатационные расходы, что способствует более эффективному использованию возобновляемых источников энергии и снижению экологической нагрузки на окружающую среду.

ЛИТЕРАТУРА

1. Как повысить энергоэффективность ветроэнергетической установки. – URL: <https://panor.ru/articles/kak-povyisit-energoeffektivnost-vetroenergeticheskoy-ustanovki/67966.html> (дата обращения: 16.04.2025).

**СЛЕДЯЩИЕ СИСТЕМЫ: ОТ АВТОМАТИЗАЦИИ
ДО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ**

Следящие системы автоматического управления (ССАУ) — это система, в которой выходная величина воспроизводит с определённой точностью входную (задающую) величину, характер (закон изменения) которой заранее неизвестен. Такой метод управления сталкивается с одной из основных проблем — обеспечение высокой точности и стабильности в условиях нелинейности, изменчивости объекта управления и наличия внешних возмущений.

Эти системы используют в управлении положением объекта (системы наведения зенитных ракет, автопилот ракет) или в слежении за космическими объектами (радиолокационная станция) и им подобные.

Интерес представляет задача разработки и реализации интеллектуальной ССАУ, способной адаптироваться к изменяющимся условиям работы и обеспечивать высокую точность отслеживания динамической установки. Актуальность данной задачи обусловлена возрастающими требованиями к автоматизации и повышению эффективности производственных процессов.

Разработка интеллектуальной ССАУ позволит снизить зависимость от ручной настройки, повысить устойчивость к внешним воздействиям и оптимизировать энергетические затраты. Это, в свою очередь, приведет к увеличению производительности, снижению себестоимости продукции и повышению конкурентоспособности предприятий.

Решение данной задачи может быть основано на применении методов машинного обучения, в частности, обучения с подкреплением и нейронных сетей.

Таким образом, можно разработать систему, способную в режиме реального времени анализировать данные с датчиков, идентифицировать параметры объекта управления и адаптировать параметры регулятора для достижения оптимального отслеживания.

Алгоритмы обучения с подкреплением позволяют системе самостоятельно изучать идеальную тактику (способы) управления, минимизируя ошибку отслеживания и учитывая ограничения на ресурсы. Использование нейронных сетей позволит аппроксимировать нелинейные зависимости и адаптироваться к изменчивости объекта управления. Данный подход обеспечит гибкость, адаптивность и высокую точность следящей системы в сложных условиях работы.

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ВЕБ-РЕШЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ УСЛУГАМИ ТУРИСТИЧЕСКОГО АГЕНТСТВА

В современном мире цифровизация туристической отрасли создает обширные перспективы для повышения эффективности и автоматизации деятельности турагентств. Данная работа посвящена анализу и разработке автоматизированной веб-платформы для управления услугами турагентства «Бюро путешествий» (buroputeshestviy71.ru), с акцентом на оптимизацию бизнес-процессов и повышение качества обслуживания клиентов. В отличие от традиционных подходов к управлению, которые часто включают ручную обработку информации, что может привести к ошибкам и замедлить взаимодействие с клиентами, предлагаемое веб-решение автоматизирует основные этапы работы, такие как онлайн-бронирование туров, ведение учета клиентской базы и подготовка отчетной документации.

Предлагаемая система включает в себя модуль онлайн-бронирования, предоставляющий клиентам возможность выбора автобусного тура, указания предпочтительных дат и количества мест.

Интеграция с различными платежными системами обеспечивает автоматизированную обработку платежей. CRM-система позволяет вести детальный учет данных о клиентах, истории их заказов и индивидуальных предпочтениях. Модуль формирования отчетов обеспечивает анализ продаж, загрузки туристических маршрутов и других ключевых показателей.

Для разработки веб-платформы применялись современные веб-технологии. Фронтенд разработан с использованием React.js, что позволило создать удобный и интерактивный пользовательский интерфейс. Бэкенд, разработанный на Node.js с применением фреймворка Express, обеспечивает высокую производительность и масштабируемость системы. Для хранения данных используется база данных MongoDB, обеспечивающая гибкость и высокую скорость доступа к информации.

Внедрение автоматизированной веб-платформы позволило значительно повысить эффективность работы турагентства, сократить время обработки заказов, уменьшить количество ошибок при бронировании туров и повысить уровень лояльности клиентов. Разработанная система обладает потенциалом для масштабирования и адаптации к потребностям других туристических агентств, что подтверждает ее практическую ценность и перспективность применения.

УНИФИКАЦИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ УСТАНОВОК В УЧЕБНЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ СПО И ВО

В настоящее время в образовательных учреждениях среднего профессионального образования (СПО) и высшего образования (ВО) отсутствуют унифицированные стандарты оснащения лабораторных комплексов. Это приводит к тому, что в процессе подготовки специалистов используется различное оборудование, программное обеспечение и методические подходы.

Данная ситуация вызывает ряд проблем, связанных с качеством образовательных результатов, получаемых студентами в различных учебных организациях. Кроме того, в отдельных случаях уровень подготовки выпускников не соответствует современным требованиям и потребностям.

Поэтому для решения данной проблемы необходимо поставить задачу по разработке единой системы лабораторных установок в образовательных учреждениях СПО и ВО. Что поможет улучшить качество знаний и профессиональные навыки студентов, а также повысит их востребованность на рынке труда.

Исходя из вышеперечисленного, можно сделать вывод о том, что решение данной задачи является значимым и актуальным в контексте современной образовательной системы.

При разработке этой системы должны быть предъявлены следующие требования:

1. Стандартизация оборудования и методических пособий для обеспечения единообразия результатов обучения.

2. Соответствие Федеральным государственным образовательным стандартам (ФГОС) и требованиям промышленности.

3. Безопасность, т.е. наличие системам противоаварийной автоматической защиты (ПАЗ) в лабораторных установках, имеющих возможность выйти из строя при неправильной эксплуатации или же в стендах, которые могут представлять опасность студентам.

4. Обеспечение прогрессии в обучении между различными уровнями образования.

Также при разработке системы необходимо учитывать финансовую составляющую, включая выделение средств или разработку экономически эффективных решений для повсеместного внедрения лабораторных установок в учебные организации.

УДК 517.2

Платонова О.Ю., Чебану Е.М.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д. И. Менделеева)
ФУНКЦИЯ $L(x)$ = $\int dt/t$ И ЕЁ СВОЙСТВА

Функция $L(x)$, определяемая на промежутке $(0, \infty)$ интегралом

$$L(x) = \int_1^x \frac{dt}{t},$$

подчиняется следующим свойствам:

$$L(x_1 x_2) = L(x_1) + L(x_2),$$

$$L\left(\frac{x_1}{x_2}\right) = L(x_1) - L(x_2).$$

Доказательство.

В силу аддитивности несобственных интегралов

$$L(x_1 x_2) = \int_1^{x_1 x_2} \frac{dt}{t} = \int_1^{x_1} \frac{dt}{t} + \int_{x_1}^{x_1 x_2} \frac{dt}{t}$$

Сделаем замену во втором интеграле переменной $t = z x_1$, $dt = x_1 dz$,

t	z
x_1	1
$x_1 x_2$	x_2

Откуда

$$L(x_1 x_2) = \int_1^{x_1} \frac{dt}{t} + \int_1^{x_2} \frac{dz}{z} = L(x_1) + L(x_2).$$

Так как $x_1 x_2 = x_3$; $x_2 = x_3 / x_1$, получим $L(x_1) + L(x_3 / x_1) = L(x_3)$, таким образом, имеем $L(x_3 / x_1) = L(x_3) - L(x_1)$.

Имеет место следствие

$$L\left(x^{\frac{m}{n}}\right) = \frac{m}{n} L(x) \quad \forall m, n \in \mathbb{Z}$$

Имеем при $m \geq 0, n \geq 0$ соотношения

$$L(x^{m/n}) = m L(x^{1/n}), \quad L(x) = n L(x^{1/n}).$$

Для $m < 0, n < 0$:

$$L(1) = 0, \quad L(x^{-1}) = L\left(\frac{1}{x}\right) = L(1) - L(x) = -L(x).$$

В силу непрерывности $L(x) = \int_1^x \frac{dt}{t}$, как функции верхнего предела, мы получим общее свойство $L(x^a) = a L(x)$.

Но, так как, $L(x) = \ln(x)$, то получаем основное свойство логарифма, используя лишь из его определений с помощью интеграла.

**ПРИМЕНЕНИЕ НЕРАВЕНСТВА БУНЯКОВСКОГО ДЛЯ
ВЫЧИСЛЕНИЯ ИНТЕГРАЛОВ**

Убедимся, что для любых двух интегрируемых на интервале (c, d) функций $f(x)$ и $q(x)$ имеет место неравенство Буняковского:

$$\left| \int_c^d f(x)q(x)dx \right| \leq \sqrt{\int_c^d f^2(x)dx \int_c^d q^2(x)dx}$$

Доказательство.

Рассмотрим функцию

$$F(x) = [f(x) - \alpha q(x)]^2,$$

где $\alpha \in R$.

Учитывая, что $F(x) \geq 0$, то

$$\int_c^d [f(x) - \alpha q(x)]^2 dx \geq 0,$$

или

$$\alpha^2 \int_c^d q^2(x)dx - 2\alpha \int_c^d f(x)q(x)dx + \int_c^d f^2(x)dx \geq 0.$$

В левой части выражение из последнего неравенства - это квадратный трехчлен относительно α .

Отсюда вытекает, что при любом α этот трехчлен будет больше или равен 0. Таким образом, $D \leq 0$, т.е.

$$\left\{ \int_c^d f(x)q(x)dx \right\}^2 - \int_c^d f^2(x)dx \int_c^d q^2(x)dx \leq 0.$$

Отсюда

$$\left| \int_c^d f(x)q(x)dx \right| \leq \sqrt{\int_c^d f^2(x)dx \int_c^d q^2(x)dx}$$

что и требовалось доказать.

Матвеев В.А., Цепанева Е.С.
(Новомосковский институт РХУ им. Д.И. Менделеева)
НЕРАВЕНСТВО ТИТУ

Утв. 1. Для любых a_1, a_2 и положительных b_1, b_2 справедливо неравенство $\frac{a_1^2}{b_1} + \frac{a_2^2}{b_2} \geq \frac{(a_1 + a_2)^2}{b_1 + b_2}$. Действительно, из очевидного неравенства о средних $a_1^2 b_2^2 + a_2^2 b_1^2 \geq 2a_1 a_2 b_1 b_2$ после добавления в обе части двух слагаемых $a_1^2 b_1 b_2$ и $a_2^2 b_1 b_2$ и выполнения несложных алгебраических преобразований получаем искомый результат.

Лемма Титу. Для любых $a_1, \dots, a_n$ и положительных $b_1, \dots, b_n$ справедливо неравенство $\sum_{i=1}^n a_i^2 / b_i \geq (\sum_{i=1}^n a_i)^2 / \sum_{i=1}^n b_i$.

Доказательство проведём по индукции. База индукции подготовлена в утв. 1. Пусть неравенство верно для $n-1$. Тогда $\sum_{i=1}^n a_i^2 / b_i = \sum_{i=1}^{n-1} a_i^2 / b_i + a_n^2 / b_n \geq (\sum_{i=1}^{n-1} a_i)^2 / \sum_{i=1}^{n-1} b_i + a_n^2 / b_n$. Применив к этой сумме утв. 1 получаем нужный результат.

Суть неравенства Титу заключается в том, чтобы из нескольких дробей сделать одну.

Задача 1 [1]. Для положительных чисел a, b, c доказать неравенство $a/(a+2b) + b/(b+2c) + c/(c+2a) \geq 1$.

$$\begin{aligned} \frac{a}{a+2b} + \frac{b}{b+2c} + \frac{c}{c+2a} &= \frac{a^2}{a^2+2ab} + \frac{b^2}{b^2+2bc} + \frac{c^2}{c^2+2ac} \geq \\ &\geq (a+b+c)^2 / (a+b+c)^2 = 1. \end{aligned}$$

Задача 2. (Неравенство Несбитта). Для действительных чисел $a, b, c > 0$ справедливо $a/(b+c) + b/(a+c) + c/(a+b) \geq 3/2$.

После умножения слагаемого соответственно на $a, b, c > 0$ неравенство Титу выдаёт $a^2/a(b+c) + b^2/b(a+c) + c^2/c(a+b) \geq (a+b+c)^2 / 2(ab+bc+ac) = 1 + (a^2+b^2+c^2) / 2(ab+bc+ac)$.

Далее, используем в знаменателе известное неравенство $x^2 + y^2 \geq 2xy$ и получаем удвоенную сумму квадратов, чем и завершается доказательство.

ЛИТЕРАТУРА

1. Samin Riasat. Basics of Olympiad Inequalities. 2008.

О РАСЧЕТЕ ПАРАМЕТРОВ ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОГО ФИЛЬТРА В СТРУКТУРЕ ЭСАР

Синтез структуры энергосберегающей системы автоматического регулирования (ЭСАР) включает выбор алгоритма работы полосовых фильтров (определение его передаточной функции) и последующий расчет его настроечных параметров. Если структура ЭСАР предполагает использование двух каналов регулирования, то необходимо использование фильтра низких частот для энергосберегающего контура регулирования (ФНЧ) и фильтра высоких частот для динамически эффективного контура регулирования (ФВЧ).

Для того, чтобы качество регулирования отдельных контуров регулирования не снижалось целесообразно использование простых фильтрующих элементов.

В этой связи в качестве ФНЧ можно использовать экспоненциальный фильтр с передаточной функцией:

$$\Phi_{\text{нч}}(s) = \frac{1}{T_0 s + 1},$$

где T_0 - настроечный параметр фильтра ФНЧ,

а в качестве ФВЧ - блок, передаточная функция которого получается вычитанием из единицы передаточной функции экспоненциального фильтра:

$$\Phi_{\text{вч}}(s) = \frac{\tilde{T}_0 s}{\tilde{T}_0 s + 1},$$

где $\tilde{T}_0$ - настроечный параметр фильтра ФВЧ.

Расчетные формулы, по которым следует определять параметры фильтров, имеют вид:

$$T_0 = \frac{\sqrt{1-\alpha^2}}{\alpha\omega_0} \text{ и } \tilde{T}_0 = \frac{1}{\omega_0} \frac{\beta}{\sqrt{1-\beta^2}},$$

где ω_0 - пороговая частота, определяемая из условия равенства АЧХ замкнутых одноконтурных систем регулирования; α, β - параметры, определяющие близость АЧХ фильтров к единичному значению в окрестности частоты равной ω_0 .

Рекомендуемый диапазон значений для параметров α и β соответствует интервалу $[0.9, 0.99]$ и подбирается опытным путем.

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ЭСАР С ПОМОЩЬЮ КРИТЕРИЯ ГУРВИЦА

Энергосберегающая система автоматического регулирования (ЭСАР) содержит несколько взаимосвязанных контуров регулирования. При расчете настроечных параметров регуляторов, входящих в ее структуру, делается предположение о независимости работы каждой из одноконтурной САР, что в целом упрощает синтез ЭСАР.

Такое предположение делается на основе допущения об идеальности полосовых фильтров, каждый из которых строго выделяет диапазон частот, в котором работает тот или иной контур регулирования. В то же время техническая реализация таких фильтров невозможна, что приводит к влиянию работы одного контура регулирования на другой. Такое взаимовлияние может привести к неустойчивости ЭСАР в целом и требует проведения дополнительного исследования.

Для определения устойчивости синтезированной ЭСАР можно использовать, например, алгебраический критерий Гурвица. С этой целью составляется характеристическое уравнение замкнутой ЭСАР. В случае ЭСАР с двумя контурами регулирования уравнение имеет вид:

$$1 + R_1(s)W_1(s)\Phi_1(s) + R_2(s)W_2(s)\Phi_2(s) = 0,$$

где $W_1(s)$, $W_2(s)$ – передаточные функции объекта по динамически и энергоэффективному каналам регулирования; $R_1(s)$, $R_2(s)$ – передаточные функции регуляторов соответствующих контуров регулирования; $\Phi_1(s)$, $\Phi_2(s)$ – передаточные функции полосовых фильтров.

В практических расчетах передаточные функции $W_1(s)$ и $W_2(s)$ представляют собой апериодические звенья первого порядка с запаздыванием.

Поэтому прежде, чем получить итоговое уравнение звенья запаздывания аппроксимируют в виде дробно-рациональных функций:

$$e^{-\tau s} \approx \frac{\tau^2 s^2 - 6\tau s + 12}{\tau^2 s^2 + 6\tau s + 12}$$

или

$$e^{-\tau s} \approx \frac{1 - \tau s/2}{1 + \tau s/2},$$

где τ – время запаздывания соответствующего канала регулирования.

Далее приходим к характеристическому уравнению полиномиального вида и применяем критерий Гурвица.

Научное издание

**XXVII научно-техническая конференция
молодых ученых, аспирантов, студентов**

Технические науки

Компьютерная верстка С.И. Сидельников

Редактор Туманова Е.М.

Подписано в печать 20.05.2025 г. Формат 60х84/16

Бумага «Комус». Отпечатано на ризографе.

Усл. печ. л. 4,0. Уч.- изд. л. 3,1.

Тираж 50 экз. Заказ № 209/153.

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»

Новомосковский институт (филиал). Издательский центр

Адрес университета: 125047, Москва, Миусская пл., 9

Адрес института: 301655 Тульская обл., Новомосковск, ул. Дружбы, 8