

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 году
фундаментальных исследований*

XXIV НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ, АСПИРАНТОВ, СТУДЕНТОВ

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Технические науки



Новомосковск,
2022

УДК 378:082.2(043.2)

ББК 74.58

Д 259

Д 259 XXIV научно-техническая конференция молодых ученых, аспирантов, студентов. Тезисы докладов. Технические науки / ФГБОУ ВО РХТУ им. Д.И. Менделеева, Новомосковский институт (филиал). Новомосковск, 2022. – 95 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*
профессор, доктор химических наук Е.Н. Голубина – *отв. секретарь*

профессор, доктор технических наук В.М. Логачева
доцент, кандидат химических наук В.И. Журавлев
доцент, кандидат экономических наук Ю.В. Кулакова
доцент, кандидат технических наук Н.В. Маслова

© ФГБОУ ВО «Российского химико-технологического
университет им. Д.И. Менделеева»,
Новомосковский институт (филиал), 2022

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ КИБЕРНЕТИКИ, АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ, МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

<i>Ускембай В.А., Орлов Н.А., Брыков Б.А., Маслова Н.В.</i> Сравнительный анализ критериев оптимальности переходных процессов в САР.....	6
<i>Гавриленко А.И., Предместьин В.Р.</i> Основные проблемы современных систем автоматического управления.....	7
<i>Краснолобов А.С., Предместьин В.Р.</i> Разработка метода для оперативного контроля прогорания тепловой изоляции высокотемпературных цилиндрических аппаратов с помощью ТПИ.....	8
<i>Чкунин В.А., Беляев Ю.И.</i> Алгоритм программного управления аperiodическим инерционным объектом в САР	9
<i>Сарандаев Г.К., Лопатин А.Г., Брыков Б.А.</i> Анализ робастных свойств систем управления астатическим объектом.....	10
<i>Луковкин В.А., Фомин К.С., Сидельников С.И.</i> Моделирование СЛУ отделением адсорбции гибкой блочно-модульной установки «протон».....	11
<i>Азима Ю.И., Жирноклеев Н.К., Артамонов П.С.</i> Теоретические основы методов измерения теплофизических свойств веществ, материалов и изделий.....	12
<i>Саяпин В.В., Чеканова В.А., Лопатин А.Г., Брыков Б.А.</i> Сравнительный анализ методов аппроксимации s-образных кривых разгона объектов управления.....	14
<i>Шабанова Н. Ю., Ефремова О. А., Медведев С. В., Янцев С.Д.</i> Мобильное web-приложение «социальное такси».....	15
<i>Шабанова Н.Ю., Ефремова О.А., Медведев С.В., Астахова Т.А</i> Необходимость разработки автоматизированной информационной подсистемы анализа аппаратно-программного комплекса организации.....	16
<i>Шабанова Н.Ю., Ефремова О.А., Медведев С.В., Джанхотова Р.Э.</i> Основные требования к web-сайтам образовательных организаций.....	17
<i>Шабанова Н.Ю., Ефремова О.А., Медведев С.В., Махов С.Р.</i> Разработка мероприятий по обеспечению безопасности web-ресурсов государственных учреждений.....	18
<i>Шабанова Н.Ю., Ефремова О.А., Медведев С.В., Кострюкова Е.А.</i> Роль корпоративного стиля при разработке Web-сайта организации.....	19

<i>Комягин Д.И., Силин А.В., Силина И.В.</i> Мобильное web-приложение «ЦИТ НИ РХТУ».....	20
<i>Кудинов Н.С., Силин А.В., Силина И.В.</i> Модернизация систем сетевой безопасности.....	21
<i>Михеев А.В., Силин А.В., Силина И.В.</i> Модернизация локальной вычислительной сети Узловского подразделения ООО «Энергосеть».....	22
<i>Смольянинов Н.И., Силин А.В., Силина И.В.</i> Проблемы управления в высокораспределённых сетях.....	23
<i>Егоренков М.С., Ермушев А.В., Гербер Ю.В., Санаева Г.Н.</i> О противодействии атакам коммерческих хакерских групп.....	24
<i>Коновалов Д.В., Серавин К.С., Моисеева И.Д., Санаева Г.Н.</i> Особенности гибридного режима работы офиса.....	25
<i>Матвеев В.А., Чекмазов Е.Г.</i> Обратная индукция.....	26
<i>Бездомников А.В., Булатова Д.А.</i> Нелинейный регрессионный анализ.....	27
<i>Бездомников А.В., Трофимова Д.И.</i> Оценка выбросов в регрессии.....	28
<i>Коновалов Д.В., Соболев А.В.</i> Структура энергосберегающей САУ при наличии ограничений на управляющие воздействия.....	29
<i>Егоренков М.С., Соболев А.В.</i> Расчет параметров корректирующего звена в ЭСАУ при наличии ограничений на управление.....	30
<i>Халецкий Е.П., Соболев А.В.</i> Имитационное моделирование переходных процессов в ЭСАУ при наличии звена насыщения.....	31
СЕКЦИЯ ЭНЕРГЕТИКИ	
<i>Волков И.А., Исаев А.С.</i> Применение прямых методов расчета переходных процессов.....	32
<i>Исаев А.С., Кулешов А.Ю.</i> Учет конструктивного исполнения синхронных машин при расчете устойчивости.....	33
<i>Исаев А.С., Суханов Н.А.</i> Применение прямых критериев устойчивости СЭС.....	34
<i>Колесников Е.Б., Базаров А.А.</i> Гармонический устроитель частоты.....	35
<i>Колесников Е.Б., Кислицын Т.Е.</i> Управляемый фазовращатель.....	39
<i>Лагуткин О.Е., Базаров А.А.</i> Релейная защита элементов системы электроснабжения объектов ОАО "Щекиноазот".....	42
<i>Лагуткин О.Е., Кислицын Т.Е.</i> Расчет релейной защиты ООО «Промэнергосбыт».....	43
<i>Ошурков М.Г., Бирюков К.Р.</i> Программа расчета платы за электроэнергию на розничных рынках	44
<i>Ошурков М.Г., Лантев А.С.</i> Модернизация электрической сети	

энергорайона.....	45
<i>Ошурков М.Г., Суханов В.А.</i> Система прогнозирования и регулирования параметров электропотребления.....	46
<i>Ползиков М.Н., Макаров М.С.</i> Анализ мероприятий по регулированию графиков нагрузки на химических предприятиях.....	47
<i>Ребенков Е.С., Майорова Н.Д., Колыхалов И.С.</i> Синтез регулятора демпфирования динамических колебаний в электроприводе конвейера.....	48
<i>Стебунова Е.Д., Бармаков П.А.</i> Применение трансформаторов с расщепленными обмотками на подстанциях.....	49
<i>Ильин А.И., Гришин Д.А.</i> Проблемы использования модульного заземления.....	50
<i>Черных И.В., Толстых И.В., Курило Н.А.</i> К вопросу организации тепловой изоляции трубопроводов при их подземной прокладке	52
<i>Черных И.В., Иванов А.А., Курило Н.А.</i> Конструктивные особенности теплообменных аппаратов, применяемых при переработке нефти.....	54
<i>Гольцверт М.А., Курило Н.А.</i> Анализ конструктивных особенностей пластинчато-ребристых теплообменников.....	56
<i>Иванов А.А., Черных И.В., Курило Н.А.</i> К вопросу организации жизнеобеспечения работы человека в замкнутом пространстве....	58
<i>Якунина М.С., Зайцев Н.А., Чермошенцев Е.А.</i> Конструктивное решение глубокого снижения температуры уходящих газов в котлах.....	59
<i>Якунина М.С., Зайцев Н.А., Чермошенцев Е.А.</i> Построение ЭДИ-модулей для электродеионизации воды.....	60
<i>Якунина М.С., Чермошенцев Е.А., Зайцев Н.А.</i> Технические особенности применения ультразвука в теплоэнергетике.....	61
<i>Якунина М.С., Чермошенцев Е.А., Зайцев Н.А.</i> Практическое применение электромагнитного аппарата для сетевой воды ГВС.....	63
<i>Лазарев А.Ю., Глазков К.В., Тимофеева И.В., Золотарева В.Е.</i> Об особенностях обтекания пучков из труб с поперечными ребрами потоком чистого газа.....	64
<i>Лазарев А.Ю., Глазков К.В., Тимофеева И.В., Золотарева В.Е.</i> Параметры и определяющие размеры для расчета теплообмена ребристых пусков труб.....	66
<i>Лазарев А.Ю., Глазков К.В., Тимофеева И.В., Золотарева В.Е.</i> О выборе параметров, оценивающих геометрию оребрения труб....	67
<i>Толстых И.В., Курило Н.А.</i> Об особенностях расчета регенеративных теплообменников.....	69

<i>Иванов А.А., Макрушин В.В.</i> Мероприятия по предотвращению взрывов угольной пыли в пылеприготовительных установках.....	70
<i>Толстых И.В., Макрушин В.В.</i> Об условиях появления коррозии пакетов пароперегревателей.....	71
<i>Толстых И.В., Макрушин В.В.</i> Анализ причин появления наружной коррозии труб экранов.....	73
<i>Черных И.В., Макрушин В.В.</i> Энергосбережение – один из приоритетных вопросов для энергетических предприятий.....	74
<i>Черных И.В., Макрушин В.В.</i> Перегрев котла. К вопросу возникновения дополнительных не столь очевидных проблем.....	76
<i>Конов П.А., Шлей Е.В., Золотарева В.Е.</i> К вопросу снижения теплового загрязнения окружающей среды.....	78
<i>Башлаев Л.А., Коровин Н.А., Логачева В.М.</i> Анализ условий появления дифракции волн.....	80
<i>Коровин Н.А., Башлаев Л.А., Логачева В.М.</i> Некоторые аспекты развития теории фазовых переходов.....	81
<i>Дорохин Н.Ю., Бухалов К.А., Логачева В.М.</i> Особенности использования закона Ома при расчете электрических цепей.....	83
<i>Иванов А.А., Бежикина П.А., Золотарева В.Е.</i> Возможные пути снижения выбросов парниковых газов в атмосферу.....	85
<i>Колыхалов И.С., Майорова Н.Д.</i> Аккумуляторные батареи. Анализ методов их утилизации.....	87
<i>Корнилов И.В., Майорова Н.Д.</i> Об особенностях современного развития ветроэнергетики в России.....	90
<i>Суханов В.А., Майорова Н.Д.</i> Энергетический переход как новый вызов мировой нефтегазовой отрасли.....	92

СЕКЦИЯ КИБЕРНЕТИКИ, АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ, МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 536.58:661.91-404

Ускембай В.А., Орлов Н.А., Брыков Б.А., Маслова Н.В.

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

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КРИТЕРИЕВ ОПТИМАЛЬНОСТИ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В САР

В теории управления большое внимание уделяется вопросам качества переходных процессов (ПП) в системах автоматического регулирования (САР). В одноконтурной САР выделяется 2 элемента:

- управляющее устройство (ПИД регулятор);

- неизменяемая часть САР, включающая передаточные функции исполнительного устройства, объекта управления и датчика.

Учитывая, что передаточные функции в неизменяемой части САР не меняются во времени, можно сделать вывод, что качество ПП зависит только от настроек ПИД регулятора. Именно поэтому задача расчета оптимальных настроек ПИД регулятора является столь важной для нормальной работы любого технологического процесса.

Для решения этой задачи предлагается использовать алгоритмы минимизации функции цели, с помощью которых можно найти оптимальные настройки ПИД регулятора.

В таком случае существенный интерес представляет задача выбора критерия оптимальности (КО), который следует использовать для получения ПП с наилучшим по совокупности набором показателей качества (время переходного процесса t_p , динамическое отклонение Y_{din} , перерегулирование σ). Рассмотрим 4 интегральных КО: модульный, квадратичный: линейный, обобщенный.

Для оптимизации настроек ПИД регулятора применим встроенный в Simintech функционал (блок «Оптимизатор»). Пусть известны определенные параметры передаточных функций клапана, объекта и датчика, составляющих неизменяемую часть САР.

Проведем оптимизацию параметров ПИД регулятора по каждому из КО, получим 4 переходных процесса и определим такие показатели качества, как время регулирования, перерегулирование и отклонение.

Сравнительный анализ результатов исследования показывает, что по совокупности показателей качества при оптимизации настроек ПИД регулятора следует использовать модульный критерий оптимальности.

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Современные системы автоматического регулирования (САР) по сравнению с теоретическими знаниями и представлениями о их работе не позволяют полностью реализовать потенциал систем, в которых они функционируют.

Для полной реализации потенциала систем и увеличения эффективности современных систем необходимо решить ряд вопросов, связанных с:

- Нахождением оптимальных алгоритмов управления;
- Частыми изменениями параметров и режимов работы систем;
- Постепенным изменением передаточных функций систем;
- Недостатком квалифицированных кадров для перенастройки САР;
- Отсутствием простых стандартных методик для нахождения параметров для используемых в данный момент алгоритмов управления в САР.

Данные проблемы являются ключевыми в вопросе повышения эффективности функционирования современных САР. Каждую из вышеприведенных проблем возможно решить по отдельности, но для их решения необходимы большие финансовые траты, переходящие на стоимость выпускаемой в результате работы системы продукции.

Для решения проблем в целом необходимо разрабатывать универсальные алгоритмы управления, которые будут подходить для самых разнообразных физико-химических процессов, проводимых в системах.

Данные алгоритмы управления должны быть малотребовательны к настройкам или самостоятельно изменять настройки для функционирования системы автоматического регулирования с максимальной эффективностью, что уменьшило бы экономические издержки от функционирования систем и позволило бы высвободить ценные кадры для разработки новых производственных систем и комплексов.

Таким образом, современные САР не позволяют полностью реализовать потенциал систем, в которых они применяют и необходимо исследование в области новых алгоритмов управления, которые не будут иметь недостатков современных систем автоматического регулирования.

Краснолобов А.С., Предместин В.Р.

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

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО
КОНТРОЛЯ ПРОГОРАНИЯ ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ
ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ
АППАРАТОВ С ПОМОЩЬЮ ТПИ**

На производствах как химической, так и атомной отрасли необходимым является контроль герметичности резервуаров, реакторов, трубопроводов и так далее.

Особенно в том случае, когда они подвергаются воздействию неблагоприятных сред.

К наиболее уязвимым можно отнести места сварных соединений, поскольку при сваривании в металле образуются напряжения.

В этих областях поверхность металла быстрее окисляется, что является причиной ускоренной деградации соединения.

При образовании дефектов в соединениях из-за коррозии на поверхности шва происходят точечные изменения температуры.

Контроль подобных изменений с помощью стандартных термпар или сетки не целесообразно, так как появляется очень большое количество линий связи, что негативно отражается на надежности системы.

Облегчить контроль и увеличить надежность системы можно используя вместо обычных термоэлементов элементы, состоящие из дифференциальных термобатарей.

Монтаж этих элементов необходимо производить вдоль изотермических линий, расположенных перпендикулярно сечению трубопроводов и иных цилиндрических установок.

Такое размещение позволит обнаруживать участки, на которых в результате коррозии меняется температура поверхности тепловой изоляции.

Фиксация происходит благодаря тому, что в месте изменения температуры меняется термо-ЭДС, а это можно зафиксировать, используя средства обнаружения термо-ЭДС.

Подбирая конфигурацию расположения спаев можно добиться необходимой точности обнаружения прогорания, что позволяет усилить мониторинг за состоянием неразъемных соединений.

Кроме того, это позволит повысить безопасность на производстве как для работников, так и для окружающей среды.

**АЛГОРИТМ ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ
АПЕРИОДИЧЕСКИМ ИНЕРЦИОННЫМ ОБЪЕКТОМ В САР**

Управлением технологическим объектом называют направленную последовательность операций, суть которой состоит в переводе технологического объекта управления из начального состояния в желаемое.

Под достижением желаемого состояния объекта понимают компенсацию накопленной величины ошибки рассогласования в САР и обеспечение заданных критериев качества регулирования, а также энерго- и ресурсосбережения.

Любой химико-технологический процесс представляет собой ярко выраженную инерционную систему, не имеет мгновенной реализации.

Химико-технологические процессы протекают по-разному в зависимости от определенных начальных условий регулирования и имеют существенную протяженность во времени.

Накопления информации о процессах функционирования системы, ее внешней среды, приводит к наличию чистого запаздывания в получении системой управления информации, поэтому появляются временные потери, учет которых необходим для эффективного управления процессом.

Характерная черта адаптации - это текущее накопление информации о процессе функционирования системы, внешней среды и ее использование для улучшения избранного показателя качества. Это существенно снижает эффективность работы САР.

Поэтому для решения данной проблемы нам нужно обеспечить прогнозирования состояний САР, внешней среды и поведения САР для адаптивного управления.

Прогноз может быть выполнен при использовании данного метода в системе управления.

Алгоритм представлен в виде рекуррентной формулы, где учитывается переходный процесс в объекте с помощью массива коэффициентов соответствия.

Алгоритм программного регулирования для САР химико-технологических процессов в теории позволит улучшить время регулирования процесса, уменьшит время запаздывания, повысит эффективность работы системы управления в реальном масштабе времени.

АНАЛИЗ РОБАСТНЫХ СВОЙСТВ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ АСТАТИЧЕСКИМ ОБЪЕКТОМ

Робастность – это свойство систем автоматического управления (САУ) сохранять устойчивость и качество регулирования, несмотря на существенные изменения динамических параметров технологического объекта управления (ТОУ). Хотя большинство ТОУ в различных отраслях промышленности с достаточной степенью точности могут быть описаны инерционным звеном 1 порядка с запаздыванием, существуют примеры ТОУ, описываемые интегрирующим звеном 1 или 2 порядка с запаздыванием. Такие ТОУ называют астатическими.

Проведем исследование САУ астатическим ТОУ и анализ степени ее устойчивости. Пусть передаточная функция ТОУ имеет вид:

$$W(s) = \frac{k}{T_1 \cdot s^2 + T_2 \cdot s} e^{-\tau \cdot s},$$

где k – коэффициент усиления, [-]; T_1 и T_2 – постоянные времени, сек; τ – время транспортного запаздывания, сек.

Примем пропорционально-дифференциальный (ПД) регулятор:

$$R(s) = k_p + T_d \cdot s,$$

где k_p – коэффициент усиления, T_d – время дифференцирования, сек.

Используем критерий Найквиста и определим критические значения параметров ТОУ, при которых САУ окажется на границе устойчивости. Согласно этому критерию, необходимо решить систему уравнений вида:

$$\begin{cases} \operatorname{Re}(\omega) = \frac{-\omega^2 k T_1 T_d \sin(\tau\omega) + \omega^2 k k_p T_1 \cos(\tau\omega) + \omega^2 k T_2 T_d \cos(\tau\omega) - \omega k k_p T_2 \sin(\tau\omega)}{T_1^2 \omega^4 + T_2^2 \omega^2} = -1, \\ \operatorname{Im}(\omega) = \frac{-\omega^2 k T_1 T_d \cos(\tau\omega) + \omega^2 k k_p T_1 \sin(\tau\omega) + \omega^2 k T_2 T_d \sin(\tau\omega) - \omega k k_p T_2 \cos(\tau\omega)}{T_1^2 \omega^4 + T_2^2 \omega^2} = 0, \end{cases}$$

где $\operatorname{Re}(\omega)$ и $\operatorname{Im}(\omega)$ – вещественная и мнимая частотная характеристика разомкнутой САУ.

Предположим, что параметры ТОУ и ПД регулятора: $k = 2.1$; $T_1 = 32$ сек, $T_2 = 15$ сек; $\tau = 1.8$ сек; $K_p = 1.05$, $T_d = 0.5$ сек.

Тогда, решив систему относительно k , получим критическое значение коэффициента усиления $k_{\text{крит}} = 11.32$; при этом САУ войдет в колебательный режим. Таким же образом можно найти остальные критические значения параметров ТОУ: $T_{1\text{крит}}$, $T_{2\text{крит}}$, $\tau_{\text{крит}}$.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛУ ОТДЕЛЕНИЕМ АДСОРБЦИИ
 ГИБКОЙ БЛОЧНО-МОДУЛЬНОЙ УСТАНОВКИ «ПРОТОН»**

При моделировании системы логического управления (СЛУ) модулем адсорбции используется граф операций - сеть Петри, определяемая шестеркой:

$$G = (N, X, Z, \rho, \lambda, \tau),$$

где N – правильная сеть Петри с ингибиторными дугами; X – множество пометок первого типа, определяющие состояние входных переменных моделируемого процесса; $\rho: T \rightarrow X$ – функция, задающая “нагрузку” переходам, при этом ставящая переходу t сети однозначное подмножество X пометок первого типа; Z – множество пометок второго типа, определяющее состояние выходных переменных; $\lambda: M \rightarrow T$ – функция, задающая “нагрузку” позициям, таким образом, что каждой маркировке ставится в однозначное соответствие множество Z ; $\tau: T \rightarrow R$ – функция, определяющая время срабатывания выбранных переходов; R – множество действительных положительных чисел.

Интерпретированная таким образом сеть Петри позволяет связать срабатывание переходов с сигналами о состоянии аппаратов моделируемой системы, а в результате новых маркировок сети выдавать управляющие воздействия на исполнительные устройства.

Адсорбционный модуль предназначен для адсорбционного удаления микропримеси (например, мышьяка из соляной кислоты) выполнен в виде двух попеременно работающих колон адсорберов, заполненных активированным углём. При израсходовании адсорбционной ёмкости контроллер подает команду на переключение на другой адсорбер и регенерацию угля горячей водой исходного адсорбера.

Для создания модели СЛУ был применен блочно-модульный подход, разработанный на кафедре «Автоматизации производственных процессов», использующий типовые модели взаимодействий аппаратных стадий.

Взаимодействие сборника кислоты, адсорберов и сборника очищенной кислоты адекватно описывает блок-модель тернарного типа взаимодействия. Взаимодействие сборника воды особой чистоты с адсорберами в режиме регенерации адекватно описывает блок-модель бинарного типа взаимодействия. Имитационное моделирование показало адекватность полученных моделей.

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ
ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВЕЩЕСТВ,
МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ**

Теоретической основой подавляющего большинства методов определения теплофизических свойств (ТФС) является феноменологическая теория теплопроводности. При $\lambda = \text{const}$ уравнение имеет вид:

$$C \frac{\partial t}{\partial \tau} = \lambda \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) + q_v.$$

Решение данного уравнения при заданных причинных характеристиках теплообменного процесса в объекте исследования: начальных и граничных условиях, ТФС, формы и геометрических размеров – однозначно определяет температурное поле объекта. Известно, что такая задача является прямой задачей теплопроводности.

Если все, кроме ТФС или теплового потока на границе, причинные характеристики известны, а также известна температура в некоторых точках объекта исследования, то могут быть найдены те, которые являются неизвестными.

В теории теплопроводности данные задачи принято называть коэффициентной (или внутренней) обратной задачей теплопроводности (ОЗТ). Данную задачу можно рассматривать, как идентификацию объекта с распределенными параметрами.

При известной математической модели процесса теплопроводности задача идентификации в этом случае сводится к оцениванию параметров объекта при известном входном и выходном сигнале. При оценивании параметров объекта стремятся получить модель адекватную исследуемому объекту. При этом применяются различные критерии, по которым определяется адекватность модели.

Наиболее распространенными являются: равенство нулю ошибки, или минимум средней квадратической по времени ошибки в заданных точках объекта.

В зависимости от того, что принимается за функцию ошибки, можно выделить два подхода к решению КОЗТ. Первый, наиболее распространенный, основан на использовании функции ошибки: между температурами $t(x_i, \tau)$, измеренными на объекте в определенных точках с координатой x_i , и рассчитанными по модели $t_M(\theta, x_i, \tau)$, где θ – измеряемая тепловая величина: теплопроводность, теплоемкость или температуропроводность.

Определяемые тепловые величины находятся путем подгонки температурного поля модели изменением искомым тепловых величин, к температурному полю объекта. Данный подход будем идентифицировать как, основанный на *функции ошибки температурных полей объекта и модели*.

Второй подход основан на использовании функции ошибки уравнения теплопроводности, записанного в дифференциальной или интегральной форме. Очевидно, что в этом случае не требуется знания температурного поля модели объекта и следовательно отсутствует необходимость решения ПЗТ. В дальнейшем будем его называть подходом, основанным на функции ошибки уравнения теплопроводности.

Данный подход предусматривает получение расчетной формулы определения тепловой величины непосредственно из уравнения теплопроводности, которое может быть представлено в дифференциальной или интегральной форме.

Очевидно, что в этом случае формула будет содержать дифференциальные или интегральные по времени и по координате параметры, которые являются компонентами уравнения теплопроводности. Для их определения необходимо использовать соответствующие приближенные формулы, основанные на аппроксимации распределения температуры по координате или во времени.

При использовании первого подхода, объектом (образец или изделие) исследования при измерение его ТФС является тело простейшей формы (пластина, цилиндр или плоское, цилиндрическое полупространство), которое подвергается тепловому воздействию в специально организованном эксперименте.

Условия проведения теплофизического измерения, т.е. начальное распределение температуры (начальные условия), закон взаимодействия между окружающей средой и поверхностью тела (граничные условия), являются составляющими входного распределенного сигнала $u(x,t)$, и поддерживаются идентичными краевым условиям тепловой модели объекта.

Из решения ПЗТ получают аналитическое представление температурного поля модели $t_{\text{т}}(\lambda, C, x_i, \tau)$ в требуемых точках x_i , в котором содержится информация о теплофизических величинах: теплопроводности λ , объемной теплоемкости C или их отношения – температуропроводности a .

В докладе рассмотрены варианты реализации методов измерения ТФС, использующие первый и второй подходы проектирования методов измерения теплофизических величин.

УДК 536.58:661.91-404

Саяпин В.В., Чеканова В.А., Лопатин А.Г., Брыков Б.А.

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

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ АППРОКСИМАЦИИ S-ОБРАЗНЫХ КРИВЫХ РАЗГОНА ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ

Кривая разгона (КР) объекта управления (ОУ) – это реакция ОУ на ступенчатое воздействие, описываемое функцией Хевисайда:

$$x(t) = 1(t), t \geq 0.$$

Для большинства ОУ, используемых в химической технологии, КР будет иметь вид s-образной кривой.

Получение КР ОУ является важным этапом настройки любой промышленной системы автоматического регулирования, поскольку анализ КР позволяет определить все динамические характеристики ОУ и корректно настроить ПИД регулятор. Подавляющее большинство методов настройки ПИД регулятора предполагают, что известны такие параметры ОУ, как: коэффициент усиления k . [-]; постоянная времени T , сек; время запаздывания τ , сек.

Передаточная функция ОУ в таком случае имеет вид инерционного звена 1 порядка с запаздыванием:

$$W(s) = \frac{k}{T \cdot s + 1} e^{-\tau \cdot s}.$$

Рассмотрим 2 метода аппроксимации s-образной КР ОУ и выполним сравнительный анализ точности аппроксимации, рассчитав величину относительной ошибки.

Первый метод, часто применяемый на практике – графический. Он предполагает проведение касательной в точке перегиба КР до пересечения с начальным (А) и конечным (В) значением регулируемой переменной. Отрезок времени от подачи ступенчатого воздействия до пересечения с начальным значением (А) – это время запаздывания τ , отрезок от А до В – постоянная времени T .

Второй метод – метод Ормана, где предполагается нахождение на оси ординат двух точек – 0.33 и 0.7 от конечного значения. После чего проводят перпендикуляры до пересечения с осью абсцисс и находят соответствующие значения времени t_1 и t_2 . Используя эмпирические формулы, находят искомые значения T и τ .

Для исследования было использовано 2 КР. В Mathcad реализованы алгоритмы аппроксимации КР обоими методами, а также алгоритмы расчета ошибки аппроксимации. Сравнительный анализ результатов показывает, что метод Ормана дает не более 2% погрешности, а графический метод от 4 до 6%.

МОБИЛЬНОЕ WEB-ПРИЛОЖЕНИЕ «СОЦИАЛЬНОЕ ТАКСИ»

Сфера Интернет-технологий является одной из наиболее динамично развивающихся направлений обработки информации на текущий момент. Технологии не успевают получить своего полного пространства, как их сменяют другие, более совершенные.

Благодаря такому интенсивному развитию информационные технологии проникают во все сферы жизни, в том числе и в сферу оказания социальных услуг. В частности, во многих компаниях социального назначения в настоящее время реализуется услуга «Социальное такси».

Социальное такси – это сервис такси с льготными тарифами, предоставляемый социальными центрами обслуживания населения для людей с разной степенью инвалидности. Такие сервисы чаще всего реализовываются с помощью мобильного web-приложения.

Мобильное Web-приложение «социальное такси» позволяет:

- клиенту оформлять заявку на получение специальных транспортных услуг в режиме онлайн при помощи мобильного устройства на операционной системе android или iOS;
- водителю принимать заявку на оказание специальных транспортных услуг в режиме онлайн при помощи мобильного устройства на операционной системе android или iOS;
- решить проблему нарушения логистической цепочки при оказании услуги, тем самым увеличить оперативность ее выполнения;
- определить местоположение клиента, оформившего заявку за счёт использования GPS и ГЛОНАСС модулей мобильного телефона;
- построить маршрут до вызова, за счет чего оптимизируется время и расходы на выполнение заявки.

Данное мобильное Web-приложение обычно реализуется по трехзвенной архитектуре и выделяет в сети сразу 4 вида устройств: сервер базы данных, сервер приложений, клиентская машина, которая представлена либо компьютером (браузером), либо мобильным устройством.

Такой подход обеспечивает защищенность базы данных от несанкционированного доступа, масштабируемость серверов, высокую надежность и самое главное низкое требование к производительности и техническим характеристикам мобильных устройств.

УДК 004.414.2

Шабанова Н.Ю., Ефремова О.А., Медведев С.В., Астахова Т.А.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

НЕОБХОДИМОСТЬ РАЗРАБОТКИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДСИСТЕМЫ АНАЛИЗА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ОРГАНИЗАЦИИ

Для эффективности работы по учету технических и программных средств любой организации необходимо проводить мероприятия по обновлению материально-технической и информационной базы, внедрению современных методов управления с использованием автоматизированных подсистем и автоматизированных рабочих мест работников, созданию банка данных о технике предприятия, его своевременному пополнению, оперативному представлению необходимой информации пользователям.

Наибольшая потребность при проведении аудита технических и программных средств заключается в ответе на вопросы, где и какая единица техники находится, в каком она техническом состоянии, какое программное обеспечение на ней установлено.

Зачастую может происходить перераспределение технических средств внутри организации, в связи с чем необходимо оперативное обновление информации как о ее местонахождении, так и о вновь выполняемых функциях.

При использовании программ для сбора информации о программных, технических и сетевых характеристиках автоматизированных рабочих мест возникает проблема избыточности и не структурированности полученной информации.

По этой причине необходимо спроектировать подсистему, которая позволяла бы вывести только необходимую информацию в удобном для удобном для пользователя виде.

Для разработки автоматизированной информационной подсистемы анализа аппаратно-программного комплекса организации необходимо:

- проанализировать программное обеспечение для сбора информации о технических и программных средствах организации;
- проанализировать программное обеспечение для сбора информации о сетевых настройках оборудования;
- осуществить выборку полученной информации и на основе этого создать базу данных, к которым будет обращаться будущая программа.

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К WEB-САЙТАМ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

В условиях широкой модернизации современного образования основными немаловажными факторами являются: инновационная деятельность каждого учебного заведения, поиск и разработка эффективных методов обучения, воспитание учащихся, управления учебным процессом и профессиональным развитием педагогов. Именно поэтому Web-сайт образовательного учреждения является важнейшим элементом информационной стратегии современного учебного заведения и инструментом достижения ряда образовательных целей, связанных с формированием информационной культуры.

Информационная открытость, то есть доступность информации является важнейшим критерием независимой оценки качества условий оказания услуг, поскольку она позволяет оценить эффективность ведения деятельности образовательной организацией. Web-сайт организации такого типа призван помогать грамотно организовать учебный процесс.

Современному Web-сайту образовательной организации необходимо соблюдать следующие основные требования:

- 1) Web-сайт должен иметь понятный и доступный интерфейс для пользователей, то есть обеспечить простоту использования;
- 2) обеспечивать совместимость Web-сайта со всеми современными браузерами и платформами;
- 3) иметь правильное структурирование Web-сайта;
- 4) обеспечивать высокую скорость Web-сайта, то есть быстроту загрузки контента на страницах;
- 5) обеспечить безопасность Web-сайта;
- 6) наличие версии для слабовидящих;
- 7) адаптивность дизайна;
- 8) наличие раздела обратной связи.

Таким образом, эффективность сайта образовательной организации зависит от понимания потребностей аудитории, иначе говоря сайт образовательной организации должен учитывать не только интересы самой организации, но и предоставить возможность потенциальным и действительным клиентам познакомиться с данным образовательным учреждением, его деятельностью и организацией.

УДК 004.056.53

Шабанова Н.Ю., Ефремова О.А., Медведев С.В., Махов С.Р.

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

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ WEB-РЕСУРСОВ ГОСУДАРСТВЕННЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ

В последнее время, в связи с осложнением политической обстановкой в мире участились атаки на государственные Web-ресурсы. И на сегодняшний день задача обеспечения безопасности Web-ресурсов становится важнее.

Безопасность Web-ресурсов подразумевает обеспечение безопасности данных и недоступность информации третьим лицам, а также обеспечение их работоспособности при различных кибератаках злоумышленников.

Обеспечение безопасности Web-ресурсов зависит от качества программного кода, навыков системного администратора и компетенций всех пользователей, имеющих доступ к конфиденциальной информации.

Угрозы безопасности Web-ресурсов разделяются на следующие категории:

- угрозы доступности – блокировка и ограничение доступа к информации.
- угрозы конфиденциальности – получение злоумышленниками доступа к данным;
- угрозы целостности – несанкционированный взлом и удаление данных;

Для разработки мероприятий по обеспечению безопасности, устранение уязвимостей и повышение уровня защиты Web-ресурсов государственных учреждений необходимо:

- выявить уязвимости Web-Ресурса государственного учреждения;
- организовать фильтрацию входящего трафика на Web-ресурс учреждения с применением межсетевое экранирования уровня приложений;
- выявить и исключить на Web-ресурсе учреждения ссылки и счетчики на ресурсы иностранных компаний, которые могут предоставлять угрозу, а также на сайты с заголовками HTTP;
- организовать защиту Web-ресурса государственного учреждения от DDoS-атак;
- ограничить количество подключений на Web-ресурс учреждения с каждого IP-адреса.

УДК 004.738.5: 659.126

Шабанова Н.Ю., Ефремова О.А., Медведев С.В., Кострюкова Е.А.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

РОЛЬ КОРПОРАТИВНОГО СТИЛЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ WEB-САЙТА ОРГАНИЗАЦИИ

С постоянно растущим объемом и уровнем детализации современных Web-проектов организаций корпоративный стиль становится необходимым, т.к. сайт является ключевым инструментом для формирования имиджа компании, способствует налаживанию отношений между фирмой и клиентом и улучшает представление о её деятельности в целом.

Корпоративный стиль – это образ организации, который позволяет выделяться среди огромного количества конкурентов. Он представляет собой некоторые предварительно описанные графические, цветовые, словесные, звуковые и другие компоненты и принципы, которые также используются при построении Web-сайта компании, чтобы гарантировать визуальное и смысловое единство различных частей ресурса. Корпоративный стиль при разработке сайта должен решать все проблемы, которые возникли у пользователя при работе с ресурсом, обеспечить его наиболее сподручными инструментами для навигации по страницам сайта, а также выполнить свою основную функцию – привлечь и удержать внимание посетителя.

Основными элементами корпоративного стиля являются:

1. Логотип – уникальное наглядное написание названия. В качестве логотипов используются слова или аббревиатура. Логотип повышает лояльность к компании, выделяет её среди конкурентов, производит отличное первое впечатление, которое побуждает посетителей и дальше взаимодействовать с организацией.

2. Изобразительный знак – оригинальный идентификационный графический элемент в виде картинка или рисунка. В большинстве случаев изобразительный знак используется совместно с логотипом, но нередки случаи и использования отдельно.

3. Корпоративная цветовая гамма – набор оригинальных цветовых палитр и цветовых комбинаций. Хорошая цветовая палитра должна отражать бренд компании и находить отклик у её целевой аудитории.

Таким образом, роль корпоративного стиля в разработке Web-сайтов организаций трудно переоценить, т.к. корпоративный стиль как мощный рекламный инструмент поможет сделать узнаваемым Web-сайт в массе других ресурсов.

МОБИЛЬНОЕ WEB-ПРИЛОЖЕНИЕ «ЦИТ НИ РХТУ»

В нашем современном мире мобильные устройства имеют огромную роль в жизни человека. Мобильное приложение «ЦИТ Новомосковский институт им. Д.И. Менделеева» может значительно упростить и ускорить процесс обслуживания оборудования на кафедрах института. Используя данное приложение, пользователь сможет оформить заявку на обслуживание или ремонт технического и программного оборудования на кафедре, которая напрямую поступит в список задач сотруднику ЦИТ. Статус заявки обновляется в реальном времени. Сотрудник ЦИТа сможет просматривать и отслеживать список имеющегося оборудования и расходников на кафедре. Данное мобильное приложение может стать неотъемлемой частью в работе института.

Разработка мобильного приложения происходит в нативной среде разработки Android Studio. Во время разработки используется язык программирования Java. Java – это объектно-ориентированный язык программирования, разработанный компанией Sun Microsystems (в последующем приобретённой компанией Oracle). Android Studio содержит SDK Emulator для тестирования своего ПО в среде ОС Android без помощи подключённых устройств. Так же в ходе разработки была установлена среда для выполнения Android-приложений – Android Runtime, разработанная компанией Google. В качестве сервера при разработке использовался Denver. При настройке сервера было организовано распределение прав доступа пользователей и написание PHP-скриптов.

Разработанное мобильное приложение соответствует следующим требованиям:

- удобная навигация и интуитивно-понятный интерфейс;
- оформление заявки для обслуживания оборудования на кафедре;
- хранение заявок пользователя, которые не были отправлены в ЦИТ;
- формирование списка задач для сотрудника ЦИТ;
- отслеживание состояния заявки;
- настраиваемость параметров пользовательского интерфейса;
- авторизация пользователей;
- просмотр списка имеющегося оборудования на кафедре.

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМ СЕТЕВОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Модернизация систем сетевой безопасности в МКУ Единая дежурно-диспетчерская служба г. Новомосковск включает в себя два элемента: разграничение прав сетевого доступа и модернизация VPN.

Сетевое пространство в ЕДДС разделено на 3 подсети и VPN каналы. Первая подсеть 192.168.50.0 – сеть главного управления, предназначенная для связывания всех компьютеров и обмена данными между ними. Вторая подсеть 172.44.100.0 – сеть безопасного города, она служит для получения и обработки данных для программы Интегра 4D Планета земля. Третья подсеть 192.161.88.0 – сеть настройки серверов, она предназначена настройки, конфигурации и администрированию серверного оборудования и других подсетей.

Сеть управления и сеть безопасного города не изолированы друг от друга, в следствии чего из одной подсети можно увидеть другую сеть и, следовательно, зайти, что не является залогом безопасности. Так же в данный момент доступ к серверному оборудованию есть у любого АРМа. Из этого следует что, если злоумышленник получит доступ к любому АРМу, он получит доступ ко всей сети, и, следовательно, серверному оборудованию.

Так же в ЕДДС реализованы каналы VPN с 5 службами. По этим защищенным каналам они получают данные с сервера Интегры для программы Планета земля. Она реализована при помощи ViP Net и 6 координаторов. Один координатор-сервер, использующийся для авторизации клиентов, который находится в ЕДДС, и 5 координаторов-клиентов находящиеся в каждой службе.

Таким образом модернизация сетевой безопасности является актуальной задачей, для решения которой необходимо:

- провести анализ сетевого пространства для разграничения доступа на сетевом и канальном уровне на пользователей, которые будет ограничен доступ к ресурсам и администраторов у которых будет полный доступ ко всем ресурсам и сетевому оборудованию;
- определить нуждается ли в модернизации VPN каналы, а именно: каналы связи, оборудование, программное обеспечение, права доступа;
- проанализировать 2 сети: сеть управления и сеть безопасного города. Выявить бреши в сетях и разделить эти подсети между собой что бы сеть ГУ не могла ни видеть, ни взаимодействовать с сеть БГ и наоборот.

**МОДЕРНИЗАЦИЯ ЛОКАЛЬНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ
УЗЛОВСКОГО ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ООО «ЭНЕРГОСЕТЬ»**

Модернизация локальной вычислительной сети подразделения ООО «Энергосеть» в г. Узловая включает в себя следующие элементы: замена морально устаревшего сетевого оборудования, организация беспроводной точки доступа, оптимизация текущей топологии сети, разграничение сети на изолированные подсети, разграничение прав доступа к сетевым ресурсам, добавление контроллера Active Directory.

На данный момент локальная вычислительная сеть ООО «Энергосеть» построена неоптимальным способом с применением сетевых концентраторов, без разграничения на изолированные подсети и без организации прав доступа к сетевым ресурсам организации. Это ставит стабильность и безопасность работы сети ООО «Энергосеть» под угрозу.

Отсутствие защищенной беспроводной точки доступа доставляет неудобства работникам, активно использующим в работе мобильность служебного ноутбука и гостям организации, которые могут нуждаться в скоростном интернет-соединении, находясь на переговорах в конференц-зале.

Отсутствие контроллера Active Directory снижает безопасность в локальной сети, осложняет и замедляет процесс обслуживания учётных записей пользователей администратором.

Таким образом модернизация локальной вычислительной сети является актуальной задачей, для решения которой необходимо:

- проанализировать текущую физическую топологию сети организации, выявить её слабые места, найти и реализовать решения найденных проблем;

- провести анализ имеющегося сетевого оборудования, в построении модернизированной сети использовать либо новое оборудование, либо старое, не являющееся морально устаревшим;

- провести анализ текущего разграничения прав доступа к сетевым ресурсам локальной сети, организовать разделённые между собой подсети, права доступа разного уровня к сетевым ресурсам;

- организовать и сконфигурировать контроллер Active Directory на локальном сервере организации;

- добавить в локальную сеть организации, сконфигурированную защищенную беспроводную точку доступа.

Смолянинов Н.И., Силин А.В., Силина И.В.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЫСОКОРАСПРЕДЕЛЁННЫХ СЕТЯХ

Платформа ExtremeCloud IQ. CoPilot предназначена для предоставления объяснимой информации об искусственном интеллекте (ИИ) для администраторов ИТ-сетей, что позволяет им быстро решать известные, но очень сложные проблемы. ExtremeCloud IQ CoPilot неустанно калибруется по множеству отрицательных тестовых случаев и на 99% не содержит ложных срабатываний. Это позволяет ИТ-командам доверять обоснованности рекомендаций и тратить меньше времени на проверку вручную.

В настоящее время CoPilot отслеживает шесть категорий аналитических данных - эффективность Wi-Fi, пропускная способность Wi-Fi, стабильность питания через Ethernet (PoE), неблагоприятные схемы трафика, эффективность восходящей линии связи и повторение динамического выбора частоты (DFS) — с дополнительными категориями, которые будут добавлены.

ExtremeCloud IQ имеет несколько уникальных отраслевых обозначений: это единственное облачно-независимое решение для управления сетью, доступное в Amazon Web Services, Google Cloud Platform и Microsoft Azure, а также в частных и локальных облачных средах; и это единственная платформа управления облачной сетью, сертифицированная по стандартам ISO 27001, ISO 27017 и ISO 27701. ExtremeCloud IQ также получил статус уровня 1 в программе Security Trust Assurance and Risk (STAR) Cloud Security Alliance (CSA).

Чтобы лучше соответствовать требованиям, таким как Глобальное регулирование конфиденциальности данных (GDPR), все клиенты ExtremeCloud IQ сохраняют возможность удалять любые свои данные в любое время. Extreme имеет 17 региональных центров обработки данных (RDC) по всему миру с облачным присутствием на 5 континентах в 13 странах.

Рохит Мехра, вице-президент по сетевой инфраструктуре, IDC отметил, что «Высокораспределенные сети создают уникальные проблемы. Использование интегрированных возможностей ML/AI при сохранении простоты сетевых операций имеет решающее значение для обеспечения оптимальной функциональности сети в пограничных средах для удовлетворения ожиданий пользователей.

УДК 004.056

Егоренков М.С., Ермушев А.В., Гербер Ю.В., Санаева Г.Н.
(Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева)
**О ПРОТИВОДЕЙСТВИИ АТАКАМ КОММЕРЧЕСКИХ
ХАКЕРСКИХ ГРУПП**

В настоящее время коммерческие хакерские группировки особенно активизировались на рынке предоставления криминальных киберуслуг. В случае необходимости при условии достойной оплаты хакерские группировки способны нанести существенный урон конфиденциальным данным как частных лиц, так и организаций. Основной целью хакеров, как правило, является взлом электронной почты, учетных записей социальных сетей, а также ставшие популярными сравнительно недавно получение сведений о гражданском состоянии (паспортные данные, состояние в браке, сведения о детях), о перемещении абонента отслеживанием его телефонных звонков и SMS, сведения о налоговой истории и остатках на банковских счетах и пр. Как правило, организованно действующие группировки скрывают заказчиков киберпреступлений, но не их цели – такие как, например, атаки на правительственные структуры, участие в выборах различного уровня, получение доступа к официальной и частной информации чиновников, политиков, журналистов и правозащитников разных стран, взлом и компрометация сайтов политических и коммерческих организаций, мобильных и телекоммуникационных компаний и т.д.

Помимо этого в сфере интересов хакеров традиционно остаются финансовые цели, а также получение конфиденциальных данных пользователей взломом провайдеров электронной почты. Основные правила противодействия коммерческим хакерским группировкам достаточно просты, но, тем не менее, эффективны: включение двухфакторной аутентификации электронной почты и аккаунтов в социальных сетях с использованием приложений-аутентификаторов или устройства-ключа; использование приложений со сквозным шифрованием для коммуникаций; использование системы шифрования для конфиденциальной переписки, например, PGP; удаление из почты прочитанных писем; ограничение времени хранения отправленных сообщений в мессенджерах; шифрование дисков и папок на устройствах для затруднения доступа злоумышленников к ним; установка программ, предоставляющих возможность удалённого уничтожения информации с мобильных устройств при их утере или краже; выключение устройств при их неиспользовании.

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ГИБРИДНОГО РЕЖИМА РАБОТЫ ОФИСА

В современных условиях при широком использовании технологий дистанционного взаимодействия возникает необходимость перехода офисных работников на смешанный (гибридный) режим работы, включающий в себя как удаленный (офлайн), так и очный (онлайн) режимы работы. Гибридным можно считать формат работы офиса, при котором более 30% сотрудников работают удаленно больше половины рабочего времени. К достоинствам офлайн-режима можно отнести экономию времени сотрудников на дорогу до работы, снижение затрат на аренду и содержание помещений, возможность принимать на работу территориально удаленных сотрудников. Недостатки офлайн-режима: «размытие» границ рабочего и личного времени; работающие удаленно самостоятельно оплачивают интернет-трафик, сотовую связь и коммунальные расходы, связанные с работой; трудности с организацией рабочего места в домашних условиях; сложности защиты корпоративных данных из-за использования сотрудниками личных устройств; работающие удаленно поощряются меньше работающих непосредственно в офисе.

При переходе на гибридный формат работы офиса следует учитывать, что уязвимость удаленного рабочего места выше, чем внутри корпоративного офиса, поэтому необходимо применять только проверенное программное обеспечение для проведения конференций и защищенные каналы связи. При этом необходимо развивать методы общения сотрудников в новых условиях и повышать общую корпоративную культуру. Для успешной реализации гибридного формата работы офиса целесообразно перейти от синхронных форм общения к асинхронным при оцифровке как можно большего числа офисных процессов. При этом необходимо учитывать необходимость смены стиля управления и развития корпоративной культуры, а также внести соответствующие изменения в процессы обучения сотрудников. Перспективным с точки зрения развития гибридного офиса являются Hot Desking-решения – бронирование сотрудником рабочего места при необходимости очного присутствия в офисе.

Распространение гибридного режима работы вызвано необходимостью организаций подстраиваться под изменяющиеся условия работы в современных условиях.

ОБРАТНАЯ ИНДУКЦИЯ

Пусть $a_n : n \in N$ — некоторая подпоследовательность натурального ряда, являющаяся образом инъективного возрастающего отображения натурального ряда в себя. Очевидно, что она мажорирует натуральный ряд, т.е. для любого $k \in N$ найдётся индекс $n \in N$ такой, что $k \leq a_n$.

Основным результатом является следующая теорема. Пусть имеется некоторое высказывание $P(k)$, зависящее от натурального аргумента k . Если истинно $P(a_1)$, из истинности $P(a_n)$ следует истинность $P(a_{n-1})$ и из истинности $P(a_n)$ следует истинность $P(a_n - 1)$, то $P(k)$ истинно для любого натурального числа k .

Докажем неравенство Коши: $\frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n} \geq \sqrt[n]{a_1 a_2 \dots a_n}$ для неотрицательных чисел.

В качестве подпоследовательности возьмём чётные числа. Тогда для 2 неравенство очевидно. Пусть оно верно для $2k$. Получаем, что $\frac{a_1 + \dots + a_k + \dots + a_{2k}}{2k} = \frac{(a_1 + \dots + a_k)k + (a_{k+1} + \dots + a_{2k})k}{2} \geq$ (в силу индуктивного предположения) $\geq \left(\sqrt[k]{a_1 \dots a_k} + \sqrt[k]{a_{k+1} \dots a_{2k}} \right) k \geq$ (для двух слагаемых) $\geq \sqrt[k]{a_1 \dots a_k a_{k+1} \dots a_{2k}} = \sqrt[2k]{a_1 \dots a_k a_{k+1} \dots a_{2k}}$.

Предположим, что верно неравенство $(a_1 + a_2 + \dots + a_k)k \geq \sqrt[k]{a_1 a_2 \dots a_k}$. Тогда из этого предположения для некоторого числа $t \geq 0$ имеем, что $\sqrt[k]{a_1 \dots a_{k-1}} t \leq (a_1 + \dots + a_{k-1} + t)k$. Выберем t таким образом, чтобы $\frac{a_1 + \dots + a_{k-1} + t}{k} = \frac{a_1 + \dots + a_{k-1}}{k-1}$, т.е. полагаем, что $t = (a_1 + \dots + a_{k-1})(k-1)$. Умножим обе части неравенства $\sqrt[k]{a_1 \dots a_{k-1}} t \leq t$ на $1/\sqrt[k]{t}$ и получаем, что $\sqrt[k]{a_1 \dots a_{k-1}} \leq \sqrt[k]{t^{k-1}}$. Осталось обе части неравенства возвести в степень $\frac{k}{k-1}$ и получить $k \sqrt[k]{a_1 \dots a_{k-1}} \leq t = (a_1 + \dots + a_{k-1})k$. Всё доказано.

НЕЛИНЕЙНЫЙ РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ

Если линейное уравнение регрессии неадекватно описывает имеющийся статистический материал, необходимо найти нелинейное уравнение регрессии, удовлетворительно описывающее истинную зависимость.

Как правило, любая нелинейная регрессия может быть представлена полиномом вида $y = \sum_{i=0}^n a_i x^k$. Если степень полинома k выбрана заранее, то оценки коэффициентов a_i находятся непосредственно методом наименьших квадратов. При неизвестной степени аппроксимирующего полинома уравнение регрессии ищется путем последующих уточнений (последовательного повышения степени полинома). Критерием для прекращения процедуры уточнения степени полинома является величина остаточной дисперсии $S_k^2 = \frac{1}{n-k-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \sum_{j=0}^k a_j x_i^j)^2$. Тогда уравнение регрессии k -го порядка может быть представлено в виде $y = b_0 P_0(x) + b_1 P_1(x) + \dots + b_k P_k(x)$, где $P_k(x)$ - полиномы Чебышева, определяемые соотношениями

$$P_0(x) = 1, P_1(x) = x - \frac{n-1}{2},$$

$$P_k(x) = P_1(x)P_{k-1}(x) - \frac{k^2(n^2-k^2)}{4(4k^2-1)} P_{k-2}(x).$$

Коэффициенты регрессии вычисляются по формуле $b_k = \frac{\sum_{i=1}^n P_k(x_i)}{\sum_{i=1}^n P_k^2(x_i)}$.

Если $|b_j| > \frac{t_{1+\alpha}}{2} S_k [\sum_{i=1}^n P_k^2(x)]^{-\frac{1}{2}}$, где $\frac{t_{1+\alpha}}{2}$ - статистика Стьюдента с $f=n-k-1$ степенями свободы, то с доверительной вероятностью α коэффициент регрессии является значимым.

Последовательность анализа нелинейной регрессии с помощью полиномов Чебышева состоит в следующем. Сначала находится линейная регрессия ($k=1$) и соответствующая ей остаточная дисперсия S_1^2 . Далее вычисляется еще один коэффициент регрессии b_2 и дисперсия S_2^2 , соответствующая квадратичной регрессии. Затем критерием Фишера проверяется значимость уменьшения дисперсии S_2^2 по сравнению с S_1^2 . Если $\frac{S_1^2}{S_2^2} \geq F_\alpha$, то квадратичная регрессия предпочтительней линейной. Кубическая регрессия предпочтительней квадратичной, если $\frac{S_2^2}{S_3^2} \geq F_\alpha$ и т. д. Процесс вычислений заканчивается, как только $\frac{S_{k-1}^2}{S_k^2} < F_\alpha$. Так как повышение степени полинома от k до $k+1$ не уменьшает дисперсию регрессии, принимается уравнение регрессии, описываемое полиномом степени k .

ОЦЕНКА ВЫБРОСОВ В РЕГРЕССИИ

Наличие грубых отклонений (промахов, выбросов) в значениях y_i , не связанных с естественным разбросом может приводить к большим ошибкам в построении регрессии. Учитывая, что на практике регрессионная модель часто используется для предсказания поведения исследуемой случайной величины, то наличие выброса в данных может привести к грубым ошибкам прогноза. Одним из методов выявления выбросов в регрессии является критерий Эктона. Будем использовать следующие обозначения: $e_i = y_i - \hat{y}_i$ - остатки в точке x_i , $\bar{e} = \frac{\sum_{i=1}^n e_i}{n}$.

Статистикой критерия является величина $V = \frac{|e_k - \bar{e}|}{S_k}$ где e_k - остаток от предполагаемого выброса; $\bar{e} = \frac{\sum_{i \neq k}^n e_i}{n-1}$ - среднее по всем другим остаткам; S_k - дисперсия отклонения экспериментальных точек линии регрессии с учетом отбрасывания подозрительного k -го наблюдения.

Критерий Эктона применим при $n \geq 30$ для выделения только одного выброса в простейшей линейной модели $y = a + bx$.

Предположим, что при каждом значении независимой переменной x_i получено m_i значений независимой переменной y_i . Тогда оценка для S_k^2 в нашем случае будет иметь вид:

$$S_k^2 = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} (y_{ij} - \bar{y})^2 + \sum_{i=1}^n m_i (\bar{y} - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n m_i}$$

Остаток e_i с вероятностью α признается выбросом, если $V > V_\alpha$, где V_α - критическое значение.

Гипотеза наличия выброса в регрессионной модели с k параметрами проверяется с помощью критерия Прескотта -Лунда, расчетное значение которого определяется по формуле:

$$R^* = \max \frac{|e_i|}{\sqrt{\sum_{i=1}^n e_i^2}}$$

Гипотеза отклоняется, если $R^* < R_\alpha^*$, где R_α^* - критическое значение равное $R_\alpha^* = \sqrt{\frac{(n-k)F}{n-k+1+F}}$; F - $(1 - \frac{1-\alpha}{n})$ - квантиль F-распределения Фишера с $f_1 = 1$ и $f_2 = n - k - 1$ степенями свободы.

**СТРУКТУРА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ САУ ПРИ НАЛИЧИИ
ОГРАНИЧЕНИЙ НА УПРАВЛЯЮЩИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ**

Энергосберегающая система автоматического управления (ЭСАУ) позволяет получать высокое качество регулирования в динамическом режиме работы, и одновременно минимизировать энергозатраты в статическом режиме. Это достигается за счет использования нескольких каналов управления одной технологической величиной, каждый из которых эффективен в некотором диапазоне частот.

Расчет настроек регуляторов, входящих в структуру ЭСАУ, выполняется раздельно для соответствующего канала управления на основе некоторого показателя динамической эффективности (обычно интегральный квадратичный критерий). Полоса пропускания фильтра подбирается таким образом, чтобы соответствующая одноконтурная система регулирования имела меньший модуль амплитудно-частотной характеристики по каналу задание – ошибка регулирования. В то же время не учитываются ограничения на управляющие воздействия, которые возникают из соображений технологии или техники безопасности. В этой связи предлагается изменить структуру ЭСАУ за счет добавления блоков, которые будут учитывать влияние ограничений на управляющие воздействия и компенсировать их действие за счет передачи части управляющего воздействия на другой канал регулирования.

Новая структура ЭСАУ дополняется пороговым элементом, устанавливаемым после соответствующего регулятора, и компенсирующим звеном, выходной сигнал с которого будет складываться с управляющим воздействием второго регулятора. При этом можно рассматривать случаи ограничений как в динамическом, так и в энергоэффективном каналах. Что касается порогового элемента, то он выполняет сравнение фактического управляющего воздействия с максимальным (минимальным) допустимым значением. При этом пока не происходит выход на предельные значения, выходной сигнал порогового элемента равен нулю, и поправка на управляющее воздействие для второго регулятора не происходит.

В докладе приводятся различные варианты подключения корректирующей цепи и структура порогового звена.

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

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ КОРРЕКТИРУЮЩЕГО ЗВЕНА В ЭСАУ ПРИ НАЛИЧИИ ОГРАНИЧЕНИЙ НА УПРАВЛЕНИЕ

Для того чтобы исключить влияние на ограничение управляющих воздействий в структуре ЭСАУ (энергосберегающая система автоматического управления) для одного из регуляторов, вводится поправка на управляющее воздействие другого регулятора.

С этой целью добавляется цепочка, состоящая из порогового элемента и корректирующего звена. Выходной сигнал порогового элемента (Δu) рассчитывается как разность между фактическим управляющим воздействием регулятора (u) и сигналом, формируемым звеном насыщения (u_1), статическая характеристика которого имеет вид:

$$u_1 = \begin{cases} u_{\max}, & \text{если } u > u_{\max} \\ u, & \text{если } u \in [u_{\min}, u_{\max}] \\ u_{\min}, & \text{если } u < u_{\min} \end{cases}$$

Тогда: $\Delta u = u - u_1$.

Передаточная функция корректирующего звена подбирается таким образом, чтобы исключить влияние насыщения за счет использования дополнительного канала управления. В результате совокупное действие от корректирующего сигнала по вспомогательному каналу эквивалентно прохождению сигнала управления по основному каналу.

Так, например, если передаточные функции объекта по каналам регулирования $W_1(s)$ и $W_2(s)$ (первый динамически эффективный, а второй энергоэффективный канал) и ограничение имеет место во втором канале управления, то передаточная функция корректирующего звена $W_k(s)$ имеет вид:

$$W_k(s) = \frac{W_2(s)}{W_1(s)}$$

Учитывая, что $W_1(s) = \frac{k_1}{T_1 s + 1} e^{-\tau_1 s}$ и $W_2(s) = \frac{k_2}{T_2 s + 1} e^{-\tau_2 s}$, где k_1, k_2 –

коэффициенты передачи, а T_1 (T_2), τ_1 (τ_2) – постоянные времени и запаздывание по соответствующим каналам управления, получим:

$$W_k(s) = \frac{k_2}{k_1} \frac{T_1 s + 1}{T_2 s + 1} e^{-(\tau_2 - \tau_1) s}$$

Поскольку обычно $T_2 > T_1$, $\tau_2 > \tau_1$, то получаемое в результате расчета звено технически реализуемо и может обеспечить решение поставленной задачи.

УДК 62-503.5

Халецкий Е.П., Соболев А.В.

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

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЭСАУ ПРИ НАЛИЧИИ ЗВЕНА НАСЫЩЕНИЯ

Одним из наиболее простых и удобных методов исследования качества работы энергосберегающих систем автоматического управления (ЭСАУ) является имитационное моделирование переходных процессов с использованием соответствующего программного обеспечения. В данном случае речь ведется о программе MatLab и его компоненте Simulink, имеющего необходимый набор визуальных средств программирования структуры ЭСАУ и отображения результатов моделирования в виде графиков.

Исходная структура системы управления строится на базе типового блока PID-controller (ПИД-регулятор), настроечные параметры которого рассчитываются с помощью метода РЧХ для соответствующей одноконтурной САР. Остальные элементы системы регулирования реализуются на блоках Transfer Function (передаточная функция) и Transport Delay (транспортное запаздывание). Ввиду наличия ограничений на управляющие воздействия, связанные с технологическими особенностями объекта или соображениями техники безопасности, в структуру ЭСАУ дополнительно вводится пороговый элемент, включающий в себя звено насыщения, и корректирующее звено, рассчитываемое из условий инвариантности к перераспределению управляющих воздействий.

Промоделированы различные варианты систем регулирования, поддерживающих корректирующие цепочки звеньев, когда ограничение на управляющее воздействие возникает в динамически эффективном, либо энергоэффективном канале управления. Проведен сравнительный анализ качества работы таких систем с ЭСАУ без ограничений на управляющие воздействия, с ограничениями на управляющие воздействия, но без корректирующей цепи, а также одноконтурными системами регулирования.

Результаты исследований подтверждают эффективность работы ЭСАУ при наличии ограничений и введения коррекции, в то время как при отсутствии коррекции качество регулирования заметно снижается.

СЕКЦИЯ ЭНЕРГЕТИКИ

УДК 621.311.001.57

Волков И.А., Исаев А.С.

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

ПРИМЕНЕНИЕ ПРЯМЫХ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

Переходный процесс в электрических цепях – режим с переменными параметрами. Он описывается системой линейных уравнений (СЛАУ) в форме однородных дифференциальных уравнений (ОДУ) для мгновенных значений параметров. Традиционно режим RLC-цепей из-за трудоемких расчетов определялся не решением ДУ, а искусственными методами, которые условно можно свести к двум основным – классический (декомпозиция режима на принужденный и свободный процессы) и операторный (использование преобразования Лапласа).

В общем случае в ходе переходного процесса нельзя оперировать постоянными значениями индуктивных (емкостных) сопротивлений из-за невыполнения основного допущения электромагнитных переходных процессов (равенство частоты питающей сети номинальному значению; неизменная частота вращения магнитного поля синхронных машин, равная синхронной). Необходимо рассматривать компонентные уравнения элементов дифференциальной форме. Современные пакеты прикладной математики позволяют получить параметры режима непосредственным решением ОДУ. Наилучшими функциональными возможностями обладает Matlab.

При этом можно выделить несколько возможных путей решения этой задачи (каждый из них приводит к корректному результату): 1. имитационное моделирование (используется библиотека *Simulink*); 2. инструментальное моделирование (редактор ДУ *dee – Differential Equations Editor*); 3. функции Matlab (программная реализация кода в виде скрипта); 4. визуальное моделирование (использование библиотеки *SimPowerSystem*).

В результате проведения машинного эксперимента подтверждена возможность использования для моделирования режимов электрических цепей переменного тока программы Matlab. Получены различные модели – инструментальная, имитационная, визуальная. Все они дают качественно верные результаты, которые соответствуют топологии рассматриваемой цепи и согласуются с общетеоретическими положениями (законы коммутации). Но визуальная модель (*SimPowerSystem*, в новых версиях – *Simscape*) дает точные результаты лишь в области стационарного режима (хотя это может быть приведено в соответствие изменением начальных условий).

Исаев А.С., Кулешов А.Ю.

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

УЧЕТ КОНСТРУКТИВНОГО ИСПОЛНЕНИЯ 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 IT-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 приемы, 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 $\alpha_{отк}$) меняются несущественно (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.

Исаев А. С., Суханов Н. А.

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

ПРИМЕНЕНИЕ ПРЯМЫХ КРИТЕРИЕВ УСТОЙЧИВОСТИ СЭС

Устойчивость системы электроснабжения (СЭС) – способность объекта сохранять исходный режим. Оценка устойчивости проводится качественно (существование и корректность нового установившегося режима) и количественно (определение коэффициентов запаса устойчивости).

Математически переходный процесс СЭС описывается системой дифференциальных уравнений (ДУ), порядок которой определяется количеством объектов (при расчете режима – числом ветвей). Известные методики оценок устойчивости основаны на отказе от решения ДУ из-за сложности определения корней характеристического уравнения. Поэтому были введены вспомогательные (вторичные) критерии устойчивости – алгебраические (Рауса, Гурвица) и частотные (Михайлова, Найквиста, Никольса).

Развитие пакетов прикладной математики (прежде всего, MathCAD и Matlab) позволяет возвратиться к прямым критериям устойчивости (необходимые и достаточные признаки по Ляпунову). При этом программное обеспечение может использоваться на двух уровнях. Первый представляет использование MathCAD как интеллектуального калькулятора. В этом случае решение ДУ выполняется с использованием функции (прежде всего, *odesolve* и *rkfixed*, реализующие методы Рунге-Кутты), а поиск корней характеристического уравнения (как правило, функции в виде полинома) *polyroots*.

На втором уровне используются возможности Matlab. Для определения корней характеристического уравнения используется функции *rzmap* (определение корней и полюсов передаточной функции на комплексной плоскости), *pole* (определение корней функции) для частотных критериев функции *nyquist* (критерий Найквиста) и *nichols* (Никольса). При этом результаты обладают высокой степенью функциональности – использование библиотеки моделирования *Simulink* (пакет *LTI Viewer*) позволяет получать области устойчивости (D-разбиение) при вариации исходных данных.

Таким образом, использование современных пакетов прикладной математики (оптимальным по степени функциональности является Matlab) позволяют изменить подход к расчету устойчивости – отказ от алгебраических критериев в пользу прямых (непосредственное получение корней характеристического уравнения и решение ДУ).

ГАРМОНИЧЕСКИЙ УТРОИТЕЛЬ ЧАСТОТЫ

Утроение частоты гармонического сигнала используется в радио-передающих устройствах с целью получения высокой стабильности частоты выходных колебаний при относительно низкой частоте задающего генератора с кварцевой стабилизацией частоты.

Большинство утроителей частоты имеют достаточно высокий уровень побочных гармоник в выходном напряжении. Это искажает форму выходного напряжения и снижает точность преобразования частоты. Разработанный гармонический утроитель частоты свободен от вышеприведенных недостатков.

На рис. 1 приведена функциональная схема утроителя частоты, который содержит управляемый фазовращатель 1, компаратор 2, переключатель 3, интегратор 4, преобразователь частота-напряжение 5 и переключатель полярности 6 [1].

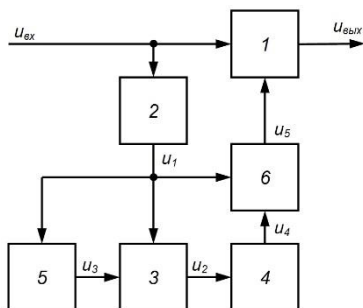


Рис. 1. Функциональная схема утроителя частоты

Утроитель частоты работает следующим образом. Входное синусоидальное напряжение $u_{вх} = U_m \sin \omega t$ с частотой $\omega = 2\pi f$ подается на входы управляемого фазовращателя 1 и компаратора напряжения 2. Компаратор 2 преобразует входное синусоидальное напряжение $u_{вх} = U_m \sin \omega t$ в переменное напряжение u_2 прямоугольной формы фиксированной амплитуды 5 В (рис. 2), которое поступает на первый вход переключателя 3. При этом на второй вход переключателя 3 поступает напряжение с выхода преобразователя частота-напряжение 5, пропорциональное частоте входного сигнала f . При этом коэффициент

передачи $K_{п} = U_3/f$ преобразователя частота-напряжение 5 выбирается таким образом, чтобы при максимальной рабочей частоте f_{max} утроителя, максимальное напряжение на втором входе умножителя не превышало 10 В, т. е. $K_{п1} = 10/f_{max}$.

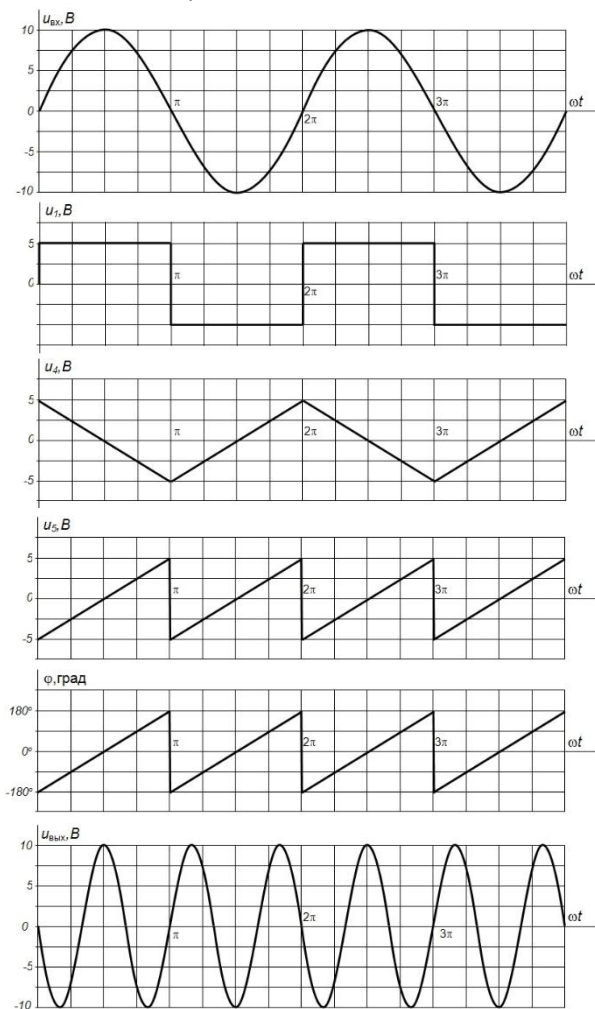


Рис. 2. Временные диаграммы работы утроителя

В результате перемножения этих напряжений в умножителе 3, на входе интегратора 4 формируется прямоугольное напряжение, амплитуда которого U_{2m} пропорциональна текущей частоте f :

$$U_{2m} = K_{n1} K_{n2} U_{1m} f = \frac{10}{f_{\max}} \cdot 0,1 \cdot 5 \cdot f = 5 \cdot \frac{f}{f_{\max}},$$

где $K_{n1} = 10/f_{\max}$ – коэффициент передачи преобразователя частота-напряжение 5;

$K_{n2} = 0,1$ – коэффициент передачи перемножителя 3;

$U_{1m} = 5$ В – амплитуда выходного напряжения компаратора.

Интегратор 4 преобразует его входное напряжение u_2 прямоугольной формы в переменное напряжение треугольной формы, амплитуда которого определяется выражением;

$$U_{4m} = \frac{1}{RC} \int u_2 dt = \frac{U_{2m} t}{RC} = \frac{U_{2m} T}{4RCf} = \frac{U_{2m}}{4RCf} = \frac{K_{n1} K_{n2} U_{1m} f}{4RCf} = \frac{5}{4RCf_{\max}},$$

где $T = 1/f$ – период входного сигнала устроителя.

Так как амплитуда входного напряжения u_2 интегратора пропорциональна частоте f , то выходное напряжение u_4 интегратора треугольной формы имеет стабильную амплитуду $U_{4m} = 5$ В и не зависит от частоты f входного сигнала устроителя частоты.

Отсюда следует, что для выбора параметров времязадающих элементов схемы интегратора 4 R и C необходимо выдержать следующее соотношение:

$$\frac{1}{4RC} = f_{\max}.$$

Выходное напряжение u_4 интегратора 4 треугольной формы подается на вход переключателя полярности 6, на управляющий вход которого подается напряжение u_1 прямоугольной формы с выхода компаратора 2. Это напряжение приводит к переключению переключателя полярности 6. Причем положительная полярность напряжение u_1 приводит к изменению полярности выходного напряжения u_4 интегратора 4 на противоположную, а отрицательная полярность – не изменяет полярность напряжения u_4 . Коэффициент передачи переключателя полярности 6 выбран, равным единице, поэтому в первый полупериод он работает как инвертор, а во второй – как повторитель (рис. 2).

В результате на выходе переключателя полярности 6 формируется переменное пилообразное напряжение амплитудой равной $U_{5m} = 5$ В и удвоенной частотой $2f$. Это напряжение подается на управляющий вход управляемого фазовращателя 1 (рис. 2).

В устройстве применен управляемый фазовращатель 1, который позволяет линейно изменять фазу φ входного сигнала от -180° до $+180^\circ$ при изменении величины управляющего напряжения от -5 В до $+5$ В (фиг. 2). Это пилообразное управляющее напряжение, воздействуя на управляемый фазовращатель 1, изменяет фазу φ его входного сигнала от -180° до $+180^\circ$ с двукратной частотой $2f$.

В результате на выходе управляемого фазовращателя 1 и на выходе утроителя частоты, в соответствии с известными тригонометрическими тождествами, формируется выходное напряжение $u_{\text{вых}}$:

$$\begin{aligned} u_{\text{вых}} &= U_{m\text{вх}} \sin(\omega t + \varphi) = U_{m\text{вх}} \sin(\omega t + 2\omega t - 180^\circ) = \\ &= U_{m\text{вх}} [\sin \omega t \cdot \cos(2\omega t - 180^\circ) + \sin(2\omega t - 180^\circ) \cos \omega t] = \\ &= U_{m\text{вх}} \left[\frac{\sin(\omega t - 2\omega t + 180^\circ) + \sin(\omega t + 2\omega t - 180^\circ)}{2} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{\sin(2\omega t - 180^\circ - \omega t) + \sin(2\omega t - 180^\circ + \omega t)}{2} \right] = \\ &= U_{m\text{вх}} \left[\frac{\sin(\omega t + 2\omega t - 180^\circ)}{2} + \frac{\sin(2\omega t - 180^\circ + \omega t)}{2} \right] = U_{m\text{вх}} \sin(3\omega t - 180^\circ). \end{aligned}$$

Из полученного выражения и временных диаграмм (рис. 2) видно, что частота выходного напряжения утроителя равна 3ω , то есть имеет место утроение частоты ω входного сигнала.

При практической реализации предлагаемого утроителя частоты управляемый фазовращатель 1 можно выполнить по схеме [2]. Компаратор 2 можно выполнить на операционном усилителе (ОУ) с двусторонним ограничителем напряжения на двух стабилитронах в цепи его обратной связи. Перемножитель 3 можно выполнить на микросхеме КР525ПС3. Интегратор 4 можно выполнить по известной схеме на ОУ с времязадающей RC -цепью. В качестве преобразователя частота-напряжение 5 можно использовать преобразователь на микросхеме КР1108ПП1. Переключатель полярности 6 можно выполнить по схеме управляемого усилителя [3].

Литература

1. Патент № 206287 РФ, МПК *H03B 19/14*. Утроитель частоты / Е.Б. Колесников. Оpubл. 3.09.2021. Бюл. № 25.
2. Патент № 206198 РФ, МПК *G01R 25/04*, *H03H 11/15*, *H03H 17/08*. Управляемый фазовращатель / Е.Б. Колесников. Оpubл. 30.08.2021. Бюл. № 25.
3. Патент № 168550 РФ, МПК *G01R 25/00*. Устройство сдвига фазы на 90 градусов / Е.Б. Колесников. Оpubл. 8.02.2017. Бюл. №4.

Колесников Е.Б., Кислицын Т.Е.

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

УПРАВЛЯЕМЫЙ ФАЗОВРАЩАТЕЛЬ

Управляемые фазовращатели нашли широкое применение в радиоэлектронике, автоматике, системах связи. На них строятся электронные генераторы, управляемые фильтры, модуляторы и демодуляторы, умножители и делители частоты, устройства формирования системы многофазных сигналов [1].

Известные управляемые фазовращатели имеют ограниченный диапазон фазовых сдвигов, имеют достаточно высокую сложность схемы из-за большого количества элементов и имеют сравнительно низкую точностью фазовой характеристики особенно в переходных режимах. Разработанный управляемый фазовращатель свободен от вышеприведенных недостатков.

На рис. 1 приведена функциональная схема управляемого фазовращателя, который содержит блок сдвига фазы на 90° 1, первый и второй управляемых делителя напряжения 2 и 3, сумматор 4, блок масштабирования 5, арксинусный преобразователь 6 и формирователь косинуса 7 [2].

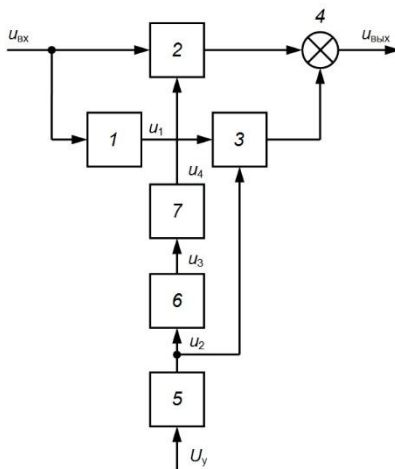


Рис. 1. Функциональная схема управляемого фазовращателя

Устройство работает следующим образом. Входное синусоидальное напряжение переменного тока $u_{\text{вх}} = U_{m \text{ вх}} \sin \omega t$ (рис. 2) с частотой ω подается на входы первого управляемого делителя напряжения 2 и блока сдвига фазы на 90° , на выходе которого формируется напряжение

$u_1 = U_{\text{мвх}} \cos \omega t$ и подается на вход второго управляемого делителя напряжения 3.

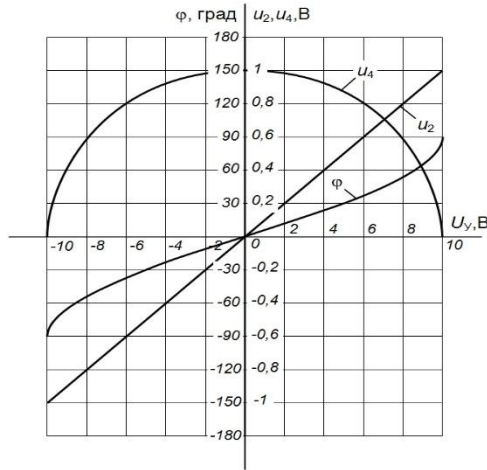


Рис. 2. Регулировочная характеристика управляемого фазовращателя

Одновременно на вход блока масштабирования 5 подается напряжение U_y . При выборе величины напряжения управления $U_y = \pm 10$ В коэффициент передачи блока масштабирования 5 выбран равным $K_n = 0,1$. В результате этого на выходе блока масштабирования 5 получается напряжение $u_2 = \sin \varphi$ с единичной амплитудой, пропорциональное напряжению управления U_y (рис. 2), которое подается на управляющий вход второго управляемого делителя напряжения 3. Зависимость $u_2 = f(U_y)$ линейная (рис. 2). После преобразования напряжения $u_2 = \sin \varphi$ в арксинусном преобразователе 6, на его выходе формируется напряжение u_3 пропорциональное величине угла сдвига фазы φ . Напряжение u_3 поступает на вход формирователя косинуса 7, на выходе которого формируется напряжение $u_4 = \cos \varphi$ с единичной амплитудой (рис. 2) и подается на управляющий вход первого управляемого делителя напряжения 2. Зависимость $u_4 = f(U_y)$ представляет собой полуокружность с единичным радиусом (рис. 2).

Управляемые делители напряжения 2 и 3 производят операцию перемножения соответствующих входных сигналов $u_{\text{вх}} = U_{\text{мвх}} \sin \omega t$ и $u_1 = U_{\text{мвх}} \cos \omega t$ на полученные сигналы $u_4 = \cos \varphi$ и $u_2 = \sin \varphi$ (операцию умножения на сигналы величиной меньше единицы, т. е. фактически операцию деления). Выходные сигналы управляемых делителей

напряжения 2 и 3 суммируются в сумматоре 4, на выходе которого и на первом выходе фазовращателя, согласно известному тригонометрическому выражению, формируется напряжение $u_{\text{вых}}$:

$$u_{\text{вых}} = (U_{m\text{вх}} \sin \omega t) \cos \varphi + (U_{m\text{вх}} \cos \omega t) \sin \varphi = U_{m\text{вх}} \sin(\omega t + \varphi).$$

Отсюда следует, что управляемый фазовращатель позволяет сдвигать фазу входного напряжения при изменении U_y в пределах от -10 В до $+10$ В на φ от -90° до 90° . В результате предлагаемый управляемый фазовращатель обеспечивает сдвиг фазы входного напряжения в пределах 180° при изменении величины напряжения управления U_y в пределах ± 10 В. Зависимости угла сдвига фазы φ от U_y приведена на фиг. 2. Достоинством данного фазовращателя также является нулевой сдвиг фазы выходного сигнала при нулевом сигнале управления U_y , что упрощает построение фазосдвигающих устройств.

При практической реализации предлагаемого управляемого фазовращателя блок сдвига фазы на 90° 1 можно выполнить по схеме [3]. Управляемые делители напряжения 2 и 3 можно выполнить на микросхеме перемножителя напряжений К525ПС3 с коэффициентом передачи равным единице [4]. Сумматор 4 представляет собой обычный двухвходовой неинвертирующий сумматор на операционном усилителе (ОУ). Блок масштабирования 5 представляет собой неинвертирующий усилитель на ОУ с коэффициентом усиления 0,1. Арксинусный преобразователь 6 можно выполнить на ОУ, включив формирователь синуса, выполненный по схеме [5] в цепь его отрицательной обратной связи. Формирователь косинуса 7 можно выполнить на микросхеме AD639 [6].

Литература

1. Дубровин В.С. Управляемые фазовращатели // Южно-Сибирский научный вестник. – Бийск, 2012. – Вып. 1 (1). – С. 38-41.
2. Патент № 206073 РФ, МПК *G01R 25/00*. Управляемый фазовращатель / Е.Б. Колесников, опубл. 9.06.2021. Бюл. № 23.
3. Патент №127554 РФ, *H03B 27/00*. Формирователь квадратурных сигналов / Дубровин В.С., Зюзин А.М., опубл. 27.04.2013. Бюл. № 12.
4. Коломбет Е.А. Микроэлектронные средства обработки аналоговых сигналов. – М.: Радио и связь, 1991. – 378 с.
5. А. Дж. Пейтон, В. Волш. Аналоговая электроника на операционных усилителях. – М.: БИНОМ, 1994. – 352 с. –
6. Хоровиц П. и Хилл У. Искусство схемотехники. – М.: БИНОМ, 2014. – 704 с.

Лагуткин О.Е., Базаров А.А.

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

РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ОАО "ЩЕКИНОАЗОТ"

Одним из основных элементов системы электроснабжения ОАО "Щекиноазот" являются крупные синхронные и асинхронные двигатели напряжением 6 кВ. Нами произведен расчет релейной защиты этих элементов, который включает в себя следующие виды защит:

- от многофазных замыканий на линейных выводах и в обмотке статора для двигателей мощностью до 4 МВт применяется максимальная токовая отсечка. Токовая отсечка электродвигателей мощностью до 2 МВт выполняется по наиболее простой однорелейной схеме. Для двигателей мощностью выше 4 МВт и в случаях, когда токовая отсечка не проходит по чувствительности, применяют продольную дифференциальную защиту без выдержки времени.

- от перегрузки защита устанавливается в случаях, когда возможны технологические перегрузки электродвигателей или имеются тяжелые условия пуска и самозапуска (время пуска более 20 сек). Устанавливается максимальная токовая защита с действием на сигнал. Действие защиты на отключение предусматривается в случаях, когда без остановки двигателя выявить причину перегрузки невозможно.

- от однофазных замыканий на землю на линейных выводах и в обмотке статора устанавливается, если ток срабатывания защиты превышает 10 А для электродвигателей мощностью до 2 МВт и 5 А для электродвигателей мощностью выше 2 МВт. Устанавливается токовая защита нулевой последовательности или токовая направленная защита нулевой последовательности. На электродвигателях большой мощности, питаемых через два и больше кабелей, защита от замыканий на землю выполняется с одним общим трансформатором тока нулевой последовательности. Для защиты от двойных замыканий на землю применяется токовая отсечка нулевой последовательности.

- от потери питания и понижения напряжения устанавливается защита минимального напряжения, отключающая неответственные электродвигатели для обеспечения самозапуска наиболее ответственных электродвигателей. В некоторых случаях, например, для пуска схем АВР, могут быть отключены и часть ответственных электродвигателей. Число ступеней уставок срабатывания по напряжению и по времени зависит от типа электродвигателей, условий их работы и отношения к самозапуску.

- от асинхронного режима (для синхронных электродвигателей) устанавливается защита на токовом реле, действующем на отключение выключателя и АГП с выдержкой времени.

РАСЧЕТ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ ООО «ПРОМЭНЕРГОСБЫТ»

Одним из важнейших условий бесперебойной работы электроэнергетических установок является применение специальных устройств релейной защиты. Релейная защита предназначена для автоматического отключения поврежденного участка электрической сети от остальной неповрежденной части. Само понятие релейная защита появилось после изобретения специальных электромеханических аппаратов, называемых реле.

Основное назначение релейной защиты заключается в выявлении места возникновения короткого замыкания и максимально быстром автоматическом отключении поврежденного участка электрической сети от неповрежденной части. Таким образом, при коротких замыканиях релейная защита выполняется с действием на отключение.

Другое назначение релейной защиты заключается в выявлении ненормальных режимов работы электротехнического оборудования промышленного предприятия и подаче предупредительных сигналов обслуживающему персоналу. Отключение оборудования должно происходить с выдержкой времени. Таким образом, при ненормальных режимах работы релейная защита выполняется с действием на сигнал.

Нами произведен расчет релейной защиты элементов системы электроснабжения ООО «Промэнергосбыт». Основным элементом системы электроснабжения являются трансформаторы напряжением 6-10 / 0,4 кВ.

Релейная защита таких трансформаторов зависит от типа коммутационных аппаратов, установленных на стороне высшего и низшего напряжения и включает в себя защиты:

от междуфазных коротких замыканий на стороне высшего напряжения – предохранители (в случае применения выключателей нагрузки); максимальная токовая защита; иногда, по условию обеспечения селективности, устанавливается токовая отсечка.

от однофазных замыканий на землю на стороне низкого напряжения – автоматические выключатели на стороне низкого напряжения или специальная защита нулевой последовательности, установленная в нулевом проводе на стороне низкого напряжения.

от повреждений внутри кожуха и понижения уровня масла – газовая защита, устанавливаемая на трансформаторах мощностью 400 кВА и выше; у герметически закрытых трансформаторов, не имеющих расширителя, вместо газового реле устанавливают реле повышения внутритрансформаторного давления, работающего на отключение.

от перегрузки – максимально – токовая защита.

Ошурков М.Г., Бирюков К.Р.

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

ПРОГРАММА РАСЧЕТА ПЛАТЫ ЗА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ НА РОЗНИЧНЫХ РЫНКАХ

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.

Для расчета нужно заменить исходные данные в таблицах на соответствующие фактические показатели предприятия (объемы почасового потребления, тарифные ставки гарантирующего поставщика). 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.

Оператор вводит (копированием из отчетности гарантирующего поставщика) в подготовленные таблицы данные на отчетный месяц по тарифам на ЭЭ и мощность (1ЦК÷6ЦК), по стоимости отклонений планового и фактического почасового потребления; плановые и отчетные часы пиковой нагрузки (для 3ЦК÷6ЦК), интервалы тарифных зон суток (для 2ЦК); значения планового почасового потребления на отчетный месяц (для 5ЦК, 6ЦК).

На отдельные листы программой выводятся следующие результаты.

По 1ЦК – общее месячное потребление ЭЭ, плата за ЭЭ. По 2ЦК – месячное электропотребление по пиковой, полупиковой и ночной тарифным зонам суток, плата за ЭЭ отдельно по зонам суток, общая плата за электроэнергию. По 3ЦК – общее месячное потребление ЭЭ, значение мощности, покупаемой на оптовом рынке и плата за нее, плата за ЭЭ, общая плата за ЭЭ и мощность. По 4ЦК – общее месячное потребление ЭЭ, значение мощности, покупаемой на оптовом рынке и плата за нее, плата за ЭЭ, общая плата за ЭЭ и мощность. По 5ЦК и 6ЦК выводятся те же данные, что и для 3ЦК и 4ЦК соответственно и дополнительно указывается величина оплаты отклонений от плана электропотребления.

Ошурков М.Г., Лантеев А.С.

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

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ ЭНЕРГОРАЙОНА

Обоснованы и предложены мероприятия по модернизации электрической сети энергорайона в Республике Саха (Якутия). Модернизация обусловлена увеличением мощности Нерюнгринской ГРЭС и увеличением нагрузки объектов потребления. Нерюнгринская ГРЭС включает в свой состав три ПТУ мощностью 190 МВт каждая. Схемы РУ 110 и 220 кВ – две секционированные системы шин. Расширение станции предусматривает сооружение дополнительного энергоблока ПТУ мощностью 210 МВт. На генераторах устанавливается регулятор возбуждения типа АРВ-3М. Необходимо проверить режимы и, при необходимости, внести изменения в схему прилегающей к станции электрической сети. На год ввода электростанции нагрузка на шинах 220 кВ ПС Н. Куранах увеличивается на $50+j30$ МВА. Нагрузки в летний минимум от нагрузки зимнего максимума снижаются на 20 %.

Нами разработаны варианты схемы присоединения вновь сооружаемого блока к сети энергорайона. Выбраны схемы распределительных устройств электростанции для вариантов схемы выдачи мощности. Разработаны расчетные модели вариантов схемы присоединения сооружаемого блока с учетом существующей электрической сети в ПК RastrWin. Выполнены расчеты установившихся электрических режимов и проверена техническая осуществимость вариантов схем выдачи мощности в электрические сети. Проведено технико-экономическое сравнение двух вариантов схем в актуальных ценах.

Для одной схемы обоснована необходимость сооружения дополнительной двухцепной ЛЭП 110 кВ., замена автотрансформаторов на существующей подстанции на более мощные, установка двух трансформаторов на новой подстанции. Для поддержания требуемого уровня напряжения на подстанциях изменены номера регулировочных отпаек. Для другого варианта требуется новая ЛЭП 220 кВ и два трансформатора на новой подстанции. Эта схема оказалась дешевле, так как высока стоимость автотрансформаторов.. Для рекомендуемого варианта выполнен анализ баланса реактивной мощности и выбраны средства компенсации реактивной мощности. Выполнены расчеты статической и динамической устойчивости, расчеты токов короткого замыкания. Определены требования к коммутационному оборудованию электростанции. Оценены капиталовложения в рекомендуемый вариант.

Ошурков М.Г., Суханов В.А.

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

СИСТЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ

Нами разрабатывается система прогнозирования и регулирования параметров электропотребления на различные временные интервалы, в том числе для обеспечения работы потребителя на оптовом рынке электроэнергии.

Назначение: комплексный анализ электрических, экономических и технологических показателей с разработкой математических моделей и программ для оперативного, краткосрочного и среднесрочного прогнозирования и регулирования расхода электроэнергии энергоемких агрегатов, производственных участков, отделений, цехов, производств и предприятия в целом. Работы проводятся с использованием авторских теоретических разработок и программно-математического обеспечения.

Область применения: оперативное и краткосрочное прогнозирование параметров электропотребления энергоемких агрегатов и производств с целью управления электропотреблением, регулирования графика нагрузки и определения договорных параметров на ближайший расчетный период (час, сутки, неделя); прогнозирование параметров электропотребления на основе причинных моделей, моделей структурной устойчивости, моделей аппроксимации временных рядов для определения параметров электропотребления на месяц, квартал, год; выявление технологических параметров, существенно влияющих на параметры электропотребления и удельные расходы электроэнергии для разработки организационных и технических мероприятий повышения энергоэффективности предприятия; анализ динамики общих и удельных расходов электроэнергии для энергоемких агрегатов производства; выявление характерных технологических состояний производств процедурами кластерного анализа и математического аппарата нейронных сетей.

Система прогнозирования используется для обоснования планов реконструкции и развития системы электроснабжения; определения договорных величин потребления электроэнергии (мощности) на ближайший расчетный период для минимизации платы за электроэнергию; повышения эффективности системы оперативного планирования и управления электропотреблением для потребителей – участников оптового рынка электроэнергии (мощности).

АНАЛИЗ МЕРОПРИЯТИЙ ПО РЕГУЛИРОВАНИЮ ГРАФИКОВ НАГРУЗКИ НА ХИМИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Организационные и технические мероприятия по регулированию активной мощности на промышленных предприятиях различны:

Организация ремонтов энергоемких электроприемников в часы максимума нагрузки энергосистемы. Ревизии, текущий ремонт, техническое обслуживание заводских электроприемников следует проводить в часы прохождения максимума нагрузки энергосистемы. Длительные ремонты следует планировать на период осенне-зимнего максимума. Это позволит разгрузить систему во время наибольшей нагрузки, на которую и приходится рассчитывать установленную мощность электростанций и районных электрических сетей.

Использование резервных агрегатов для создания запаса промежуточного продукта в часы пониженной нагрузки позволяет остановить часть или все агрегаты на время максимума нагрузки системы. Например, насосы наполняют резервуары, емкость которых равна 3—4-часовому расходу воды. Если наполнить их до наступления максимума нагрузки в системе, то можно отключить все насосы на время максимума. Зарядные станции заводских электровозов, электрокаров заряжают за сутки сотни аккумуляторов. В конце смены разряженные аккумуляторы заменяются на заряженные. При наличии резервных зарядных агрегатов можно избежать зарядки в часы максимума нагрузки и получить значительный эффект от регулирования мощности зарядных станций. Такой же эффект можно получить путем смещения обеденных перерывов участков и цехов, рабочей смены ремонтного и вспомогательного участков.

Изменение хода технологического процесса может дать значительный эффект регулирования мощности на энергоемких предприятиях. Так можно делать переключение индукционных установок в режим подогрева на время максимума нагрузки.

Установка дополнительных агрегатов на кислородных станциях, дополнительных емкостей промышленного продукта позволяет существенно снизить нагрузку заводов в часы максимума системы ценой дополнительных капиталовложений в заводскую технику.

Для оценки экономического эффекта выравнивания графика нагрузки необходимо сравнить получаемую при этом экономию затрат в энергосистеме с дополнительными затратами на предприятиях, необходимыми для обеспечения этого регулирования.

СИНТЕЗ РЕГУЛЯТОРА ДЕМПФИРОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ В ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ КОНВЕЙЕРА

Демпфирование динамических колебаний в электроприводе ленточного конвейера предложено реализовать средствами рационального управления приводным двигателем. Разработан регулятор демпфирования с обратной связью по величине деформации ленты конвейера. Получены оптимальные значения параметров ПИД-регулятора частотно-управляемого асинхронного электропривода. Для реализации математической модели привода разработана универсальная форма определения деформации δ на любом участке сложной кинематической цепи механической части привода в виде передаточной функции $W(p)$ по управляющему сигналу u_y :

$$\delta_{ij}(p) = u_y(p) \cdot W(p) = \frac{[Y_{ii}(p) - Y_{ij}(p)] \cdot A(p)}{p^2 [B(p) \cdot Y_{ii}(p) \cdot Y_{ii}(p) + C(p) \cdot D(p)]}$$

где параметры двигателя $A(p) = \beta \cdot K_{\Pi}$, $B(p) = \beta(T_1 p + 1)$, $C(p) = (T_1 p + 1)(T_2 p + 1)$; $Y_{ii}(p)$, $Y_{ij}(p)$, $D(p)$ – матрицы, определяемые механической частью привода [1].

Регулятор, демпфирующий колебания деформации ленты конвейера, получен в виде передаточной функции:

$$W_p(p) = \frac{18,2 \cdot (0,21 + p)(0,43 + p)}{s}$$

На модели электропривода получены переходные функции деформации ленты конвейера без регулятора (рисунок 1а) и с регулятором (рисунок 1б).

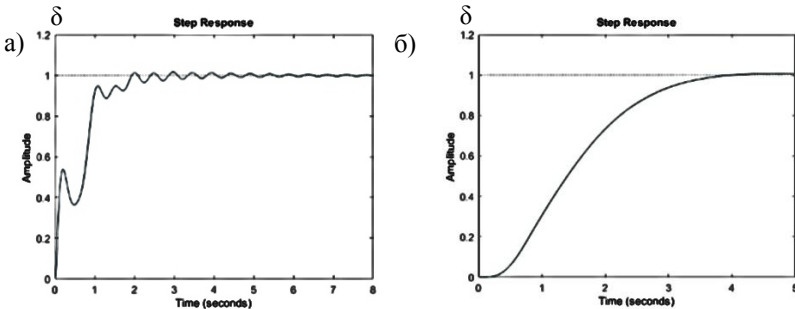


Рисунок 1 – Переходная функция деформации а) привод без регулятора, б) привод с регулятором.

В электроприводе с регулятором динамические колебания деформации ленты конвейера полностью демпфированы.

Моделирование проводилось с применением интерактивного программного пакета Matlab.

Литература

1. Ребенков Е.С. Цифровой регулятор демпфирования упругих колебаний в многомассовом электроприводе // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2014. №2. С. 330 – 335.

УДК 621.311

Стебунова Е.Д., Башмаков П.А.

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

ПРИМЕНЕНИЕ ТРАНСФОРМАТОРОВ С РАСЩЕПЛЕННЫМИ ОБМОТКАМИ НА ПОДСТАНЦИЯХ

В качестве источников питания на промышленных предприятиях, мощность которых больше 8-10МВА, как правило применяются главные понизительные подстанции (ГПП). По назначению такие подстанции являются потребительскими и по схемам могут быть выполнены или по упрощенным схемам или с небольшим числом выключателей на стороне высокого напряжения (110-220кВ).

Мощность силовых трансформаторов на ГПП может быть выбрана двумя способами: по графикам электрических нагрузок или по коэффициентам загрузки в нормальном и аварийном режимах. Первый способ применим довольно редко из за отсутствия графиков нагрузок. Значение коэффициентов загрузки зависит от состава приемников электроэнергии по надежности электроснабжения. Номинальная мощность трансформаторов на ГПП от 6,3МВА до 80МВА. При мощности трансформаторов 25МВА и выше встает вопрос о конструктивных особенностях применяемых трансформаторов, т.е. применить двухобмоточные трансформаторы или двухобмоточные с расщепленными обмотками низкого напряжения 6-10кВ. Существенная разница между этими трансформаторами состоит в том, что схема замещения двухобмоточных трансформаторов одно сопротивление практически равно напряжению короткого замыкания ($u_k\%$), а схема замещения трансформаторов с расщепленными обмотками трехлучевая звезда: сопротивление обмотки высокого напряжения $X_{ТВН}\% = 0,125u_k\%$ и два сопротивления расщепленных обмоток низкого напряжения (6;10кВ) равно $X_{ТНН1} = X_{ТНН2} = 1,75u_k\%$.

Таким образом, сопротивление между обмотками высокого напряжения (110-220кВ) и низкого напряжения (6-10кВ) увеличивается практически в 2 раза. Особенно это актуально при напряжении обмот-

ки низкого напряжения 6кВ, т.к. ток короткого замыкания уменьшается в два раза. Напряжение 6кВ применяется в тех случаях когда к распределительному устройству подключаются электродвигатели этого уровня напряжения.

Такое решение позволяет применять комплектные распределительные устройства (КРУ) с выключателями, рассчитанными на минимальную отключающую способность, что значительно уменьшает стоимость подстанции в целом.

УДК 621.316.999

Ильин А.И., Гришин Д.А.

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

ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОДУЛЬНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ

С начала 2000-х тысячных годов в России и других странах СНГ всё большую популярность набирает использование модульного заземления. Модульное заземление – конструкция, включающая в себя стальные штыри. Каждый штырь имеет медное покрытие. Длина штыря от 1,5 до 2 метров. Общая длина заземлителя может достигать порядка 25 – 40 метров. Такой тип заземления может применяться как в частных жилых зданиях, так и на промышленных объектах.

Особенность этого вида заземления заключается в том, что электрод сборный, по мере погружения его в землю накручивают сверху дополнительные модули, увеличивая его длину. Существует заземлители с резьбовыми муфтами и с резьбой, наружной и внутренней в самих стержнях.

По заявлению производителей для обеспечения сопротивления заземления 4 - 6 Ом модульное заземление должно быть длиной 6-15м. Это гораздо компактнее по сравнению с электродами из уголка или арматуры. Основные преимущества модульного заземления: легкий монтаж на глубину до 25-30м который может осуществить 1 человек; возможность транспортировки на любом транспорте; небольшая площадь, небольшие земляные работы; не требуется сварка; повышенная стойкость к коррозии, срок эксплуатации 90-100 лет. Единственным недостатком является более высокая стоимость.

Опыт использования этого вида заземления выявила некоторые проблемы. Реальная глубина погружения электрода, как правило, получается меньше заявленной. Часто количество модулей не превышает трёх-четырёх. Большее количество модулей получается использовать только в мягком грунте, например, песке. Резьбовые соединения могут деформироваться при погружении настолько сильно, что приведет к

разрыву соединения, тем самым приводя к потере уже использованных модулей. Для предотвращения этого необходимо следить на закрутку резьбовых соединений. Направляющая головка часто ломается.

Модульное заземление с муфтами даёт лучший результат, чем без муфт, возможное количество модулей (глубина погружения) как правило, в 1,5 раза больше чем заземление без муфт.

УДК 699.8

Черных И.В., Толстых И.В., Курило Н.А.

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

К ВОПРОСУ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕПЛОЙ ИЗОЛЯЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ ПРИ ИХ ПОДЗЕМНОЙ ПРОКЛАДКЕ

Уменьшение потерь тепла трубопроводами тепловых сетей зависит не только от теплотехнических свойств тепловой изоляции, но и от качества монтажных работ по теплоизоляции, а также от условий эксплуатации тепловых сетей (состав грунтов, наличие и химический состав грунтовых вод, эффективность защиты от проникновения грунтовых вод к теплопроводам и т.д.). [1]

При выборе материалов теплоизоляционных конструкций трубопроводов, прокладываемых в жилых, общественных и производственных зданиях и проходных тоннелях, следует учитывать требования норм проектирования, закрепленные в СП 61.13330.2012 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов»:

1. Низкое значение удельной теплопроводности – определяющее условие пригодности материала к выполнению основной задачи (теплоизоляции).

2. Достаточная термостойкость – способность материала сохранять свою структуру и физические характеристики в условиях высоких температур.

3. Химическая стойкость – способность материала устойчиво реагировать на органические вещества.

4. Достаточная гидрофобность – водоотталкивающие свойства, препятствующие промоканию теплоизоляционного слоя, так как заполнение пор материала водой делает его отличным проводником тепла.

5. Паропроницаемость – способность утеплителя к быстрому просыханию в случае прямого контакта с водой.

6. Воздухонепроницаемость – характеристика, исключающая заполнение изоляционного материала под воздействием ветра частицами пыли, повышающими теплопроводность.

Теплоизолирующие конструкции должны обладать следующими характеристиками:

1. Теплоизоляционные материалы для труб должны быть плотными и пористыми, не склонными к впитыванию влаги.

2. Теплоизоляция должна быть в состоянии обеспечить надежную защиту от любых негативных воздействий извне.

3. Трубопровод не должен перегреваться внутри и замерзать снаружи.

4. Защита должна быть способна прослужить долго и без потери качества, вне зависимости от подземного, надземного или канального способа установки трубопровода.

Изоляционные материалы:

1. *Пенобетон* - изделия из автоклавного армированного ячеистого бетона.

2. *Пенополимерминеральная изоляция* - тепловая изоляция на основе полиуретановых компонентов и минерального наполнителя.

3. *Пенополиуретан* - группа газонаполненных пластмасс на основе полиуретанов, на 85-90 % состоящих из инертной газовой фазы [2].

В конструкциях теплоизоляции подземных трубопроводов канальной прокладки с учетом вероятности попадания в конструкцию капельной влаги применяют только гидрофобизированные теплоизоляционные материалы. С целью лимитирования смачивания волокнистой теплоизоляции при надземной и подземной канальной прокладке по теплоизоляционному слою устанавливается защитное покрытие из гидроизоляционных материалов.

Для трубопроводов тепловых сетей подземной бесканальной прокладки применяются преимущественно предварительно изолированные в заводских условиях трубы с гидроизоляционным покрытием, исключающим возможность увлажнения изоляции в процессе эксплуатации.

Для изоляции арматуры, сальниковых компенсаторов и фланцевых соединений следует применять преимущественно съемные теплоизоляционные конструкции.

Литература

1. Теплоизоляция трубопроводов теплосетей: Учеб.-метод. пособие / В.М. Копко. — Минск: Технопринт, 2002. — 160 с: ил.

2. ГОСТ 16381-77 Материалы строительные теплоизоляционные. Классификация и общие технические требования.

3. Теплопередача: Учебник для вузов/ В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел. - ООО "ГИД" "Арис", 2014. - 416с.

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ НЕФТИ

Для переработки нефтепродуктов используют теплообменные аппараты, имеющие разветвленную сетчатую структуру, которая обеспечивает необходимые агрегатные состояния для получения углеводородов с разной степенью вязкости. Трубные теплообменники решетчатого типа применяются для обеспечения оптимального температурного режима в процессах синтеза полимерной органики. Такое оборудование имеет самые минимальные требования к чистоте используемой водной среды [1].

Рассмотрим три самых популярных теплообменника.

Кожухотрубные теплообменники:

Наиболее простая конструкция ТОА – с неподвижным пучком труб. Он состоит из корпуса (кожуха) и смонтированного в него пучка трубок малого диаметра, концы которых завальцованы в решетках. Недостатки такого теплообменника это: низкая скорость теплоносителя, низкая теплоотдача; в связи с жестким креплением трубок и нагревом теплообменника возможны нарушения целостности завальцовки.

На заводах широко применяются теплообменные аппараты с самостоятельной компенсацией термических расширений, которые называют теплообменниками с плавающей головкой.

Достоинства: значительная стойкость к гидроударам; не требует чистой среды; высокая эффективность.

Недостатки: большие размеры, высокая металлоемкость.

В настоящее время находят применение современные конструкции кожухотрубных теплообменников с витыми трубами. Витые трубки позволяют создать завихряющийся поток в теплообменнике и присоединять трубки друг к другу через каждый дюйм. Это даёт возможность повысить число трубок по сравнению с обычным теплообменником на 40% при одинаковых размерах кожуха и устранить механические вибрации.

Теплообменники типа «труба в трубе»:

Подобные теплообменники получили меньшую востребованность в нефтепереработке и используются в основном для теплопередачи от нефтепродуктов с высокой вязкостью и температурой застывания. Для их транспортировки необходимы высокие скорости, обеспечивающие как хорошую теплоотдачу нагреваемому продукту, также уменьшающие вероятность образования отложений и увеличения вязкости. [2]

Спиральные теплообменники:

Спиральный теплообменник (СТО) – один из типов кожухотрубного устройства, состоящего из спиралевидного корпуса, который включает в себя две плоские поверхности. Обычно он состоит из двух плоских металлополос, свёрнутых в два спиралевидных канала.

Недостаток спиральных агрегатов – ускоренное засорение каналов отложениями. Данный недостаток компенсируется за счёт однопоточного водотока и вращающегося тока жидкости, благодаря чему поддерживается механизм самоочистения. Этот эффект обусловлен небольшим перепадом давления между двумя каналами, что позволяет агрегату вытягивать скопления отложений. Относительная чистота внутри канальных ходов сохраняется в течение значительного периода эксплуатации. На практике замечено, что замена кожухотрубных теплообменников на спиральные при эксплуатации оборудования в непрерывную работу без внеплановых остановок. [2]

Пластинчатые теплообменники:

Он состоит из выштампованных пластин, формирующих рабочие каналы. Пластины собраны в пакет, накладываясь друг на друга, причём каждая чётная пластина повернута на 180° .

Пластины закрепляются между двумя плитами при помощи стяжных шпилек. Греющая и нагреваемая среды протекают в противотоке по одноходовой или многоходовой схеме теплообменника, обеспечивая высокую теплопередачу.

В нефтепереработке используются чаще всего для охлаждения невязких веществ, легких фракций. Так же применяются сварные пластинчатые теплообменники, так как они имеют ряд преимуществ: работают при высоких давлениях – до 4 МПа; широкий диапазон температур от -45°C до $+450^{\circ}\text{C}$; высокая коррозионная стойкость [2].

Литература

1. Савельев Н.И. Расчет и проектирование кожухотрубчатых теплообменных аппаратов: учеб. пособие / Н.И. Савельев, П.М. Лукин. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2010.
2. Теплопередача: учебник для вузов / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сухомел. - 5-е изд. - ООО «ТИД «Арис», 2014. – 216 с.

АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПЛАСТИНЧАТО-РЕБРИСТЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ

Пластинчато-ребристые теплообменники (ПРТ) состоят из системы плоских пластин, между которыми для увеличения поверхности теплоотдачи устанавливаются специальные ребрения в виде гофрированных листов.

ПРТ применяются в авто- и самолетостроении, в космической технике, в химической и нефтегазовой промышленности, пищевой и фармацевтической, в бытовой сфере в качестве теплообменников, испарителей, конденсаторов [1].

Зависимо от целостности конструкции теплообменного агрегата, его ремонтпригодности, пластинчато-ребристые теплообменники по технологии изготовления можно разделить на несколько групп [3]:

- *паяные* – отдельные конструкционные элементы спаиваются между собой. Такие теплообменники имеют компактные габариты, доступную стоимость;

- *сварные* – в таких конструкциях отдельные элементы, по которым один из потоков теплоносителей движется по гофрированным каналам, а второй по трубчатым, свариваются между собой. Эти теплообменники применяются на производствах в условиях экстремально высоких температур и давлений на установках, параметры которых не позволяют использовать уплотнения. Рабочие параметры: температура от -195 °С до +900 °С, давление - до 120 бар;

- *полусварные* – составные элементы в данном нагревательном агрегате устанавливаются комбинированным способом: ребрѐнные пластины попарно свариваются между собой; с внешней стороны такого сдвоенного мини-пакета прикрепляется уплотнение; далее прикрепляется следующий сваренный мини-пакет. Полусварные теплообменники подходят для работы с агрессивными средами;

- *разборные* – наиболее ремонтпригодные нагревательные приборы. Отдельные элементы можно снимать, заменять на новые в требуемый момент.

Современные ПРТ разнообразны по форме и виду пластинчатых ребристых насадок, образующих для прохода теплоносителя каналы, чаще всего представлены прямоугольником, трапецией или треугольником [1]. Поверхности ПРТ бывают с гладкими рѐбрами, с волнистыми, со стерженьковыми (шиповыми), с перфорированными, с жалюзийными (чешуйчатыми) [2].

Значительная популярность ПРТ обуславливается их *преимуществами* перед аналогичными нагревательными агрегатами:

- они обладают высокой тепловой эффективностью рабочего процесса, благодаря развитой поверхности теплообмена в ограниченном объеме теплообменного аппарата: отношение поверхности теплоотдачи к единице объема у них может достигать 4000 м² на 1 м³ и более. Поэтому ПРТ называют «компактными теплообменниками»;

- при одинаковой площади поверхности ПРТ обладают меньшей массой и теплоемкостью по сравнению с теплообменниками других типов;

- стоимость единицы поверхности теплопередачи пластинчато-ребристых теплообменников при серийном изготовлении значительно ниже той же стоимости теплообменников других типов;

ТА этого вида отличаются надежностью рабочего процесса, просты в установке, наладке и ремонте.

Используя ребристые поверхности различной геометрической формы и размеров, закладывая при проектировании различное соотношение каналов по каждому из потоков, ориентируя насадки в различных направлениях, можно создавать оптимальные конструкции пластинчато-ребристых теплообменных аппаратов для решения различных задач.

Литература

1. Васильев В.Я. Комплексное исследование интенсификации теплообмена в высокоэффективных пластинчато-ребристых теплообменниках нового поколения: Автореферат диссертации на соискание учёной степени доктора технических наук 08.12.2011 / Астраханский государственный технический университет. – М., 2011.

<http://dissertation.com.ua/node/1061864>

2. Классификация теплообменных аппаратов: пластинчато-ребристые теплообменники / Байгалиев Б.Е., Щелчков А.В., Яковлев А.Б., Гортышов П.Ю. Теплообменные аппараты: Учебное пособие. Казань: Издательство Казан. нац. исслед. ун-та, 2011. 171 с.

www.studfile.net

3. Ребристые теплообменники. - www.aqabur.ru

К ВОПРОСУ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ РАБОТЫ ЧЕЛОВЕКА В ЗАМКНУТОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Так как современная подводная лодка в обычном погруженном состоянии не может обновлять свой внутренний воздух свежим атмосферным воздухом, на ней должна быть создана искусственная среда. Ввиду того, что лодка может оставаться под водой долгое время, одной из главных задач для членов экипажа субмарины является создание комфортной и здоровой среды обитания.

Многие современные подводные лодки оборудованы аккумуляторными батареями и вспомогательным дизельным двигателем, который может использоваться вместо ядерной установки. Необходимый для дизеля воздух может забираться из атмосферы, когда лодка находится на поверхности. При этом кондиционированный воздух может подаваться как для жизнеобеспечения членов экипажа, так и для других нужд, для которых требуется воздух. Также у причала или в доках используется вспомогательное береговое оборудование, с помощью которого производится замена внутреннего воздуха лодки.

Если подводная лодка находится в погруженном состоянии, кислород может пополняться в контролируемых объемах из специальных кислородных установок или кислородных свечей. Кислородная установка - это неограниченный источник безопасного кислорода для дыхания, вырабатываемого в процессе электролиза воды с использованием твердых полимерных электролитных ячеек. Насыщенная катализатором пластиковая диафрагма служит в качестве электролита и сепаратора. Установка имеет микропроцессорное управление, время ее цикла составляет около 15 минут. Кислород, вырабатываемый установкой, подается в отсеки лодки и собирается в кислородном хранилище, а получаемый попутно водород удаляется.

Система вентиляции на подводной лодке выполняет также функции обогрева и кондиционирования воздуха. Она распределяет кондиционированный воздух по всем отсекам. Также в системе циркулирует охлажденный, нагретый и осушенный воздух. Система удаляет из помещений воздух, подает его на механические фильтры, аппараты электростатического осаждения, фильтры с активированным древесным углем, в систему удаления CO_2 и в топки CO-H_2 . Она обеспечивает ровную концентрацию атмосферных газов и осуществляет циркуляцию воздуха с восстановленными параметрами. Когда подводная лодка находится на поверхности или в полупогруженном состоянии, сис-

тема вентиляции подает свежий воздух для основного оборудования субмарины, а также для возобновления воздуха для дыхания. Также она обеспечивает воздухом отсек аккумуляторных батарей, осуществляет циркуляцию холодного осушенного воздуха в отсеках управления ракетным оружием и навигационного оборудования, производит аварийную вентиляцию с выводом отработанного воздуха за борт.

Литература

1. Foltz D. The design of air conditioning and ventilating systems for nuclear submarines since Nautilus. 1990.
2. Smith D., Ung K. Leveraging active submarine force and new attack submarine hazardous material control and minimization programs.

УДК 697. 135

Якунина М.С., Зайцев Н.А., Чермошенцев Е.А.

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

КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ ГЛУБОКОГО СНИЖЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ УХОДЯЩИХ ГАЗОВ В КОТЛАХ

Воздухоподогреватели в котлах снижают температуру уходящих газов до нормативных значений 160-170 °С, что повышает КПД установки. Однако подача холодного воздуха в стальной воздухоподогреватель приводит к его низкотемпературной коррозии в среде продуктов сгорания топлива. Калориферный подогрев холодного воздуха перед подачей в воздухоподогреватель снижает экономичность энергетической установки. Калориферный подогрев приемлем лишь при использовании отборного пара с давлением вакуумного уровня, что значительно усложняет схему. Поэтому перспективным является применение в воздухоподогревателе более коррозионно-стойких материалов, чем сталь. Подогрев воздуха в стеклянном воздухоподогревателе (СВП) позволяет снизить температуру уходящих газов до 120-135 °С, что заметно повышает тепловую экономичность котлоагрегата при полном отсутствии опасности низкотемпературной коррозии. При указанных температурах коэффициент теплопередачи стеклянного воздухоподогревателя составит 15-18 Вт/(м² · К), что только на 7 % меньше величин для стальных воздухоподогревателей. Для труб воздухоподогревателя может использоваться стекло марки 13-В. Основные составляющие этого стекла: SiO₂ – 63,5 %; Al₂O₃ – 15,5 %; СаО – 13 %; допустимая рабочая температура не выше 450 °С.

Наиболее эффективно применение стеклянного воздухоподогревателя для мощного котла, работающего на высокосернистом топливе. СВП размещается за штатным по ходу дымовых газов. Газы в стеклянном воздухоподогревателе движутся между труб сверху вниз, воздух

проходит внутри труб. По ходу обеих сред такой воздухоподогреватель выполняется одноходовым. По воздуху СВП включается перед стальным воздухоподогревателем. При такой компоновке СВП располагается в области самых низких температур котла и в силу своих особенностей может надёжно работать даже при температуре стенки ниже точки росы (145-150 °С). Для уменьшения заноса воздухоподогревателя золой, который возникает при эксплуатации, должны быть предусмотрены следующие конструктивные и режимные мероприятия:

а) нисходящее движение газов, б) коридорное расположение труб со свободным поперечным шагом, в) использование стационарных промывочных устройств с бункерами под воздухоподогревателем для сбора и отвода промывочных вод в систему нейтрализации или в систему гидрозолоудаления, г) некоторое повышение температуры входящего воздуха за счёт забор его из помещения главного корпуса.

При очистке СВП от отложений «на ходу» или после останова может быть использована вода с температурой, отличающейся не более 70-80 °С от температуры стенки стеклянных труб. При промывке для избежания растрескивания труб их температура не должна превышать 140-160 °С.

УДК 621.18:543.06

Якунина М.С., Зайцев Н.А., Чермошенцев Е.А.

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

ПОСТРОЕНИЕ ЭДИ-МОДУЛЕЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРОДЕИОНИЗАЦИИ ВОДЫ

ЭДИ-модуль содержит три типа проточных каналов: деминерализации (D-каналы), концентрата (С-каналы) и электролита (Е-каналы).

Один D-канал, одна катионитная мембрана, один С-канал и одна анионитная мембрана вместе образуют ЭДИ-ячейку. ЭДИ-модуль представляет собой сборку параллельно работающих ЭДИ-ячеек. Исходная вода поступает в D-каналы, заполненные смесью катионита и анионита, которые сорбируют растворенные катионы и анионы, обменивая их на ионы водорода и гидроксид-ионы. На выходе из D-канала получается обессоленная (высокоомная) вода. Е-канал образуют электроды совместно с последней мембраной.

Прошедшие через соответствующие мембраны ионы попадают в С- каналы, в которых организуется постоянный проток воды, откуда они в виде концентрата выводятся из модуля. Протекающий через исходную воду ток также инициирует реакцию расщепления воды, в которой образуются ионы H^+ и OH^- . Эти ионы непрерывно регенерируют ионно-обменные смолы, и они продолжают удалять загрязнения из

питающей воды. Основными технологическими параметрами, от которых зависит эффективность работы ЭДИ-модуля, являются сила тока, скорость потока в D- и C-каналах, температура и солесодержание исходной и очищенной воды, рабочее давление и величина конверсии. Рабочее давление в процессе электродеионизации составляет 1,5–4,0 атм. Температура потока исходной воды – от 5 до 35–45 °С.

Для ЭДИ-модулей интенсивность электрорегенерации лимитируется проводимостью концентрата в C-каналах, то есть его солесодержанием, которое необходимо поддерживать на определенном уровне. Увеличение электропроводности концентрата в C-каналах может достигаться путём размещения в них слоя ионита или дозированием раствора сильного электролита. Поэтому часто в C-каналах организуется циркуляция солевого раствора. Более предпочтительной является конструкция с размещением ионита как в D-, так и в C-каналах, что позволяет увеличить скорость переноса ионов при равном расходе энергии. При этом основными параметрами регулирования ионных трансмембранных потоков являются: величина электрического потенциала, скорость потока в D-канале и соотношение потоков в D- и C-каналах, определяющее солесодержание концентрата.

УДК 621.14.351

Якунина М.С., Чермошенцев Е.А., Зайцев Н.А.

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

ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКА В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ

В теплоэнергетике сдерживающим фактором по повышению энергоэффективности предприятий и внедрения энергосберегающих технологий является большой расход энергоносителей, связанный с объективными причинами: затяжной переход на современное оборудование, ухудшение качества воды, нарушения ведения водно-химического режима и др. Одной из причин снижения надежности работы котельного оборудования и теплообменников системы ГВС, является образование накипи на поверхности теплообмена, что приводит к перерасходу топлива, необходимости межсезонного ремонта с трудоемкой и затратной очисткой оборудования. Для решения этой проблемы, наряду с традиционными методами – ионообменное умягчение (образуется большое количество стоков), химическая очистка (требует подбора реагентов в зависимости от химического состава отложений), технология использования ингибиторов накипеобразования (ограничена качеством исходной воды), применяют безреагентные методы борьбы с накипью, в том числе акустическая технология, эф-

фективная для всех видов отложений. Опыт использования акустического метода базируется в основном на практических данных, полученные в промышленных условиях. При применении ультразвука большой интенсивности в воде резко возрастает количество центров кристаллизации, что приводит к кристаллизации солей жесткости непосредственно в объеме воды, а не на поверхности теплообмена. Поток воды с образовавшимися мелкодисперсными частицами подается в сеть ГВС через фильтр-отстойник. Эффективность акустической обработки воды зависит от определенных технических факторов и технологии применения:

1. Многолетний безнакипный режим обеспечивается при карбонатной жесткости воды до 8 мг-экв/л (при жесткости более 10 мг-экв/л, через 4-5 лет приходится применять периодические очистки).
2. Применение ультразвука более эффективно на чистой поверхности или с предварительной очисткой от старого слоя отложений, т.к. ударное воздействие ультразвука разрушают его и это может привести к забиванию трубок теплообменной поверхности фрагментами сколотой накипи.
3. Качество противонакипной обработки зависит от выбора генератора с узким спектром акустических волн с резонансной частотой 20 – 25 кГц и особенно от материала магнитоотрицательных преобразователей. Максимальную излучающую способность имеет пермендюр, состоящий из сплава кобальта, железа и ванадия.
4. Максимум противонакипного эффекта достигается правильной установкой преобразователей на теплотехническом оборудовании. На кожухотрубных теплообменниках установка осуществляется путем крепления сваркой наконечников преобразователей на подающем и обратном трубопроводах. Для пластинчатых теплообменников излучатели снабжаются специальным наконечником для излучения в воду и врезаются в патрубки на вход и выход нагреваемой воды.

Практическое применение технических особенностей по организации точек ввода акустических волн в теплообменное оборудование и выбор высококачественного материала для ультразвукового преобразователя, приводит к снижению скорости образования отложений всех типов на поверхности теплообмена в 3-5 раз, и при той же тепловой нагрузке позволяет снизить температуру сетевой обратной воды на 3-4°C. Энергоэффективность ультразвуковой технологии увеличивается за счет снижения гидродинамического сопротивления труб, увеличения теплопередачи греющей поверхности, уменьшению расхода топлива, уменьшению расходов на обслуживание и ремонт.

Якунина М.С., Чермошенцев Е.А., Зайцев Н.А.

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

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО АППАРАТА ДЛЯ СЕТЕВОЙ ВОДЫ ГВС

Большинство отраслей промышленности, теплоэнергетических предприятий и объектов ЖКХ сталкиваются с проблемой карбонатных отложений солей жесткости на поверхности теплообмена котельного и технологического оборудования, внутри труб систем горячего водоснабжения, систем оборотного водоснабжения. Это приводит к снижению энергоэффективности работы предприятий вследствие перерасхода топлива, увеличению затрат на обслуживание и ремонт. В промышленности для решения этой проблемы применяют как традиционные методы: термические, ионного обмена, обратного осмоса, так и альтернативные - физические, в частности магнитная обработка котловой и сетевой воды системы ГВС. Магнитная обработка сетевой воды ГВС позволяет уменьшить гидратацию ионов, которые сближаются и формируются центры кристаллизации не на поверхности нагрева, а в объеме воды с образованием нерастворимых карбонатных солей в виде мелкодисперсной взвеси, удаляемого в грязевике. Разработана конструкция электромагнитного аппарата для кожухотрубного водоводяного подогревателя сетевой воды системы ГВС котельной. Серия опытов проводилась в течение пяти месяцев на воде из городского водопровода с карбонатной жесткостью 7 мг-экв/л, при общей минерализации 280 мг/л, максимальная температура греющей воды - 75 °С, сетевая горячая вода имела температуру 56 – 60 °С, при расходе по обрабатываемой воде 30 м³/ч. До монтажа аппарата на входной патрубок холодной воды поверхность трубок теплообменной поверхности имела слой накипи около 0,6 мм. Электромагниты на расположены на корпусе аппарата, изготовленного из нержавеющей стали 1Х18Н9Т. Блок питания и управления постоянным током позволяет изменять напряженность магнитного поля в пределах 50 – 180 кА/м. Электромагнитные катушки выполнены с защитой от воды несколькими слоями стеклоткани с пропиткой высокотемпературным лаком. Сила тока выбиралась в зависимости от напряженности магнитного поля и от дисперсности образующегося шлама. Пробы воды периодически отбираются для микроскопического анализа в лаборатории. Эффективность краткосрочного применения опытного образца магнитного аппарата оценивалась визуально после

вскрытия теплообменника. В нижней части корпуса накопилось небольшое количество чешуек старой накипи, а на теплообменной поверхности трубок незначительный налет рыхлых отложений, которые могут удалены напором воды технологической промывкой.

УДК 621.181.110.5

Лазарев А.Ю., Глазков К.В., Тимофеева И.В., Золотарева В.Е.
(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И. Менделеева)

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ОБТЕКАНИЯ ПУЧКОВ ИЗ ТРУБ С ПОПЕРЕЧНЫМИ РЕБРАМИ ПОТОКОМ ЧИСТОГО ГАЗА

Поперечное обтекание пучка труб – процесс достаточно сложный, зависящий от многочисленных тепловых, гидродинамических и других факторов. В работе [1] были проведены визуальные наблюдения обтекания девятирядного шахматного пучка труб при $Re=1,25 \cdot 10^5$. Первые два ряда обтекаются очень ровным потоком, но далее, по мере увеличения числа рядов по направлению потока, постепенно нарастает сильная турбулизация как в межтрубном пространстве, так и между ребрами. Общая картина обтекания ребристого цилиндра приведена на рис. 1.

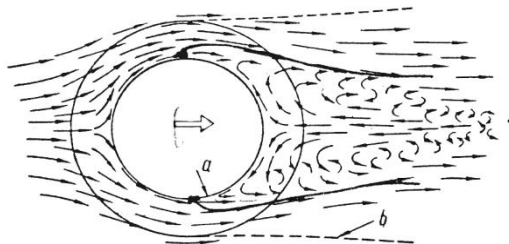


Рис. 1. Картина обтекания ребристой трубы: а – место отрыва потока, в – приблизительные границы увеличенной турбулентности.

Как видно, отрыв потока наблюдается за половиною обтекаемого периметра цилиндра. Далее идет клинообразная зона завихрения. В ее оси имеет место сильная возвратная струя, воздействующая на ребристый цилиндр аналогично набегающему потоку. Возвратная струя обтекает поверхность ребристого цилиндра вплоть до срыва струи основным потоком. Большая завихренность и турбулентность потока на середине клина быстро диффундирует в основной поток. С продвижением в глубь пучка турбулентность клинообразного потока быстро увеличивается.

В большинстве исследований при определении коэффициента теплоотдачи в качестве температурного напора принимается разница между средней температурой потока и несущей ребра стенки. Поэтому коэффициент теплоотдачи является функцией слишком большого количества параметров [1, 2].

Для упрощения расчета теплоотдачи ребристых труб в качестве коэффициента теплоотдачи условно вводят осредненное его значение, которое учитывает теплоотдачу от поверхности ребра и от поверхности неоребренной части трубы, а также эффективность работы ребра и называется «приведенным» коэффициентом теплоотдачи $\alpha_{пр}$.

Согласно [3] этот коэффициент можно выразить в виде:

$$\alpha_{пр} = \varepsilon_F \varepsilon_L \varepsilon_u \varepsilon_\alpha \alpha_1 = \varepsilon_p \alpha_1 \quad (1)$$

где ε_F - коэффициент увеличения поверхности (соответствует коэффициенту оребрения), ε_L - коэффициент, учитывающий изменение теплоотдачи оребренной трубы по отношению к неоребренной, обусловленный падением температуры по высоте ребра (соответствует коэффициенту эффективности ребра), ε_u - коэффициент, учитывающий степень контакта ребра с несущей трубой, $\varepsilon_\alpha = \alpha/\alpha_1$ - коэффициент, учитывающий изменение конвективного коэффициента теплоотдачи оребренной трубы по отношению к неоребренной.

Увеличение поверхности трубы путем ее оребрения приводит к увеличению теплоотдачи, отнесенной к поверхности неоребренной трубы, в неодинаковой степени. Поэтому $\varepsilon_p < \varepsilon_F$. Соотношение $\varepsilon_p / \varepsilon_L$ характеризует общее увеличение теплоотдачи, которое можно было бы получить при данных размерах ребристой трубы с идеальной теплопроводностью.

Литература.

1. Neal S.B., Hitchcjk I.A. A Study of the Heat Transfer Processes in Banks Finned Tubes in Cross Flow. – In: Proc. 3rd Internat. Heat Transfer Conference, III, Chicago, 1986.
2. Weiner I.H., Gross D., Paschkis V. An Experimental Determination of Lokal Boundary Conductances for an Unbaffled Circular Finned Cylinder.- In: Gen. Discussion Heat Transfer., Inst. Mech. Eng., 1981.
3. Grass G., Coenen F.P. Systematische Untersuchungen uber den Wärmeübergang und Stromungswiderstand von Rippenrohren. – Atomkernenergie, 1989, H. 2.

УДК 621.181.110.5

Лазарев А.Ю., Глазков К.В., Тимофеева И.В., Золотарева В.Е.
(Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И. Менделеева)
**ПАРАМЕТРЫ И ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ РАЗМЕРЫ ДЛЯ РАСЧЕТА
ТЕПЛООБМЕНА РЕБРИСТЫХ ПУСКОВ ТРУБ**

Обработка экспериментальных данных при определении теплоотдачи ребристого пучка связана с использованием целого ряда параметров и определяющих размеров. В работах различных авторов встречается большое разнообразие таких величин.

До сих пор нет единого мнения о том, какой определяющий размер при определении критериев подобия наиболее рационально принимать для пучков ребристых труб. Многие авторы за определяющий размер принимают диаметр трубы, несущей оребрение, d . В ряде работ с этой целью применяется эквивалентный диаметр. Согласно [1] для ребристых пучков эквивалентный диаметр определяется по следующей формуле:

$$d_e = \left[\frac{4}{\pi} \frac{s_1}{d} \frac{s_2}{d} - 1 \right] \frac{F_1}{F} d \quad (1)$$

Иногда в качестве определяющего размера принимается шаг ребра s . О. Кришер [2] в качестве определяющего размера принимает длину обтекания l' . Это средний путь, который проходит частица потока, обтекающая тело. Например, для трубы со спиральными ребрами:

$$l' = \frac{\pi}{2} d \left(1 + \frac{h}{d} \right) \quad (2)$$

Как видно, в это выражение входит параметр h/d , который является важной характеристикой оребрения.

Т.Шмидт [1], рассматривая вопрос об определяющем размере, обратил внимание на коэффициент оребрения ϕ . Последний может быть

выражен в виде $\phi = \frac{F/L}{\pi d}$, где знаменатель является двойной величи-

ной длины обтекания неоребренной трубы. Учитывая это, Шмидт в качестве определяющего размера предложил использовать так называемый равноповерхностный диаметр $d_F = d\phi$. Применение этого диаметра удобно тем, что и неоребренная, и оребренные трубы с одинаковой внешней поверхностью будут иметь диаметр выраженной одной этой зависимостью.

При поперечном обтекании тел для определения критериев подобия также очень важным является выбор скорости потока. На теплоотдачу ребристой трубы кроме скорости потока перед трубой ω_0 значи-

тельное влияние будет оказывать скорость в наиболее узком сечении потока. Поэтому при определении средней теплоотдачи в качестве определяющей скорости, согласно работе [1], целесообразно использовать среднеарифметическую скорость потока $\omega_{\text{ср}}$.

Следует отметить, что на приведенный коэффициент теплоотдачи ребристой трубы должна влиять скорость потока в пространстве между ребрами. При детальном изучении этого вопроса в [1] было определено распределение скоростей в межреберном пространстве, то есть были определены скорости у вершины ребра ω_p и у его основания ω_1 . В результате анализа был сделан вывод, что скорость потока у основания ребра ниже, чем скорость у вершины на 20%. Поэтому при практических расчетах без особой погрешности можно использовать скорость у вершины ребра ω_p .

Однако, при экспериментальном определении теплоотдачи ребристых пучков использование скоростей $\omega_{\text{ср}}$ и ω_p не получило широкого распространения. Чаще всего в качестве определяющей скорости используется скорость потока в наиболее узком сечении пучка по поперечному или по диагональному шагу.

Литература.

1. Schmidt Th. E. Der Wärmeübergang an Rippenrohre und die Berechnung von Rohrbundel-Wärmeaustauschern. – Kältetechnik, 1993, 15, Н. 4.
2. Krischer O., Kast W. – VDI-Forschungsheft, 1989, No 474.

УДК 621.181.110.5

Лазарев А.Ю., Глазков К.В., Тимофеева И.В., Золотарева В.Е.

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

О ВЫБОРЕ ПАРАМЕТРОВ, ОЦЕНИВАЮЩИХ ГЕОМЕТРИЮ ОРЕБЕНИЯ ТРУБ

Обработка экспериментальных данных при определении теплоотдачи ребристого пучка связана с использованием целого ряда параметров и определяющих размеров.

В.М.Ануфриев в своей работе [1] исследовал влияние параметров $\frac{h}{d}, \frac{u}{d}, \frac{\delta}{d}$ на $\alpha_{\text{пр}}$. Правда, опыты были проведены с ребрами, относительная высота которых h/d равнялась 0,33. Увеличение относительного шага ребер u/d снижает приведенный коэффициент теплоотдачи $\alpha_{\text{пр}}$, отнесенный к поверхности гладкой трубы, причем это снижение не влияет на экспоненту m в уравнении $Nu = c Re^m$. Исследование влияния на теплоотдачу высоты ребра показало, что с увеличением h/d

теплоотдача растет, причем экспонента m в уравнении, ввиду увеличения термического сопротивления, заметно убывает.

В работе [2] особое внимание уделяется влиянию на теплоотдачу снижение скорости потока между ребрами. Последнее зависит от геометрических параметров ребра h/u , h/d , u/s . Чем больше соотношение h/u (чем выше ребра и меньше расстояние между ними), тем больше потери на трение при протекании потока между ребрами и, следовательно, тем меньше скорость между ребрами.

Г. Брауэр [3], рассматривая влияния геометрических параметров оребрения на теплоотдачу, предлагает в качестве независимых переменных ввести не u и h , а коэффициент оребрения ϕ . Сравнивая теплоотдачу ребристого пучка с теплоотдачей пучка из неоребренных труб, выраженной в виде $Nu_{пр} / Nu_o = f(\phi)$ при разных значениях u , автор обращает внимание на то, что для пучка труб с ребрами, посаженными близко друг к другу (например, $u=2$ мм), начальное небольшое увеличение ϕ не увеличивает теплоотдачу. Это указывает на наличие большого термического сопротивления, которые вызывается утолщением пограничного слоя. Отсюда автор делает вывод, что увеличивать коэффициент оребрения, целесообразней увеличением высоты ребра, а не сужением расстояния между ребрами.

Интересные экспериментальные результаты получены Г. Вегенером в работе [4] при изучении этих вопросов на прямых ребрах трапециевидной формы с $h=20$ мм. Обработывая экспериментальные данные, он получил зависимость между $\alpha_{пр}$, шагом ребра и скоростью потока. Абсолютное значение теплоотдачи при снижении скорости потока достигается при больших расстояниях между ребрами. Это также доказывает, что на теплоотдачу влияют аэродинамические условия, от которых в основном зависит толщина пограничного слоя.

Анализируя вышесказанное, возникают представления, что процессы обтекания оребренных пучков труб аналогичны процессам, имеющим место при обтекании гладких цилиндров. Эти представления легли в основу ряда физических и так называемых полумпирических расчетных моделей. Как считает Е.Н.Письменный, модель Брауэра, получившая наиболее широкое распространение, предполагает снижение интенсивности омывания прикорневых частей ребер и стенки несущего цилиндра по мере увеличения относительной глубины межреберной полости за счет образования утолщенного пограничного слоя, что не соответствует действительности. Исследования течения на поверхности ребер [5], выявили ряд важных особенностей, к которым в первую очередь относится существование у корня ребер интенсивных вторичных отрывных течений, определяющих в значительной мере

характер омывания ребристых труб и приводящих к существенной трехмерности в его следе. Величина межреберного зазора u и относительная глубина межреберной полости h/u существенного влияния на механизм возникновения вторичных циркуляционных течений и размеры зоны их действия не оказывают.

Литература.

1. Ануфриев В.М. Белецкий Г.С. Теплоотдача и аэродинамические сопротивления трубчатых поверхностей в поперечном потоке. М., Машгиз, 1948.
2. Krischer O., Kast W. – VDI-Forschungsheft, 1989, No 474.
3. Brauer H. Wärme und Stromungstechnische Untersuchungen an quer angestromten Rippenrohrbündeln.- Chem.-Ing. Nechnik, 1961, 33, H. 5. H.6.
4. Wegener G. Der Wärmeübergang an Kuhlrippen. Beill. Gesundh. Ing., 1929, H.21.
5. Письменный Е.Н. Теплообмен и аэродинамика пакетов поперечно – оребренных труб: Автореф. дис. доктора тех. наук.- Киев, 1994. 37с

УДК 66.045.13

Толстых И.В., Курило Н.А.

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

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ РАСЧЕТА РЕГЕНЕРАТИВНЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ

Особенностью работы регенеративных теплообменников является тот факт, что поверхность этих аппаратов попеременно является теплоотдающей и тепловоспринимающей. Время полного цикла теплообмена:

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 \quad (1)$$

Так как процессы в регенеративных теплообменниках нестационарные, то для инженерных расчетов применяются приближенные методы. Тепловой поток относится к циклу. Уравнение теплопередачи имеет вид:

$$Q = k_n (\bar{t}_1 - \bar{t}_2) \quad (2)$$

где k_n - коэффициент теплопередачи за период нагрева и охлаждения; \bar{t}_1 - средняя температура первичного теплоносителя за период нагревания; \bar{t}_2 - средняя температура вторичного теплоносителя за период охлаждения.

Количество переданной к единице поверхности теплоты за период нагревания

$$Q_1 = \alpha_1 \tau_1 (\bar{t}_1 - \bar{t}_{c1}) \quad (3)$$

где α_1 - суммарный коэффициент теплоотдачи за период нагревания; \bar{t}_1 и \bar{t}_{c1} - средние температуры первичного теплоносителя и поверхности за период нагревания.

Аналогично количество теплоты, отданное вторичному теплоносителю за период охлаждения:

$$Q_2 = \alpha_2 \tau_2 (\bar{t}_{c2} - \bar{t}_1) \quad (4)$$

При установившемся состоянии $Q_1 = Q_2$ или $\alpha_1 \tau_1 (\bar{t}_1 - \bar{t}_{c1}) = \alpha_2 \tau_2 (\bar{t}_{c2} - \bar{t}_1)$ можем принять:

$$k_n = \frac{\alpha_1 \tau_1 (\bar{t}_1 - \bar{t}_{c1})}{\bar{t}_1 - \bar{t}_2} \quad (5)$$

Пусть продолжительность периодов нагрева и охлаждения равна единица, а разность температур τ . Тогда получим уравнение, аналогичное уравнению коэффициента теплоотдачи для рекуператора:

$$k_n = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (6)$$

Таким образом, в рассматриваемом случае формулы расчета средних за их период температур и теплопередачи в рекуператорах справедливы и для регенераторов. При известных значения расчет регенератора сводится к определению средних температур поверхности в период нагревания \bar{t}_{c1} и в период охлаждения \bar{t}_{c2} .

Литература

1. Шкаровский, А. Л. Теплоснабжение: учебник / А. Л. Шкаровский. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2020. — 392с.
2. Промышленные теплообменные процессы и установки; Учебник для вузов/ А.М. Бакластов, В.А. Горбенко, О.Л. Данилов и др.; Под ред. А.М. Бакластова. — М.: Энергоатомиздат, 1986.- 328 с.

УДК 614.83

Иванов А.А., Макрушин В.В.

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

МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ВЗРЫВОВ УГОЛЬНОЙ ПЫЛИ В ПЫЛЕПРИГОТОВИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ

Угольная пыль в смеси с воздухом при некоторых условиях образует взрывную смесь.

Взрыв угольной пыли является следствием воспламенения в замкнутом пространстве газообразных продуктов, получающихся при нагревании пыли. При снижении содержания кислорода в воздухе

уменьшается давление, развивающееся при взрыве, а при некотором минимальном количестве кислорода, характерном для каждого сорта пыли, она вообще не может воспламениться. в зависимости от рода топлива пылевоздушная смесь становится взрывобезопасной, если объемная концентрация кислорода не превышает: для торфа и сланцевой пыли – 16%, для пыли бурых углей и полукокса этих углей – 18%, для каменных углей и полукокса этих углей – 19%. Добавление к воздуху дымовых газов понижает содержание кислорода, следовательно, и возможность воспламенения пыли.

В каком-либо элементе установки, обычно на горизонтальных участках пылепроводов, в коленах и т.п., происходит отложение угольной пыли, которая со временем самовозгорается и, когда образовавшийся очаг приобретает определенную температуру, происходит воспламенение пыли в омывающем очаг потоке.

Для уменьшения разрушительной силы взрыва служат предохранительные клапаны, устанавливаемые на элементах системы и открывающиеся при взрыве. Взрывные клапаны представляют собой устройства, раскрывающиеся при повышенном давлении в пылесистеме в результате взрыва. Правилами взрывобезопасности предусматривается открытие клапанов при достижении давления 6000–8000 Па (600–800 мм вод. ст.). При взрыве клапан открывается, после падения давления груз обратно закрывает клапан.

Наиболее часто взрывы пыли происходят вскоре после пуска пылеприготовительной установки в работу или во время разгрузки мельницы.

УДК 620.193

Толстых И.В., Макрушин В.В.

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

ОБ УСЛОВИЯХ ПОЯВЛЕНИЯ КОРРОЗИИ ПАКЕТОВ ПАРОПЕРЕГРЕВАТЕЛЕЙ

Коррозия пароперегревателей имеет связь с окислением на трубах и крепежных деталях пароперегревателей, когда температуры металла превышают 610–620 градусов Цельсия, этот тип коррозии характеризуется присутствием оксидов ванадия и носит название ванадиевой коррозии. Она проявляется при выжигании мазутов, которые содержат оксид V_2O_4 . При горении углеводорода V_2O_4 происходит окисление его до V_2O_5 и образование ванадата – $5V_2O_5Na_2OV_2O_4$, при наличии серы в топливно-воздушной среде – пиросульфат натрия Na_2S_2 . На поверхности труб или крепежных элементов при температуре стенки > 610 °С они образуют жидкую пленку, обладающей высокой окисли-

тельной способностью по отношению к сталям разного типа (углеродной, легированной, аустеничной). Уменьшение количества поступающего внутрь помещения воздуха и введение в зону горения щелочей (жидких – типа водного раствора, твердых – $MgCl$, а именно, в форме порошка магнезита или доломитового концентрата, он оказывает определенное воздействие, но не устраняет ванадиевую коррозию. В качестве радикального средства предотвращения коррозии необходимо применять очистку сжигаемого мазута от примесей ванадия и натрия, но эта нефтепереработка достаточно дорогая и потребует строительства специальных заводов. Таким образом, решение этой проблемы для паровых котлов, которые сжигают мазут, уменьшении температуры перегретого пара до 545 градусов Цельсия, что снижает термодинамический КПД цикла нагретого пара. На практике это означает следующее: в условиях эксплуатации (с учетом температурных разветок), температура металла труб пароперегревателей не достигает 600 °С, при этом условия к коррозии восприимчивы только крепёж «горячего» пакета, который выносятся за пределы газохода. В конвективной шахте котла, в котором часто находятся выходные «горячие» пакеты, эти пароперегреватели имеют многослойную конструкцию с вертикальными змеевиками и теплообменниками, которые позволяют не допустить коррозию. При сжигании других видов топлив этот тип коррозии не имеет места.

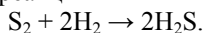
Таким образом, можно сделать вывод: при эксплуатации пароперегревателей необходимо брать во внимание вышеперечисленные факты, для повышения экономической, а также энергетической эффективности: увеличение срока службы оборудования, увеличение коэффициента теплопроводности и повышение количества вырабатываемого тепла.

Литература

1. Жихар, Г. И. Котельные установки тепловых электростанций: учебное пособие / Г. И. Жихар. — Минск: Вышэйшая школа, 2015. — 523 с.
2. Промышленные тепломассообменные процессы и установки; Учебник для вузов/ А.М. Бакластов, В.А. Горбенко, О.Л. Данилов и др.; Под ред. А.М. Бакластова. – М.: Энергоатомиздат, 1986.- 328 с.

**АНАЛИЗ ПРИЧИН ПОЯВЛЕНИЯ НАРУЖНОЙ КОРРОЗИИ
ТРУБ ЭКРАНОВ**

Наружная коррозия труб экранов имеет связь с сжиганием топлив с малым выводом летучих веществ и сернистого газа, а также связана с образованием вблизи поверхности труб экрану большой концентрации сероводорода H_2S . Коррозия проявляется интенсивнее вблизи к расположенным горелкам в участке экрана, что огибается расширяющейся струей на выходе из горелки. Интенсивность коррозионного изнашивания сплава передней части труб при неблагоприятных условиях может достигнуть 3–4 миллиметра ежегодно, что означает вывод труб из использования за срок меньше года (при толщине стены 5–7 миллиметра разрешаемое местное утончение толщины составит 1,5 мм). Износ труб происходит в виде «спиливания» фронтальной плоскости стены трубы. Измерения показали, что благоприятным условием для сокращения уровня выброса пыли является локальное снижение коэффициента избыточного воздуха пылевоздушной струей $\alpha < 0,7$ при медленном росте температуры струи по мере удаления ее к выходу горелки. На выходе из газовых газов летучих веществ из частиц топлив образуются топки вещества H_2 , CO и CH_4 . При высокой температуре в газообразные соединения переходят 70–80% Sr топлива, недостаток кислорода приводит к тому, что при наличии свободных H_2 и S_2 в газовой среде протекает реакция



При небольших объемах H_2S на поверхности экрана (0,03–0,06%) быстрота коррозии металла возрастает в 5–10 раз по сопоставлению с возможной при содержании $H_2S = 0,01\%$. При этом исходный продукт реакции H_2S с металлом трубопроводов – это сульфид железа FeS , впоследствии преобразующийся в порошкообразные сульфаты. После того, как они были вырваны с поверхности, они легко сдуваются (удаляются), что способствует последующему развитию процесса окисления. Кроме того, для исключения коррозии экранов надо снабдить размеренную подачу топлива и воздуха к горелке так, чтобы в каждой из них всегда был избыток воздуха более единицы. Из-за этого неравномерности такого раздачи особенно «грешат» на последние горелки. вдобавок следует исключить прямой удар пылевоздушных струй из горелки в боковой экран на дальнем расстоянии от амбразурной щели. последние горелки перемещают от стены на большее дистанцию (близкое к междугорелочному) и крутят их оси на 5–10 градусов к

центру топки. Таким образом, можно сделать вывод, что коррозию труб экранов можно и нужно избегать для повышения энергетической, а также экономической эффективности, пользуясь методами, описанными выше: размеренная подача топлива и воздуха в горелке, исключение прямого удара пылевоздушной струей из горелки, изменение положения экрана относительно горелки.

Литература

1. Жихар, Г. И. Котельные установки тепловых электростанций: учебное пособие / Г. И. Жихар. — Минск: Вышэйшая школа, 2015. — 523 с.
2. Промышленные тепломассообменные процессы и установки; Учебник для вузов/ А.М. Бакластов, В.А. Горбенко, О.Л. Данилов и др.; Под ред. А.М. Бакластова. — М.: Энергоатомиздат, 1986.- 328 с.

УДК 620.9

Черных И.В., Макрушин В.В.

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

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ – ОДИН ИЗ ПРИОРИТЕТНЫХ ВОПРОСОВ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Энергосбережение сейчас представляется одним из приоритетных направлений политики и компаний, которые ориентированы на динамичное развитие, как в плане сокращения потерь на собственное производство основной продукции, так и в соответствии с корпоративной тенденцией государственных программ, сориентированных на сокращение нагрузок на вырабатывающие мощности. расценки на энергоносители, поставляемые централизованно, непрерывно растут. В себестоимости конечной продукции промышленных предприятий высока доля затрат на тепловую и электрическую энергию (в полтора два раза выше, нежели в промышленно развитых странах), что негативно воздействует на конкурентоспособности товаров и оборудования, произведенного на отечественном производстве. Эффективное энергосбережение позволяет основательно уменьшить себестоимость продукции и, как следствие, увеличить ее конкурентоспособность для рынка [1].

Но следует отметить, что энергосберегающие технологии довольно слабо используются предприятиями нашей страны. А между тем здесь прячется действенный инструментарий по росту эффективности деятельности любого предприятия, который сможет применяться в целях подъема используемых средств и снижения производственных издержек, высвобождая, таким образом, дополнительные средства, которые могут быть инвестированы в развитие компании. однако и сам кризис на производственных предприятиях, который завязался задолго до

сегодняшнего финансового кризиса, среди прочих объединен и с тем, что энергосбережению на большинстве промышленных предприятий не уделяется надлежащего внимания. [3]

Существует большое количество разнообразных методов повышения рационального использования имеющихся энергетических ресурсов и мощностей. И чем раньше предприятие начнет внедрять энергосберегающие технологии, тем быстрее оно ощутит положительный эффект от этих мероприятий, который будет выражен в конкретных финансовых показателях [1].

Энергосбережение возможно добиться исключительно через энергоэффективного сокращения потребления традиционных энергоносителей и увеличения использования возобновляемых источников энергетических ресурсов. Так, уже сейчас на многих отечественных предприятиях в качестве горючего для получения недорогой тепловой энергии применяют древесные отходы; переводят котельные на автономное теплоснабжение с использованием прогрессивного автоматизированного оборудования. Возможность перевода котельные на древесные гранулы, жидкое биотопливо, брикеты и иные экологически нейтральные к CO₂ источники энергии позволят существенно повысить экономический климат предприятия. Целью введения подобных проектов, является не только решение задач экономии ресурсов, а так же, проблем финансового и экологического характера. Обычно предприятия внедряют следующие виды технологий, которые дают значительный энергосберегающий эффект:

1. совместные технологии для многих предприятий, сопряженные с использованием энергии (двигатели с переменной частотой вращения, частотные преобразователи, устройства плавного пуска, теплообменники, сжатый воздух, освещение, пар, охлаждение, сушка и пр.

2. Более действенная выработка энергии, включая современные котельные, когенерацию (тепло и электричество), а также тригенерацию (тепло, холод, электричество); смена старого промышленного оборудования на новое, более эффективное.

3. Альтернативные источники энергии. преимущественно популярным из описанных выше, не менее успешным раскладом к энергосбережению в теплоэнергетике представляется метод «когенерации», или одновременное приобретение тепла и электроэнергии. Так, например, в котельных, где производится тепло на отопление и гвс водоснабжения, возможно дополнительно производить определенную часть электроэнергии, элементарно сменяя регулятор давления пара на противодавленческую турбину. Экономия здесь наглядная: котельные натуральным образом выводятся в разряд небольших ТЭЦ.

применение подобных простых решений может гарантировать внушительное уменьшение расходов на тепло и электроснабжение [2].

Литература:

1. Башмаков И.А. Повышение энергоэффективности в российской промышленности // Центр по эффективному использованию энергии (ЦЭНЭФ). Москва, 2013.

2. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях: учебник для вузов / О.Л. Данилов, А.Б. Гаряев, И.В. Яковлев и др.; под ред. А.В. Клименко. - Москва: Изд-во МЭИ, 2010. - 424 с.

3. Картавская В.М. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях: учебное пособие для студентов теплоэнергетических специальностей очной и заочной формы обучения /В.М. Картавская. - Иркутск: ИрГТУ, 2006. - 125 с

УДК 620.193.5

Черных И.В., Макрушин В.В.

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

ПЕРЕГРЕВ КОТЛА. К ВОПРОСУ ВОЗНИКНОВЕНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ НЕ СТОЛЬ ОЧЕВИДНЫХ ПРОБЛЕМ

Возникновение проблем, сопряженных с перегревом котла, значительно зависит от типа используемого топлива при чём перегрев котла влечёт за собой ряд серьёзных пробел такие как:

- эрозия и поражение труб, золоочистителей, экранов, газоходов;
- разрушением обмуровки, газоходов;
- коррозия стен труб и топки пароперегревателей;
- повреждение пароперегревателей в следствии уноса пара капельной влаги и твердых взвешенных частиц, лопаток турбин и другого технологического оборудования.

трудности эрозии обычно ассоциируются с твердым топливом: уголь, дрова, торф, горючие отходы производства и т.д., при сгорании которых образуется зола и шлаки.

Независимо от вида используемого горючего ускорение котла приводит к увеличению объема и скорости дымовых газов с ростом давления набегающего потока газов, что оказывает влияние на процесс образования эрозии. появляющиеся вихревые эффекты в хвостовых газоходах котла, может еще привести к локальной эрозии.

При высокой температуре, и возникновения контакта элементов жидкого или твердого топлива с поверхностью труб начинается разрушение металла. фактором местной коррозии при форсаже топки возможно служить распределение пламя на поверхность экранов.

Коррозия еще может возникнуть в результате небрежного хране-

ния котла. При возникает коррозия поверхностей, как со стороны воды, так и со стороны газов [1].

Рассмотрим несколько способов борьбы с ней и её предотвращение:

способы понижения воздействия высокотемпературной коррозии в угольных и мазутных котлах.

Независимо от типа котла, высокотемпературной коррозии подвержены все теплообменные плоскости угольных и мазутных котлов. На основе наблюдений авторов предполагаются надлежащие способы понижения коррозии с стороны топки:

- неблагоприятное влияние коррозии в угольных котлах существенно снижается при температурах выше 675 °С из-за разрушения $\text{Na}_3\text{Fe}(\text{SO}_4)_3/\text{K}_3\text{Fe}(\text{SO}_4)_3$. Для мазутных котлов тщательный разбор топлива с низким содержанием серы, а также ванадия и иных примесей – преимущественно простой вариант: десульфатация мазута пред сжиганием экономически не оправдана;

- дополнение к топливу присадок, содержащих кальций либо магний, возможно увеличить температуру плавления химических соединений, осаждающихся на трубах, выше рабочей температуры котла;

- удерживание окислительной атмосферы в топке мазутного котла уменьшит формирование сульфида железа, вместо этого на поверхности труб образуется защитная оболочка оксида железа;

- грамотная настройка стехиометрического пропорции топливо/воздух в горелках и настройка положения факела также уменьшат риск развития восстановительной среды во внутреннем объёме котла;

Защита от газовой коррозии легированием.

Один из самых распространенных способов защиты металла от разного рода коррозионных процессов. обосновывается данный метод для изменения качества структуры корродирующего металла. Само по себе легирование представляет трансформацию сплава порядком ввода компонентов, возбуждающих пассивирование его структуры. В частности, сможет применяться вольфрам, никель, хром и др. Специально к газовой антикоррозионной защиты применяют элементы, увеличивающие жароустойчивость и жаростойкость металла. Процесс легирования сможет выполняться и посредством нанесения особых покрытий, через погружения болванки в газовую фазу модифицирующих компонентов. В обоих случаях увеличивается стойкость сплава до окислительными процессами. Например, чтобы в два раза сократить скорость окисления металлической детали при 900 °С, нужно ее легировать сплавом марки А1 3,5%, а для четырехкратного сокращения – модификатором А1 5,5%. Защитная атмосфера как средство борьбы с

коррозией опять одна технология предохранения металлических болванок и сплавов от поражения коррозии в результате газового окисления. Защитные атмосферы могут формироваться средами аргона, азота и углерода.

Приведу немного фактических рекомендаций, позволяющие исключить проблем при эксплуатации котлов:

- наблюдайте за горением пламени, для своевременного обнаружения неполадки;
- определить причины погасания горелки;
- вычищайте топку до зажигания горелок, при надобности выполняйте обдувку топки;
- проверять работу оборудования водоподготовки, главное знать соответствует ли температура и давление соответственным нормам [2]

Литература

1. Коррозия и защита от коррозии: Энциклопедия международных стандартов / Г. С. Фомин, Госстандарт России; Гл. ред. Г. П. Воронин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во стандартов, 1999. – 520 с.

2. Маргулова Т.Х., Мартынова О. И. Водные режимы тепловых и атомных электростанций: Учеб. Для вузов по спец. «Технология воды и топлива на тепловых и атомных электростанциях». – 2-е изд., испр. И доп. – М.: Высш. Шк., 1987. – 319 с.: ил.

УДК 504.054

Конов П.А., Шлей Е.В., Золотарева В.Е.

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

К ВОПРОСУ СНИЖЕНИЯ ТЕПЛООВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

В настоящее время вся мировая энергетика столкнулась с проблемой глобального загрязнения окружающей среды, и атмосферы в целом. Более трети всех загрязнений относятся к тепловым станциям. Потребляя топливные ресурсы, такие станции загрязняют практически всю прилегающую биосферу, что негативно сказывается как на самой природе, так и на здоровье людей.

Одной из проблем всех тепловых станций является тепловое загрязнение, оно способствует антропогенному загрязнению атмосферы и гидросферы. Как результат, вследствие загрязнения появляются следующие проблемы: нарушение экологических балансов; повышение температуры окружающей среды т. к. высокие температуры уходящих газов нарушают и ухудшают природный состав воздушных смесей и потоков и др. климатические нарушения.

Выброс парниковых газов является ещё одним опасным загрязнителем, угрожающим как природе, так и здоровью человека. Основные типы парниковых газов, выбрасываемых тепловыми станциями: углекислый газ (CO_2), угарный газ (CO), оксид серы IV (SO_2), диоксид азота (NO_2) оксид азота II (NO), метан (CH_4), а также другие выбросы, образующиеся при сгорании различных видов топлив.

Одной из основных проблем большого количества выбросов, также является устаревшее оборудование. Старое оборудование, проектировавшиеся еще в начале или середине 20 века, требует замены либо полной модернизации т.к. не может соответствовать современным экологическим нормам. Многие модификации отдельных узлов соизмеримы со стоимостью нового оборудования, поэтому не все готовы вкладываться в модернизацию старого оборудования, ресурс которого практически исчерпал себя.

Возможные пути снижения тепловых загрязнений

Самый экологичный, но сложно реализуемый метод снижения теплового загрязнения – внедрение альтернативных источников производства энергии и тепла, а также использование вторичных энергоресурсов (ВЭР). внедряя альтернативные источники производства энергии, нагрузка на станцию должна снижаться, соответственно и снижается количество выбросов и не только тепловых. А применение ВЭР позволяет экономить топливо повышая экономические показатели станции.

Следующий метод – снижение температуры выбрасываемого тепла. Этого можно добиться, модернизируя системы водоснабжения и водоотведения, а также снимая как можно больше полезного тепла с охлаждающей воды применяя дополнительное теплообменное оборудование, ставя дополнительные теплообменники или различные подогреватели, а также по возможности расширяя циркуляционный контур или примять многоконтурную систему циркуляции. Правильная организация подвода и отвода тепла позволит снизить долю тепловых выбросов, а также повысить КПД станции.

Для снижения выбросов продуктов сгорания существует несколько действенных методов. Самый действенный – перевод станции с угля на природный газ. Если станция уже работает на газе, а концентрация выбросов превышает норму, необходимо продолжать реконструировать сами котлы. Сделать это можно несколькими способами. Самый действенный – замена горелок. К методам, с помощью которых можно достичь нормативных значений значительно более дешевые, можно отнести ступенчатое и нестехиометрическое сжигание топлива, впрыск воды в топку, рециркуляция уходящих газов, сжигание с низкими из-

бытками воздуха, газоочистка и самое главное поддержание оптимального режима горения.

Данные методы помогают снизить концентрацию основных выбросов, таких как оксиды азота (NO_x) и монооксиды углерода (CO).

УДК 513-2.135

Башлаев Л.А., Коровин Н.А., Логачева В.М.

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

АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ПОЯВЛЕНИЯ ДИФРАКЦИИ ВОЛН

Дифракция – явление, которое показывает себя как отклонение от законов геометрической оптики при распространении волн. Она предполагает собой многофункциональное волновое явление и характеризуется одними и теми же законами при наблюдении волновых полей различной природы. При этом лучи могут попадать в область геометрической тени от заграждения (рис. 1).

Особенности дифракции:

1) Дифракция волн – изменение волн от прямолинейного возникновения явления огибания волнами препятствий.

2) Волны могут попадать в область геометрической тени. Например, звук неплохо слышен за углом дома, т.е. звуковая волна его огибает. Дифракцией радиоволн вокруг поверхности Земли объясняется прием сигналов в диапазоне длинных и средних радиоволн за пределами прямой видимости излучающей антенны.

3) Дифракция волн зависит от соотношения между длиной волны и размером объекта, вызывающего дифракцию. В пределе при $\lambda \rightarrow 0$ законы волновой оптики переходят в законы геометрической оптики. Дифракция находится в тех случаях, когда размеры огибаемых препятствий соизмеримы с длиной волны.

Впервые механизм распространения света был детально представлен в работах Гюйгенса, позже была дополнена Френелем.

Ученый подтвердил, что полученная от столкновения с препятствием волна представляется действительной. В комплексе они контактируют друг с другом. От этого становятся сильнее, что позволяет им распространяться не только вперед, но и назад. Во время перемещения назад происходит контакт с первоисточником. В результате чего наступает угасание всех световых волн.

В середине 17-го столетия итальянский ученый Франческо Мария Гримальди наблюдал странные тени от небольших предметов, помещенных в очень узкий пучок света. К удивлению ученого, эти тени не имели резких границ, а были почему-то окаймлены цветными полосами.



Рис.1. Тень от предмета, помещенного в узкий пучок света.

В результате дифракции накладываются световые волны, приходящие из разных точек, и наблюдается интерференция волн (рис. 2).

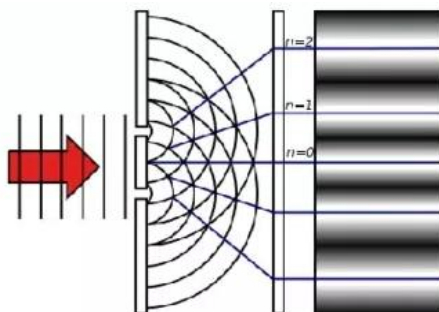


Рис.2. Дифракция на двух щелях.

Дифракция проявляется в нарушении прямолинейности распространения света.

УДК 513-2.135

Коровин Н.А., Башлаев Л.А., Логачева В.М.

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

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ТЕОРИИ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ

Одной из наиболее важных и в то же время наиболее трудных проблем статистической физики является исследование фазовых переходов.

Как известно, в природе могут осуществляться фазовые переходы I и II родов. Фазовые переходы I рода (плавление, испарение и т. п.) сопровождаются поглощением или выделением тепла, скачкообразным изменением плотности и степени упорядоченности структуры вещества.

Возникновение новой фазы внутри старой происходит либо на примесях различного рода (если такие имеются), либо в результате флуктуационного образования зародышей. Ряд важных идей относительно физической сущности фазовых переходов I рода был высказан Я.И. Френкелем. В 1926 г. он впервые обратил внимание на то, что между жидкостями и твердыми телами имеется гораздо большее сход-

ство, чем между жидкостями и газами (до Я.И. Френкеля жидкости рассматривались, главным образом, с точки зрения теории газов). Использование представления о колебательно-поступательном движении молекул в жидкостях позволило Я.И. Френкелю количественно описать процесс диффузии и развить теорию вязкости жидкостей. В дальнейшем Я.И. Френкелем была создана качественная теория плавления, основанная на рассмотрении этого явления, как процесса разупорядочивания кристаллов. Большой вклад был внесен советскими учеными и в теорию зародышеобразования при конденсации и испарении.

Фазовые переходы II рода, типичным примером которых является переход жидкого гелия в сверхтекучее состояние в результате охлаждения, происходят без поглощения или выделения тепла и без скачкообразного изменения плотности и степени упорядоченности. Скачком изменяются лишь такие свойства вещества, как удельная теплоемкость, коэффициент теплового расширения и т. п. Физическая сущность фазовых переходов II рода оставалась совершенно непонятной вплоть до появления в 1937 г. фундаментальных работ Л.Д. Ландау, в которых была установлена глубокая связь между этими переходами и свойствами симметрии тел, претерпевающих переход. Теория Л.Д. Ландау основана на разложении термодинамического потенциала в «упорядоченной» фазе вблизи точки перехода в степенной ряд по некоторому параметру упорядоченности, характеризующему степень отклонения расположения атомов в менее симметричной фазе от их расположения в более симметричной фазе. Исследование такого ряда позволяет установить зависимость термодинамических функций от температуры вблизи точки перехода и найти выражения для скачков теплоемкости, коэффициента теплового расширения и т. п. Теория Ландау была с успехом применена к исследованию структурных переходов в кристаллических телах - металлах и сплавах типа замещения, а также к явлениям сегнетоэлектричества и антиферромагнетизма.

Другая термодинамическая теория фазовых переходов II рода была предложена В. К. Семенченко. Эта теория связывает фазовые переходы II рода с явлениями, имеющими место в критической точке (в такой точке кривой фазового равновесия, вблизи которой исчезает всякое различие между фазами). При этом критическая точка рассматривается как частный случай точки фазового перехода II рода, в которой величины теплоемкости, коэффициента теплового расширения и изотермической сжимаемости испытывают бесконечный скачок. К весьма интересным результатам приводит исследование кинетики упорядочения при фазовых переходах II рода. Оказывается, что перестройка кристаллической решетки происходит не путем однородной релаксации

или зародышеобразования, а посредством образования паутинообразных упорядоченных областей и их последующего разрушения.

К сожалению, наличие принципиальных трудностей не позволяет в настоящее время создать общую статистическую теорию фазовых переходов, хотя для некоторых конкретных систем эта задача может быть решена современными методами квантовой теории поля. По этой причине представляет большой теоретический интерес количественное исследование фазовых переходов в модельных системах, отражающих наиболее характерные черты реальных систем. В частности, ряд важных сведений о поведении термодинамических функций вблизи точки перехода дает расчет двумерной дипольной решетки Изинга, а также модели связанных ангармонических осцилляторов, помещенных во внешнее поле. Советскими учеными развиты также общие статистические методы исследования фазовых переходов, основанные непосредственно на использовании гиббсовой функции состояния. С помощью этих методов оказывается возможным определить условия, необходимые для возникновения фазовых переходов I и II рода и получить некоторые сведения о механизме этих переходов. При этом «параметр упорядоченности», являющийся исходным пунктом термодинамической теории Ландау, возникает автоматически, без каких-либо дополнительных предположений. Весьма эффективным при вычислении статистических интегралов систем с дальнедействием оказывается метод, основанный на введении «коллективных переменных», представляющих собой фурье-компоненты матрицы плотности. Он позволяет естественным образом избегать расходимостей в выражениях для термодинамических функций. Ряд интересных особенностей в поведении систем с кулоновским взаимодействием позволяет выявить исследование статистического интеграла одномерной модели таких систем.

УДК 621.311

Дорохин Н.Ю., Бухалов К.А., Логачева В.М.

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

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗАКОНА ОМА ПРИ РАСЧЕТЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

Закон Ома назван в честь собственного открывателя ученого Георга Симона Ома. Вдохновляясь опытами Фурье начал проводить свои опыты в области электроэнергии.

Он проводил собственные эксперименты с различными материалами и исследование их электропроводности. Так была разработана знаменитая формула, которая стала краеугольной в прогрессивной физике:

$$I = \frac{U}{R}, \quad (1)$$

где:

U – напряжение, В;

I – сила тока, А;

R – сопротивление, Ом;

Закон Ома применяется для цепи следующим образом.

Закон Ома для участка цепи возможно обрисовать формулой (1), но кое-какие конфигурации и уточнения привнести, полагаем, стоит. Поймем закрытую электронную цепь и разглядим ее участок меж точками 1-2. Для наглядности взяли участок электронной цепи, не имеющий источников ЭДС (\square).

Итак, закон Ома для рассматриваемого участка цепи содержит вид:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = I \times R \quad , \quad (2)$$

где:

I – ток, протекающий по участку цепи;

R – сопротивление этого участка;

$\varphi_1 - \varphi_2$ – разность потенциалов между точками 1-2.

Если учесть, что разность потенциалов - это напряжение, то приходим к производной формулы закона Ома:

$$U = I \times R \quad . \quad (3)$$

Это формула закона Ома для пассивного участка цепи (не имеющих источников электроэнергии).

В неразветвленной электрической цепи сила тока во всех участках одинакова, а напряжение на любом участке определяется его сопротивлением:

$$U_1 = I \cdot R_1 \cdot U_2 = I \cdot R_2 \cdot U_n = I \cdot R_n \cdot U = I \cdot (R_1 + R_2 + \dots + R_n)$$

Следовательно, можно получить формулы, которые необходимы при практических вычислениях. К примеру:

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n \text{ или же } U_1/U_2/\dots/U_n = R_1/R_2/\dots/R_n$$

Расчет сложных (разветвленных) цепей выполняется с помощью законов Кирхгофа.

Закон Ома для полной цепи еще можно назвать закон Ома для замкнутой цепи. В этом случае он имеет вид:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} \quad (4)$$

Обозначение r в данной формуле еще не использовалось и является внутренним сопротивлением источника ЭДС. Оно довольно не достаточно, во время практических расчетов, при условии, что $R \gg r$ – сопротивление цепи много больше внутреннего сопротивления источника, им можно пренебречь. Тем не менее, пренебрегать величиной r невозможно в случае, когда они соизмеримы.

Рассмотрим случай, при котором $R=0$ (короткое замыкание). Тогда приведенная формула закона Ома для полной цепи примет вид:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{r} \quad (5)$$

То есть, размер внутреннего сопротивления будет определять ток короткого замыкания. Подобная ситуация вполне может быть реальной.

Полноценную цепь составляют участок (участки) и источник ЭДС. То есть, практически к существующему резистивному компоненту участка цепи прибавляется внутреннее сопротивление источника ЭДС. В следствие этого логичным считается некоторое изменение выше рассмотренной формулы:

$$I = \frac{U}{R+r} \quad (6)$$

Конечно, значение внутреннего сопротивления ЭДС в законе Ома для полной электрической цепи можно считать ничтожно малым, правда, во многом это значение сопротивления зависит от структуры источника ЭДС. При расчётах трудных электронных схем, электрических цепей с множеством проводников, наличие дополнительного сопротивления является важным фактором.

Как для участка цепи, так и для полной схемы следует учитывать естественный момент – использование тока постоянной или переменной величины. Выше рассмотрены моменты, характерные для закона Ома, при использования постоянного тока. Соответственно с переменным током всё выглядит несколько иначе.

Переменный ток выделяется от постоянного тем, что он изменяется с определёнными временными периодами. Непосредственно он изменяет своё значение и направление. Для того чтобы применить закон Ома нужно учитывать, что сопротивление в цепи с неизменным током может отличаться от сопротивления в цепи с током переменным.

Литература

1. Бакалов В.П. и др. Теория электрических цепей. - М.: Радио и связь, 1998.
2. Савельев И.В. Курс общей физики. - М.: Наука, 1978. - Т. 2.

УДК 551.583

Иванов А.А., Бежикина П.А., Золотарева В.Е.
(Новомосковский институт (филиал) РХТУ Д.И. Менделеева)

ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В АТМОСФЕРУ

В настоящее время, очень актуальна проблема изменения климата. Основной виной этому служит большой выброс парниковых газов, преимущественно углекислых (CO_2). Применяя метод из решения на-

шего кейса на практике, можно сократить часть выбросов CO_2 промышленных предприятий, пустив их на геологические нужды, тем самым улучшая экологический баланс окружающей среды.

Решение нашего кейса основано на использовании технологий геологического хранения, путем захоронения парниковых газов в глубине земной коры. Для этого используются не только газовые и нефтяные месторождения как действующие месторождения, так и солевые и водоносные пласты. Углекислый газ, растворяясь в нефти, снижает ее вязкость и делает ее более подвижной. Перемещая углекислый газ по резервуару, остаточная нефть оттесняется к эксплуатационным скважинам, увеличивая коэффициент нефтеотдачи пласта. Кроме того, углекислый газ имеет свойство консервировать природный газ на долгий период времени, а также дает возможность получать дополнительные объемы газа из пласта. Незарабатываемые угольные пласты также могут использоваться для хранения CO_2 , так как углекислый газ адсорбируется углем, вытесняя ранее адсорбированный метан. Этот способ хранения CO_2 дает дополнительные возможности по накоплению и использованию адсорбированного метана. Солевые пласты, используемые в основном для хранения природного газа, также можно использовать и для хранения парниковых газов. Такие хранилища служат в основном для покрытия пиковых нагрузок, так как могут эксплуатироваться в «рывковом» режиме с производительностью отбора, на порядок превышающей производительность отбора из хранилища в пористых структурах, а количество циклов может достигать 20 в год.

Глубинные минерализованные водоносные горизонты являются наиболее перспективными для захоронения парниковых газов, так как эти воды не употребляют для хозяйственно-питьевых нужд и в сельском хозяйстве. Уменьшению подвижности углекислого газа может способствовать растворение его в остаточной воде, оставшейся в водоносном горизонте, так как это снижает эффект плавучести, а также — реакции CO_2 с минералами и образование твердых соединений.

Для уменьшения концентрации парниковых газов в атмосфере и, используя его в газовой и нефтяной промышленности, выгодно применять технологию геологического хранения. А также изучить особенности взаимодействия углекислого газа с геологической средой путём создания и эксплуатации подземных хранилищ газов в пластах — коллекторах геологических структур, в отработанных горных выработках, а также в слабопроницаемых отложениях.

Литература

1. Кокорин А.О. Меры по снижению в России выбросов парниковых газов и приоритеты работы российских неправительственных организаций. Москва, WWF России, 2012. 34 с.

2. Экологическая эффективность технологии газификации угля на примере Красноярской агломерации. Режим доступа: <http://modernproblems.org.ru/ecology/24-hlebopros8.html>.

УДК 620.92

Колыхалов И.С., Майорова Н.Д.

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

АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИХ УТИЛИЗАЦИИ

Аккумуляторные батареи (АКБ) - это источники питания постоянного тока, предназначенные для накопления, хранения и возврата энергии. Большинство операций с батареями основаны на циклических химических реакциях, что позволяет заряжать источник питания сотни раз. [1]

Классификация аккумуляторных батарей

Аккумуляторные батареи делятся на 2 основные группы: одноразовые и многоразовые (которые можно заряжать). К первой относятся обычные батарейки, а ко второй - аккумуляторы любого типа. Их также можно разделить на несколько категорий в зависимости от активных веществ в химической реакции [1]:

- щелочные;
- цинк-углеродные;
- серебряные;
- ртутные;
- литий-марганцевые;
- цилиндровые.

Можно разделить и по составу электролита с конструкцией электродов:

- Литий-ионный;
- Никель-солевые;
- Никель-цинковый;
- Свинцово-кислотные;
- Никель-металлогидридные.

Известные способы переработки аккумуляторов. Существует несколько способов утилизации АКБ:

- Механическая переработка
- Пирометаллургическая переработка
- Гидрометаллургическая переработка
- Утилизация литийсодержащих батарей
- Утилизация свинцовосодержащих батарей

Механическая переработка. Батарея состоит из нескольких элементов, каждый из которых обладает множеством уникальных атрибутов. Поэтому первый способ утилизации, механический, предполагает, что сначала устройство должно быть разделено на составляющие группы компонентов, и в каждой группе будет проведена индивидуальная утилизация на специальном предприятии [2].

Пирометаллургическая переработка. Этот вид переработки основан на плавлении металла в специально сконструированной печи. Преимуществом этого метода является его относительная универсальность. Утилизация данного типа батарей осуществляется поэтапно [2]:

1. Прием батарей специализированными пунктами.
2. Первичная подготовка устройств, доставка до промышленных установок.
3. Загрузка АКБ во вращающуюся печь при температуре 1 250°.
4. Испарение цинка, свинца и кадмия.
5. Сбор и подготовка образовавшихся металлов.

Основными недостатками этого вида переработки являются: низкая эффективность переработки и высокая вероятность образования отходов. Но есть и другие недостатки:

- энергоемкость;
- загрязнение атмосферы пылью и газами;
- образование не до конца восстановленных никеля и кадмия

Сочетание этих недостатков является основной причиной низкой скорости проникновения этого типа утилизации батарей.

Гидрометаллургическая переработка. Утилизация батареи этим методом основана на выщелачивании компонентов, которые прошли предварительную обработку. После этого выполняется комплекс физических и химических воздействий, результатом которых является отделение ценных элементов и переработка их до стадии полуфабрикатов/готовых товарных продуктов. [2]

Гидрометаллургическая переработка - это эффективная многоступенчатая и энергоемкая технология. Благодаря такому типу переработки может быть извлечено до 99,5% компонентов, которые впоследствии используются для производства новых батарей. [2]

Утилизация литийсодержащих АКБ. Литиевые батареи в основном используются для источников бесперебойного питания, крупномасштабного оборудования и средств связи. Срок годности батарей составляет около 5 лет, после чего их необходимо доставить в специальный пункт, предназначенный для обращения с этими батареями. [3]

Необходимость надлежащего обращения с литиевыми батареями связана с тем, что при попадании влаги внутрь произойдет короткое замыкание, что может привести к взрыву. [3]

Чтобы сделать все безопасным, перерабатывающий завод использует современную технологию переработки отходов: для того чтобы все было безопасно на перерабатывающих предприятиях используют современную технологию утилизации [3]:

1. Разбор корпуса старого устройства с извлечением внутренних частей.

2. Удаление электролита – солей лития.
3. Распределение всех металлических электродов на аноды и катоды.
4. Удаление с пластин всех неметаллических включений.
5. Плавление меди и алюминия.

Этапы переработки свинцовосодержащих АКБ. Общий алгоритм переработки свинцовосодержащих аккумуляторов:

1. Удаление электролита.
2. Подготовка к утилизации.
3. Измельчение.
4. Промывка компонентов.
5. Удаление пластика.
6. Нейтрализация кислоты.
7. Очистка воды.
8. Обогащение и сушка металлов.
9. Плавление.

Затем полученный свинец и пластиковые гранулы снова будут использованы для создания новых АКБ. [3]

Так зачем же нужно утилизировать АКБ? В АКБ содержится много вредных химических веществ как для окружающей среды, так и для человека. Поэтому утилизировать отработанные АКБ нужно обязательно, ведь при простом выбросе их на свалку, только на разложение пластиковых элементов уйдет около 40-60 лет, что говорить о разложении химических соединений. Другими словами, в месте выброса АКБ в течении нескольких столетий грунт будет отравлен и непригоден для использования.

А вот утилизация АКБ не только лучше скажется на экологии, но и может позволить использовать многие компоненты повторно, к примеру, металлы могут быть применены в металлургической промышленности, а полимерные – при производстве пластиковых изделий, серная кислота и щелочи – в химической отрасли.

Литература

1. А.П. Кашкаров. Аккумуляторы. Справочник / А.П. Кашкаров. - М.: РадиоСофт, 2014. - 192 с.

2. М. Бабиак, М. Булиш. Основы сбора и утилизации аккумуляторов: взгляд производителя // 13-й Международный семинар по переработке аккумуляторных батарей. — Форт-Лодердейл: 2009.

3. Джесси Рассел. Литий-ионный аккумулятор / Джесси Рассел. - М.: Книга по Требованию, 2012. - 976 с.

УДК 620.92

Корнилов И.В., Майорова Н.Д.

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

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ СОВРЕМЕННОГО РАЗВИТИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ

Возобновляемая или регенеративная, «зелёная», энергия — энергия из энергетических ресурсов, которые являются возобновляемыми или неисчерпаемыми по человеческим масштабам. Основной принцип использования возобновляемой энергии заключается в её извлечении из постоянно происходящих в окружающей среде процессов или возобновляемых органических ресурсов и предоставлении для технического применения. Возобновляемую энергию получают из природных ресурсов, таких как: солнечный свет, водные потоки, ветер, приливы и геотермальная теплота, которые являются возобновляемыми (пополняются естественным путём), а также из биотоплива: древесины, растительного масла, этанола. [1]

По подсчетам, в 2019 году 26.8% мировой электроэнергии было выработано с помощью возобновляемых источников энергии, где большая часть приходится на гидроэнергетику (16 %). [1]

Возобновляемую энергию получают из устойчивых источников, таких как гидроэнергия, энергия ветра, солнечная энергия, геотермальная энергия, биомасса и энергия приливов и отливов. В отличие от ископаемых видов топлива — например, нефти, природного газа, угля и урановой руды, эти источники энергии не истощаются, поэтому их называют возобновляемыми. Только за 2019 год по всему миру установлено объектов возобновляемых источников энергии (ВИЭ) общей мощностью 200 ГВт. Под альтернативной энергией подразумевается та, что может замещать основные виды добычи электричества. В наше время все больше и больше люди углубляются в эту тему, пытаются понять, сможет ли человечество перейти на ВИЭ полноценно, исключив какие – либо риски и потери в плане финансовой выгоды и нанесению ущерба природе. Ведь множество изменений климата напрямую связаны с добычей электроэнергии в разных странах. [2]

Развитие ветроэнергетики в России приведет к формированию новой высокотехнологичной индустрии с возможностью экспорта ВЭУ

(Ветровые Энергоустановки) на территории стран СНГ и Балтии. Число занятых в этой новой отрасли, включая высокотехнологичные рабочие места, к 2030 г. Составит более 200 тысяч человек. Бурное развитие и широкомасштабное использование в мире возобновляемых источников энергии, в том числе ветроэлектрических станций (ВЭС), свидетельствуют о новой технологической революции в мировом топливно – энергетическом комплексе (ТЭК). Ее успех подкреплен пересмотром мировым сообществом идеологии энергообеспечения и принятием планов по снабжению потребления органического топлива (на 50% к 2050г. В целом по миру, и на 20% - в странах Европейского Союза к 2020г). [3]

Суммарная установленная мощность ВЭС в мире превысила в 2013 г. 300ГВт, в странах лидерах она достигла в Китае – 70, США – 50, Германии – 32 ГВт. [3]

Во всех ведущих странах создание ветроэнергетики начиналось с разработок национальных концепций и стратегий, определяющих долгосрочные цели и саму целесообразность на основе тщательного анализа энергетических, экономических, производственных, экологических социальных и прочих факторов и определения возможных эффектов. Причем этот процесс сопровождался всесторонним изучением передового мирового опыта и широкими общественными дискуссиями, проводившими, в конечном итоге, к профессиональному и социальному консенсусу. Очевидно, что именно такой способ внедрения ветроэнергетики является целесообразным и для России. [4]

При этом объемы использования ВЭС в России могут составить до 30 ГВт в топливно – энергетическом комплексе, до 17 ГВт на транспорте, до 2 ГВт в сельском хозяйстве. Суммарные установленные мощности ВЭУ в автономных энергосистемах могут составить к 2030 г. 5 ГВт соответственно с годовой выработкой до 2 и 10 млрд кВт * ч и замещением условного топлива до 2,5 – 3 млн т/год к 2030 г. [4]

Для создания отечественной ветроэнергетической отрасли предстоит решить ряд масштабных задач:

- Создать проектировочную базу ветроэнергетики, состоящую из специализированных и опытных производств, укомплектованных соответствующими научными и инженерными кадрами;
- Создать строительно-монтажную базу ветроэнергетики, оснащенную необходимой техникой и опытными специалистами;
- Создать отечественную испытательную базу для ВЭУ средней и большой мощности, состоящую из 5-8 испытательных центров, укомплектованных соответствующим оборудованием и квалифицированным персоналом;

- Создать ремонтно-эксплуатационную инфраструктуру ветроэнергетики с сетью пунктов обслуживания ВЭС, укомплектованных современной материально – технической базой, оборудованием и квалифицированными кадрами. [4]

Литература

1. Николаев В.Г., Ганага С.В., Перминов Э. М. Перспективы развития мировой отечественной ветроэнергетики. Приложение журналу «энергетик». 2012, выпуск 8, 9, 10, м., НТФ «Энергопрогресс», 313 с.

2. Николаев В.Г. ресурсное и технико- экономическое обоснование широкомасштабного развития и использования ветроэнергетики в россии. - м.: Атмограф. 2011. 502 с.

3. Николаев В.Г. обоснованию целесообразных масштабов темпов развития ветроэнергетики в россии. //известия энергетика, 6, 2011, с. 78-89.

4. Николаев В.Г., Ганага С.В., Вальтер Виллемс П. и др. Перспективы развития виз в россии. результаты проекта тасис. м.: атмограф, 2009. 502 с.

УДК 620.92

Суханов В.А., Майорова Н.Д.

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

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПЕРЕХОД КАК НОВЫЙ ВЫЗОВ МИРОВОЙ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

«Энергетический переход» - переход от углеводородного топлива (угля, нефти и природного газа) во имя снижения выбросов углекислого газа. Основная движущая сила концепции энергетического перехода – глобальное потепление. [1]

Термин этот впервые увидел свет в 1980-хх годах, являясь названием одной публикации немецкого научно-исследовательского Института прикладной экологии. Теперь этот термин звучит категорическим императивом необходимых перемен в энергетическом комплексе– переход человечества к экологически чистой энергетике для предотвращения негативных изменений климата на планете. Также иногда называют этот переход "декарбонизацией" от англ. "Carbone Dioxide" – СО2. Значимость и одновременно основную проблему осуществления данного перехода вызывает прогресс динамики развития энергопотребления, напрямую зависящий от роста населения (по оценкам ООН – 10 млрд. человек к 2050 году). [1]

Данный переход возможен по одному из следующих сценариев:

1. Сценарий устойчивого развития МЭА. Пик спроса на нефть достигается уже к 2020 г. на уровне 97 млн. барр./сут. А к 2030 г. достигается как пик спроса на газ (4318 млрд. куб. м), так и пик суммарного энергопотребления на уровне 13820 млн. т н.э. Следует что в 2040 г. на нефть и газ будет приходиться только 48% мирового потребления. [1]

2. Концепция энергетического перехода международного сертификационного и классификационного общества DNVGL. В частности, суммарное потребление первичных энергоресурсов достигнет своего пика (15 809 млн. т н.э.) уже 2032 г., а конечное – в 2035 г. (11224 млн. т н.э.). К 2050 г. эти объёмы снизятся, соответственно, до 13994 и 10746 млн. т н.э. При этом пик спроса на нефть (4033 млн. т н.э. или 91,2 млн. барр./сут.) будет достигнут уже в 2023 г., после чего потребление нефти начнёт снижаться и составит в 2050 г. всего 2052 млн. т н.э. (46,4 млн. барр./сут.). Тем самым доля нефти в глобальном потреблении первичных энергоресурсов составит всего 15%. Спрос на природный газ достигнет пика в 2034 г. (186 EJ в год), после чего начнёт постепенно снижаться. В результате доля газа в глобальном энергопотреблении, достигнув пика в 28% в середине 2030-х гг., снизится к 2050 г. до 25%. А суммарно на нефть, уголь и природный газ в 2050 г. будет приходиться половина потребляемой человечеством энергии. [1]

3. Инициатива Всемирного экономического форума по содействию эффективному энергетическому переходу (World Economic Forum Fostering Effective Energy [1])

4. Постулаты IRENA «Преобразование глобальной энергетической системы: дорожная карта до 2050 г». [1]

В издании 2019 г. Агентство IRENA показывает среднегодовые объёмы потребления ископаемых видов топлива в 2016-2050 гг. Они таковы: нефти – всего 22 млн. барр./сут. против 95 млн. барр./сут. в 2010-2017 гг., природного газа – 2250 против 3752 млрд. куб. м, и угля – 713 млн. т в угольном эквиваленте против 5357 млн. т. [1]

В качестве «переходного» энергоносителя экспертами принято рассматривать природный газ. В среднесрочной перспективе рассматривается увеличение использования газа. Долгосрочные прогнозы потребления углеводородов часто прямо противоположны оценкам спроса на энергию. [1]

Глава Минприроды Александр Козлов заявил при текущем уровне добычи хватит на 59 лет, газа – на 103 года. Наша страна – первая в рейтинге экспортеров природного газа, а в толще земной коры на её территории залегают около 25% общемировых запасов этого незаменимого на сегодняшний день ресурса. [2]

Уренгойское - углеводородные ресурсы исчерпаны уже на 70 процентов, притом, что общий их объем оценивался в 10,9 триллионов кубометров. Сейчас все усилия направлены на то, чтобы развить добычу газа из глубины Ачимовских отложений – самой глубокой и труднодоступной залежи углеводородов. Ямбургское (ЯНГКМ)- 8,2 трлн кубометров природного газа. Бованенковское- запасы газа в Бованенково оцениваются в 4,9 трлн кубометров. [3]

Штокмановское-3,94 трлн кубометров газа и 56 миллионов тонн нефти. [3]

Ковыктинское – осваивается. [3]

Русановское – многопластовое. 779 млрд кубометров примерно содержит, точнее сказать нельзя, цифра может быть много больше. [3]

Заполярье- пятое в мире по объёму запасов газа (общ. – 3,5 трлн кубометров). [3]

Медвежье - 4,7 трлн кубометров, уже на 80% истощено, и в связи с этим планируется сократить количество газовых промыслов с 9 до 6, модернизировав их. [3]

Астраханское - 2,5 трлн кубометров газа и 400 млн тонн газового конденсата. [3]

Сахалин – 3 - Пока что проект находится на стадии развития, но когда он будет полностью реализован, на Сахалине - 3 планируется добывать около 30 млрд кубометров газа ежегодно. Именно здесь находится самая большая в России плавучая буровая платформа. [3]

Из всех этих исследований общая мысль такова: энергетический переход должен стать комплексом инновационных мероприятий в ходе индустриальной трансформации всего общества; применение ВИЭ в угоду замещения роли ископаемого топлива (угля и нефти) и упор на увеличение роста энергоэффективности использования энергоресурсов в цепочке производство-потребитель. [4]

В случае энергетического перехода встанут следующие задачи: стабилизация выбросов парниковых газов, удовлетворение спроса на энергию и расширение доступа населения к «чистой» электроэнергии. Отказ от ископаемого топлива потребует от энергетической системы нашей планеты полной трансформации в систему, наращивающую эффективность и основанную на возобновляемой энергии. Но данный переход должен так же не баланс так называемого «Энергетического треугольника»: безопасность и доступ; экологическая устойчивость; экономическое развитие и рост. [4]

В то же время нельзя заявлять о резком и безоговорочном отказе от ископаемого топлива «по сигналу» - процесс этот займет много време-

ни, неравномерный в разных областях промышленности, требующий от всех участников мирового сообщества соглашения в вопросах климата и потребует от них избрать приоритетным курс устойчивого развития. (Устойчивое развитие — комплекс мер, нацеленных на удовлетворение текущих потребностей человека при сохранении окружающей среды и ресурсов, то есть без ущерба для возможности будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности.) [4]

Литература

1. Мастепанов А. М. Энергетический переход как новый вызов мировой нефтегазовой отрасли. // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. 2019. №2. С. 62-69.
2. НИИ-Хакасия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/eBmCg>
3. Росгаз [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/eBm5P>.
4. Мастепанов А. М. Нефть в перспективном мировом энергетическом балансе: на перепутье мнений и оценок // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. 2019. №4. С. 5-8.

Научное издание

**XXIV Научно-техническая конференция
молодых ученых, аспирантов, студентов**

Технические науки

Компьютерная верстка Е.Н. Голубина

Редактор Туманова Е.М.

Подписано в печать 11.05.2022 г. Формат 60x84^{1/16}

Бумага «Комус». Отпечатано на ризографе.

Усл. печ. л. 5,9. Уч.- изд. л.3,8.

Тираж 50 экз. Заказ № 13/9.

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