

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Комитет образования, науки и молодежной политики Волгоградской области
Центр молодежной политики Волгоградской области
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском
Волгоградский институт управления – филиал РАНХиГС
ГБОУ ВО «Волгоградский государственный Институт Искусств и Культуры»
ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»
ФГАОУ ВО «Волгоградский государственный университет»
ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный социально-педагогический университет»
ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет»
Волгоградская академия Министерства внутренних дел Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет»
ФГБОУ ВО «Волгоградская государственная академия физической культуры»

XXV РЕГИОНАЛЬНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

НАПРАВЛЕНИЕ

«ИННОВАЦИОННЫЕ И ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ»

г. Волжский
19 октября – 25 декабря 2020 г.

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Волжский, 2021

УДК 620.9+621.3+681.5
ББК 31

Организационный комитет:
Болдырев И.А. (председатель), Курьянов В.Н. (сопредседатель),
Горбань Ю.А., Желяскова О.И.

**XXV Региональная конференция молодых ученых и исследователей
Волгоградской области. Направление «Инновационные и цифровые
технологии»**, г. Волжский, 19 октября – 25 декабря 2020 г.: тезисы
докладов. – Волжский: Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском,
2021. – 88 с.

ISBN 978-5-94721-152-8

Тезисы докладов, вошедшие в сборник, освещают актуальные проблемы инновационного развития теплоэнергетики, электроэнергетики, отраслей промышленности в части создания, внедрения и использования цифровых технологий, являющихся факторами устойчивого и стабильного развития. Сборник предназначен для студентов, магистрантов, преподавателей вузов и инженеров, интересующихся указанными выше направлениями науки и техники.

Тексты тезисов, представленные авторами, сверстаны и при необходимости сокращены. Как правило, сохранена авторская редакция.

Печатается по решению Учебно-методического совета филиала ФГБОУ «НИУ «МЭИ» в г. Волжском.

УДК 620.9+621.3+681.5
ББК 31

ISBN 978-5-94721-152-8

© Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»
в г. Волжском, 2021
© Авторы, 2021

ИННОВАЦИОННЫЕ И ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Председатель: **И. А. Болдырев** – канд. техн. наук, доцент
Сопредседатель: **В. Н. Курьянов** – канд. техн. наук, доцент
Секретарь: **О. И. Желяскова** – ассистент кафедры Энергетики

Н. С. Хлюстов
Научный руководитель И. А. Болдырев

К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ НЕСКОЛЬКИХ РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

Рассмотрено применение системы, имеющей несколько различных источников энергии, для осуществления децентрализованного теплоснабжения. Приведена принципиальная схема такой системы, на примере которой была описана концепция подобных схем и вопрос их автоматизации. На основании приведенной схемы были приведены положительные стороны ее реализации, а также недостатки.

Для реализации принципа децентрализованного теплоснабжения отдельных зданий, сооружений, строений возможно применение систем с одним источником энергии, с несколькими однотипными источниками энергии или же использование в таких системах несколько различных источников энергии. Использование последних имеет как преимущества, так и недостатки. Для их определения рассмотрим пример принципиальной схемы системы с несколькими различными источниками энергии для теплоснабжения (рисунок).

В данной схеме для подогрева сетевой воды (СВ) задействованы: солнечный коллектор (СК), газопоршневая установка (ГПУ), газовый и электрический котлы (ГК и ЭК). Вода из обратной магистрали проходит точку смешения с подпиточной водой и попадает в ПТ (пластинчатый теплообменник), где подогревается водой, циркулирующей в контуре СК, целевая температура подогрева циркулирующей воды ~60–70 °С. После этого вода попадает в ПТ, связанный с основным контуром охлаждения ГПУ и в котел-утилизатор, в котором происходит процесс утилизации тепла уходящих газов. Затем СВ с температурой ~95–105 °С подогревается до необходимой температуры в ГК и ЭК, которые подключены параллельно. Таким образом, СК, используя солнечную энергию, снижает затраты газа и электроэнергии для остального оборудования, ГПУ вырабатывает электроэнергию для ЭК, в процессе повышая параметры СВ, а также снижая затраты газа в ГК, ЭК является второстепенным и затрачивает вырабатываемую электроэнергию в контуре для подогрева СВ, и в ГК происходит окончательный

подогрев воды до заданного значения затрачивая меньше топлива, нежели чем при автономной работе ГК.

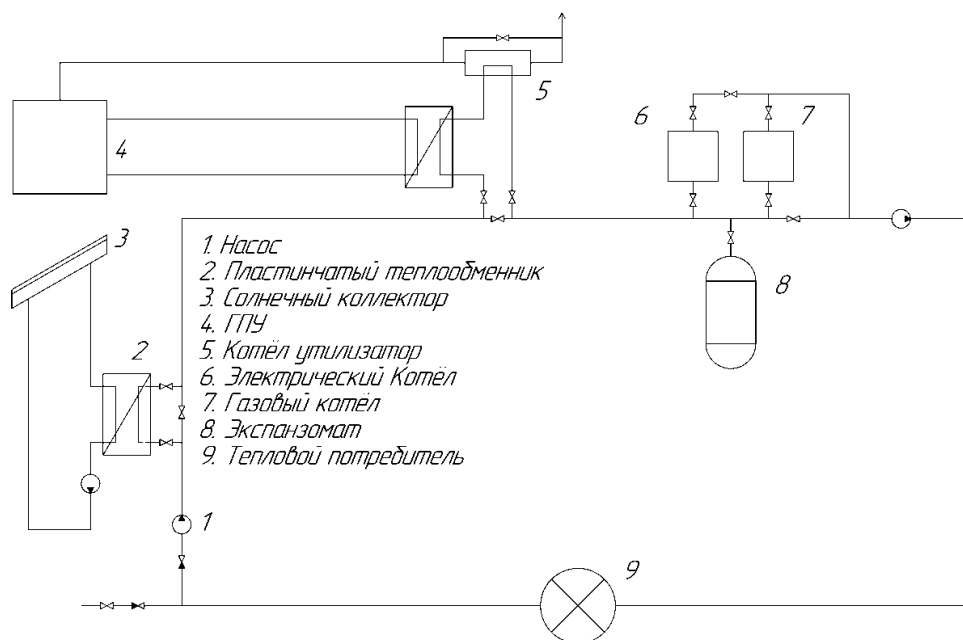


Рисунок. Пример принципиальной схемы генерации тепла с несколькими источниками энергии

Однако такой ступенчатый подогрев в различных частях схемы и различном оборудовании требует реализации более сложной системы отслеживания и контроля параметров. Например, при реализации схемы из примера необходимо отслеживать температуру сетевой воды в обратной магистрали, в подпиточном канале, непосредственно после точки смешения, температуру в контурах теплообменников, давление в различных точках системы и на основании этих параметров контролировать мощность насосов для поддержания давления или же для осуществления количественного регулирования температуры, также необходимо обеспечивать контроль параметров каждого источника энергии. Таким образом, подобное усложнение приводит к увеличению и усложнению системы автоматизации.

Можно заключить, что использование различных источников энергии может повысить надежность схемы, снизить затраты на топливо, увеличить маневренность системы. Это позволит эффективно использовать несколько индивидуальных потенциальных факторов повышения экономичности системы (относительно низкие тарифы на ЭЭ, низкая стоимость какого-либо топлива, большой потенциал ВИЭ и т. д.).

Однако же для окончательного выбора в пользу такой системы генерации тепла необходимо проводить технико-экономический анализ, который будет учитывать расходы, связанные с ее недостатками, такими как большой набор отслеживаемых и контролируемых параметров, большее количество применяемого

как основного, так и вспомогательного оборудования, эффективность применения конкретного оборудования в имеющихся условиях и т. д.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аль-Музайкер, М. А. Децентрализованные системы теплоснабжения как один из способов модернизации теплоснабжения / М. А. Аль-Музайкер, Г. И. Ризванова, Ю. Н. Зацаринная // Вестник Казанского технологического университета. – 2014.
2. Буров, А. Л. Децентрализованное теплоснабжение – альтернатива централизованному / А. Л. Буров, В. И. Назаров, Л. А. Тарасевич // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2012.
3. Ваньков, Ю. В., Звонарёва, Ю. Н. Энергосбережение в системах теплоснабжения крупных муниципальных объединений, запитанных от нескольких источников тепла / Ю. В. Ваньков, Ю. Н. Звонарёва // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2015.

П. Д. Меньшиков
Научный руководитель И. А. Болдырев

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ПОДГОТОВКИ ДАННЫХ ДЛЯ РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЪЕКТОВ ГЕНЕРАЦИИ И ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

Разработаны алгоритмы проверки входной информации на достоверность и усреднение значений технологических параметров, поступающих от устройств в каждом цикле работы ПЛК. Алгоритмы реализованы в виде программ для ЭВМ и имеют свидетельство о государственной регистрации.

Одним из важных направлений в энергетике является переход от системы планово-предупредительных ремонтов к системе ремонтов по текущему техническому состоянию. Для этого необходимо обеспечить сбор и обработку информации, поступающей от возросшего количества измерительных устройств, а также обеспечить проверку достоверности поступающей информации.

Предложены алгоритмы, использование которых позволяет провести проверку входной информации на достоверность и отсутствие отклонений от заданного диапазона, а также произвести усреднение значений в зависимости от характера контролируемого процесса и периода поступления данных.

Алгоритм усреднения технологических параметров [1] применяется на контроллерном уровне, производится по заданному периоду времени, который определяется при предварительной настройке. В начале цикла определяется текущее время, затем значение текущего времени делится на заранее заданный период; если в результате деления нет остатка, то производится сброс. Если остаток от деления не равен нулю, то производится расчет среднего значения.

Проверка, проводимая по алгоритму [2], требуется для определения достоверности значений измеряемых параметров. При этом значения входной информации могут быть сохранены, заменены заданным подменным значением или обнулены. Особенностью предлагаемого алгоритма является универсальность по количеству входных сигналов, типу проверки. Это позволяет применить данный алгоритм при расчете показателей надежности и эффективности объектов энергетической отрасли.

Предложенные программы могут быть использованы при построении алгоритмов управления оборудованием ТЭС по критериям экономичности и надежности с учетом текущего состояния оборудования.

Работа выполнена при финансовой поддержке государственного задания Российской Федерации FSWF-2020-0025 «Разработка методов и анализ способов достижения высокого уровня безопасности и конкурентоспособности объектов энергетических систем на базе цифровых технологий».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020662322 Российская Федерация. Универсальная программа для усреднения технологических параметров / Султанов М. М., Болдырев И. А., Луненко В. С., Меньшиков П. Д.; правообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» (ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»). – № 2020662322; заявл. 02.10.2020; опубл. 12.10.2020.

2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020662172 Российская Федерация. Универсальная программа для проверки входной информации на достоверность: / Султанов М. М., Болдырев И. А., Луненко В. С., Меньшиков П. Д.; правообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» (ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»). – № 2020662172; заявл. 02.10.2020; опубл. 09.10.2020.

3. РД 153-34.1-35.145-2003. Технические требования к функции ПТК АСУ ТП ТЭС «Сбор и первичная обработка информации».

М. В. Шабельский
Научный руководитель Н. В. Байдакова

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО РЕКОНСТРУКЦИИ СИСТЕМЫ СОБСТВЕННЫХ НУЖД В ФИЛИАЛЕ ПАО «РУСГИДРО» – «ВОЛЖСКАЯ ГЭС»

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

Представлен перечень ответственных потребителей собственных нужд Волжской ГЭС. Выявлены причины реконструкции системы собственных нужд. Рассмотрен план реализации этапов создания схемы электроснабжения ответственных потребителей Волжской ГЭС от ДГУ.

Собственные нужды – совокупность вспомогательных устройств и относящейся к ним электрической части, которая обеспечивает работу ЭС, нормальную работу основного механического, гидротурбинного и электротехнического оборудования, а также устройства, создающие экологическую обстановку для нормальной работы оборудования и персонала.

Все потребители собственных нужд Волжской ГЭС подразделяются на общестанционные (подъемные механизмы, освещение, насосы откачки воды из отсасывающих труб, дренажные и пожарные насосы, насосы технического водоснабжения, отопление, вентиляция и др.) и агрегатные (маслонасосы маслонапорной установки, охлаждение трансформаторов, насосы откачки воды с крышки турбины и др.). Особое место среди них занимают ответственные потребители собственных нужд, для которых применяются дополнительные независимые источники электроэнергии (агрегаты бесперебойного питания, дизель-генераторы, аккумуляторные батареи).

17 августа 2009 года в филиале ОАО «РусГидро» – «Саяно-Шушенская ГЭС» произошла авария. Во исполнение акта технического расследования в 2012 году на Волжской ГЭС были установлены две дизель-генераторные установки типа LIM 500 БАЭКТ 400.3 для независимого питания ответственных потребителей ВСП, ВЦО. После ввода в действие был рассмотрен перечень ответственных потребителей:

- механизмы управления затворами НЩО;
- освещение эвакуационных выходов;
- устройства для заряда аккумуляторных батарей;
- установки постоянного питания систем оборудования связи, видеонаблюдения, АСУ ТП, телемеханики и других систем безопасности;
- оборудование системы автоматического пожаротушения (пожарные задвижки и огнезащитные клапаны) и пожарной сигнализации, а также пожарные насосы;
- вентиляционные системы дымоудаления;
- освещение безопасности для продолжения работы при авариях;
- насосы системы осушения проточной части агрегатов, которые могут использоваться для откачки затопленных помещений;
- дренажные насосы, если их остановка на время перерыва питания приводит к подтоплению сооружений и дорогого оборудования;
- механизмы маневрирования ремонтными затворами отсасывающих труб агрегатов;
- отопление и вентиляция помещений серверных АСУ ТП;
- отопление помещений КРУЭ для станций, располагающихся в районах с умеренным и холодным климатом;
- насосы для откачки из затопленных помещений при авариях.

Полный перечень ответственных потребителей и схема их электроснабжения будет уточнена при разработке рабочей документации по модернизации вспомогательного электротехнического оборудования 0,4 кВ. Для приведения

собственных нужд Волжской ГЭС в соответствии с требованиями СТО были запланированы работы по проектированию и дальнейшему плановому монтажу оборудования.

В 2015 году организацией АО «Институт Гидропроект» разработана проектная документация, согласно которой было запланировано два этапа создания схемы электроснабжения ответственных потребителей Волжской ГЭС от ДГУ:

– 1-й этап – монтаж КРУ ДГУ с питанием кранов ВСП, ВЦО от существующих ДГУ;

– 2-й этап – расширение КРУ ДГУ с питанием всех ответственных потребителей от существующих ДГУ № 1, 2 и дополнительных ДГУ № 3, 4.

Схема реализации 1-го этапа была утверждена протоколом технического совета и на данный момент успешно выполнена. Суммарная мощность существующих дизель-генераторных установок контейнерного типа LIM 500 БАЭКТ 400.3 – 1000 кВА (по 400 кВт каждая) достаточна для покрытия нагрузок системы автономного электроснабжения Волжской ГЭС с учетом работы ГЭС при возникновении аварийной ситуации.

Реализация второго этапа для обеспечения полного соответствия требованиям СТО планируется в рамках инвестиционного проекта «Модернизация вспомогательного электротехнического оборудования 0,4 кВ для здания ГЭС, служебно-производственных зданий» в период 2024–2034 гг. Многие инвестиционные проекты по модернизации собственных нужд станции, направленные на обеспечение надежности и технологической безопасности уже реализованы. Заменены системы СОПТ. Заменены распределительные устройства собственных нужд ГЭС, полностью выработавших свой ресурс КРУ 10 кВ, КРУН машинного зала 1–4, находившиеся в эксплуатации с 1960 года. Проведена реконструкция мостовых кранов машинного зала 450/100 т, изготовлен и смонтирован кран СУС 20/5 т, выполнена модернизация систем управления мостовых кранов 450/100 т, 30/5 т, 20/5 т, изготовлено и смонтировано устройство для перемещения трансформаторов по НЦО. Смонтирована и введена в работу схема независимого питания кранов ВСП, ВЦО от ДГУ № 1, № 2. Проведена комплексная реконструкция сети освещения объектов ГЭС.

Таким образом, реконструкция собственных нужд станции является важной составляющей всей программы комплексной модернизации оборудования Волжской ГЭС. Невыполнение работ по замене электротехнического оборудования собственных нужд при существующих условиях эксплуатации может спровоцировать тяжелую аварийную ситуацию, связанную с разрушением собственных нужд, одним из последствий которой может быть 100-процентное ограничение генерации станции в течение длительного времени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СТО РусГидро 01.01.78-2012 [Электронный ресурс]. – URL: http://www.rushydro.ru/upload/iblock/d86/STO-RusGidro-01.01.78-2012_Normi-tehnologicheskogo-proektirovaniya.pdf

Н. Г. Чумаков
Научный руководитель А. В. Афонин, М. В. Одоевцева

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ ПО КОСВЕННЫМ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

Для обеспечения бесперебойного снабжения электрической и тепловой энергиями наиболее перспективным способом является повышение надежности оборудования. Не все методы повышения надежности целесообразны, например, увеличение толщины трубок кожухотрубчатого подогревателя увеличивает срок эксплуатации, но приводит к удорожанию, к уменьшению коэффициента теплопроводности и к снижению КПД теплообменника.

Наиболее перспективным методом увеличения надежности является переход от системы планового предупредительного ремонта (ППР) к обслуживанию оборудования по фактическому состоянию.

Основываясь на опыте зарубежных и некоторых российских предприятий, можно сказать, что способ обслуживания оборудования по техническому состоянию позволяет проводить только необходимые мероприятия без обязательных регламентных работ в отличие от ППР. Кроме того, обслуживание оборудования по фактическому состоянию снижает сроки ремонтных работ, увеличивает межремонтный период и дает экономический эффект 25–30 %.

Переход к этой системе требует вывода диагностики на более высокий уровень. Одной из главных задач современных методов диагностики является обнаружение дефектов на ранней стадии развития, возможность контролировать динамику развития дефекта и определять критические точки развития дефекта, не доводя оборудование до отказа.

В этой статье разработан способ раннего обнаружения дефекта – нарушение герметичности трубного пучка конденсатора и динамики его развития по параметрам, определяющим качества конденсата.

Данный способ основан на контроле режимно-технологических показателей работы конденсатора турбины Волжской ТЭЦ на основе показателя качества конденсата до и после ремонта трубок (конденсатора) циркуляционной воды. Проведен сравнительный анализ состояния конденсата до обнаружения дефекта в конденсаторе и после восстановительных работ. Разработана методика расчета времени работы оборудования энергоблока на питательной воде с ухудшенными параметрами до необходимости принятия радикальных мер по устранению отклонений в водно-химическом режиме станции. Предложены способы по оптимизации водно-химического режима без прямого воздействия на источник загрязнения с целью увеличения продолжительности эксплуатации энергоблока до ближайшего планово-предупредительного ремонта.

Выявлено, что по эксплуатационным параметрам конденсатора и технологическим параметрам конденсата можно выявить дефект трубного пучка конденсатора. О существенном изменении состояния конденсатора можно судить по трем параметрам конденсата: электропроводность, рН-среда и содержание кислорода.

Разработан алгоритм оценки надежности работы оборудования при размещении на выходе из конденсатора группы датчиков для контроля качества сконденсированного пара. Установка кондуктометра, рН-метра, кислородомера обеспечат непрерывный мониторинг параметров конденсата. Резкое изменение этой группы параметров в определенный момент времени позволит зарегистрировать разрушение стенок трубок конденсатора со стороны циркуляционной воды и определить интенсивность развития дефекта.

На рисунке представлено графическое изображение изменения показателей сконденсированного пара при наличии присоса циркуляционной воды в пароводяное пространство конденсатора.

По обнаружению дефекта представляется возможным выявить дефект, оценить время его прогрессирования, принять решение о выводе в конденсатора в ремонт по его фактическому состоянию. Совокупность предлагаемых мер смягчит последствия, сопутствующие изменению качества питательной воды.

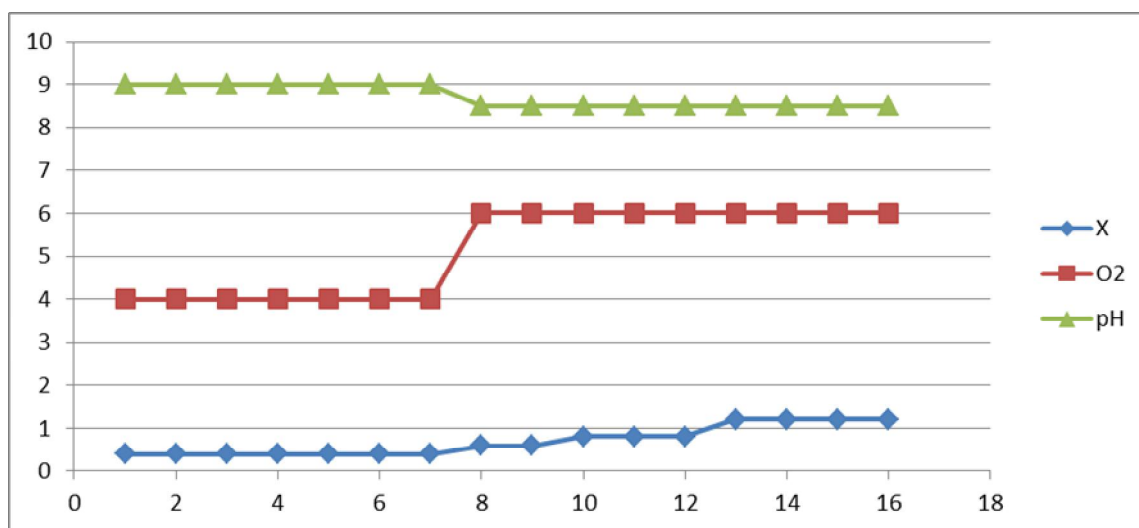


Рисунок. Изменение технологических параметров сконденсированного пара при дефекте в конденсаторе

Заключение

Предлагаемый способ химико-технологического контроля позволит:

- отслеживать техническое состояние конденсатора;
- принимать решение о выводе в ремонт по фактическому состоянию конденсатора;
- повысить надежность основного и вспомогательного оборудования за счет отслеживания состояния трубного пучка как вероятного источника загрязнения конденсата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СТО 70238424.27.100.013-2009. Водоподготовительные установки и водно-химический режим ТЭС. Условие создания. Нормы и требования. Стандарт организации. – М.: НП «ИнВЭЛ», 2009. – 93 с.
2. Воронов, В. Н., Петрова, Т. И. Водно-химические режимы ТЭС и АЭС / В. Н. Воронов, Т. И. Петрова. – М.: Издательский дом МЭИ, 2009. – 240 с.
3. РД 24.031.120-9. Методические указания. Нормы качества сетевой и подпиточной воды водогрейных котлов, организация водно-химического режима и контроля.
4. Ларин, А. Б. Совершенствование химического контроля водного режима на ТЭС на основе измерений электропроводности и рН / А. Б. Ларин // Вестник ИГЭУ. – 2014. – Вып. 5. – С. 1–5.
5. Ларин, Б. М., Ларин, А. Б. Состояние технологии подготовки водного рабочего тела на отечественных ТЭС / Б. М. Ларин, А. Б. Ларин // Теплоэнергетика. – 2014. – № 1. – С. 75–80.

Д. Ю. Савин

Научный руководитель А. В. Стрижиченко

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОМПРЕССОРНЫХ УСТАНОВОК

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ МЭИ» в г. Волжском

В статье рассмотрены способы повышения эффективности и увеличения производительности компрессорных установок. Представленные мероприятия позволят снизить себестоимость сжатого воздуха и сократить время ремонтов, что даст ощутимый экономический эффект.

Пневматическая энергия, вырабатываемая компрессорами, – самый дорогой вид энергии современного промышленного производства, поэтому актуальны вопросы, связанные с повышением эффективности установок по производству сжатого воздуха [1, с. 32]. Для их реализации предлагаются следующие мероприятия.

1. *Модернизация системы воздухораспределения поршневых компрессоров.* Клапаны одновременно являются важнейшими узлами поршневых компрессоров, работой которых определяются как технико-экономические, так и термодинамические показатели машин, но в то же время являются одной из уязвимых составляющих машин. Предлагаемые для внедрения прямоточные клапаны по сравнению с широкоприменяемыми кольцевыми и прямоточными имеют следующие преимущества [3, с. 58]:

- увеличивают производительность компрессорных установок на 9,5 %;
- снижают удельный расход потребляемой энергии до 12 %;
- обладают простой конструкцией и высокой ремонтпригодностью.

2. *Перевод поршневых компрессоров на режим работы без смазки.* Перевод поршневых компрессоров на режим без смазки по сравнению с существующими системами смазки дает следующие преимущества [2, с. 125]:

- снижение потребности в смазочных материалах;
- увеличение межремонтных периодов;
- снижение затрат на ремонт.

3. *Модернизация системы охлаждения компрессоров.* В качестве устройства для обеспечения охлаждения воздушной смеси предлагается применить установки радиаторного типа, обеспечивающие интенсивное охлаждение воздуха, которые представляют собой теплообменный аппарат рекуперативного типа со смешанным током теплообмениваемых сред. В качестве вторичного или охлаждающего теплоносителя выступает атмосферный воздух. Кроме того, суммарная емкость радиаторной установки обеспечивает сглаживание пульсаций давления сжатого воздуха, выполняя тем самым функции воздухоборника.

Конструктивно радиаторная установка представляет собой совокупность горизонтальных труб большего диаметра и вертикальных патрубков меньшего размера, соединенных между собой. Для решения проблемы осушения сжатого воздуха возникает необходимость его охлаждения до точки росы, которая всегда превышает температуру окружающей среды. Для этого требуется большая поверхность охлаждения, что достигается путем оребрения вертикальных труб со стороны подачи атмосферного воздуха.

Таким образом, можно сделать вывод, что представленные мероприятия позволят снизить себестоимость сжатого воздуха и сократить время ремонтов, и это даст ощутимый экономический эффект.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хошимов, Ф. А., Рахмонов, И. У. Повышение эффективности работы компрессорных станций за счет внедрения системы увлажнения воздуха на входе в компрессор / Ф. А. Хошимов, И. У. Рахмонов // Молодой ученый. – 2014. – № 14.
2. Рыбин, А. И., Закиров, Д. Г. Экономия электроэнергии при эксплуатации воздушных компрессорных установок / А. И. Рыбин, Д. Г. Закиров. – М.: Энергоатомиздат, 1988.
3. Фотин, Б. С. Поршневые компрессоры: учебное пособие для студентов вузов / Б. С. Фотин. – Л.: Машиностроение, 1987. – 372 с.

А. А. Линьков

Научный руководитель Е. Г. Зенина

ВЫБОР СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ПРИ РЕЗКО НЕРАВНОМЕРНЫХ СУТОЧНЫХ ГРАФИКАХ НАГРУЗКИ

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

Произведено обоснование необходимости более глубокого анализа параметров выбираемых трансформаторов при проектировании ПС с целью

обеспечения большей надежности энергоснабжения потребителей I и II категорий и минимизации экономических затрат на покупку и эксплуатацию трансформаторов в течение всего срока службы.

Вся электрическая энергия нуждается в транспортировке от места ее выработки до места ее потребления. Для достижения наибольшего КПД передача электрической энергии на расстояние производится на повышенном напряжении. Для перехода от напряжений генерации к напряжениям ЛЭП (КЛ) и обратно к средним напряжениям используется трансформация электрической энергии, а именно трансформация основных параметров – тока и напряжения. Данную функцию выполняют силовые трансформаторы, расположенные на подстанциях ЭС и подстанциях, находящихся вблизи потребителей.

Трансформаторы, выбираемые в процессе проектирования подстанций, должны соответствовать вырабатываемой мощности на ЭС или передаваемой мощности потребителям. Известно, что каждый потребитель электрической энергии в различные часы потребляет неодинаковое количество электроэнергии. Это утверждение находит свое отображение в суточных графиках нагрузки потребителей.

Суммарные суточные графики нагрузки складываются из отдельных суточных графиков потребления мощности различными потребителями, присоединенных к ПС. Расчет суммарных суточных графиков нагрузки имеет важное значение, так как в соответствии с ними происходит выбор трансформаторов ПС.

Все трансформаторы различаются в зависимости от номинальной мощности, напряжения, потерь холостого хода, короткого замыкания и т. д. Каждый трансформатор, помимо всего вышперечисленного, характеризуется таким параметром, как коэффициент загрузки трансформатора, который представляет отношение мощности нагрузки к номинальной мощности трансформатора. В зависимости от изменения нагрузки коэффициент загрузки трансформатора принимает различные значения. По коэффициенту загрузки можно понять, какое количество времени трансформатор будет работать с недогрузкой или перегрузкой.

Перегрузка и недогрузка по-своему сказываются на выборе трансформатора ПС. Выбор усложняется наличием потребителей исключительно I и II категорий по надежности, а также наличием резко неравномерного суточного графика нагрузок потребителей. Именно такой вариант и рассмотрен в работе.

Ввиду наличия потребителей I и II категорий по надежности их питание должно осуществляться от двух и более независимых источников (в нашем случае от двух или более параллельно работающих трансформаторов). При резко переменном характере суточного графика нагрузки встает вопрос выбора трансформаторов ПС.

Существует два возможных варианта: выбор трансформаторов с такой номинальной мощностью, при которой они будут работать с перегрузкой, либо с такой мощностью, при которой они будут в некоторые часы суточного графика значительно недогружены. Важность этого выбора заключается в

определении экономических затрат на покупку, содержание и обслуживание данных трансформаторов ПС, а также надежности питания потребителей.

При рассмотрении варианта использования трансформаторов с меньшей мощностью необходимо произвести анализ их работы при перегрузках. Все трансформаторы могут выдерживать систематические перегрузки, но при этом они могут в значительной степени влиять на срок службы трансформатора, в частности на изоляцию, характеристики трансформаторного масла. Помимо этого, очень серьезно может сказаться поломка одного из параллельно работающих трансформаторов. В таком случае оставшийся в работе трансформатор будет испытывать аварийную перегрузку, которую сам может не выдержать, что, как следствие, может привести к отключению всех потребителей I и II категорий. Следовательно, появляется необходимость в увеличении количества используемых трансформаторов ПС, что ведет к увеличению капитальных затрат.

При рассмотрении варианта использования трансформаторов с несколько завышенной мощностью следует понимать: они не будут работать с систематическими перегрузками, что положительно скажется на их сроке службы. Аварийные перегрузки в данном случае не будут серьезно сказываться на надежности энергоснабжения. Но при этом стоимость трансформаторов с большей мощностью окажется выше, также постоянные потери, присутствующие в них, будут иметь большие значения. Это значит, что экономические затраты станут больше, чем при использовании трансформаторов меньшей мощности. Однако срок службы и надежность последних будут явно меньше.

Таким образом, при проектировании ПС с резко неравномерным графиком суточной нагрузки потребителей I, II категорий и выборе трансформаторов для них необходимо проводить более глубокий анализ, нежели сравнение мощностей нагрузки и трансформаторов. Нужно произвести расчет стоимости трансформаторов, учесть издержки на амортизацию и эксплуатацию, затраты на замену трансформаторного масла, ремонт, содержание масляного хозяйства, стоимость потерянной электроэнергии, сделать поправку на срок службы. Поэтому можно однозначно сказать, что при резко неравномерных суточных графиках выбор трансформаторов значительно усложняется ввиду рассмотрения множества различных параметров и более детального анализа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зенина, Е. Г. Нагрузочная способность силовых масляных трансформаторов / Е. Г. Зенина. – Волжский: Филиал ГОУ ВПО МЭИ(ТУ) в г. Волжском, 2009. – 57 с.
2. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) / Главгосэнергонадзор России. – 7-е изд. – М.: ЗАО «Энергосервис», 2007. – 610 с.

А. П. Вензелева
Научный руководитель С. А. Агринская

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА РЕГУЛИРОВАНИЯ
УРОВНЯ КОНДЕНСАТА В ПНД СИСТЕМЫ РЕГЕНЕРАЦИИ
ТЕПЛОФИКАЦИОННОЙ ТУРБИНЫ

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

Приведен анализ ПНД системы регенерации теплофикационной турбины как объекта регулирования. Рассмотрены факторы, влияющие на уровень конденсата в ПНД, и предложен алгоритм регулирования уровня конденсата посредством применения каскадной системы регулирования для повышения качества процесса парообразования.

Для одновременного получения электрической и тепловой энергий на ТЭЦ применяются теплофикационные паровые турбины. При этом в системах регенерации турбоустановок для подогрева основного конденсата, поступающего из главного конденсатора, перед подачей его в деаэратор служат подогреватели низкого давления (ПНД).

Анализ входных и выходных параметров объекта управления показал, что наибольшее воздействие на качество процесса парообразования оказывает уровень воды в ПНД, который не должен превышать допустимые пределы. Поскольку при повышении уровня конденсата в ПНД часть поверхности, залитая водой, не участвует в теплообмене, то исключается возможность подогрева воды до определенного уровня. Кроме того, уровень конденсата может подняться до места отвода газов, и вместе с газами будет удаляться часть конденсата. Чрезмерно высокий уровень может привести к попаданию воды в систему отсоса паровоздушной смеси или даже к ее вскипанию и забросу пароводяной смеси в проточную часть турбины и, как следствие, вызвать аварию.

В связи с этим целью исследования является повышение качества процесса парообразования посредством применения каскадной системы регулирования уровня жидкости в подогревателе низкого давления (ПНД), входящего в систему регенерации теплофикационной турбины Волжской ТЭЦ.

Структурная схема системы регулирования уровня конденсата в ПНД представлена на рисунке.

В этой системе регулирование осуществляется регулятором, на вход которого, помимо отклонения основной регулируемой величины (уровня конденсата), подается сигнал от изменения вспомогательной переменной состояния, предварительно надлежащим образом сформированный в формирующем блоке БФ.

Таким образом, применение такой системы регулирования уровня конденсата в ПНД позволит улучшить динамику переходного процесса и повысить точность регулирования, так как на изменение переменной состояния

вливают не только возмущения, но и регулирующее воздействие.

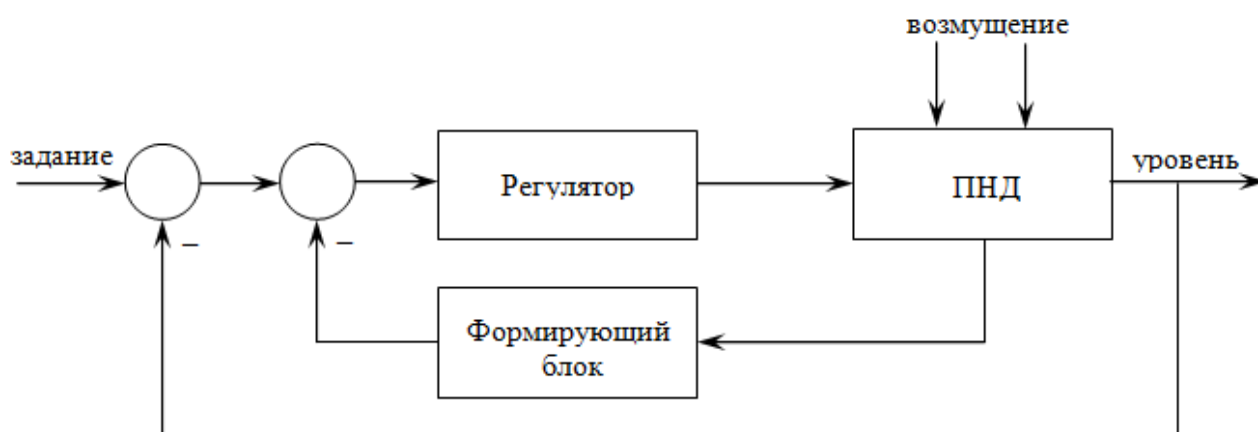


Рисунок. Система регулирования уровня конденсата в ПНД

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рыжкин, В. Я. Тепловые электрические станции: учебник для теплоэнерг. спец. вузов / В. Я. Рыжкин. – М. – Л.: Энергия, 1967. – 400 с.
2. Плетнев, Г. П. Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике: учебник для студентов вузов / Г. П. Плетнев. – 4-е изд., стереотип. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 352 с.; ил.

Д. С. Обжерин

Научный руководитель С. А. Агринская

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МОЩНОСТИ ЭНЕРГБЛОКА ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ТЕПЛОВОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

Проанализированы требования, предъявляемые к автоматическим системам регулирования мощности энергоблока, с учетом которых выбрана компоновка предлагаемой АСР. На основе анализа показателей тепловой экономичности выбран удельный расход условного топлива, снижение которого дает годовую экономию условного топлива.

Основной целью применения автоматического управления технологических параметров на электростанциях является снижение себестоимости электроэнергетики. Развитие автоматизированных систем управления (АСУ) электростанций выдвигает требование разработки и создания АСУ энергоблоков, одной из составных частей которых являются автоматизированные системы регулирования (АСР) мощности. В настоящее время вопросы построения АСР мощности

энергоблоков остаются открытыми, что и послужило поводом дальнейшего исследования данных систем для удовлетворения возросших к ним требований эксплуатации, которые условно можно разделить на три группы: системные, блочные и требования обслуживания и ремонта.

Системные требования к АСР мощности заключаются в том, чтобы АСР своими действиями способствовала повышению устойчивости энергосистемы в нормальных и аварийных ситуациях. Блочные требования к АСР мощности заключаются в том, чтобы она в процессе своей работы во всех режимах поддерживала параметры, связанные с регулированием мощности, в заданных пределах. Требования обслуживания и ремонта – это требования к АСР мощности обслуживающего персонала с точки зрения удобства в эксплуатации и простоте в ремонте.

Для выполнения указанных требований АСР мощности энергоблока должна состоять из следующих частей (рисунок): 1 – информационной, 2 – программной, 3 – логической, 4 – счетно-решающей, 5 – регулирующей, 6 – исполнительной, 7 – сигнализирующей.

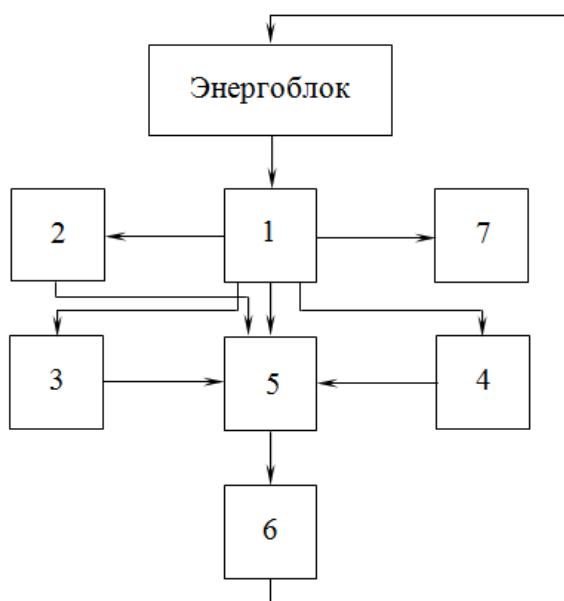


Рисунок. Схема АСР мощности энергоблока

Основными устройствами программной части являются устройства задания различных технологических параметров, оказывающих влияние на мощность энергоблока.

К устройствам логической части можно отнести устройства выбора структурной схемы АСР, изменения законов регулирования отдельных регуляторов системы, задания отклонений контролируемых параметров и др.

Устройствами счетно-решающей части служат устройства оценки качества работы системы в целом и отдельных ее регуляторов.

Показателями тепловой экономичности любого энергоблока можно считать:

- коэффициент затрат электроэнергии на собственные нужды;
- КПД тепловой электроустановки по отпуску электроэнергии;
- удельный расход условного топлива по отпускаемой электроэнергии;
- удельный расход условного топлива по отпускаемой теплоте;
- уточнение расхода натурального топлива.

Объектом исследования в данной работе является теплоэлектроцентраль города Волжского. В процессе своей работы ТЭЦ комбинированно производит несколько продуктов, основными из которых являются электроэнергия, промышленный пар и тепло, часть из которых она потребляет на собственные нужды.

В качестве основного показателя тепловой экономичности теплоэлектростанции рассмотрим коэффициент полезного действия (КПД) по отпуску электрической энергии. Отпуском продуктов ТЭЦ называют производство за вычетом потребления на собственные нужды.

КПД электростанции по отпуску электроэнергии называется КПД нетто, который определяется по следующей формуле:

$$\eta_c^H = \frac{\mathcal{E} - \mathcal{E}_{\text{сн}}}{Q_c} = \frac{\mathcal{E} \left(1 - \frac{\mathcal{E}_{\text{сн}}}{\mathcal{E}}\right)}{Q_c}, \quad (1)$$

где \mathcal{E} – выработка электроэнергии; $\mathcal{E}_{\text{сн}}$ – расход электроэнергии на собственные нужды ТЭЦ; Q_c – теплота, затраченная в топливе.

Значения \mathcal{E} , $\mathcal{E}_{\text{сн}}$, Q_c относятся к любому промежутку времени и выражены в одинаковых электрических или тепловых единицах.

ТЭЦ используют различные виды топлива: природный газ, доменный газ, мазут, уголь, биомассу и т. п., поэтому для сопоставимости тепловой экономичности электростанций с различными видами топлива принято определять удельный расход условного топлива с теплотой сгорания 29 308 кДж/кг (7000 ккал/кг), который можно посчитать по следующей формуле:

$$b_y = \frac{B_y}{N_y} \approx \frac{0,123}{\eta_c}, \quad (2)$$

где B_y – расход топлива, кг; N_y – электрическая мощность турбоагрегата, кВт·ч.

Удельный расход условного топлива является полноправным показателем энергетической эффективности электростанции, снижение которого на 1 г/(кВт·ч) в масштабе страны дает годовую экономию условного топлива до 1,5 млн т.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дубилович, В. М. Автоматическое регулирование мощности энергетических блоков / В. М. Дубилович; под ред. В. С. Ермакова. – Минск: Наука и техника, 1978. – 248 с.; ил.
2. Плетнев, Г. П. Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике: учебник для студентов вузов / Г. П. Плетнев. – 4-е изд., стереот. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 352 с., ил.

А. Р. Трудников
Научный руководитель С. А. Агринская

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ КАК ПОМОЩНИК В МОНИТОРИНГЕ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ В ЭНЕРГЕТИКЕ И В ИХ УСТРАНЕНИИ

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

Приведены тенденции развития AI-технологий и предпосылки их внедрения на энергетические предприятия. AI-технологии способствуют повышению эффективности использования промышленного оборудования за счет обработки большого объема информации, на основании которого можно оценивать и прогнозировать техническое состояние оборудования.

Электроэнергетика – это наукоемкая отрасль, она требует инновационных подходов во многих решениях и новых разработок. Комплексные решения по автоматизации – это, прежде всего, эффективное и надежное управление оборудованием. Все чаще и чаще в системах автоматизации на предприятиях энергетики используются алгоритмы управления, которые принято называть искусственным интеллектом AI (от англ. Artificial intelligence). Основные направления применения искусственного интеллекта в энергетике в настоящее время можно объединить в три группы:

- прогнозирование (использование алгоритмов искусственного интеллекта для прогнозирования выработки и потребления энергии, оптимизации работы оборудования и пр.);
- повышение энергоэффективности (в части мониторинга данных о фактическом энергопотреблении);
- интеллектуализация (обработка результатов мониторинга состояния энергетических объектов, алгоритмы функционирования «умного дома», управления нагрузкой и пр.).

На больших энергетических предприятиях уже сейчас сложно обходиться без искусственного интеллекта. AI-технологии позволяют обрабатывать большой объем информации, на основании которого можно оценивать и прогнозировать техническое состояние оборудования. Например, можно выявить «аномальные события» в производственных процессах, незаметные для сотрудников. С помощью искусственного интеллекта прогнозируют параметры, которые сложно подсчитать в режиме реального времени: «индекс здоровья» (health index) установок, коэффициент полезного действия и прочее. Также энергетики получают рекомендации по выполнению ремонта и сформированные списки брака.

Таким образом, внедрение AI-технологий на энергопредприятиях в конечном счете приведет к повышению эффективности использования промышленного оборудования, в том числе к замене планово-предупредительного ремонта (ППР) на предикативное обслуживание, а также к управлению спросом на электроэнергию на предприятии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Могиленко, А. В. Применение алгоритмов искусственного интеллекта в мировой энергетике / А. В. Могиленко // Энергетика и промышленность России. – 2018. – № 13–14.

В. Ю. Чанин

Научный руководитель А. А. Опара

АССОЦИАТИВНОЕ ПОЛЕ ТЕРМИНА «ЦИФРОВИЗАЦИЯ» В ПОНИМАНИИ ШКОЛЬНИКОВ ПРЕДУНИВЕРСИТАРИЯ МЭИ

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

Исследованы ассоциативные характеристики термина «цифровизация» в русском языке. Представлено ассоциативное поле по сфере употребления термина. Для выявления дополнительных содержательных характеристик термина проведено анкетирование среди учащихся предвузовского МЭИ.

Моделирование ассоциативного поля термина «цифровизация» в русском языке имеет особую актуальность, так как способствует выявлению специфики связей между языковыми единицами, которые необходимы для развития иноязычной компетенции школьников предвузовского энергетического вуза, а также показывает процессы изменения содержательных и функциональных свойств терминов при проникновении их в новое коммуникативное пространство.

В современном мире цифровизация стала неотъемлемой частью экономической системы России. По информации, представленной в словарях различных направлений, данный термин заимствован в русский язык от английского слова digitization. Данное существительное образовано прибавлением суффикса -ation к основе глагола digitise (UK), обозначающее преобразование информации в цифровую форму, для того чтобы она была распознана и использована компьютером.

Объектом исследования является термин «цифровизация» в русском языке. В качестве предмета изучения рассматриваются его ассоциативные характеристики. Цель работы заключается в построении ассоциативных связей термина «цифровизация» по сфере его употребления. Данная работа является продолжением изучения терминологического направления, проводимого школьниками и студентами МЭИ для повышения их познавательной иноязычной компетенции в области энергетики. Результаты опубликованы в тезисах докладов межвузовских научно-практических конференций молодых ученых и студентов.

В результате нашего исследования выявлены следующие ассоциации к слову-стимулу «цифровизация»: «умный дом», «информационные технологии», «компьютеризация», «число», «голограмма». В представление «умный дом» включены следующие слова: эрудит, мозг, дом, свет, домофон, система, робот, техника, локальная сеть. В представление «информационные технологии» включены следующие слова: ашманов, информатика, общеобразовательная

дисциплина, монитор, компы, цифровизация, ИТ, компьютер, айти, сисадмин, прогресс, знания, информационная война. В представление «компьютеризация» включены следующие слова: информатика, умный дом, калькуляция, кибернетика, компьютер, автоматизация, офис, цифровизация, интеллект. В представление «число» включены следующие слова: степень, сумма, арифметика, целое, дробь, месяц, размер, процент, калькулятор, константа, сорок. В представление «голограмма» включены следующие слова: лазер, проекция, иллюзия, трехмерность, три-д.

С целью выявления дополнительных содержательных характеристик термина автор работы провел анкетирование среди учащихся преуниверситария (в количестве 45 человек). Респондентам было задано пять вопросов.

1. Что для вас означает слово «цифровизация»? (Написать 1–2 предложения). Ответ: не знаю – 34 %; внедрение инновационных технологий – 13 %; чипирование – 4 %; перенос с бумаги на цифру – 15 %; будущее – 8 %; нововведения в способах доставки и получения информации – 8 %; цифры из компьютера – 4 %; переход к электронным гаджетам – 4 %.

2. Как Вы относитесь к введению электронного журнала «Сетевой город»? Положительно – 34 %; скорее положительно – 29 %; скорее отрицательно – 4 %; отрицательно – 7 %.

3. Подчеркните, каковы, на Ваш взгляд, отрицательные стороны вашего электронного журнала: технические сбои, неудобство, плохой дизайн, несоответствие реальных оценок / домашнего задания с электронными, мало возможностей, медленное / отсутствие улучшений. Технические сбои – 29 %; неудобства – 8 %; плохой дизайн – 15 %; несоответствие реальных оценок – 14 %; мало возможностей – 5 %; нет улучшений – 29 %; удовлетворен – 1 %.

4. Как Вы относитесь к дистанционному обучению, прошедшему весной 2020? Положительно – 29 %; скорее положительно – 29 %; скорее отрицательно – 11 %; отрицательно – 20 %.

5. Как Вы считаете, достаточно ли использует цифровые технологии ваше учебное заведение? Да – 58 %; недостаточно – 42 %.

Итак, проведенное исследование ассоциативного поля «цифровизация» позволяет утверждать, что в русском языке оно является обширным, имеет четко выраженное ядро и периферийные признаки, которые самостоятельно представлены в разных сферах жизни человека. Для школьников преуниверситария МЭИ ассоциативное поле термина связано с электронным журналом «Сетевой город» и дистанционным обучением, так как они образуют ценностную составляющую процесса обучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эйто, Дж. Словарь новых слов английского языка. – М.: Русский язык, 1990. – 434 с.
2. Hornby, A. S. Oxford Advanced Learner's Dictionary of Current English / A. S. Hornby. – Oxford: University Press, 2005.

3. Болдарев, Ф. Е., Макаров, О. П., Опара, А. А. Термин «цифровизация» в современной энергетике / Ф. Е. Болдарев, О. П. Макаров, А. А. Опара // Двадцать пятая межвузовская научно-практическая конференция молодых ученых и студентов, г. Волжский, 22–31 мая 2019 г.: тезисы докладов. – Волжский: Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском, 2019. – С. 98–99.

Н. С. Алкин
Научный руководитель А. А. Константинов

АНАЛИЗ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ
ДЛЯ ОЦЕНКИ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЕКТА
В ОБЛАСТИ ЭНЕРГЕТИКИ

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

В проделанной работе представлены аналитические результаты рассмотрения нормативно-правовой и экономической базы системы оценки инвестиционных проектов, внедряемых в энергетическом секторе Российской Федерации (РФ), также отмечены основные этапы и методы оценки инвестиционных проектов.

Базой для любого процесса или какой-либо деятельности в рамках законодательства выступает Федеральный закон. Инвестиционную деятельность в Российской Федерации регламентирует Федеральный закон «Об инвестиционной деятельности в Российской Федерации, осуществляемой в форме капитальных вложений» от 25.02.1999 г. № 39-ФЗ [1]. Он определяет экономические и правовые основы для инвестиционной деятельности, которая осуществляется в форме капиталовложений, на территории Российской Федерации (РФ).

В постановлении [2] утверждены все критерии отнесения электроэнергетических субъектов к числу субъектов, инвестиционные программы которых, включающие определение источников их финансирования, утверждаются федеральным органом исполнительной власти, уполномоченным на это, или уполномоченным федеральным органом исполнительной власти, или органами исполнительной власти субъектов РФ, Правила осуществления контроля за реализацией инвестиционных программ субъектов электроэнергетики, а также Правила утверждения инвестиционных программ субъектов электроэнергетики.

В методических рекомендациях [3] вместе с описанием этапов оценочной процедуры эффективности инвестиционного проекта описаны показатели эффективности и методики их определения. Опыт многих лет применения данного документа в отрасли энергетики показывает, что использование единого порядка и унификации подготовки и оценки эффективности инвестиционных проектов и бизнес-планов в соответствии с общепринятой международной практикой целесообразно.

В условиях цифровизации энергетики предлагается разработка программного комплекса для эффективной оценки внедрения инвестиционного проекта в режиме реального времени с выдачей основных критериев отбора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 25.02.1999 г. № 39-ФЗ (последняя редакция) «Об инвестиционной деятельности в Российской Федерации, осуществляемой в форме капитальных вложений».
2. Постановление Правительства РФ от 01.12.2009 г. № 977 (ред. от 30.04.2020 г.) «Об инвестиционных программах субъектов электроэнергетики» (вместе с «Правилами утверждения инвестиционных программ субъектов электроэнергетики», «Правилами осуществления контроля за реализацией инвестиционных программ субъектов электроэнергетики»).
3. Методические рекомендации по оценке эффективности и разработке инвестиционных проектов и бизнес-планов в электроэнергетике на стадии предТЭО и ТЭО (с типовыми примерами). Книга 1 / С. К. Дубинин [и др.]. – М., 2008.

Р. М. Агамалиев
Научный руководитель П. В. Шамигулов

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ТЕХНОЛОГИЙ BIG DATA ДЛЯ АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ НЕТРАДИЦИОННЫХ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

В данной работе рассматривается возможность применения технологий Big Data для решения задач обработки большого количества информации за краткий промежуток времени с целью увеличения скорости получения и обработки данных применительно к анализу эффективности нетрадиционных и возобновляемых источников энергии (НВИЭ).

Использование НВИЭ в мире приобрело значительные масштабы и устойчивую тенденцию роста. В некоторых странах доля нетрадиционных источников в энергобалансе составляет единицы в процентах. Здесь можно говорить только о темпах роста этого показателя, но сам факт роста не вызывает сомнений.

Неисчерпаемость или быстрое восстановление НВИЭ дополняется рядом других преимуществ. Даже сегодня снабжение энергией удаленных автономных потребителей на основе НВИЭ во многих случаях экономически более целесообразно, чем использование минерального топлива или строительство линий электропередачи из крупных энергосистем. За пределами зоны централизованного электроснабжения (преимущественно в северных и северо-восточных регионах, которые составляют около 70 % территории России), где электроэнергия в основном получается от дизель-генераторов, ее стоимость (7–50 руб./кВт·ч) во много раз превышает цену энергии, вырабатываемой из НВИЭ.

Для того чтобы обобщить информацию из различных источников, распределенных в энергосистеме с целью повышения эффективности, важно собрать большой объем информации о текущем производстве при текущих погодных условиях. При рассмотрении этой проблемы актуально будет вспомнить о технологиях Big Data.

В области альтернативной энергетики можно делать прогнозы и прогноз-ные модели на основе больших данных. Качество и точность таких прогнозов будут высокими, так как область анализируемых данных станет шире и позволит учесть факторы, которые ранее не учитывались, но фактически косвенно влияют на результат.

Используя большие данные, можно отслеживать параметры «жизнеспособности» устройства в данный момент, прогнозировать риски и поддерживать их на основе фактического состояния. Такой подход позволяет сократить количество и продолжительность аварийных отключений, увеличить интервалы ремонта и, естественно, сэкономить свой бюджет. И это лишь малая часть потенциала больших данных для альтернативной энергетики. Кроме того, эти технологии:

- создают эффективные прогнозы динамики потребления электроэнергии производственными объектами и помогают лучше справляться с пиковыми нагрузками на сети;
- обеспечивают анализ дебиторской задолженности на основе соответствующих факторов и, как следствие, повышают эффективность производства за счет персонифицированных подходов к работе с дебиторской задолженностью;
- помогают вовремя выявить потери энергии в сети даже для розничных потребителей;
- контролируют высоковольтные линии и принимают соответствующие меры;
- обеспечивают повышение экономической эффективности оптового рынка электроэнергии за счет более эффективного управления контрактными расходами;
- позволяют эффективно планировать затраты на техническое обслуживание и ремонт оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Благирев, А. Big Data простым языком / А. Благирев. – Издательство АСТ, 2019. – 250 с.
2. Вайгенд, А. Big Data. Вся технология в одной книге / А. Вайгенд. – М.: ЭКСМО, 2017.
3. Международное энергетическое агентство (МЭА). Показатели энергоэффективности: основы формирования политики. – Издательство МЭА, 2014.
4. Четошникова, Л. М. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии: учебное пособие / Л. М. Четошникова. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010.

А. А. Котенко, Р. В. Кочергин
Научный руководитель Л. Г. Устинова

О МЕТОДАХ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ СТВОРА МГЭС

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

В данной работе рассматривается актуальность строительства малых ГЭС. Представлена сравнительная характеристика методов выбора створа МГЭС, таких как традиционный и автоматизированный с использованием существующей системы ГИС. Представляются факторы, влияющие на выбор перспективного створа малой ГЭС и алгоритм выбора его расположения.

Актуальность работы. С каждым годом потребность в электроэнергии растет все быстрее, а факт истощения запасов ископаемого топлива все больше привлекает внимание к использованию возобновляемых природных ресурсов.

По сравнению с крупными гидроэлектростанциями, оказывающими большое неблагоприятное влияние на окружающую среду, малые ГЭС обладают рядом преимуществ: более низкая капиталоемкость, меньшее время строительства; такие ГЭС быстрее вводятся в эксплуатацию и наносят меньший ущерб фауне. Главное преимущество МГЭС – строительство в регионах, удаленных от централизованного электроснабжения.

Но наличие многих неблагоприятных факторов, таких как трудоемкость традиционных методов расчетов по выбору местоположения МГЭС, рассмотрение ограниченного количества вариантов, анализ многочисленной информации с использованием, например, Excel-таблиц, возможные описки и недочеты, активизирует внедрение цифровых решений в систему анализа данных.

Цели и задачи работы:

- анализ факторов, влияющих на местоположение МГЭС;
- представление сравнительной характеристики подходов;
- рассмотрение метода автоматизированного поиска перспективного створа МГЭС.

Значимость работы. Представление метода автоматизированного обоснования выбора перспективного створа малой ГЭС.

Аннотация. В данной работе сравниваются следующие методы выбора створа МГЭС: традиционный, а также автоматизированный с использованием существующей системы ГИС.

Содержание работы

Сравнительная характеристика традиционного и автоматизированного подходов к выбору створов перспективных МГЭС представлена в табл.

Сравнительная характеристика традиционного и автоматизированного подходов к выбору створов перспективных МГЭС

Подходы (методы)	+	–
Традиционный (ручной)	– достоверность результатов; – высокая детальность	– трудоемкость; – огромные затраты времени; – субъективность исследований; – ограниченное количество рассматриваемых вариантов; – опiski и недочеты, связанные с человеческим фактором
Автоматизированный (с применением системы ГИС)	– значительный охват территории; – большая скорость обработки данных; – меньшие трудозатраты	– меньшая детальность и точность; – использование обобщенных данных

Таким образом, оба подхода не являются идеальными в решении поставленных задач, но они взаимодополняемы. Автоматизированный метод устраняет ряд недостатков традиционного, без использования которого невозможна высокая точность полученных данных.

Ниже приведены факторы, влияющие на выбор створа МГЭС, учитываемые при использовании как традиционного, так и автоматизированного подхода.

- Условия в районе строительства (гидрологические, топографические, инженерно-геологические, климатические).
- Гидроэнергетический потенциал.
- Стоимость строительства ГЭС / стоимость ввода 1 кВт установленной мощности.
- Срок окупаемости.
- Близость к потребителю и установленным ЛЭП.
- Срок строительства.
- Влияние на растительность и животный мир.
- Ущерб, наносимый окружающей среде.
- Потребность в электроэнергии в данном районе.

Алгоритм обоснования выбора створов МГЭС

Данный обобщенный алгоритм предполагается использовать в системе ГИС, которая является актуальным цифровым решением проблемы при выборе местоположения створа МГЭС.

1. Построение цифровой модели речной сети с использованием геоинформационной системы (ГИС), включающей в себя пространственные базы данных, в том числе и СУБД (для обновления базы данных).

2. Разбивка на участки и расчет энергетических и технико-экономических параметров каждого участка (установленная мощность, площадь водосбора, напор, гидроэнергетический потенциал и т. д.).

3. Выбор интересующих зон в зависимости от факторов, влияющих на выбор створа.

4. Определение типов ГЭС внутри выбранных зон (плотинная, деривационная).

5. Выявление подходящих створов для МГЭС путем точечного анализа.

В перспективе для повышения доступности данных, необходимых для более глубокого анализа и принятия оптимального решения о выборе места положения МГЭС, возможно объединение информационных источников различных компаний и организаций, работающих в данном направлении.

Вывод

Одним из шагов на пути процесса цифровизации энергетики становится создание «интеллектуальных» систем обработки, анализа и хранения данных, позволяющих повысить доступность информации и ее использование при принятии решений, сократить количество шагов в методике и увеличить скорость информационных процессов, повысить достоверность расчетов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Олешко, В. А. Анализ мирового опыта автоматизированного расчета гидроэнергopotенциала рек и поиска перспективных створов гидроузлов / В. А. Олешко, Н. В. Арефьев, Т. С. Иванов, Н. В. Баденко, О. Г. Никонова // Гидротехническое строительство. – 2015. – № 3. – С. 30–37.

2. Олешко, В. А. Разработка методического и программного обеспечения выбора створов для строительства гидроэлектростанций на малых и средних реках / В. А. Олешко, Т. С. Иванов // Известия ВНИИГ. – 2016. – Т. 280. – С. 87–100.

3. Олешко, В. А. Методика предпроектного обоснования выбора створов и параметров малых гидроэлектростанций с использованием геоинформационных технологий / В. А. Олешко // Гидротехническое строительство. – 2016. – С. 1–19.

М. А. Бельман

Научный руководитель И. А. Болдырев

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ ПО ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

Произведена оценка качества работы станции по технико-экономическим показателям, составлена структура повышения эффективности ее работы. Составлена структура каналов регулирования энергоблока станции. Оформлен верхний уровень АСУТП станции с помощью ПТК «Квинт СИ».

Актуальность работы обусловлена энергетической стратегией России на период до 2030 года [1]. Для обеспечения эффективного функционирования

энергетического сектора страны необходимо внедрять инновационные разработки в области автоматизированных систем управления. За основу оценки эффективности работы тепловой электрической станции принимают ее технико-экономические показатели (ТЭП). Анализ и улучшение ТЭП позволят повысить материально-производственную базу предприятия в целом. В работе будут проанализированы такие ТЭП, как температура, давление, расход, содержание соединений углерода, причем на всех участках регулирования и управления ТЭЦ.

На данном этапе разработки системы управления существует проблема большого запаздывания, что негативно влияет на работу станции, ведь чтобы оператор своевременно отреагировал на изменение ТЭП, необходимо уменьшить время движения сигнала от первичного преобразователя сигнала до непосредственно средства отображения информации.

Для увеличения качества получаемых ТЭП станции будут рассмотрены следующие задачи:

- анализ и разработка САУ станции;
- составление структурной схемы каналов регулирования крупногабаритного энергетического оборудования;
- оформление верхнего уровня АСУТП станции с помощью программно-технического комплекса ПТК «Квинт СИ».

Основной целью работы является повышение эффективности работы энергоблоков станции. По итогам работы предполагается реализация управления энергоблоком станции по показателям эффективности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года (утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. № 1715-р) [Электронный ресурс] // Гарант. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/96681>.

О. М. Султанова
Научный руководитель А. А. Опара

ЛЕКСИКО-СЕМАНТИЧЕСКОЕ ПОЛЕ ТЕРМИНА DIGITAL В ПОНИМАНИИ ШКОЛЬНИКОВ ПРЕДУНИВЕРСИТАРИЯ МЭИ

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

Исследованы лексические, семантические, словообразовательные характеристики термина digital в английском языке. Составлена семантическая классификация по сфере употребления термина. Для выявления дополнительных содержательных характеристик термина проведено анкетирование среди учащихся предуниверситария МЭИ.

Моделирование лексико-семантического поля *digital* в английском языке имеет особую актуальность, так как способствует выявлению совокупности языковых единиц, которые необходимы для развития иноязычной компетенции школьников предвуниверситария энергетического вуза, а также показывает процессы изменения содержательных и функциональных свойств терминов при проникновении их в новое коммуникативное пространство. Объектом исследования является термин *digital*. В качестве предмета изучения рассматриваются его лексические, семантические и словообразовательные характеристики. Цель работы заключается в построении семантической классификации термина *digital* по сферам его употребления. Данная работа является продолжением изучения терминологического направления, проводимого школьниками и студентами МЭИ для повышения их познавательной иноязычной компетенции в области энергетики. Результаты опубликованы в тезисах докладов межвузовских научно-практических конференций молодых ученых и студентов.

Исследование показало, что термин *digital* вошел в употребление в 80-х годах прошлого столетия из сферы, связанной с производством компьютеров. Лексико-семантическая классификация демонстрирует области употребления данного термина, что доказывает его высокую продуктивность: 1) звукозапись (*digital audiotape, digital recording*); 2) производство часов (*digital clock/watch*); 3) образование (*digital signature*); 4) телевидение (*digital television*); 5) энергетика (*Digital Power Station*); медицина (*digital medicine*). Данный термин обладает высокой словообразовательной активностью: *digit* (цифра), *digitization, digitising* (оцифровка), *digitizer* (цифрователь), *digital* (цифровой), *digitise/digitize* (оцифровывать), *digitally* (в цифровой форме). С целью выявления дополнительных содержательных характеристик термина автор работы провел анкетирование среди учащихся 9-х классов предвуниверситария (в количестве 50 человек). Респондентам было задано три вопроса. 1. Знаком ли Вам термин *digital*? Ответ: да – 31 %; скорее нет, чем да – 12 %; скорее да, чем нет – 32 %; нет – 31 %. 2. Диджитализация – это В данном вопросе необходимо было выбрать правильное определение термина. 68 % ответили правильно. 3. Какими диджитал-технологиями Вы пользуетесь? Ответ: телефон – 33 %; компьютер – 36 %; планшет – 7 %; Wi-Fi – 5 %; телевизор – 9 %; машины, проектор, электронная духовка, социальные сети – 1 %.

Итак, проведенное исследование лексико-семантического поля *digital* позволяет утверждать, что в английском языке оно является обширным, имеет четко выраженное ядро и периферийные признаки, которые самостоятельно представлены в разных сферах жизни человека.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эйто, Дж. Словарь новых слов английского языка / Дж. Эйто. – М.: Русский язык, 1990. – 434 с.
2. Hornby, A. S. Oxford Advanced Learner's Dictionary of Current English / A. S. Hornby. – Oxford: University Press, 2005.

3. Болдарев, Ф. Е. Термин «цифровизация» в современной энергетике / Ф. Е. Болдарев, О. П. Макаров, А. А. Опара // Двадцать пятая межвузовская научно-практическая конференция молодых ученых и студентов, г. Волжский, 22–31 мая 2019 г.: тезисы докладов. – Волжский: Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском, 2019. – С. 98–99.

Е. Ю. Соловьева
Научный руководитель А. А. Опара

ПОНЯТИЙНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ТЕРМИНА BLOCKCHAIN В АНГЛИЙСКОМ И РУССКОМ ЯЗЫКАХ

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

В настоящее время в энергетике встает вопрос о потребности в автоматизации производства и контролирования энергетических ресурсов в распределении. В то же время сам блокчейн не будет занимать большое количество времени для своего содержания. Чтобы блок мог совершать необходимые функции, достаточно ввести лишь несколько процессов, которые и нужно циклически поддерживать, дабы его деятельность была эффективной.

Blockchain – созданная по конкретным правилам и представлена в определенном виде, последовательно соединенная цепочка блоков, хранящих в себе информацию. Цепочки блоков могут сохраняться хоть на одном, хоть на множестве компьютеров.

На ТЭС, где производятся электроэнергия и тепло, в качестве топлива используется газ или уголь. Газ на ТЭЦ по газопроводу перемещается в паровой котел. В котле он сгорает и нагревает воду. В котлах устанавливают тягодутьевые механизмы, чтобы улучшить данный процесс. В котел подается воздух, служащий окислителем для газа. Газы, которые образовались от сжигания топлива, отводятся в дымовую трубу и выбрасываются в атмосферу. Высокотемпературный газ движется по газоходу и нагревает воду, которая проходит по трубам внутри котла. Вода нагревается и превращается в пар, поступающий в паровую турбину. Пар попадает в турбину и вращает ее лопатки, связанные с ротором генератора. Энергия преобразуется в механическую. В самом генераторе механическая энергия переходит в электрическую. Также ротор вращается и создает в статоре переменный ток. Электрическая энергия поступает непосредственно к потребителю, проходя повышающий трансформатор и понижающую трансформаторную подстанцию. На теплоэлектроцентрали вода движется по замкнутому кругу. Градирни охлаждают воду, в основном используются вентиляторные и башенные. Вода там охлаждается атмосферным воздухом.

ИКТ включает в себя множество инструментов: различные датчики состояния, теории, которые обосновывают оптимальное применение архитектуры ПО. Главные технологии цифровой экономики это: блокчейн, цифровые двойники,

дополненная реальность, аддитивное производство, роботы и когнитивные технологии. Самая главная технология – цифровая платформа, она хранит все нужные технологии, позволяет многим пользователям иметь доступ к информации. Также стоит отметить важные аспекты в ИКТ:

- расширение применения цифровых технологий;
- падение стоимости внедрения цифровых технологий в повседневную жизнь;
- увеличение степени цифровизации экономической деятельности;
- увеличение доступности и распространения гаджетов с выходом в Интернет.

Цифровые платформы, являясь инструментом цифровой экономики, содержат множество новейших технологий.

В промышленности применять технологию блокчейн могут производственные предприятия в качестве циклов, в которых хранятся записанные на одном или нескольких компьютерах данные. Транзакция может являться подтвержденной только тогда, когда ее формат и она сама объединены в группу и записаны в блок.

Структура, которая используется для записи нескольких транзакций, называется блоком транзакций. Блоки выстраиваются в цепочку, содержащую информацию об операциях, которые когда-либо совершались. Блок состоит из двух частей – заголовка и списка транзакций. Заголовок блока состоит из хеша, функция которого заключается в преобразовании исходного массива с содержащимися в нем данными различной длины, хеша предшествующего блока, хешей транзакций и другую информацию. Далее следует список с транзакциями, который сформирован из очереди различных транзакций, которых еще нет в предыдущих блоках. Цепочка формируется майнерами.

Блоки, которые удовлетворяют критериям, отправляются в сеть и включаются во все базы блоков. Иногда возникает ситуация, когда новые блоки в какой-либо части распределительной сети обращаются к одному. Тогда цепочка начинает ветвиться. Так, цепочка, начиная с момента инициации и заканчивая моментом окончания процесса, может содержать историю, хранящуюся в базах данных. Блокчейн создается как непрерывная цепочка блоков, которая растет и хранит в себе записи обо всех транзакциях.

Части базы данных могут храниться одновременно на большом количестве компьютеров и синхронизироваться согласно правилам построения. Информация, которая хранится в блоках, не шифруется, а значит, может быть доступной в любое время. Чтобы предотвратить многократные траты определенной суммы, можно использовать метки времени, которые реализуются разбиением данных на цепочки блоков, а те, в свою очередь, хранят хеш предшествующего блока и его номер. Для того чтобы изменить информацию в блоке, который уже существует, необходимо редактировать ее в следующих блоках, что очень некорректно, поэтому изменение данных в какой-либо копии базы данных не будет соответствовать признанным правилам и считается ошибкой.

Графическая схема и внутренние технологические процессы, происходящие внутри компании Новочеркасской ГРЭС, представлены на рис. 1, 2.



Рис. 1. Графическая схема и внутренние технологические процессы НчГРЭС



Рис. 2. Продолжение графической схемы и внутренних технологических процессов, происходящих внутри компании НчГРЭС

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андрианов, В. Д. Актуальные проблемы и перспективы развития топливно-энергетического комплекса России / В. Д. Андрианов // Общество и экономика. – 2017. – № 6.
2. Синяк, Ю. В. Топливо-энергетический комплекс России: возможности и перспективы / Ю. В. Синяк, А. С. Некрасов, С. А. Воронина, В. В. Семикашев, А. Ю. Колпаков // Проблемы прогнозирования. – 2013. – № 1. – С. 4–21.
3. Потенциал возобновляемых источников энергии в России. Существующие технологии [Электронный ресурс]. URL: <https://allbeton.ru/upload/iblock/d80/potencial-vozobnovlyaemih-istochnikov-energii-v-rossii-analiticheskiy-obzor.pdf>

А. С. Морозов
Научный руководитель И. А. Болдырев

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
МОНИТОРИНГА ЗА СОСТОЯНИЕМ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО
ОБОРУДОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ
«ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ»

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

Проанализировано текущее состояние систем мониторинга на теплоэлектростанциях, а также известные системы и устройства для беспроводного сбора данных и их обработки с оборудования электростанций. Выявлены недостатки известных систем. Разработана структура мониторинга за состоянием теплоэнергетического оборудования с использованием технологии «интернет вещей».

В настоящее время мониторинг за состоянием теплоэнергетического оборудования является актуальной задачей. Это связано с тем, что со временем оборудование изнашивается, понижаются параметры надежности и экономичности. При полном выходе из строя оборудования могут произойти серьезные аварии, приводящие к останову производства, что неприемлемо для энергетической отрасли.

Современные технологии обработки больших объемов данных позволяют реализовывать такие важные задачи, как предиктивный анализ для формирования признаков снижения надежности оборудования, классификация для выделения наиболее влияющих параметров на эффективность работы оборудования [1, 4] и т. п.

Однако для работы подобных алгоритмов, как правило, требуется получение большого количества параметров работы объектов. Оснащение объектов теплоэнергетики средствами измерений в объеме обязательных требований руководящих документов [5] недостаточно для эффективной работы алгоритмов.

Для решения данной задачи возможно оснащение объектов дополнительными средствами измерений. При этом организация сбора данных может быть реализована с использованием технологий промышленного «интернета вещей», позволяющих в автоматическом режиме осуществлять мониторинг и передачу данных, в том числе с использованием беспроводных сетей.

Известна беспроводная система сбора информации от интегрированных датчиков [2], которая может быть применена преимущественно для сбора, обработки информации, поступающей от датчиков, расположенных на нефтегазодобывающих скважинах месторождений для выдачи статистических данных по работе каждой скважины, сигналов предупреждения в случае возникновения нештатной ситуации, для предотвращения выхода из строя оборудования.

Известно устройство сбора, контроля и управления оборудованием электрической подстанции [3] для организации непрерывного мониторинга режимов работы и состояния оборудования электрических подстанций, управления их основным и вспомогательным оборудованием, сбора и хранения данных с интеллектуальных устройств подстанции, учета электрической энергии и контроля параметров электрической энергии.

В рамках проводимой работы предложено исследование системы сбора данных по технологии «интернета вещей» со следующей структурой (рисунок).

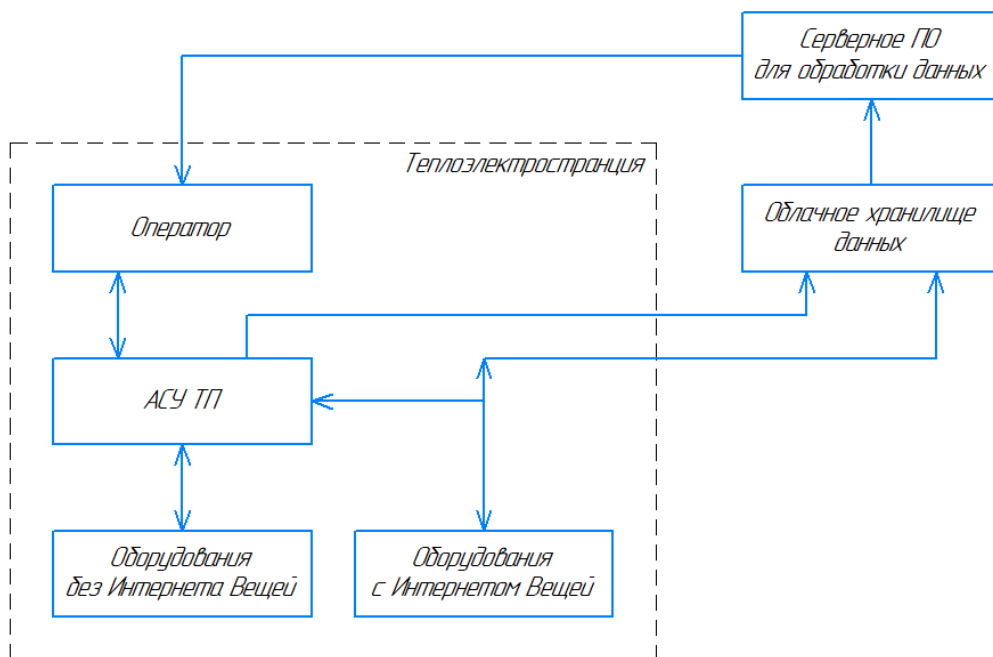


Рис. 1. Структура автоматической системы мониторинга за состоянием теплоэнергетического оборудования с использованием технологии Интернет вещей

На структурной схеме изображено оборудование ТЭС (датчики, исполнительные механизмы и др.). В случае если оно не имеет технологии беспроводной передачи данных («интернета вещей»), то данные об их состоянии и работе передаются с ПЛК (АСУ ТП) в облачное хранилище данных. Если оборудование имеет возможность беспроводной передачи данных, то оно напрямую передает их в облачное хранилище. Полученные данные обрабатываются и анализируются с помощью серверного программного обеспечения, в результате чего формируются советы оператору ТЭС или управляющие воздействия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 24.701-86. Единая система стандартов автоматизированных систем управления. Надежность автоматизированных систем управления. Основные положения. – М.: Изд-во стандартов, 1986.
2. Пат. 61447 U1 Российская Федерация, МПК G 08 C 17/00. Беспроводная система сбора информации от интегрированных датчиков; заявитель и патентообладатель ЗАО

«Научно-производственное предприятие «Сайт». – № 2006137149/22; заявл. 20.10.2006; опубл. 27.02.2007. – 17 с.

3. Пат. 168355 U1 Российская Федерация, МПК Н 02 J 13/00, Н 02 Н 7/22. Устройство сбора, контроля и управления оборудованием электрической подстанции; заявитель и патентообладатель Беляев Александр Николаевич, Валиков Александр Владимирович. – № 2016134170; заявл. 19.08.2016; опубл. 30.01.2017. – 7 с.

4. РД 34.20.574. Указания по применению показателей надежности элементов энергосистем и работы энергоблоков с паротурбинными установками. – М.: Изд-во СПО «Союзтехэнерго», 1985.

5. СО 34.35.101-2003. Методические указания по объему технологических измерений, сигнализации, автоматического регулирования на тепловых электростанциях. – М.: Изд-во ЦПТИ ОРГРЭС, 2004.

В. С. Луненко

Научный руководитель И. А. Болдырев

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

В работе представлен алгоритм информационно-вычислительных задач для автоматизированного мониторинга параметров и диагностики энергетического оборудования. На основе предложенного алгоритма можно производить расчет показателей надежности энергетического оборудования.

Современный уровень развития технологий энергетических предприятий предъявляет высокие требования к надежности оборудования. Надежность оборудования базируется на обязательном применении новейших средств, методов контроля и мониторинга энергетического оборудования и требует комплексного подхода к решению вопроса надежности оборудования [1, 2].

В данной работе предлагается алгоритм информационно-вычислительных задач для автоматизированного расчета надежности сложных технических систем.

Основными этапами алгоритма расчета являются:

- предварительная обработка исходной информации;
- расчеты на заданном интервале.

Предварительная обработка исходной информации производится на контроллерном уровне и включает в себя контроль достоверности текущих значений исходных аналоговых сигналов и расчет текущих признаков технологической ситуации. Исходной информацией являются значения анализируемых параметров станции, опрос которых осуществляется один раз в минуту.

Выполнение расчетов в расчетной станции организуется по запросу пользователя. При этом из архивной станции «считывается» вся необходимая

исходная информация за заданный интервал времени, необходимая для расчета. В табл. представлен некоторый перечень исходных аналоговых сигналов.

Исходные аналоговые сигналы

Наименование параметра, размерность	Обозначение
Температура пара за НРЧ, нитка А, °С	$t_{\text{ф.нрч а}}$
Температура пара за задней стенкой СРЧ, нитка А, °С	$t_{\text{з.срч а}}$
Температура пара за ШПП II ступени, нитка Б, °С	$t_{\text{шппII б}}$
Температура вторично перегретого пара за котлом, нитка Г, °С	$t_{\text{гпп г}}$

Расчет показателей надежности проводится в несколько этапов, включающих проверку входной информации на достоверность, расчет времени нахождения значений параметров в заданных диапазонах, оценку статистических характеристик сигналов, расчет времени наработки, определение сводных показателей надежности, запись результатов расчета в архив, формирование отчетных ведомостей.

Заключение

Предложенный алгоритм является основой для программ мониторинга параметров и диагностики энергетического оборудования и расчета показателей надежности энергетического оборудования, которые позволяют проводить автоматизированный расчет надежности сложных технических систем.

Работа выполнена при финансовой поддержке государственного задания Российской Федерации FSWF-2020-0025 «Разработка методов и анализ способов достижения высокого уровня безопасности и конкурентоспособности объектов энергетических систем на базе цифровых технологий».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Осак, А. Б. Комплекс интеллектуальных средств раннего выявления и предотвращения возникновения системных аварий в энергообъединениях / А. Б. Осак, Д. Н. Ефимов, А. В. Жуков, Д. А. Панасецкий, В. Г. Курбацкий, Д. Н. Сидоров, Н. В. Томин, Н. И. Воропай // Автоматика и телемеханика. – 2018. – № 10. – С. 6–25.
2. Гуров, С. В., Уткин, Л. В. Надежность восстанавливаемых резервированных систем с последствием отказов / С. В. Гуров, Л. В. Уткин // Автоматика и телемеханика. – 2017. – № 1. – С. 137–151.

С. С. Мащенко
Научный руководитель М. С. Иваницкий

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УРОВНЕЙ НАДЕЖНОСТИ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ТЭС

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

В работе выполнено исследование и разработка модели прогнозирования уровней надежности при эксплуатации котельных установок тепловых электрических станций с учетом наиболее повреждаемых элементов и участков пароводяного тракта, предложена модель прогнозирования уровней надежности котельных установок ТЭС для дальнейшего ее применения на практике.

подавляющее большинство основного оборудования российских тепловых электрических станций (ТЭС) в значительной степени исчерпало свой проектный ресурс. Однако на данный момент из-за многочисленных проблем, связанных с экономическими и другими факторами, массовое техническое перевооружение электростанций в короткие сроки провести невозможно. В настоящее время способы и объемы мероприятий по восстановлению надежности оборудования ТЭС определяются на основании нормативных методов и экспертных оценок специалистов, это создает серьезные проблемы в экономическом обосновании привлечения капиталовложений в целях повышения надежности [1].

Современная котельная установка является сложным технологическим сооружением (системой), в которой производится процесс формирования пара (значение давления пара выше атмосферного) или горячей воды методом сжигания твердого и жидкого топлива [2].

Оценка возможных негативных последствий, связанных с эксплуатацией технических систем котельных установок, производится при помощи количественных и качественных показателей, характеризующих показатели надежности, экономичности и безопасности.

Целью настоящей работы является разработка модели прогнозирования уровней надежности котельных установок ТЭС для дальнейшего ее применения на практике для повышения надежности работы котельной установки, разработке подходов, направленных на экономию материальных и топливно-энергетических ресурсов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 50831-95. Установки котельные. Тепломеханическое оборудование. Общие технические требования. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1996.
2. Зыков, А. К. Паровые и водогрейные котлы / А. К. Зыков. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 128 с.

А. Ю. Кудрявцев
Научный руководитель И. А. Болдырев

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ
КОНТРОЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ БАРАБАНА

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

В настоящее время актуальность данной работы находится на высоком уровне, так как решение представленных здесь проблем удешевит себестоимость электроэнергии, что, в свою очередь, положительно повлияет как на экономику, так и на личное благосостояние граждан.

Опыт показывает, что предупреждение опасных термических напряжений в барабанах возможно только при надежном контроле температурного режима барабана. Измерения должны преследовать следующие цели:

- а) текущий контроль правильного ведения переходных режимов оперативным персоналом;
- б) выявление в условиях каждой электростанции наиболее опасных режимов работы барабанов и их устранение;
- в) обеспечение надежности контроля барабанов при работе котлов в маневренном режиме.

Барабаны всех котлов 14 МПа (140 кгс/см²), а также барабан одного типичного котла электростанции с оборудованием на давление 10 МПа (100 кгс/см²) должны быть оснащены термопарами с регистрацией показаний. Для барабанов всех котлов 10 МПа (100 кгс/см²) группы II регистрация показаний обязательна. Разность показаний температур на термопарах не должна превышать 5–10 °С.

При несоблюдении должного контроля температуры возникает температурный градиент. Из-за него расширение металлов происходит неравномерно, что, в свою очередь, повреждает микроструктуру барабана, ухудшает показатели пластичности металла и впоследствии приводит его в негодность.

Структурная схема АСУТП представлена на рисунке.

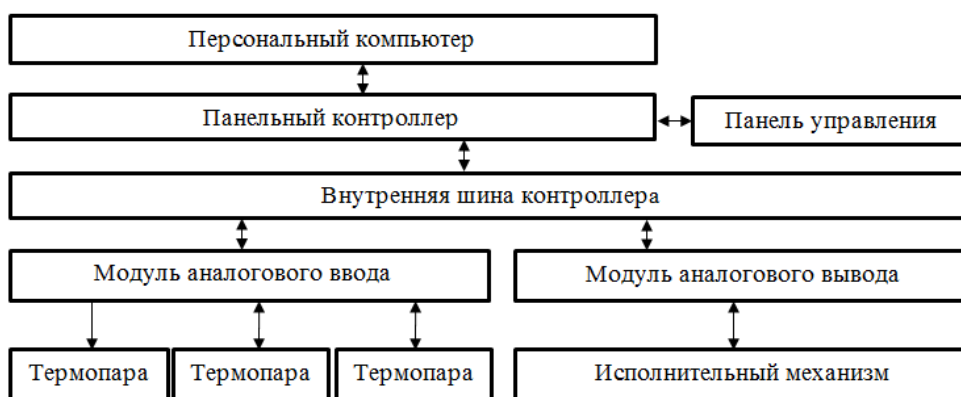


Рисунок. Структурная схема АСУТП

Целью данной работы являются разработка и исследование информационно-измерительной системы контроля напряжения барабана для повышения износоустойчивости оборудования, а также исключение ее повреждения при резком перепаде температур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года (утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. № 1715-р) [Электронный ресурс] // Гарант. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/96681>.

Е. В. Илюхина
Научный руководитель Е. Г. Зенина

ЧАСТИЧНЫЕ РАЗРЯДЫ В ИЗОЛЯЦИИ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

В работе исследуются причины появления частичных разрядов, описывается их пагубное воздействие на оборудование, дана оценка важности регистрации частичных разрядов, оценка их мощности и повторяемости, локализации места их возникновения, предложена модель исследования данного явления в программе Anasonda3-2020.07-Windows-x86.

Частичный разряд – это искровой разряд очень маленькой мощности, образующийся внутри изоляции или на ее поверхности, в оборудовании среднего и высокого классов напряжения. Со временем периодически повторяющиеся частичные разряды разрушают изоляцию, что в конечном итоге приводит к ее пробое. Под воздействием частичных разрядов разрушение изоляционного слоя может происходить в течение длительного времени, многих месяцев и даже лет [2].

Образование частичных разрядов обусловлено наличием в полостях и зонах изоляции имеющих дефектов. Этими дефектами могут быть посторонние включения, газовые пузырьки, зоны увлажнения. Появление частичных разрядов – начальная стадия развития большинства дефектов в высоковольтной изоляции. С течением времени появившиеся частичные разряды перерастают в искровые и дуговые разряды, которые приводят к авариям. На участке дефекта при росте напряжения могут возникнуть один или несколько частичных разрядов. Это приводит к перераспределению потенциалов внутри объема изоляции. Если дефект располагается ближе к внешней поверхности изоляции, к более высокому потенциалу, то частичных разрядов будет больше на положительной полувольтне питающего напряжения и меньше на отрицательной. Если дефект располагается ближе к «земляному» потенциалу, то, наоборот, разрядов будет больше на отрицательной полувольтне питающего напряжения [1].

Таким образом, регистрация частичных разрядов, оценка их мощности и повторяемости, а также локализация места их возникновения позволяют своевременно выявить развивающиеся повреждения изоляции и принять необходимые меры для их устранения.

Целью настоящей работы является разработка модели исследования частичных разрядов для обнаружения места их возникновения и мощности, чтобы в дальнейшем применять эту модель на практике для повышения надежности работы высоковольтного оборудования. Разработка модели исследования предполагается в программе Anaconda3-2020.07-Windows-x86. Графики частичных разрядов, построенные в программе, будут являться усредненным шаблоном. Программа будет сравнивать шаблон с текущими данными и выдавать оператору место и характеристику частичного разряда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Русов, В. А. Измерение частичных разрядов в изоляции высоковольтного оборудования / В. А. Русов. – Екатеринбург: УрГУПС, 2011. – 367 с.
2. Селиханович, А. В. Непрерывный мониторинг состояния высоковольтных вращающихся машин / А. В. Селиханович, И. А. Рудченко, П. А. Гурьянов // Энергетик. – 2020. – № 5.

А. Р. Васильев, С. А. Кострюков
Научный руководитель Ю. В. Гусева

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАСЧЕТНОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ РАЗМЕРОВ МИКРОГЭС НА БАЗЕ ТУРБИНЫ УЭЛЬСА

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

Рассмотрены вопросы применения микротурбины Уэльса для выработки электрической энергии при использовании энергии волны. Определены конструктивные характеристики гидротурбины на основе климатических региональных данных с учетом особенностей потребления электрической энергии.

Развитие отечественной электроэнергетической отрасли в значительной части основано на разработке и повышении эффективности нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. В 2019 году оценочно 0,03 % от общего количества всей выработанной электрической энергии было произведено с помощью альтернативных источников энергии, при этом доля электрической энергии, приходящаяся на гидравлические электрические станции (ГЭС), равна 17,6 %, что составляет в абсолютном выражении 190,3 млрд кВт·ч, при этом в 2018 году выработка соответствовала уровню 183,4 млрд кВт·ч. Отметим, что ГЭС составляют важную роль в обеспечении потребителей электрической энергией, при этом важным вопросом является высокая надежность и безопасность эксплуатации ГЭС. Повышение экономической эффективности эксплуатации

является актуальным направлением обеспечения функционирования ГЭС, в том числе на основе разработки и обоснования оптимальных конструктивных параметров перспективных гидравлических агрегатов и турбин [1].

Целью настоящей работы являются исследование, расчет и анализ гидродинамических и конструктивных характеристик гидравлической микротурбины Уэльса на различных режимах работы для определения оптимальных параметров выработки электрической энергии.

В связи с поставленной целью выделяются основные задачи исследования:

- исследование состояния параметров и рабочих характеристик микротурбин для выработки электрической энергии;
- выполнение гидродинамических и конструктивных расчетов для различных режимов микротурбины;
- разработка практических рекомендаций для обоснования выбора оптимальных параметров и конструктивных размеров микротурбины Уэльса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брызгалов, В. И., Гордон, Л. А. Гидроэлектростанции: учебное пособие / В. И. Брызгалов, Л. А. Гордон. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2002. – 541 с.

Н. А. Мальцев

Научный руководитель П. В. Шамигулов

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ SIMINTECH ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ БЛОЧНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

В статье рассматривается возможность применения алгоритмов Simintech для решения задач охлаждения блочного трансформатора с целью получения более эффективных режимов работы системы. В первой части статьи рассматривается работа системы охлаждения блочного трансформатора. Во второй – рассказывается о возможности моделирования с помощью программы Simintech и кода HS.

Блочные трансформаторы являются одной из важнейших составляющих оборудования электростанций. От их бесперебойной работы зависит надежность выдачи электростанцией заданной мощности. Кроме того, аварии на блочных трансформаторах могут приводить к существенному материальному ущербу и длительным периодам восстановления генерирующих блоков. Одним из факторов, определяющих долговечную и надежную работу блочных трансформаторов, является температурный режим трансформатора, за поддержание которого отвечает система охлаждения.

Системы охлаждения мощных блочных трансформаторов предусматривают в своем составе насосы циркуляции масла, а также дутьевые вентиляторы. Общая мощность электродвигателей насосов и вентиляторов может достигать десятков и даже сотен киловатт на блок. В связи с этим актуальной становится задача исследования возможности снижения затрат электроэнергии, потребляемой системой охлаждения.

Одним из возможных путей решения этой задачи является применение частотных регуляторов. Однако вопрос сохранения эффективности охлаждения блочных трансформаторов при применении частотного регулирования электродвигателей системы охлаждения до сих пор досконально не изучен. В данной статье рассматривается возможность использования теплогидравлических моделей среды имитационного моделирования Simintech для исследования эффективности теплообмена в системах охлаждения трансформаторов с принудительной циркуляцией с использованием частотно-регулируемого привода.

Отличительной особенностью среды Simintech является возможность сочетать модели различных физических и технических процессов через общую базу сигналов. Так, например, в единую вычислительную систему могут быть объединены модели теплообмена, электрических цепей и модели общего вида, используемые при моделировании систем автоматического управления.

Отдельного внимания заслуживают именно теплогидравлические модели, поскольку они позволяют моделировать достаточно сложные процессы теплообмена с учетом их пространственного и временного характеров. В программе имитационного моделирования Simintech расчеты блоков теплогидравлических моделей выполняются при помощи так называемого кода HS [1].

Теплогидравлика HS относится к классу одномерных однокомпонентных теплогидравлических (термогидродинамических) кодов. Код HS предназначен для расчета динамических (переходных) и стационарных процессов, протекающих в гидравлических контурах произвольной топологии с учетом работы типового оборудования (насосы, задвижки, регулирующие клапаны и т. п.) в тех случаях, когда можно пренебречь пространственным распределением параметров теплоносителя в направлениях, перпендикулярных основному направлению течения потока.

Основными расчетными элементами для кода HS являются внутренние и граничные узлы и каналы. Совокупность узлов и каналов, соединяющихся между собой гидравлическими линиями связи, образует основную часть расчетной схемы, визуально очень похожую на принципиальную технологическую схему моделируемой системы. Кроме узлов и каналов, расчетный код содержит другие элементы, а именно: модели местного гидравлического сопротивления (дроссель, сужение, расширение, отвод потока и т. п.), тепловые структуры для организации расчета теплообмена, модели основных типов турбонасосных агрегатов, а также баки – расчетные элементы кода, в которых тем или иным образом присутствует модель «внешней» среды (возможно, с другим видом теплоносителя) и «уровень» теплоносителя (узлы и каналы всегда заполнены

теплоносителем полностью) [1]. Расчетный код содержит несколько моделей баков с различными свойствами.

Таким образом, богатый инструментарий теплогидравлических моделей среды Simintech может быть использован для моделирования процессов теплообмена в системе охлаждения блочных трансформаторов с применением частотно-регулируемого привода насосов и вентиляторов с целью определения наиболее эффективных режимов работы системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. [http://help.simintech.ru/#biblioteki/teplogidravlika\(HS\)/teplogidravlika\(HS\).html](http://help.simintech.ru/#biblioteki/teplogidravlika(HS)/teplogidravlika(HS).html)

Д. С. Новикова
Научный руководитель Е. Ю. Дубовикова

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕМБРАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОБЕССОЛИВАНИЯ ВОДЫ МЕТОДОМ ОБРАТНОГО ОСМОСА И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

Рассмотрены основные особенности мембранной установки обратного осмоса, технические противоречия и способы оптимизации работы данной установки. Проанализирована эффективность внедрения мембранной установки обратноосмотического действия с помощью определения срока окупаемости.

Актуальность заключается в том, что необходимость получения обессоленной воды обусловлена повышением надежности, экономичности и эффективности работы оборудования. А это, в свою очередь, напрямую связано с технологиями и качеством очистки воды.

Целью данной работы является изучение мембранной технологии обессоливания воды методом обратного осмоса и оценка экономической эффективности ее применения.

Новизна работы заключается в том, что предложены способы оптимизации работы мембранной установки обратноосмотического действия обессоливания воды и проанализирован экономический эффект, достигаемый при внедрении данной установки.

В настоящее время мембранные технологии очистки воды получили широкое распространение. Они имеют определенные достоинства в сравнении с другими методами очистки. Так, в процессе обессоливания воды мембранные технологии по сравнению, например, с очисткой методом ионного обмена, имеют следующие преимущества: использование реагентов сводится к минимуму, обладают относительно простой конструкцией.

Принципиальная схема обратноосмотической установки изображена на рис. 1 [2].

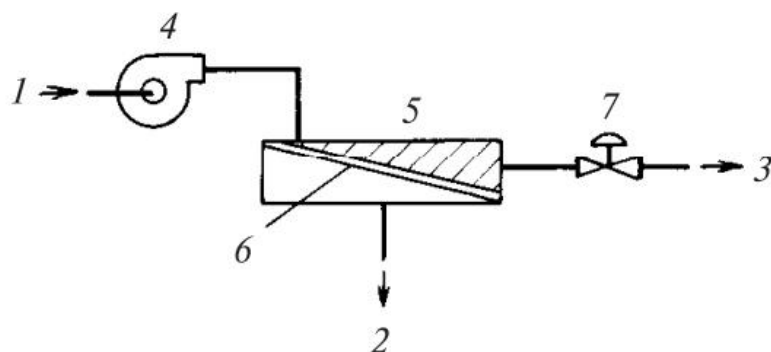


Рис. 1. Принципиальная схема установки обратного осмоса:
1 – исходная вода; 2 – пермеат; 3 – концентрат; 4 – насос высокого давления;
5 – мембранный модуль; 6 – полупроницаемая мембрана; 7 – клапан

В процессе эксплуатации мембранной установки важно учитывать специфику распределения нагрузки между корпусами и мембранными элементами, иначе будет наблюдаться потеря эксплуатационных характеристик установки, что отразится на увеличении затрат на электроэнергию и капитальных затрат на эксплуатацию.

Мембранная установка, как и любая другая техническая система, обладает свойством целостности, поэтому попытки улучшения одной части (функции, свойства) системы путем использования известных технических средств зачастую приводят к ухудшению других частей (функций, свойств) системы [1]. Так возникает техническое противоречие. Рассмотрим некоторые технические противоречия для мембранной установки. При использовании установки большой производительности соответственно увеличиваются стоимость конструкции и мощность, потребляемая насосом, а также габаритные размеры. Для предварительной очистки воды необходимы дополнительные фильтры, что, в свою очередь, увеличивает стоимость конструкции. Например, мембранная установка пропускает летучий хлор, что негативно сказывается на ее работоспособности, а это, в свою очередь, приводит к снижению эксплуатационного срока.

Так, анализ эффективности работы мембранной установки обратного осмоса можно провести, опираясь на некоторые принципы. Суть первого заключается в необходимости получить полезный результат без действия или средства без него самого. Ввиду того что давление после выпускного клапана высокое, возможно подключить турбину для выработки электроэнергии, например для освещения помещения. Суть второго принципа заключается в том, чтобы обратить вредное воздействие объекта в пользу. Так, целесообразно часть концентрата направлять в специальную емкость для приготовления моющего раствора, после чего этот раствор, смешиваясь с основным потоком, будет способствовать повышению эффективности работы установки.

В связи с этим схема будет выглядеть следующим образом [3]:

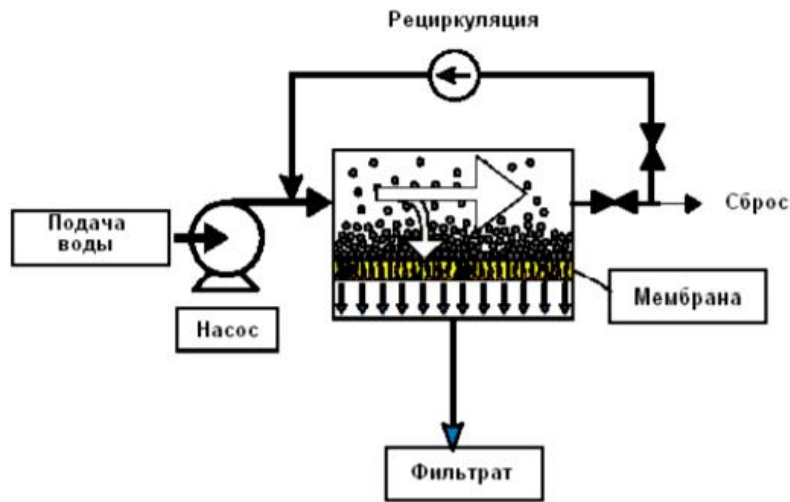


Рис. 2. Принципиальная схема мембранной установки с рециркуляцией части концентрата

На основе известных данных внедрение мембранной установки обратного осмоса при производстве сверхвязкой нефти (СВН) наиболее целесообразно. Так, проведем оценку экономической эффективности применения установки на основании определения простого срока окупаемости. В процессе добычи СВН образуется попутно добавляемая вода, которую возможно использовать для выработки пара, что позволит сократить негативное воздействие на окружающую среду и сэкономить объемы пресной воды. Капитальные затраты на поставку для мембранной установки составляют порядка 450 тыс. руб. Ожидаемые доходы в среднем 255 тыс. рублей. Кроме того, происходит снижение эксплуатационных затрат за счет внедрения установки с 399 тыс. руб. до 355 тыс. руб., что составляет 11 %.

Простой срок окупаемости определяется

$$PP = K_0 / ПЧ_{\text{ср}}, \quad (1)$$

где K_0 – сумма вложенных средств; $ПЧ_{\text{ср}}$ – чистая прибыль в среднем за год.

Тогда по формуле (1) получаем

$$PP = \frac{450000}{255000} = 1,76.$$

Таким образом, в ходе проведенного исследования можно сделать вывод о том, что предложенные способы оптимизации работы мембранной установки путем подключения турбины после клапана высокого давления для дополнительной выработки электроэнергии на нужды предприятия и включения в данную схему емкости для приготовления моющих растворов с целью использования концентрата приводят к снижению эксплуатационных затрат и, следовательно,

небольшому сроку окупаемости – 1,7 года, – что, в свою очередь, показывает эффективность практического применения данной установки на производстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Альтшуллер, Г. С. Найти идею. Введение в ТРИЗ-теорию решения изобретательских задач / Г. С. Альтшуллер. – изд. 11-е. – М.: Альпина Паблишер, 2020. – 404 с.
2. Копылов, А. С. Водоподготовка в энергетике: учебное пособие для вузов / А. С. Копылов, В. М. Лавыгин, В. Ф. Очков. – М.: Издательский дом МЭИ, 2016. – 305 с.
3. Николаева, Л. А. Водоподготовка на тепловых электростанциях. Мембранные технологии: учебное пособие / Л. А. Николаева. – Челябинск: ЧФ ПЭИпк, 2015. – 128 с.

Д. В. Пестрецов, А. А. Индолова
Научный руководитель Е. Ю. Дубовикова

АНАЛИЗ ИННОВАЦИЙ В СФЕРЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

В статье рассматривается ситуация на рынке трансформаторов в сфере инновационного энергоэффективного оборудования в России. Проведен анализ широкого внедрения новых подходов в покупке и производстве силового трансформаторного оборудования. Рассмотрены характеристики инновационных энергоэффективных трансформаторов на примере продукции, выпускаемой ЭТК «Золотой Треугольник».

Инновационная продукция способна внедриться в любую отрасль промышленности при наличии потребности у предприятий в данной модификации и обновлении старых ресурсов. Российский рынок очень консервативен в плане инновационной трансформаторной продукции. Собственно, спрос рождает предложение. Именно такая ситуация присуща большей части взаимоотношений «заказчик – покупатель»: заказчики, устанавливая свои требования, исключают возможность предложения инновационной продукции; производители, подстраиваясь под данные запросы, лишь создают видимость инновационности, выдавая за инновации модернизированное оборудование. Часто покупатели при покупке трансформаторов руководствуются следующими критериями: минимальная цена и минимальные сроки поставки. Совершенно очевидно, что высокотехнологичная модель будет дороже, чем модернизированное, восстановленное оборудование.

Но современная жизнь и ее порядки диктуют условия, в которых вопросы обновления трансформаторного оборудования складываются из наименьшей цены и очень сжатых сроков. Из-за этого возникает глобальная проблема: низкое качество поставляемой продукции, нарушения технологической дисциплины

при производстве [1]. Инновационная продукция в таких условиях не выживает, так как требует формирования ценовых и сроковых параметров тендеров.

Развитие сферы трансформаторного оборудования не стоит на месте, накоплен достаточный потенциал для преодоления консерватизма и обновления российского рынка инновационной трансформаторной продукцией. За 8,5 года, прошедшие с принятия Федерального закона № 261-ФЗ, который положил начало новейшей государственной политике энергоэффективности, произошли значительные изменения.

Вторым шагом на пути к массовому переходу на инновационную продукцию стал отраслевой стандарт организации ПАО «Россети» СТО 34.01-3.2-011-2017 «Трансформаторы силовые распределительные 6-10 кВ мощностью 63-2500 кВА. Требования к уровню потерь холостого хода и короткого замыкания», принятый в апреле 2017 года. Таким образом, крупнейший покупатель распределительных трансформаторов дал отмашку всем производителям о начале новой эры на российском рынке трансформаторной продукции.

Третьим шагом стало подписание 19 апреля 2018 года Распоряжения Правительства РФ от 19.04.2018 г. № 703-р «Об утверждении комплексного плана мероприятий по повышению энергетической эффективности экономики РФ». Этот документ обеспечит реализацию мероприятий по внедрению во многие отрасли экономики России инновационных технологий. В связи с этим именно после данных шагов Россия способна перебороть консерватизм, сформированы необходимые условия и обеспечен спрос на инновационную продукцию в сфере трансформаторного оборудования.

Не многие предприятия на данный момент уже перешли на разработки и массовый сбыт инновационных трансформаторов. Это, в свою очередь, вызвано жесткими требованиями к выпускаемой продукции. Рассмотрим одно из предприятий – ЭТК «Золотой треугольник», – реализующее и выпускающее сертифицированную инновационную продукцию, а также предлагающее не просто отдельную позицию, а спектр линеек инновационных энергоэффективных распределительных трансформаторов. Далее приведен сравнительный анализ энергоэффективности серийно выпускаемых инновационных трансформаторов ЭТК «Золотой Треугольник» с серийной продукцией традиционных поставщиков.

По европейскому стандарту EN 50464-1:2007 выделяются классы энергопотребления трансформаторов А, В, С, D, Е.

В настоящее время в России и странах СНГ серийно выпускаются трансформаторы с классом потерь D и энергосберегающие трансформаторы с классом потерь С. Трансформаторы, находящиеся в эксплуатации у сетевых компаний и конечных потребителей, имеют класс потерь Е [2].

Рассмотрим характеристики и преимущества инновационного энергоэффективного трансформатора ЭТК «Золотой Треугольник», соответствующие уровню потерь класса энергоэффективности выше европейского класса А, на уровне А/1,5... А/2.

1. Уменьшение потерь P_o связано с изменением конструкции и материала магнитопровода. Инновационность заключается в применении магнитопровода из аморфных (нанокристаллических) сплавов.

2. Второй способ уменьшения P_o – изменение конструкции магнитопровода.

3. Инновационное пространственное расположение обмоток на магнитопроводе не в одной плоскости, а по осям треугольной призмы, обеспечивает сокращение массы магнитопровода на 25 % по сравнению с традиционным расположением осей обмоток в одной плоскости. Это, в свою очередь, приводит к сокращению массы трансформатора.

4. Уменьшение мощности потерь короткого замыкания P_k (потери в обмотках) – это инновации в конструкции обмоток силового трансформатора. В первую очередь нужно использовать фольговую обмотку. Это позволит увеличить сечение и уменьшить габариты обмотки НН, благодаря чему уменьшится длина провода ВН [3].

Экономические показатели выступают одними из основных факторов в процессе выбора трансформаторов. Сравним заявленный срок службы, цену продукции и годовой платеж, рассчитанный как отношение цены к сроку. Результаты анализа приведены в таблице. Исходя из проведенной работы, очевидна рациональность вложения средств в инновационные разработки – приобретение трансформатора ЭТК «Золотой треугольник».

Сравнительная характеристика трансформаторов

Трансформатор	Заявленный срок службы, лет	Цена за ед., руб.	Расчет годового платежа, руб.
ТМГ-250/6-0,4	25	115 000	4600 руб.
ЭТК «Золотой треугольник»	40	157 300	3932 руб.

Таким образом, инновационная энергоэффективная трансформаторная продукция ЭТК «Золотой Треугольник», поставляемая на российский рынок с 2018 года, является выгодной для широкого внедрения в сферу энергетики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Киреева, Э. А. Полный справочник по электрооборудованию и электротехнике (с примерами расчетов): справочное издание / Э. А. Киреева, С. Н. Шерстнев; под общ. ред. С. Н. Шерстнева. – 2-е изд., стереотип. – М.: Кнорус, 2013. – 864 с.

2. Савинцев, Ю. М. Экспертный анализ рынка силовых трансформаторов России. Часть I. I-III габарит / Ю. М. Савинцев. – М.: Издательские решения, 2016. – 88 с.

3. Савинцев, Ю. М. Экспертный анализ рынка силовых трансформаторов России. Часть II. IV-VIII габарит / Ю. М. Савинцев. – М.: Издательские решения, 2016. – 104 с.

В. И. Борисов
Научный руководитель И. А. Болдырев

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

Рассматривается актуальность и возможность создания системы контроля технического состояния энергетического оборудования для прогнозирования и предотвращения аварийных ситуаций. Показаны задачи контроля технического состояния. Предложен перечень основных функциональных подсистем.

Оборудование многих функционирующих сегодня электростанций подходит к тому, чтобы исчерпать свой рабочий ресурс. Помимо этого, эксплуатация оборудования при повышенных нагрузках приводит увеличению вероятности возникновения аварийных ситуаций и простоев оборудования, который приводит к финансовым потерям [2]. Именно поэтому разработка системы контроля технического состояния (СКТС) энергетического оборудования, которая объединяла бы информацию о техническом состоянии всего оборудования, является актуальной на сегодняшний день задачей.

Техническое диагностирование – это аппарат мероприятий, который позволяет изучать и устанавливать признаки неисправности (работоспособности) оборудования, устанавливать методы и средства, при помощи которых дается заключение (ставится диагноз) о наличии (отсутствии) неисправности (дефекта) [3].

Предпосылками к созданию СКТС являются как старение активов, вместе с которым происходит увеличение числа аварий, так и растущие требования к надежности электроснабжения. Основные задачи контроля технического состояния [1]:

- поиск места и определение причин отказа;
- прогнозирование технического состояния.

Задача СКТС состоит в создании и постоянном обновлении данных по эксплуатации оборудования, фиксации всех результатов испытаний на основе единого методического подхода, обеспечении доступности всех этих данных из любой точки мира.

Система предназначена для хранения и обработки информации по энергетическому оборудованию электростанции и персоналу и формированию заключения по техническому состоянию и ресурсным характеристикам основного оборудования.

Система контроля технического энергооборудования состоит из двух основных функциональных подсистем:

1) информационно-поисковой системы, которая занимается хранением информации об оборудовании, измерениях и т. п., реализует удобный поиск,

сортировку информации, ее изменение, создание и печать необходимых отчетов и т. д.;

2) системы оценки технического состояния, которая обеспечивает анализ полученной информации по испытаниям энергооборудования, формирует заключение о техническом состоянии оборудования.

На практике данная система будет состоять из датчиков, сгруппированным по объектам электростанции, которым они принадлежат, и опрашиваться соответственным ПЛК, выполняющим часть функций, связанных с обработкой данных и отправкой этих данных на сервер или группу серверов, где полученные экспериментальные данные будут обрабатываться и использоваться для формирования отчетов о надежности и техническом состоянии, а также прогнозов об изменении технического состояния тех или иных объектов. Доступ к информации о техническом состоянии будет доступен с персональных компьютеров сотрудников службы технического обслуживания электростанции.

Разработка подобной системы контроля технического состояния позволила бы эффективно предотвращать аварии на станциях, что в свою очередь снизило бы экономические издержки, связанные с простоем оборудования, однако подобная система имеет ряд технических противоречий, которые необходимо решить, чтобы реализовать этот проект на практике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Илюшин, П. В. Создание системы контроля технического состояния объектов электроэнергетики и их оборудования / П. В. Илюшин. – М., 2014.
2. Комплексный мониторинг технического состояния промышленных электродвигателей. – URL: <https://test-energy.ru/kompleksnyj-monitoring-tekhnicheskogo-sostoyaniya-promyshlennyh-ehlektrodvigatelej/>
3. Хальясмаа, А. И. Диагностика электрооборудования электрических станций и подстанций: учебное пособие / А. И. Хальясмаа. – Екатеринбург: изд-во Урал. ун-та, 2015. – 64 с.

В. А. Донской

Научный руководитель М. С. Иваницкий

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ТЭС НА ОСНОВЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РАСЧЕТОВ

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

В работе разработан алгоритм оценки показателей надежности котельных установок тепловых электростанций с учетом влияния термонапряженных состояний участков теплообменных поверхностей. Выполнена оценка возникновения отказов на участках радиационных ширмовых пароперегревателей пароводяной системы на надежность эксплуатации котельных установок.

В современных условиях интенсивного развития техники неизмеримо возрастает роль обеспечения качественных показателей использования энергетического оборудования и выработки электрической и тепловой энергий на тепловых электрических станциях (ТЭС). Этим требованиям отвечает понятие «надежности» как комплексного показателя, определяющего свойства технических устройств (систем) сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования. Надежностью котельной характеризуется способность системы в нормальных эксплуатационных условиях производить и распределять между своими потребителями теплоноситель. Основным критерием надежности является безотказность работы всей котельной в целом и каждого его элемента в частности [1].

Целью настоящей работы являются исследование и разработка алгоритма оценки показателей надежности котельных установок ТЭС на основе температурных расчетов. В связи с поставленной целью выделяются основные задачи исследования:

- исследование влияния процессов горения и теплообмена на показатели надежности котельных установок ТЭС;
- проведение гидродинамических и тепловых расчетов для различных режимов работы котла;
- разработка алгоритма оценки показателей надежности котельной установки на основе температурных расчетов с целью прогнозирования и предотвращения аварийных ситуаций и определения необходимости и очередности выполнения и планирования ремонтных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беляев, С. А. Надежность теплоэнергетического оборудования ТЭС: учебное пособие / С. А. Беляев, А. В. Воробьев, В. В. Литвак. – Томск: Изд-во Томского политех. ун-та, 2015. – 248 с.

Н. Г. Котолкян, Д. В. Фирстов
Научный руководитель Ш. М. Милитонян

ЦИФРОВИЗАЦИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Филиала ФБГОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

Вопрос цифровизации является одним из самых актуальных в нынешней стратегии развития отраслей, и энергетика не исключение. В целом цифровизация представляет собой разработку и использование новейших цифровых технологий для изменения существующих бизнес-моделей и предоставления новых возможностей получения прибыли, так называемый процесс перехода

к цифровому бизнесу. Цифровизация позволит человеку освободить себя от машинных функций и будет способствовать возникновению новых, более интересных и иных форм занятости.

Целью цифровизации в энергетике является переработка и развитие объединения экономических и производственных отношений в отрасли на основе цифровых технологий и средств. Цифровизация энергетики позволит уменьшить резко растущие издержки интеграции распределенной энергетики и рыночные трансакции, что является ее основной задачей.

Издержки снижаются за счет использования новых технологий инженерии, обеспечивающих интеграцию новых элементов, но главное – за счет снятия информационной неопределенности экономических отношений. Это в свою очередь обеспечивается тем, что вещи и машины управляются интеллектуальными киберфизическими агентами, представляющими своих владельцев в оптимизирующихся взаимоотношениях.

Цифровизация в энергетике – это прежде всего создание новых сервисов и рынков с опорой на возможности цифровой формы экономики. Важнейшая задача – определить новую модель, потенциал которой будет открыт за счет пронизывающих коммуникаций, взаимодействия между машинами и цифровым моделированием. На данный момент в мире разработано уже множество таких моделей: виртуальные электростанции, виртуальное распределенное накопление энергии, энергетическое хеджирование и т. п.

Цифровизация позволит энергетическим предприятиям увеличить доходы на 3–4 % в краткосрочной перспективе. Основной рост доходов – в генерации и распределении – достигается за счет использования не анализируемых в настоящее время данных, автоматизации процессов и точечного внедрения цифровых решений. Цепочка создания стоимости в энергетической отрасли будет децентрализована, а перечень предлагаемых продуктов и услуг расширится. В дальнейшей перспективе появятся персонализированные решения, а также возможность объединения существующих продуктов и услуг с продуктами и услугами из других отраслей.

Из-за сложности и фрагментарности тех систем, которые должны быть выстроены в рамках цифровой трансформации, наиболее продвинутые компании фокусируются на достижении «быстрых побед» – получении ощутимого результата в краткосрочной перспективе. В результате мобилизация всей компании дает необходимый толчок для запуска более долгосрочных инициатив, что является приоритетом цифровой трансформации в энергетике.

При проведении цифровой трансформации в энергетике работа ведется по трем направлениям.

1. Цифровизация текущей операционной модели.
2. Использование продвинутой аналитики.
3. Изучение новых технологий.

Проект цифровой энергетики всегда предполагает использование фрагментов реального мира в цифровых моделях. Их объединение возможно в том случае, когда умные машины начинают формировать и использовать цифровые модели физического мира, что обеспечивает самостоятельность принятия машинами решений в режиме, близком к реальному времени.

На данный момент мало написано о том, как цифровизация в энергетике влияет на людей и их занятость в общественно полезном труде. Часто люди фиксируют свои страхи остаться без работы и доходов. Эксперты по цифровизации утверждают, что в высокотехнологичных отраслях возникает высокая дополнительная загрузка в сопредельных областях деятельности, что не будет способствовать уменьшению работы и дохода у населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <https://energy.hse.ru/digitalization>
2. <https://digitalsubstation.com/blog/2018/08/08/tsifrovaya-energetika-cto-eto-takoe/>

А. И. Недосеко

Научный руководитель А. В. Стрижиченко

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И КОММЕРЧЕСКИЕ ПОТЕРИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

Рассмотрены общие аспекты потерь в электрических сетях на основе двух направлений: технологического и коммерческого. Проанализирована структура потерь электрической энергии и основные причины их возникновения. Сделан вывод о комплексном подходе в решении задачи снижения потерь электрической энергии.

Фактические потери электрической энергии можно структурировать на несколько составляющих. В свою очередь из данных составляющих можно выделить две основные группы электрических потерь: коммерческие и технологические потери.

Технические потери, которые зависят от физических процессов, происходящих в процессе передачи электрической энергии, расхода электроэнергии на собственные нужды подстанций, и потери, обусловленные допустимыми погрешностями системы учета электроэнергии, относятся к технологическим потерям.

Технологические потери определяются расчетным путем:

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t. \quad (1)$$

Электропотребление, которое по тем или иным причинам не зафиксировано документально, относится к коммерческим потерям. Поэтому данный

вид потерь не учтен как отдача из электрических сетей. В идеале коммерческие потери должны равняться нулю.

Одной из существенных составляющих коммерческих потерь является отсутствие фактической возможности потребителя одновременно снять показания счетчиков, а также оплатить потребление электрической энергии. Отсюда следует, что оплата электрической энергии отстает от реального электропотребления. Принимая в расчет данный факт, можно сделать вывод о погрешности при определении фактического полезного отпуска бытовым потребителям, и фактическом небалансе электроэнергетики, так как отставание может составлять несколько месяцев.

Сальдоперетоки между фактическими и техническими потерями должны стремиться к нулю, но на практике это нереализуемо. В первую очередь это связано с особенностями приборов учета отпущенной электроэнергии и электрических счетчиков, установленных у конечных потребителей.

Таким образом, потери электроэнергии приводят к убыткам сетевых предприятий. На рисунке представлена структура потерь электроэнергии согласно [1].

Потери электроэнергии могут возникнуть по разным причинам.

1. Потери на нагрузку, которые возникают в оборудовании, ЛЭП и различных элементах электрических сетей. Эти расходы зависят от суммарной нагрузки.

2. Условно-постоянные расходы. В эту категорию входят затраты, связанные с рабочей эксплуатацией электрического оборудования.

3. Зависимость от климата. Нецелевой расход электрической энергии напрямую зависит от погодных условий, характерными для местности на которой фактически расположены ЛЭП.

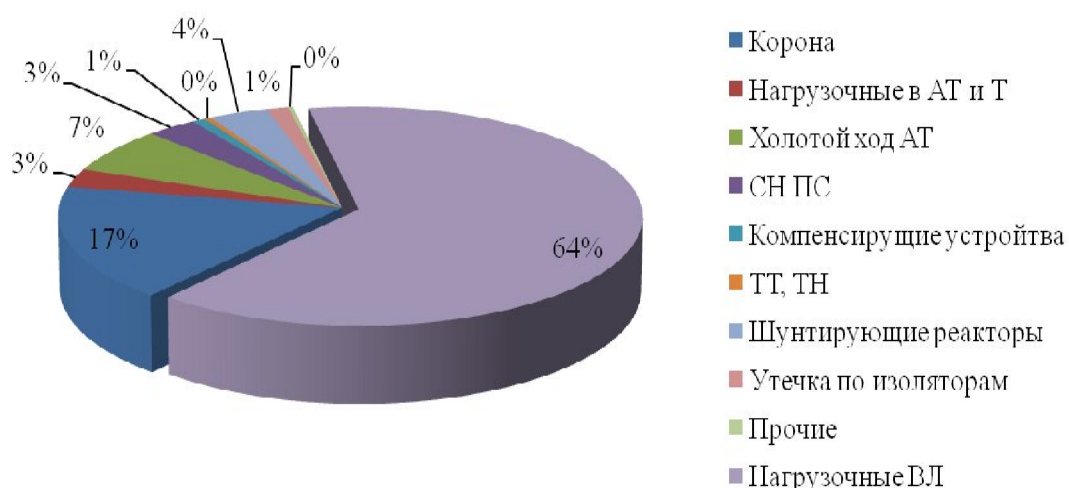


Рисунок. Структура потерь электроэнергии

Таким образом, анализируя все вышесказанное, можно сделать вывод, что снижение потерь электрической энергии является комплексной задачей,

которая в своем решении требует разработки конкретных мероприятий на основе предварительного обследования и определения фактической структуры потерь электроэнергии и их причин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <https://www.bibliofond.ru>
2. Воротницкий, В. Э. Методы и средства расчета, анализа и снижения потерь электрической энергии при ее передаче по электрическим сетям / В. Э. Воротницкий, С. В. Заслонов, М. А. Калинин, И. А. Паринов, О. В. Туркина. – М.: ДиалогЭлектро, 2006.
3. Приказ Министерства энергетики РФ от 30.12.2008 г. № 326 «Об организации в Министерстве энергетики Российской Федерации работы по утверждению нормативов технологических потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям».
4. Загорский, Я. Т., Комкова, Е. В. Границы погрешности измерений при расчетном и техническом учете электроэнергии / Я. Т. Загорский, Е. В. Комкова // Электричество. – 2001. – № 8. – С. 14–17.

В. В. Курбанов
Научный руководитель М. С. Иваницкий

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА ОЦЕНКИ ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ТЭС НА ОСНОВЕ ДАННЫХ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

В работе выполнено исследование систем мониторинга котельных установок тепловых электростанций. В качестве подхода к оценке технического состояния предлагается использовать данные, полученные с помощью системы мониторинга, фиксирующей фактическое состояние энергетического оборудования.

Тепловые электростанции (ТЭС) играют важную роль в энергетике России. По информации за сентябрь 2020 года известно, что за этот период российские электростанции произвели 79 966,2 млн кВт·ч электроэнергии, из которых 38 957,2 млн кВт·ч было произведено ТЭС, что составляет 48,7 % от общей мощности станций ЕЭС России.

Тепловые электростанции обладают большим количеством рабочих элементов, каждый из которых имеет свои показатели, среди которых надежность является одним из важнейших. Оборудование, используемое в котельных цехах станций, обладает достаточно высокой надежностью, однако оно может быть повреждено или работать некорректно из-за усталости, вызванной перегревом металла либо колебаниями напряжений в стенках оборудования. В связи с подобными ситуациями на ТЭС используется система мониторинга энергетического оборудования, которая отслеживает различные параметры элементов систем [1].

Поэтому целью работы является разработка метода оценки текущего состояния энергетического оборудования ТЭС на основе данных системы мониторинга. Основные задачи работы заключаются в следующем.

1. Изучение и анализ информации о состоянии используемого на ТЭС энергетического оборудования, полученной на основе использования системы мониторинга.

2. Изучение и детальный анализ статистических методов оценки текущего состояния энергетического оборудования.

3. Разработка математической оценки текущего состояния энергетического оборудования ТЭС на основе данных системы мониторинга.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стерман, Л. С. Тепловые и атомные электрические станции / Л. С. Стерман, В. М. Лавыгин, С. Г. Тишин. – М.: Издательство МЭИ, 2000. – 408 с.

Н. Т. Кохташвили
Научный руководитель М. С. Иваницкий

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПРАКТИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ВНЕДРЕНИЮ СИСТЕМ НЕПРЕРЫВНОГО КОНТРОЛЯ И УЧЕТА ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ НА ТЭС

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

Рассмотрены проблемы внедрения современного природоохранного законодательства на отечественных объектах теплоэнергетики. Проанализированы новые принципы построения государственной природоохранной политики, основанной на технологическом нормировании вредных выбросов и внедрении принципов наилучших доступных технологий.

Значительное влияние на загрязнение атмосферного воздуха оказывает влияние процессов, связанных со сжиганием топлива на тепловых электрических станциях. В связи с этим с каждым годом все более ужесточаются экологические ограничения, создавая препятствия для деятельности промышленных предприятий и определяя приоритетным направлением защиту нашей планеты от выбросов вредных веществ в атмосферу посредством нормирования объемов таких выбросов и постоянного непрерывного контроля за соблюдением этих требований.

Сложившаяся ситуация привела к тому, что мировое сообщество ежегодно привносит ряд экологических требований, которые также оказывают в значительной степени регулирующее воздействие на развитие теплоэнергетической отрасли. 21 июля 2014 года Государственной Думой Российской Федерации был принят Федеральный Закон № 219 «О внесении изменений в Федеральный

Закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации». Этот Федеральный закон вступил в силу 1 января 2015 года и привнес новые принципы природоохранной политики государства, согласно которым сформировались четыре категории объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, в соответствии с которыми организована своя система применения мер государственного регулирования; введение технологического нормирования на принципах НДТ, а также систематизация экологической информации о предприятии в рамках ведения государственного экологического учета [1–3].

В проектах действующих и новых ТЭС должны быть предусмотрены эффективные мероприятия по контролю и ограничению вредных выбросов в атмосферу, которые принципиально возможны на разных стадиях технологического процесса, а также жестко продиктованы законодательством Российской Федерации. Поэтому целью данной работы является исследование, анализ и обоснование внедрения систем непрерывного контроля и учета выбросов вредных веществ в атмосферу (СНКВ) на тепловых электростанциях на основе обобщения мирового опыта создания СНКВ. Для достижения цели решены следующие задачи.

1. Проанализировать мировой опыт внедрения систем непрерывного мониторинга вредных выбросов на тепловых электростанциях.

2. Сформулировать цели, задачи и структуру СНКВ при внедрении на тепловых электростанциях России с учетом новых требования природоохранного законодательства.

3. Выполнить технико-экономическое обоснование внедрения СНКВ на отечественных электростанциях, относящихся к объектам технологического нормирования I категории.

Внедрение систем непрерывного контроля и учета выбросов вредных веществ в атмосферный воздух на энергетических предприятиях в ближайшее время станет неотъемлемой частью механизма по охране окружающей среды и позволит в полной мере осуществлять контроль и оценку влияния деятельности промышленных предприятий на изменение экологической обстановки в современном мире.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Росляков, П. В. Методы защиты окружающей среды: учебник для вузов / П. В. Росляков. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 336 с.: ил.

2. Федеральный закон «О внесении изменений в Федеральный закон «об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 21.07.2014 г. № 219 ФЗ (последняя редакция).

3. Кондратьева, О. Е. Научно-методические основы разработки и внедрения систем непрерывного контроля и учета вредных выбросов тепловых электростанций / О. Е. Кондратьева. – М., 2016.

М. М. Савичев
Научный руководитель М. В. Трохимчук

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
СТОКА РЕЧНЫХ БАССЕЙНОВ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ
ПРОПУСКА ПОЛОВОДИЙ И ПАВОДКОВ, ПОВЫШЕНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОДНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ
АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

В данной статье рассматривается использование математического моделирования для повышения эффективности водно-энергетических режимов. Приведены причины использования моделирования, а также указаны достоинства его применения для повышения эффективности проектируемых водно-энергетических режимов.

Гидроэнергетические ресурсы – это запасы водной энергии, которую используют для получения гидроэнергии на гидроэлектростанции (ГЭС). Для ее хранения используется водохранилище, которое создается путем строительства плотины.

В различные сезоны года возникают такие явления, как половодья и паводки. Во время половодья или паводка в водохранилище поступает огромный приток воды, в результате чего уровень отметки верхнего бьефа (ВБ) становится выше. Для предотвращения достижения отметки форсированного подпорного уровня (ФПУ) приток воды пропускается в нижний бьеф (НБ) через гидроузел (турбины и водосбросы). Поэтому очень важно разработать план мероприятий пропуска воды и защиты гидротехнических сооружений для избегания аварийных ситуаций.

Моделирование – поэтапное исследование. Этапы моделирования выделяются на личное усмотрение автора в зависимости от решаемой задачи. Для того чтобы гораздо эффективнее пропускать паводок и избегать возможных аварийных ситуаций, предлагается использовать математическое моделирование стока речных бассейнов. Использование моделей движения водных потоков в речной системе позволяет исследовать гидрологический режим для любого временного отрезка и делать прогнозные оценки в целях профилактики и предупреждения возникновения чрезвычайных ситуаций.

В гидрологических исследованиях с помощью моделирования можно решать такие прикладные задачи, как расчет гидрографов стока с малоизученных бассейнов, прогноз и предупреждение последствий изменения речного стока под влиянием внешних (антропогенных) и внутренних (геологических) причин.

Правильный прогноз притока очень важен, любое водохранилище – есть предприятие непрерывного действия, поэтому прогнозы притока воды требуются

в течение всего года, соответственно, планы работы ГЭС и водохранилища время от времени корректируются.

Таким образом, при использовании математического моделирования можно составлять гораздо более точные прогнозы притока воды в сток речного бассейна, тем самым повышая эффективность водно-энергетического режима.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горшкова, А. Т. Основные этапы моделирования стока рек с площадью водосбора менее 100 000 км² / А. Т. Горшкова, О. Н. Урбанова, А. И. Каримова, М. В. Соколова / Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. – 8 (39). – Часть 4. – С. 66–71.

А. А. Мишакова

Научный руководитель М. В. Одоевцева

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ МЕМБРАННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ УСТАНОВКИ ОБРАТНОГО ОСМОСА ВОЛГОГРАДСКОЙ ТЭЦ-2

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

В данной статье приведены результаты исследований моющих растворов для химической очистки мембранных модулей установки обратного осмоса Волгоградской ТЭЦ-2. Подобраны растворы и режим очистки мембран первой и второй стадий действующей водоподготовительной установки.

В настоящее время одним из наиболее перспективных и эффективных способов обеспечения необходимых показателей качества обессоленной воды является применение аппаратов, основанных на технологии мембранного разделения. Достоинства мембранных технологий связаны с незначительным расходом реагентов, улучшенными показателями качества получаемой воды, простотой эксплуатации, компактностью оборудования и малым количеством высокоминерализованных сточных вод [1]. Рост привлекательности мембранных технологий (особенно в последние годы) обусловлен повышением цен на реагенты, иониты, исходную воду и связан также с ужесточением норм по засоленным стокам.

С целью сокращения расхода реагентов в схемах ВПУ заменяют Н-ОН-ионитные фильтры первой ступени на установку обратного осмоса (рисунок).

Внедрение технологии обратного осмоса позволяет в десятки раз сократить объем используемых на ТЭС для регенерации фильтров серной кислоты и едкого натра, так как основная нагрузка по обессоливанию приходится на первую ступень фильтров [2, 3].

Однако использование предочистки в виде осветлителя с известкованием и коагуляцией не дает возможности использования всех преимуществ обратного

осмоса из-за высоких значений удельной электропроводности осветленной воды и коллоидного индекса SDI более 4–5. Аналогичная схема внедрена на Волгоградской ТЭЦ-2. Установка обратного осмоса состоит из двух стадий. С учетом недостатка технического решения в процессе эксплуатации обратноосмотические (ОО) мембранные элементы водоподготовительной установки Волгоградской ТЭЦ-2 подвергаются загрязнению взвешенными или слаборастворимыми веществами, присутствующими в исходной воде [2]. Выбор оптимального режима химической очистки производственной установки обратного осмоса позволит снизить скорость формирования отложений, увеличить срок эксплуатации мембранных элементов водоподготовительной установки при стабильно высоком качестве обессоленной воды.

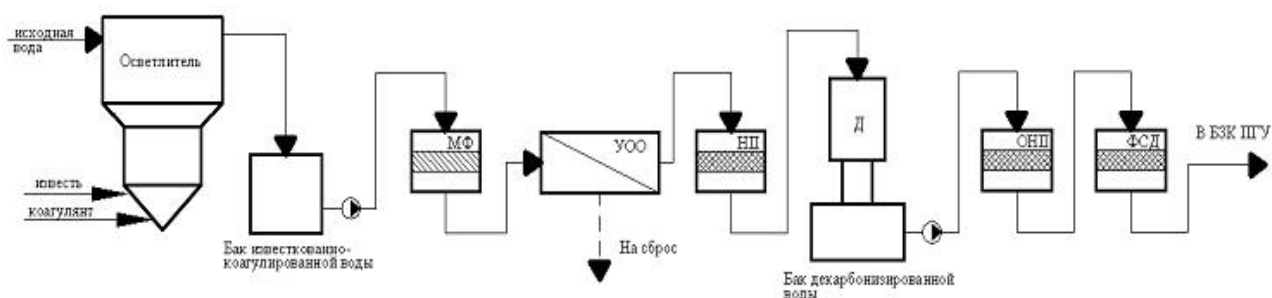


Рисунок. Схема внедрения мембранных технологий в «традиционную» схему ВПУ

Состав и интенсивность загрязнений на разных стадиях отличаются, поэтому подбор реагентов осуществлялся отдельно для мембран первой и второй стадий.

Для химической очистки мембран использовались следующие растворы:

- 1) MF-A-T10, MF-B-L20, MF CRO 220, MF CRO 218 (НПК «Медиана-Фильтр»);
- 2) IN-ECO541, IN ECO 535, IN ECO 515 (ООО «ИНЭКО»);
- 3) растворы лимонной кислоты и едкого натра, применяемые на Волгоградской ТЭЦ-2.

Эффективность очистки мембран определялась по разности веса образцов до и после химической очистки. Для испытаний образцы мембран вырезались размером $10 \times 7 \text{ см}^2$. Вес мембран определялся на аналитических весах.

Химическая очистка мембран осуществлялась при температуре $35\text{--}38 \text{ }^\circ\text{C}$ в следующей последовательности:

- 1) щелочной раствор – 6 часов;
- 2) промывка дистиллированной водой;
- 3) кислотный раствор – 6 часов;
- 4) промывка дистиллированной водой.

Образцы после химической очистки высушивались до постоянного веса. Результаты исследований приведены в табл.

Для образцов № 1, 2, 4, 7, 8 в отмывке мембран использовался раствор биоцида фирмы ООО «ИНЭКО». Он применялся после обработки мембран

щелочным раствором. Время обработки мембран в биоциде – 6 часов при температуре 35–38 °С.

**Результаты отмывки мембран установки обратного осмоса
Волгоградской ТЭЦ-2**

№ образца	Моющий раствор	Серия моющих растворов	Масса отмытых отложений в расчете на 1 г/м ²	рН моющих растворов до/после отмывки
Первая стадия				
1	НПК «Медиана-Фильтр», ООО «ИНЭКО»	MF-A-T10 MF-B-L20 IN ECO 515	4,48	11,95/11,45 1,95/3,40 3,10/3,10
2	ООО «ИНЭКО»	IN-ECO 541 IN ECO 535 IN ECO 515	6,57	11,5/11,5 1,80/2,90 3,30/3,20
3	Растворы лимонной кислоты и едкого натра	NaOH 0,1 % Раствор лимонной к-ты 2 %	2,66	11,4/11,55 3,05/3,60
4	Растворы лимонной кислоты и едкого натра; ООО «ИНЭКО»	NaOH 0,1 % Раствор лимонной к-ты 2 % IN ECO 515	3,18	12,20/10,85 2,25/3,40 3,05/3,05
Вторая стадия				
5	НПК «Медиана-Фильтр»	MF CRO 220 MF CRO 218	3,08	12,36/12,29 1,43/1,39
6	ООО «ИНЭКО»	IN-ECO 541 IN ECO 535	2,99	12,36/12,25 1,39/1,38
7	ООО «ИНЭКО»	IN-ECO 541 IN ECO 535 IN ECO 515	4,49	12,20/11,70 2,20/1,95 3,15/2,65
8	НПК «Медиана-Фильтр», ООО «ИНЭКО»	MF-A-T10 MF-B-L20 IN ECO 515	3,01	11,75/1,85 2,10/2,30 2,85/3,60

* – Образцы № 5, 6 отмывались при температуре 25 °С.

Результаты исследований показали, что отложения с мембран первой и второй стадий отмываются с разной степенью интенсивности. Наибольшая масса отмытых отложений наблюдается у образца № 2. Растворы ООО «ИНЭКО» оказались эффективнее растворов, которые используются на Волгоградской ТЭЦ-2 (NaOH и раствор лимонной кислоты), в 2,5 раза. Растворы «НПК Медиана-Фильтр» эффективнее в 1,7 раза.

Из исследований образцов второй стадии видно, что химическая отмывка дает дополнительный результат при поддержании температуры 35–38 °С, нежели при комнатной температуре. Растворы ООО «ИНЭКО» отмыли загрязнения эффективнее, чем НПК «Медиана-Фильтр» в 1,5 раза.

Из таблицы видно, что при использовании лимонной кислоты и едкого натра для химической отмывки образца № 4 значительно меняется величина

рН, что требует в процессе отмывки дополнительного введения реагентов для корректировки величины рН.

Для мембран первой стадии наилучший результат дали растворы фирмы ООО «ИНЭКО». Использование биоцида IN ECO 515 дополнительно к растворам кислоты и щелочи во второй стадии дает улучшение результата отмывки.

Вывод

Для Волгоградской ТЭЦ-2 целесообразно использовать растворы ООО «ИНЭКО» и НПК «Медиана-Фильтр». Химическая отмывка загрязнений с образцов данными реагентами не требует корректировки величины рН моющих растворов в процессе их эксплуатации. Применение этих растворов снизит расходы реагентов для химической очистки мембран, скорость формирования отложений и увеличит срок эксплуатации мембранных элементов водоподготовительной установки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Первов, А. Г. Влияние биологического загрязнения на работу обратноосмотических и ультрафильтрационных мембранных элементов / А. Г. Первов и др. // Мембраны. – 2004. – № 1. – С. 3–18.
2. Громов, С. Л. Использование современных интегрированных мембранных технологий для улучшения качества питательной воды на предприятиях энергетики / С. Л. Громов, М. П. Ковалев, С. Е. Лысенко, А. А. Пантелеев, А. Н. Самодуров, А. Р. Сидоров // Водочистка, водоподготовка, водоснабжение. – 2008. – № 2. – С. 20–29.
3. Громов, С. Л. Опыт применения интегрированных мембранных технологий / С. Л. Громов, А. А. Пантелеев, А. Р. Сидоров // Материалы конференции International Water Association «Мембранные технологии в водоподготовке и очистке сточных вод ЭКВАТЭК-2008» (Москва, 02–04 июня, 2008 г.). – М.: SIBICOInternationalLtd, 2008.

Р. В. Закиров

Научный руководитель М. С. Иваницкий

ИССЛЕДОВАНИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ ДИАГНОСТИКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ИНДЕКСА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

В работе выполнено исследование систем мониторинга и диагностики котельных установок тепловых электростанций. В качестве критерия оценки технического состояния предлагается использовать индекс технического состояния, характеризующий фактическое техническое состояние котельной установки.

Несмотря на бурное развитие отраслей нетрадиционной энергетики в последние десятилетия, большая часть производимой в мире электроэнергии по-прежнему приходится на долю энергии, производимой на традиционных

электростанциях. Тепловые электрические станции сегодня стабильно продолжают сохранять свою лидирующую позицию по общей выработке электрической энергии как в России, так и в мировой энергетике. Подтверждением этому является статистика Министерства энергетики Российской Федерации, которая гласит, что на конец 2019 года тепловые электрические станции занимали 66,9 % от общей установленной мощности ЕЭС России.

Надежная и бесперебойная выработка электроэнергии является одной из главных задач энергетики, начиная с самого начала ее развития, так как без этого условия невозможно стабильное наращивание производств и, как следствие, развитие экономики страны. Надежность функционирования энергетического оборудования определяется большим числом различных по своей природе факторов: конструкцией, качеством использованных материалов, технологией изготовления, качеством монтажа, условиями обслуживания и эксплуатации, качеством используемого топлива и прочее. Поэтому целью работы является исследование и совершенствование систем диагностики энергетического оборудования на основе индекса технического состояния.

Задачи работы

1. Исследовать и проанализировать существующие методы диагностики котельного оборудования на ТЭС.
2. Исследовать методы определения индекса технического состояния энергетических установок.
3. Разработать математическую модель, позволяющую определять методы диагностики оборудования в зависимости от индекса его технического состояния.

Тепловые электрические станции являются сложным механизмом с большим количеством оборудования, которое работает при высоких температурах, избыточном давлении и т. д. Особенно большие нагрузки приходятся на котельную установку. Важно соблюдать безопасный режим работы, который не вызовет повреждений и преждевременной усталости оборудования. Во избежание подобных ситуаций разрабатываются и внедряются различные методы диагностики энергетического оборудования, позволяющие в режиме реального времени следить за состоянием элементов оборудования станции и фиксировать отклонения от нормальных режимов работы [1, 2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стерман, Л. С. Тепловые и атомные электрические станции / Л. С. Стерман, В. М. Лавыгин, С. Г. Тишин. – М.: Издательство МЭИ, 2000. – 408 с.
2. Клименко, А. В., Зорин, В. М. Тепловые и атомные электростанции: справочник / А. В. Клименко, В. М. Зорин. – М.: Издательство МЭИ, 2003. – 648 с.

О. И. Желяскова
Научный руководитель Е. Г. Зенина

АНАЛИЗ РАБОТЫ МИКРОГРИД В СОВРЕМЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

Рассмотрена работа новых распределительных сетей, называемых микрогридами. К микрогридам относят источники возобновляемой энергии, малой генерации, дизельные установки и другие мощностью до 10 мВт. Концепция микрогрид достаточно новая и имеет как положительные стороны, так и отрицательные. Последние необходимо четко определить и двигаться к их устранению.

На сегодняшний день в современной энергетике в распределительных сетях низкого напряжения количество распределенной генерации достаточно невелико. Но в ближайшей перспективе ожидается его значительный рост, который напрямую зависит от развития электроэнергетических систем в связи с увеличением спроса на электроэнергию. Города не стоят на месте, производства расширяются, количество потребителей увеличивается.

Для удовлетворения возникшего спроса государства предлагается современная концепция микрогрид – распределительные сети низкого напряжения с собственной генерацией. Поскольку стоимость на сырье увеличивается, то энергетика обратила внимание на возобновляемые источники энергии. Такие источники как нельзя кстати вписываются в концепцию микрогрид. Распределительные сети и микрогенерация обязаны удовлетворять требования надежности, эффективности и экономичности.

С внедрением микрогрид на рынке появились новые виды оборудования, предназначенные именно для таких генераций и распределения сетей. Отрицательным аспектом является то, что любое новое оборудование стоит достаточно дорого. Рассматривая техническую сторону работы микрогридов, можно описать несколько возникших проблем с их работой.

Поскольку микротурбины медленно реагируют на управляющие сигналы и безынерционны, изолированная работа технически затруднительна и увеличивает отслеживание нагрузки, то есть имеются проблемы с балансом мощности и контролем напряжения. Для предотвращения данной проблемы необходимы накопители энергии [1].

Возникает сложность в определении и предотвращении токов короткого замыкания в связи с их достаточно малым значением. Коммутационная аппаратура малочувствительна к таким значениям и может не среагировать, что приведет к аварийному режиму работы микрогенерации. В этом случае необходима новая система защиты, которая сможет обеспечить:

1) обнаружение неисправностей энергосистемы и быстрый переход к автономному режиму работы при каждой возможной ситуации отказа, чтобы обеспечить стабильность микросети;

2) управление напряжением и частотой в микросети, а также стратегии управления накопителями энергии [2].

С развитием энергетики создаются инновационные методы работы энергосистем и генерирующих объектов. С каждым внедрением новые технологии улучшают и упрощают передачу и учет электроэнергии. Важно учитывать физику работы энергооборудования и наравне с инновациями решать возникшие проблемы внедрения новых технологий, тогда в энергосистемах будет поддержана надежность и эффективность.

Работа выполнена при финансовой поддержке государственного задания Российской Федерации FSWF-2020-0025 «Разработка методов и анализ способов достижения высокого уровня безопасности и конкурентоспособности объектов энергетических систем на базе цифровых технологий».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kroposki, B. Making Microgrids Work / B. Kroposki, R. Lasseter, T. Ise, S. Morozumi, S. Papathanassiou, N. Hatzargyriou // IEEE Power & Energy Magazine, May/June 2008.
2. Lasseter, R. H. Microgrid: A Conceptual Solution / R. H. Lasseter // Proc. 35th IEEE PES Conference, Aachen, Germany, June 20–25, 2004.

А. Н. Ходко

Научный руководитель Е. Г. Зенина

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТУРБОАГРЕГАТОВ МАЛЫХ МОЩНОСТЕЙ В КОТЕЛЬНЫХ

ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

Рассмотрена проблема энергосбережения на базе небольших котельных установок. Предложена модернизация схемы котельного агрегата. Реконструкция котельной путем установки малых турбин с генератором позволит увеличить энергоэффективность путем снижения затрат на электроэнергию собственных нужд.

Повышение технического уровня систем теплоснабжения является стратегической задачей развития современной энергетики в России. Достигнуть ее можно путем эффективного использования энергосберегающего оборудования.

Использование систем утилизации обеспечивают повышение КПД котла на 3–5 %. Однако температура уходящих газов остается высокой и составляет 120–250 °С, что определяет тепловые потери – около 6–8 %. Если положительный

эффект достигается от использования водяных экономайзеров, то использование воздухонагревателей не дает значительного увеличения КПД.

Наиболее перспективным направлением является комбинированное использование тепла отходящих газов: выработка электроэнергии для собственных нужд котельной и тепла для нагрева воды.

В данной статье предлагается усовершенствовать схему котельного агрегата включением в состав оборудования котельной малых турбоагрегатов и тем самым получить самостоятельный источник энергии, сделав из котельной мини-ТЭЦ.

При изучении вопроса об использовании малых турбин в отопительных котельных были сделаны выводы, что в котельных используют занижение давления пара. Это, в свою очередь, приводит к тому, что потенциальная энергия пара либо используется не в полную силу, либо не используется совсем.

При использовании турбоагрегата малой мощности пар на парогреющих котлах поднимается до давления, необходимого конечному пользователю; как итог – повышение КПД использования пара путем выработки электроэнергии.

Таким образом, использование турбоагрегатов малых мощностей за счет совместного производства электро- и теплоэнергии позволит повысить автономность котельной, что, как следствие, приведет к независимости сбоев и отключений от энергосистемы. В результате рентабельность турбоагрегата варьируется между 4–6 годами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бузников, Е. Ф. Производственные и отопительные котельные / Е. Ф. Бузников, К. Ф. Роддатис, Э. Я. Берзиньш. – М.: Энергия, 1974.
2. Шкода, Н. И. Теплофикация против децентрализации / Н. И. Шкода // Энергия и менеджмент. – 2007. – № 4.

А. Ю. Жалнин

Научный руководитель Е. Г. Зенина

МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ГИДРОГЕНЕРАТОРОВ

ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

В статье рассмотрены проблемы различных методов диагностики состояния гидрогенераторов, приведены способы решения этих проблем с целью повышения эффективности диагностики технического состояния гидрогенераторов, предложены новые методы и средства обнаружения признаков дефектов, которые позволяют усовершенствовать уже существующие за счет раннего обнаружения дефектов.

В настоящее время важнейшими из существующих методов и средств обнаружения признаков дефектов являются контроль местных нагревов и вибраций, а также контроль частичных разрядов в изоляции обмоток статора гидрогенераторов.

Основными показателями теплового состояния генератора является температура обмоток и стали, а также охлаждающей среды (воздуха, масла, воды). В качестве датчиков в настоящее время используются термометры сопротивлений, устанавливаемые в ограниченном числе точек, а для контроля температур применяются многоканальные автономные установки. При этом тепловое состояние обмоток ротора не контролируется.

Применяемые в настоящее время методы контроля температур обмоток и сердечников гидрогенераторов для целей автоматизированной диагностики недостаточны ни по используемой методике, ни по объему.

Для улучшения диагностирования теплового состояния статора требуется повысить их информативность, то есть устанавливать датчики не только в каждом пазу, но и в различных местах по длине паза. Такое требование привело бы к значительному увеличению количества датчиков на каждом контролируемом объекте, что с эксплуатационной точки зрения трудновыполнимо. Подобное решение может быть принято только для очень мощных уникальных генераторов с непосредственным охлаждением активных зон, для которых характерны малые тепловые постоянные времени и требования очень высокой надежности.

Однако достоверное обнаружение всех возможных мест перегрева обмоток и активной стали сердечника статора не обеспечивается полностью и в этом случае. Наиболее радикальным решением для своевременного обнаружения местных перегревов может стать применение методов интегрального контроля. Одними из наиболее универсальных и эффективных могли бы являться термохимические методы контроля.

Другим возможным направлением является контроль перегревов с помощью инфракрасных систем. При этом перегревы обмоток ротора генератора могут контролироваться неподвижно установленными приемниками инфракрасного излучения, а активной стали расточки и обмоток сердечника статора – приемниками, установленными на роторе генератора.

Изучение опыта эксплуатации гидрогенераторов показало необходимость обнаружения местных вибраций активной стали зубцовой зоны сердечника и лобовых частей обмоток статора. Вибрации активной стали, в частности крайних пакетов, не могут быть обнаружены с помощью имеющейся в настоящее время аппаратуры. Существующий способ контроля вибраций лобовых частей обмоток статора требует достаточно большого числа датчиков. Однако установка этих датчиков возможна только на ограниченном числе лобовых дуг.

Перспективным направлением исследований контроля местных вибраций, особенно труднодоступных конструктивных узлов машин, является использование виброакустических и виброоптических методов.

Зубцовая зона сердечника является одним из труднодоступных узлов статора гидрогенератора. При достаточно больших уровнях вибрации одним из способов контроля таких вибраций является применение пьезопреобразователей, устанавливаемых на спинке сердечника статора.

Альтернативным является направление, основанное на системе сканирования с помощью специальных акустических преобразователей, установленных на роторе. Основные трудности этого направления связаны с необходимостью разработки чувствительного акустического преобразователя, способного надежно работать в условиях влияния постоянных и переменных электромагнитных полей, вентиляционных потоков, центробежных ускорений и биения вала генератора.

Одним из возможных направлений контроля частичных разрядов в процессе работы генератора является их регистрация с помощью емкостного или трансформаторного отбора электромагнитных импульсов на выводах и (или) нулевой шине обмотки статора гидрогенератора. При возникновении частичных разрядов опасной интенсивности генератор останавливают и определяют места их возникновения с помощью электромагнитных датчиков. Однако такой способ локализации частичных разрядов связан с необходимостью довольно длительной остановки генератора.

Более перспективным направлением может оказаться контроль частичных разрядов с помощью радиотелеметрических устройств. Антенна регистратора частичных разрядов устанавливается вдоль оси ротора между двумя его соседними полюсами в воздушном зазоре генератора. Антенна, вращающаяся вместе с ротором, дает возможность сканирования электромагнитных полей сердечника статора. Радиотехнические системы также могут дать возможность обнаружения электромагнитных излучений и при дефектах контактных соединений обмотки статора и ротора, а также цепей тиристорного возбуждения.

Таким образом, создание указанных выше и других возможных методов и средств диагностики позволит повысить эффективность диагностики технического состояния гидрогенераторов за счет раннего обнаружения дефектов и предупреждения развития аварии, а также за счет возможности отказа от жесткого регламентирования профилактических работ, в том числе текущих ремонтов, и перехода на проведение их по состоянию диагностируемого объекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мамиконянц, Л. Г., Элькинд, Ю. М. Обнаружение дефектов гидрогенераторов / Л. Г. Мамиконянц, Ю. М. Элькинд. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 120 с.
2. Алексеев, Б. А. Определение состояния (диагностика) крупных гидрогенераторов / Б. А. Алексеев. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2002. – 144 с.

А. С. Сигель
 Научный руководитель Е. Г. Зенина

ЦЕНТРАЛИЗОВАННАЯ СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ ТЕПЛОСИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

В статье рассмотрены теоретические возможности по использованию источников охлаждения. Проведен анализ существующих методов по отбору тепла трансформаторов. По результатам проведенного анализа в ходе исследования был предложен способ улучшения существующего метода, при внедрении которого эффективность отбора тепла у трансформатора значительно увеличится.

Централизованная система охлаждения

Принципиальная схема централизованной системы охлаждения схожа по принципу с системой Ц (масловодяное охлаждение с принудительной циркуляцией масла) и НЦ (масловодяное охлаждение с направленным потоком масла). Единственное различие в том, что приток холодной воды осуществляется путем перекачки воды насосами от источника холодной воды до трансформаторов. Источником холодной воды могут являться реки, озера, скважины, искусственные бассейны и градирни. Холодная вода будет течь по трубопроводу, состоящему из основной трубы, разделяющейся на меньшие по диаметру трубы, которые после прохождения через трансформаторы снова объединяются в основную трубу. На рис. 1 показано движение холодного и нагретого потоков воды в такой системе.

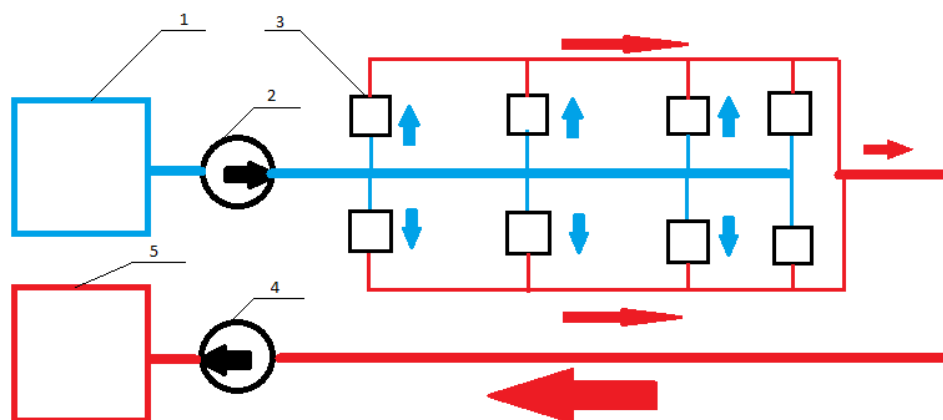


Рис. 1. Принципиальная схема централизованной системы охлаждения:
 1 – источник холодной воды; 2, 4 – насос; 3 – трансформатор; 5 – потребитель

Использование вторичного тепла, выработанного в трансформаторах

В отопительные летние периоды производить отбор тепла достаточно в простом теплообменнике. Нагретое масло в верхней части бака циркулирует по

масляному контуру с помощью масляного насоса. Масло, попадая в водомасляный теплообменник трубчатого типа (далее именуется теплообменник), который расположен рядом с трансформатором (из-за конструктивных решений), передает тепло воде, которая по системе трубопровода с помощью насосов подается в систему отопления. Температура воды при выходе из теплообменника (45...60) °С. На рис. 2 представлена принципиальная схема отбора тепла (при помощи теплообменника).

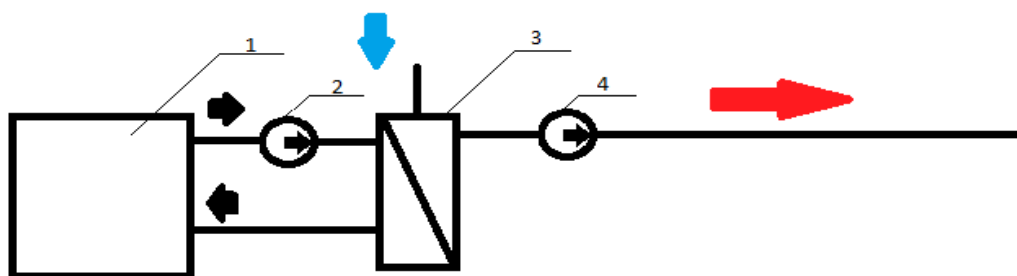


Рис. 2. Принципиальная схема отбора тепла (при помощи теплообменника):
1 – трансформатор; 2 – масляный насос; 3 – теплообменник «масло – вода»; 4 – водяной насос

В отопительные зимние периоды отбора тепла из теплообменника может быть недостаточно для полного теплоснабжения потребителей. Для решения этой проблемы можно использовать трехконтурную систему отбора тепла с использованием теплового насоса, изображенную на рис. 3.

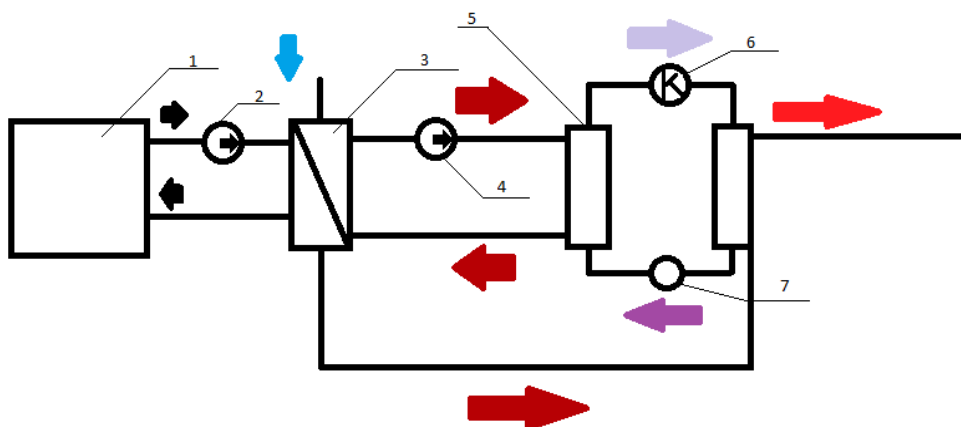


Рис. 3. Принципиальная схема отбора тепла при помощи теплового насоса:
1 – трансформатор; 2 – масляный насос; 3 – теплообменник «масло – вода»; 4 – водяной насос; 5 – испаритель; 6 – компрессор; 7 – дроссельный вентиль

Вода по системе трубопровода попадает в маслоохладитель и теплообменник «масло – вода», где происходит двойное охлаждение трансформатора. Затем вода из теплообменника при помощи водяного насоса попадает в испаритель питательного насоса и передает тепло промежуточному теплоносителю, например фреону. Фреон при контакте с водой начинает кипеть и посредством насоса перекачивается в компрессор. После сжатия компрессором и конденсации

в конденсаторе теплового насоса температура фреона повышается, и его теплота передается воде, подаваемой потребителям. Охлаждение фреона происходит в дроссельном вентиле. При температуре масла в 20...30 °С температура воды достигает значений 60...70 °С.

Вывод

Таким образом, рассмотренные конструктивные решения позволят экономить электроэнергию за счет интенсивного охлаждения трансформаторов и рационального использования их тепла для покрытия тепловых нагрузок электростанций и подстанций.

Во избежание потерь трубопровод, направленный к потребителю, расположенному на расстоянии 10...30 км, нужно выполнить с покрытием из теплоизоляционного материала. При передаче тепла на расстояние более 30 км при необходимости можно использовать небольшие электрокотельные.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <https://www.энергия-единой-сети.рф/publications/131-6-17-2014-g/522-sistemy-utilizatsii-tepla-transformatorov-i-avtotransformatorov-220-750-kv>
2. <http://masters.donntu.org/m2013/fmf/petrenko/diss/index.htm#p5>
3. <http://eee.khpi.edu.ua/article/view/23301/20814>
4. http://edu.secna.ru/media/f/vie_tez_2016.pdf
5. <https://www.bestreferat.ru/referat-271444.html>

А. С. Кузнецов

Научный руководитель А. В. Стрижиченко

К ВОПРОСУ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ШКАФОВ УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

Рассматривается вопрос о создании программного обеспечения по автоматизированному проектированию шкафов электрического учета. Данное программное обеспечение должно облегчить процесс проектирования шкафов учета, а наличие режима тестирования позволит произвести проверку знаний персонала. Также программу можно будет использовать в учебных целях.

Основная цель учета электрической энергии – получение достоверной информации о количестве отпускаемой и потребляемой электрической энергии. Это необходимо для финансовых расчетов за электроэнергию и мощность, определения и прогнозирования технико-экономических показателей потребления электроэнергии предприятиями.

Учет электрической энергии может быть:

– *коммерческий* – для финансовых расчетов (определенные требования по местам установки средств учета, их типам, классам точности);

– *технический* – для организации измерения электрической энергии по подразделениям электропотребления и организации энергосбережения на предприятиях.

Средства учета электроэнергии – устройства, которые обеспечивают измерение и учет. К ним относятся счетчики электрической энергии, измерительные трансформаторы тока и напряжения, различные датчики, информационно-измерительные системы.

Счетчик активной и реактивной энергии – самый распространенный вид электроизмерительных приборов. Счетчики бывают прямого включения, подключаемые непосредственно в сеть, и косвенного включения, подключаемые через измерительные трансформаторы тока и напряжения.

Счетчики активной энергии производят разных классов точности, что свидетельствует о их наибольшей относительной погрешности в процентах. Требования к классу точности определяются в зависимости от цели и месте установки системы учета.

Для того чтобы спроектировать шкаф учета электрической энергии, необходимо по каталогам выбрать приборы для учета, которые соответствовали бы требованиям заказчика, а также техническим требованиям. Обычно это делает обученный проектировщик, работая с каталогами приборов и необходимыми документами, такими как ПУЭ и РД.

Для упрощения данной задачи предлагается использовать специализированное программное обеспечение, которое будет содержать в себе все требующиеся каталоги приборов учета электрической энергии, а также необходимые технические требования по их установке и подключению. Останется лишь занести в программу требования заказчика, и программа создаст проект, содержащий подходящие по всем требованиям приборы учета, длины соединительных проводов и их сечения, спецификацию и варианты компоновки всех приборов внутри шкафа.

Данную программу возможно дополнить функцией тренажера. Работая в режиме тренажера, программа сама будет генерировать необходимые требования для проектирования шкафа учета электрической энергии, выступая в роли заказчика. Человеку, выполняющему задание на тренажере с использованием заданных параметров и собственных знаний, будет предложено самому спроектировать точку учета, а именно: выбрать счетчик, необходимую схему подключения, при необходимости – трансформаторы тока и напряжения, длину и сечение проводов, и скомпоновать их в шкафу. По завершении выполнения тренажера программа будет анализировать выполненный проект и выводить чек-лист, в котором будут прописаны все выполненные и невыполненные пункты проектирования, показаны ошибки в выборе оборудования или сечении проводов.

Таким образом, разработка данного программного обеспечения позволит не только упростить расчет точки учета электрической энергии, но и предоставит

возможность обучить или выполнить промежуточный контроль знаний персонала, работающего в данной сфере.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 31819.22-2012. Аппаратура для измерения электрической энергии переменного тока. Частные требования. Часть 22. Статические счетчики активной энергии классов точности 0,2S и 0,5S. – М.: Стандартинформ, 2019.
2. Правила устройства электроустановок. – 7-е изд. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2004.
3. РД 34.09.101-94. Типовая инструкция по учету электроэнергии при ее производстве, передаче и распределении. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2004.

Д. Н. Букин

Научный руководитель П. В. Шамигулов

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ БИБЛИОТЕК ЯЗЫКА PYTHON ДЛЯ АНАЛИЗА НАДЕЖНОСТИ НЕТРАДИЦИОННЫХ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

Рассматривается возможность применения библиотек языка Python для анализа надежности нетрадиционных и возобновляемых источников энергии с целью получения более эффективных инструментов для решения задач исследования показателей надежности возобновляемых источников энергии в составе энергосистем.

В настоящее время роль возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в энергобалансе России выросла почти до 27 % [1], что соответствует тенденции, начавшейся в 2000-х годах. Этот рост в основном обусловлен запуском новых ветровых и солнечных электростанций, так как с 2000 года доля гидроэнергии в мировом энергетическом балансе в целом остается на уровне 15 %.

По мере распространения ВИЭ актуальным становится вопрос, смогут ли возобновляемые источники энергии обеспечить достаточную надежность энергоснабжения экономики и потребителей. Кроме того, до сих пор недостаточно изучены показатели надежности комплексных энергосистем, сочетающих в себе традиционные источники энергии и ВИЭ.

Сложность задачи определения показателей надежности энергосистем с ВИЭ обуславливается разнородным характером исходной информации, поскольку до сих пор показатели эффективности и надежности ВИЭ не систематизированы, поступают из различных источников и формируются по несогласованным, а иногда и по противоречивым критериям. Кроме того, поскольку эффективность и надежность ВИЭ сильно зависят от местных климатических условий, анализ этих данных должен производиться в привязке к геоданным соответствующих источников.

В связи с этим актуальной становится задача разработки и исследования математических моделей надежности ВИЭ, алгоритмов получения и анализа информации о состоянии и прогнозировании эффективности использования ВИЭ в составе энергосистем.

Эффективным инструментом для решения данной задачи может выступать язык Python, который, благодаря динамической типизации, а также использованию специфических структур – наборов данных (списки, кортежи, словари) – способен обрабатывать большие объемы плохо структурированных данных.

Кроме того, Python обладает большим набором различных библиотек, специализированных для научных расчетов, визуализации и анализа данных. Рассмотрим основные из них.

Math является самым базовым математическим модулем Python. Охватывает основные математические операции, такие как тригонометрические функции, экспонента, действия с комплексными числами и так далее [2].

Библиотека NumPy используется для выполнения математических операций с матрицами [2]. Кроме того, NumPy используется другими библиотеками (визуализации, анализа, машинного обучения и др.) как инструмент предварительной подготовки и структурирования данных.

С помощью пакета Statsmodel можно выполнять статистические вычисления, которые включают в себя описательную статистику, логический вывод, а также оценку для различных статистических моделей [2].

Для реализации принципов машинного обучения используется библиотека цели Scikit-learn [2], которая предлагает различные функции, упрощающие методы классификации, регрессии и кластеризации, что в свою очередь позволяет классифицировать данные и прогнозировать результаты.

Matplotlib – это библиотека, предназначенная для разработки двумерных графиков, включая 3D-представления и интерактивную визуализацию данных [2].

Кроме библиотек и модулей Python, для научных исследований существуют специализированные пакеты, такие как Anaconda.

Anaconda – это масштабируемая платформа для обработки данных, которая позволяет командам исследователей управлять ресурсами данных, сотрудничать и развертывать проекты, связанные с данными. В числе прочих в состав пакета Anaconda входят системы Orange, Spyder, Glueviz.

Система Orange является инструментом для визуализации и анализа данных с открытым исходным кодом. Интеллектуальный анализ данных проводится путем визуального программирования и с помощью python-сценариев. Графический пользовательский интерфейс позволяет сосредоточиться на исследовательском анализе данных вместо кодирования [3].

Spyder – интерактивная среда для научных расчетов на языке Python. Данная IDE позволяет писать, редактировать и тестировать код. Она отличается уникальным сочетанием расширенного редактирования, анализа, отладки и профилирования, интерактивным исполнением, широкими возможностями визуализации данных [2].

Glueviz – используется для визуализации многомерных данных в файлах, исследует отношения внутри и между связанными наборами данных [2].

Таким образом, богатый инструментарий как встроенных библиотек и модулей Python, так и внешних пакетов может рассматриваться как наиболее эффективный инструмент для решения задачи исследования показателей надежности ВИЭ в составе энергосистем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Статистический ежегодник мировой энергии 2020 [Электронный ресурс]. URL.: <https://yearbook.enerdata.ru/>
2. Библиотеки для решения математических примеров в Python [Электронный ресурс]. URL.: <https://python-scripts.com/math-libs>
3. Orange Data Mining [Электронный ресурс] // Orange. URL.: <https://orange.biolab.si/>

В. Д. Виснер

Научный руководитель М. С. Иваницкий

ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ СЖИГАНИЯ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА В КОТЛАХ

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

Рассмотрены вопросы повышения надежности и безопасности сжигания в котлах большой тепловой мощности угольного топлива, обладающего низкосортными характеристиками на тепловых электрических станциях. Даны практические рекомендации по ведению топочного режима с организацией зоны дожигания продуктов неполного сгорания топлива.

Развитие современных теплоэнергетики и энергомашиностроения характеризуются усовершенствованием методов сжигания твердого топлива в энергетических котлах для получения более экономичных способов добычи энергии. Исследование протекания топочных процессов позволит вырабатывать и поддерживать надежные режимы работы паровых котлов в эксплуатационных условиях [1].

Одной из основных причин пониженной надежности топочных камер энергетических котлов являются высокие локальные тепловые нагрузки элементов поверхностей нагрева и ограждений. Поэтому особое значение приобретает проблема определения оптимальных температур и характеристик тепловых потоков в рабочем объеме топки при различных значениях режимных и конструктивных параметров [2].

Целью настоящей работы являются исследование, расчет и анализ гидродинамических и температурных характеристик в различных режимах работы котлов большой мощности для определения оптимальных параметров сжигания твердого топлива.

-
- В связи с поставленной целью выделяются основные задачи исследования:
- исследование состояния и рабочих характеристик топок кипящего слоя (на примере энергоблока Новочеркасской ГРЭС мощностью 330 МВт);
 - выполнение гидродинамических и тепловых расчетов для различных режимов работы котла;
 - разработка практических рекомендаций для обеспечения эксплуатационной надежности и безопасности сжигания твердого топлива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лебедев, И. К. Гидродинамика паровых котлов: учебн. пособие для вузов / И. К. Лебедев. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 240 с.
2. Блох, А. Г. Надежность поверхностей нагрева и вопросы диагностики и управления топочными процессами / А. Г. Блох, О. А. Геращенко, Ю. А. Журавлев и др. // Надежность котельных поверхностей нагрева и актуальные вопросы теплообмена и гидродинамики: тезисы докладов на заседании секции совета ГКНТ СССР. – Л. – Подольск, 1984. – С. 111–113.

Д. С. Агарков
Научный руководитель И. А. Болдырев

К МЕТОДИКЕ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКОЙ

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

В работе представлены ключевые особенности проектирования системы автоматического управления (САУ) дизель-генераторной установки (ДГУ), позволяющие оптимизировать общую эффективность установки. Предложены методы автоматизации ДГУ с обзором основных контролируемых параметров.

Дизельное генераторное оборудование является наиболее распространенным видом оборудования для воспроизводства электроэнергии. Дизельные генераторы используют в качестве постоянного источника энергии, а также для того, чтобы обеспечить бесперебойную подачу питания в случае аварии, внезапного отключения электричества. Поэтому задача оптимизации общей эффективности такой установки сейчас очень актуальна.

Решение задачи автоматизации современных ДГУ подразумевает использование следующих основных средств автоматизации:

- магнитный датчик оборотов и электромагнитный актуатор, устанавливаемые на двигатель для контроля частоты вращения;
- датчики контроля расхода, давления и температуры подаваемого в двигатель воздуха, с соответствующими органами управления;

- датчики контроля температуры и давления, расхода масла и охлаждающей жидкости в прямом и обратном трубопроводах с соответствующими органами управления;
- защитные и блокировочные устройства, которые значительно снижают количество аварийных ситуаций и повышают надежность работы ДГУ;
- устройство регулирования подачи топлива в дизельный двигатель;
- устройство утилизации выхлопных газов;
- система ручного управления и сигнализации.

Приводимое техническое решение реализуемо на базе программируемого логического контроллера (ПЛК), который является связующим звеном всех выше представленных точек автоматизации. ПЛК по средству интерфейса Ethernet интегрирован в автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора [1]. АРМ в свою очередь представляет собой не только систему дистанционного управления, но и является базой данных для хранения всех контролируемых параметров, что позволяет не только контролировать работу ДГУ, но и осуществлять научно-исследовательские работы с целью проведения более углубленной диагностики или повышения общей оптимальности.

При проектировании АСУ для ДГУ контроль качества генерируемой энергии для гарантированного электроснабжения ответственных потребителей требует отказа от энергоэффективных режимов работы дизельных двигателей [2]. В условиях меняющейся нагрузки первоочередная задача, возлагаемая на систему управления ДГУ, – это увеличение динамических характеристик, оптимизация расхода топлива и повышение надежности работы.

Для повышения динамических характеристик предлагается оснащение ДГУ стабилизирующей системой, включающей блок аккумуляторных батарей и электронный блок, преобразующий напряжение генератора в трехфазное напряжение требуемой величины и частоты. Работа системы контролируется ПЛК. Благодаря такому решению повышается качество генерируемой энергии, снижается расход топлива, и ДГУ имеет более широкое полезное применение при работе в условиях большой ударной нагрузки. Для автоматизации работы устройства необходимо внедрение датчика, измеряющего текущий уровень заряда аккумулятора и датчиков контроля тока обмоток генератора и выходных фазных напряжений.

При работе ДГУ может возникнуть необходимость параллельной генерации энергии. Для обеспечения синхронизации предлагается использовать устройство автоматической синхронизации с сетью, устройство регулирования реактивной и активной мощностей, в зависимости от потребляемой.

ДГУ с регулированием и контролем всех вышеизложенных параметров на базе ПЛК является более эффективным решением с точки зрения оптимальности, по причине того что такой подход способен в той или иной степени решать проблему унификации всевозможных систем управления от разных производителей. К тому же, сочетаясь с применением приведенных принципов, предложенный подход позволяет повысить экономичность генерации

электроэнергии или тепла в долгосрочной перспективе за счет снижения срока окупаемости ДГУ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 2678820 Рос. Федерация. МПК Н 02 J 9/04. Система автономного резервного электроснабжения на базе дистанционно управляемой дизель-генераторной установки.
2. Герасимов, А. Работа при переменной частоте вращения дизеля / А. Герасимов, В. Толмачев, К. Уткин // Дизель-генераторные электростанции. – 2005. – № 4.

М. Е. Шевченко
Научный руководитель И. А. Болдырев

К МЕТОДИКЕ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ГАЗОПОРШНЕВОЙ УСТАНОВКОЙ

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

Рассмотрены ключевые преимущества использования газопоршневых когенерационных установок в малой распределенной энергетике. Предложены узлы автоматизации газопоршневых установок для повышения эффективности и надежности энергоснабжения потребителей.

Развитие малой распределенной энергетике (МРЭ) происходит быстрыми темпами. Тенденция повышения тарифов на энергоснабжение приводит к появлению объектов малой энергетике на предприятиях. Также объекты распределенной энергетике позволяют снизить потери тепла в протяженных теплосетях и обеспечить энергией удаленные территории. Желание потребителей повысить надежность поставок электрической и тепловой энергии является фактором, ускоряющим внедрение МРЭ.

Мини-ТЭЦ на базе газопоршневых установок (ГПУ) обладают широким диапазоном маневренных характеристик и наиболее перспективным для работы в качестве основного источника энергии. При работе на номинальную нагрузку электрический КПД ГПУ составляет 37–45 %, суммарный КПД достигает 90–91 %. При уменьшении нагрузки до 50 % от номинальной КПД снижается несущественно [1].

Для наиболее эффективной деятельности газопоршневые установки могут работать в режиме когенерации, при котором происходит утилизация тепловой энергии, выделяемой двигателем при сжигании топлива. Температура выхлопных газов на выходе из двигателя газопоршневой установки составляет $\sim 390 \pm 30$ °С [2]. Когенерационный режим позволяет использовать бесплатную тепловую энергию, которая вырабатывается попутно с электрической.

Для обеспечения эффективной и автономной работы ГПУ предлагается использовать системы автоматизации и защиты, направленные на снижение аварийных ситуаций.

Режим параллельной работы газопоршневой установки с сетью позволяет повысить надежность энергоснабжения. При таком режиме сеть будет покрывать нагрузку, которую не способна покрыть ГПУ. Чтобы работать параллельно с сетью, генератор должен быть синхронизирован с ней.

Для обеспечения синхронизации предлагается использовать систему управления, функциями которой будут автоматическая синхронизация с сетью, разделение реактивной и активной нагрузок, автоматическое поддержание заданных частоты и напряжения. Также необходимо, чтобы система управления поддерживала установленный объем импорта электрической энергии от сети и автоматически переводила нагрузку на сеть в аварийных режимах.

Предлагается использовать техническое решение, при котором система управления будет реализована на базе программируемого логического контроллера (ПЛК), соединенного интерфейсом RS-485 с персональным компьютером оператора.

Для управления и контроля параметрами системы утилизации тепла (СУТ) возможно использование датчиков температуры и давления теплоносителя в следующих технологических узлах схемы когенерации:

- трубопровод низкотемпературного и высокотемпературного контуров охлаждения газопоршневого двигателя;
- трубопровод охлаждения масла (на всасывающем патрубке насоса и за насосом);
- трубопровод холодной сетевой воды;
- трубопровод горячей воды к потребителю.

Вывод

Контроль параметров посредством системы управления на базе ПЛК в предложенных технологических узлах позволит обеспечить надежное тепло-снабжение потребителей при использовании когенерационной газопоршневой установки. Также использование контроллера позволит обеспечить синхронизацию ГПУ с сетью для параллельной работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ рынка строительства объектов малой генерации [Электронный ресурс] // Energyland.info. URL: <http://www.energyland.info/analitic-show-9588>.
2. Галкина, Н. И., Антонов, А. А. Газопоршневые установки в современных энергетических условиях / Н. И. Галкина, А. А. Антонов // Строительство-2015: современные проблемы строительства. – Ростов н/Д: Редакционно-издательский центр РГСУ, 2015. – С. 154–156.

В. А. Рогуля
Научный руководитель М. С. Иваницкий

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ
КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ТЭС
НА ОСНОВЕ ПРОЧНОСТНЫХ РАСЧЕТОВ

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

Рассмотрены вопросы определения показателей надежности котельных установок тепловых электростанций с учетом влияния термонапряженных состояний участков теплопередающих поверхностей. Установлен вклад возникновения отказов на испарительных и пароперегревательных участках пароводяной системы на надежность эксплуатации котельных установок.

Повышение надежности эксплуатации котельных установок тепловых электрических станций имеет важное значение на современном уровне развития теплоэнергетики. Вводы теплогенерирующего оборудования на многих ТЭС отстают от роста нагрузок потребителей. Поэтому в условиях износа действующего энергетического оборудования проблема повышения надежности работы котельных установок электростанций становится особенно актуальной.

В работе рассмотрены количественные характеристики и методы оценки надежности тепловых схем ТЭС на стадиях опытной эксплуатации и при проектировании. Приводится математическая модель термонапряженных участков пароводяной системы котла, которая учитывает прочностные параметры работы [1].

Одна из основных причин пониженной надежности топочных камер энергетических котлов – высокие локальные тепловые нагрузки элементов поверхностей нагрева и ограждений. Поэтому особое значение приобретает проблема определения прочностной характеристики металла труб для обеспечения оптимального режима работы оборудования [2].

Целью настоящей работы является разработка математической модели для оценки показателей надежности на основе обобщения и анализа статистических данных по возникновению отказов на пароперегревательных, испарительных и экономайзерных участках пароводяной системы котла, в том числе вызванных наличием локальных неравномерностей температур и значительными температурными напорами, превышающими установленные нормативные показатели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гнеденко, Б. В. Математические методы в теории надежности / Б. В. Гнеденко, Ю. К. Беляев, А. Д. Соловьев. – М.: Наука, 1965. – 524 с.
2. Лебедев, И. К. Гидродинамика паровых котлов: учебн. пособие для вузов / И. К. Лебедев. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 240 с.

Д. А. Лепехин
Научный руководитель И. А. Болдырев

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ОХЛАЖДЕНИЯ СВЕТОДИОДНОГО ПРОЖЕКТОРА
С ШИМ-КОНТРОЛЛЕРОМ И ВЕНТИЛЯТОРОМ

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ МЭИ» в г. Волжском

В работе представлены основные этапы, необходимые для построения прибора, а также нужные для этого компоненты, обоснована актуальность работы. Объектом исследования является светодиодный прожектор с активным охлаждением и ШИМ-контроллером.

Целью работы является оптимизация температурного режима работы светодиодного прожектора с ШИМ-контроллером, радиатором и вентилятором охлаждения.

В настоящее время проблема энергосбережения как никогда актуальна. Большую часть затрачиваемой электроэнергии предприятия тратят на освещение улиц и производственные помещения. Следовательно, возникает задача модернизации источников освещения путем использования энергосберегающих источников света. Одним из вариантов для решения данной задачи является использование светодиодного прожектора.

Проведение исследований светодиодных прожекторов необходимо для определения эффективности их использования и перспектив по модернизации освещения в ключе безвредного использования для человека и экологии, увеличения яркости освещения и уменьшения потребляемой нагрузки.

Данная задача при построении прожектора будет решаться последовательно.

1. Сборка схемы подключений устройств к источнику питания и периферии.
2. Пайка светодиодной матрицы к разъемам микроконтроллера.
3. Соединение и подключение периферии к плате микроконтроллера с помощью соединительных проводов.
4. Установка всех частей прибора в корпус.

Для проведения опыта со светодиодным прожектором понадобятся следующие компоненты:

- светодиодная матрица 10 W;
- блок питания 12 В (питает светодиодную матрицу и ШИМ-контроллер);
- ШИМ-контроллер (для регулировки кулера охлаждения);
- радиатор и кулер охлаждения (для охлаждения светодиодной матрицы);
- термистор (для получения параметра температуры);
- осциллограф;
- мультиметр.

Вывод

Таким образом, в данной работе будет производиться оптимизация температурного режима работы светодиодного прожектора с ШИМ-контроллером, радиатором и вентилятором охлаждения, будет меняться угол расположения лопастей радиатора охлаждения для его лучшего охлаждения. В дальнейшем планируется произвести сравнение радиатора до и после его модернизации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Самгин, Э. Б. Освещение рабочих мест / Э. Б. Самгин. – М.: МИРЭА, 1989. – 186 с.
2. Кнорринг, Г. М. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Г. М. Кнорринг, И. М. Фадин, В. Н. Сидоров. – Л.: Энергия, 1976. – 448 с.
3. Hughes, A. Electric motors and drives / A. Hughes. – 2006. – 431 с.

Г. Х. Гусейнов

Научный руководитель Е. Г. Зенина

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО МОДЕРНИЗАЦИИ РЕЛЕЙНЫХ ЗАЩИТ ВЛ 110 кВ ОРУ 110 кВ ЧИРЮРТСКОЙ ГЭС-1 КАСКАДА СУЛАКСКИХ ГЭС

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

Целью работы является исследование и разработка проекта по замене устаревших электромеханических устройств РЗА на современные микропроцессорные устройства РЗА для Чирюртской ГЭС-1 в соответствии с договором № 10-ТПиР-2019-ДФ. В рамках реализации данного проекта установленная мощность станций остается неизменной.

Система РЗА служит для своевременного и селективного отключения линий и аппаратов, на которых возможно возникновение аварийных ситуаций (междуфазные замыкания, замыкания на землю, перегрузки оборудования и т. д.). Реконструкция системы РЗА ВЛ 110 кВ, СВ-110 кВ, ОВ-110 кВ, ДЗШ-110 кВ, УРОВ 110 кВ, ТН-110 кВ выполняется в связи с необходимостью соблюдения норм, правил, требований и моральным износом (выработавшего свой ресурс) действующего оборудования защит. Проектом предусматривается реализация функции РЗА на базе микропроцессорных (МП) терминалов защит. Все терминалы поставляются в составе комплектных шкафов. Использование МПУстройств дает существенные преимущества:

- постоянный контроль присоединения и самодиагностика;
- улучшенные технические характеристики;
- удобство при наладке и эксплуатации;
- низкие значения потребляемой мощности по цепям переменного тока и напряжения;

– совмещение в одном устройстве функций различных защит, управления, измерения, регистрации событий;

– возможность интеграции в АСУ ТП.

Комплексы РЗА должны выполняться в соответствии с действующими в РФ нормативными материалами и обеспечивать предъявляемые к ним требования по надежности, быстродействию, селективности и чувствительности. Состав и построение защит и автоматики каждого элемента сети 110 кВ и выше должны отвечать требованиям ближнего резервирования и при выводе из работы любого устройства по любой причине должны:

– обеспечивать сохранение функций защиты данного элемента сети от всех видов повреждений;

– исключать необходимость вывода данного элемента из работы.

Для действия при отказах защит или выключателей смежных элементов должна предусматриваться резервная защита, предназначенная для обеспечения дальнего резервирования. Если дальнейшее резервирование не обеспечивается, следует предусмотреть меры по усилению ближнего резервирования.

Руководящие документы – СТО РусГидро 01.01.78-2012 «Гидроэлектростанции. Нормы технологического проектирования», СТО 56947007-29.240.10.248-2017 «Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ», Приказ Министерства энергетики Российской Федерации № 101 от 13.02.2019 г.

В соответствии с решениями, разработанными ранее и техническим заданием на Чирюртской ГЭС-1, предполагается установка следующего оборудования:

- шкаф F-8 (ТН 110 кВ I и II СШ);
- шкаф F-11 (ДЗШ 110 кВ и централизованный УРОВ 110 кВ);
- шкаф F-14 (резервная защита и АУВ ВЛ-110-137);
- шкаф F-16 (защиты и АУВ ОВ 110 кВ);
- шкаф F-17 (защиты и АУВ СВ 110 кВ);
- шкаф F-20 (резервная защита и АУВ ВЛ-110-106);
- шкаф F-22 (резервная защита и АУВ ВЛ-110-119);
- шкаф F-23 (резервная защита и АУВ ВЛ-110-120);
- шкаф F-25 (резервная защита и АУВ ВЛ-110-111);
- шкаф F-26 (основная защита ВЛ-110-111).

На ЧГЭС вновь устанавливаемое оборудование подключается к существующей системе ОПТ. Устройством, осуществляющим распределение постоянного оперативного тока от аккумуляторной батареи к потребителям, является щит постоянного тока. Питание оперативным постоянным током проектируемых устройств РЗА осуществляется от проектируемых шкафов распределения оперативного тока (ШРОТ-1, ШРОТ-2). Каждое устройство РЗА питается от отдельных АВ, а резервирование питания должно обеспечиваться схемой электрических соединений щита постоянного тока и соответствующей организацией системы постоянного тока.

Разделение цепей отключения достигается воздействием каждого комплекта РЗА защищаемого присоединения на разные электромагниты отключения выключателя (при наличии), что снижает вероятность отказов выключателей.

Питание вновь устанавливаемого оборудования предусматривается с применением экранированного контрольного кабеля с медными жилами, изоляцией и оболочкой из поливинилхлоридного пластика пониженной пожарной опасности типа КВВГЭнг(А)-LS. Прокладка кабелей выполняется в существующих и вновь устанавливаемых кабельных сооружениях. Увеличение емкости существующей аккумуляторной батареи не предусматривается в связи с маленькими токами нагрузок (порядка 0,1 А) вновь подключаемых шкафов.

В итоге данная работа по модернизации оборудования позволит заменить устаревшее громоздкое оборудование, занимающее много места и которое было выпущено в 70-х годах прошлого столетия, на новейшее, удобное для эксплуатации и надежное, на микропроцессорной основе, скомпонованное в одном шкафу и отвечающее современным требованиям и стандартам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проектная документация по Договору подряда № 10-ТПиР-2019-ДФ-202-ПОС, 2019.
2. Проектная документация по Договору подряда № 10-ТПиР-2019-ДФ-ИОС 1.1, 2019.
3. Проектная документация по Договору подряда № 10-ТПиР-2019-ДФ-ИОС 1.2, 2019.
4. Проектная документация по Договору подряда № 10-ТПиР-2019-ДФ-ПЗ, 2019.

СОДЕРЖАНИЕ

Н. С. Хлюстов, И. А. Болдырев. К использованию нескольких различных источников теплоснабжения.....	3
П. Д. Меньшиков, И. А. Болдырев. Разработка алгоритмов подготовки данных для расчета показателей надежности и эффективности объектов генерации и передачи электроэнергии.....	5
М. В. Шабельский, Н. В. Байдакова. Исследование фактического состояния и разработка мероприятий по реконструкции системы собственных нужд в филиале ПАО «РусГидро» – «Волжская ГЭС».....	6
Н. Г. Чумаков, А. В. Афонин, М. В. Одоевцева. Разработка алгоритма оценки надежности оборудования по косвенным химико-технологическим параметрам.....	9
Д. Ю. Савин, А. В. Стрижиченко. Повышение эффективности работы компрессорных установок.....	11
А. А. Линьков, Е. Г. Зенина. Выбор силовых трансформаторов при резко неравномерных суточных графиках нагрузки.....	12
А. П. Вензелева, С. А. Агринская. Разработка и исследование алгоритма регулирования уровня конденсата в ПНД системы регенерации теплофикационной турбины.....	15
Д. С. Обжерин, С. А. Агринская. Разработка и исследование системы регулирования электрической мощности энергоблока по показателям тепловой экономичности.....	16
А. Р. Трудников, С. А. Агринская. Искусственный интеллект как помощник в мониторинге аварийных ситуаций в энергетике и в их устранении.....	19
В. Ю. Чанин, А. А. Опара. Ассоциативное поле термина «цифровизация» в понимании школьников предвуниверситария МЭИ.....	20
Н. С. Алкин, А. А. Константинов. Анализ нормативно-технической документации для оценки инвестиционного проекта в области энергетики....	22
Р. М. Агамалиев, П. В. Шамигулов. Исследование возможностей технологий Big Data для анализа эффективности нетрадиционных и возобновляемых источников энергии.....	23
А. А. Котенко, Р. В. Кочергин, Л. Г. Устинова. О методах выбора оптимального расположения створа МГЭС.....	25
М. А. Бельман, И. А. Болдырев. Разработка и исследование системы управления объектами теплоэнергетики по технико-экономическим показателям.....	27
О. М. Султанова, А. А. Опара. Лексико-семантическое поле термина digital в понимании школьников предвуниверситария МЭИ.....	28
Е. Ю. Соловьева, А. А. Опара. Понятийная составляющая термина blockchain в английском и русском языках.....	30

А. С. Морозов, И. А. Болдырев. Разработка и исследование автоматической системы мониторинга за состоянием теплоэнергетического оборудования с использованием технологии «интернет вещей».....	33
В. С. Луненко, И. А. Болдырев. Разработка алгоритма информационно-вычислительных задач для автоматизированного расчета надежности сложных технических систем.....	35
С. С. Машенко, М. С. Иваницкий. Исследование и разработка модели прогнозирования уровней надежности котельных установок ТЭС.....	37
А. Ю. Кудрявцев, И. А. Болдырев. Разработка и исследование информационно-измерительной системы контроля напряжения барабана.....	38
Е. В. Илюхина, Е. Г. Зенина. Частичные разряды в изоляции высоковольтного оборудования.....	39
А. Р. Васильев, С. А. Кострюков, Ю. В. Гусева. Исследование и расчетное обоснование конструктивных размеров микроТЭС на базе турбины Уэльса....	40
Н. А. Мальцев, П. В. Шамигулов. Использование программы имитационного моделирования Simintech для исследования системы охлаждения блочного трансформатора.....	41
Д. С. Новикова, Е. Ю. Дубовикова. Исследование мембранной технологии обессоливания воды методом обратного осмоса и оценка эффективности ее применения.....	43
Д. В. Пестрецов, А. А. Индолова, Е. Ю. Дубовикова. Анализ инноваций в сфере энергоэффективных трансформаторов.....	46
В. И. Борисов, И. А. Болдырев. Разработка и исследование системы контроля технического состояния энергетического оборудования.....	49
В. А. Донской, М. С. Иваницкий. Исследование и разработка алгоритма оценки показателей надежности котельных установок ТЭС на основе температурных расчетов.....	50
Н. Г. Котолкян, Д. В. Фирстов, Ш. М. Милитонян. Цифровизация в энергетике.....	51
А. И. Недосеко, А. В. Стрижиченко. Технологические и коммерческие потери в электрических сетях.....	53
В. В. Курбанов, М. С. Иваницкий. Исследование метода оценки текущего состояния энергетического оборудования ТЭС на основе данных системы мониторинга.....	55
Н. Т. Кохташвили, М. С. Иваницкий. Исследование и разработка практических рекомендаций по внедрению систем непрерывного контроля и учета вредных выбросов на ТЭС.....	56
М. М. Савичев, М. В. Трохимчук. Анализ применения математического моделирования стока речных бассейнов для оптимизации режимов пропуска половодий и паводков, повышения эффективности водно-энергетических режимов автоматических систем.....	58

А. А. Мишакова, М. В. Одоевцева. Исследование и разработка технологии очистки мембранных элементов установки обратного осмоса Волгоградской ТЭЦ-2.....	59
Р. В. Закиров, М. С. Иваницкий. Исследование и совершенствование систем диагностики энергетического оборудования на основе индекса технического состояния.....	62
О. И. Желяскова, Е. Г. Зенина. Анализ работы микрогрид в современной энергетике.....	64
А. Н. Ходко, Е. Г. Зенина. Использование турбоагрегатов малых мощностей в котельных.....	65
А. Ю. Жалнин, Е. Г. Зенина. Методы диагностики состояния гидрогенераторов.....	66
А. С. Сигель, Е. Г. Зенина. Централизованная система охлаждения и использование вторичных теплосиловых трансформаторов.....	69
А. С. Кузнецов, А. В. Стрижиченко. К вопросу автоматизированного проектирования шкафов учета электроэнергии.....	71
Д. Н. Букин, П. В. Шамигулов. Исследование возможностей библиотек языка Python для анализа надежности нетрадиционных и возобновляемых источников энергии.....	73
В. Д. Виснер, М. С. Иваницкий. Исследование и анализ способов повышения надежности и безопасности сжигания твердого топлива в котлах.....	75
Д. С. Агарков, И. А. Болдырев. К методике разработки системы управления дизель-генераторной установкой.....	76
М. Е. Шевченко, И. А. Болдырев. К методике разработки системы управления газопоршневой установкой.....	78
В. А. Рогуля, М. С. Иваницкий. Исследование и оценка показателей надежности котельных установок ТЭС на основе прочностных расчетов.....	80
Д. А. Лепехин, И. А. Болдырев. Разработка и исследование системы управления охлаждения светодиодного прожектора с ШИМ-контроллером и вентилятором.....	81
Г. Х. Гусейнов, Е. Г. Зенина. Исследование физического состояния и разработка предложений по модернизации релейных защит ВЛ 110 кВ ОРУ 110 кВ Чирюртской ГЭС-1 каскада Сулакских ГЭС.....	82

**XXV РЕГИОНАЛЬНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ
ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

г. Волжский
19 октября – 13 декабря 2020 г.

Тезисы докладов

Редактор *Болдырева А.П.*
Компьютерная верстка *Константиненко Н.Н.*
Корректор *Константиненко Н.Н.*

Подписано в печать 30.03.2021. Формат 60×84/16.
Печать ризографическая. Усл. печ. л. 5,1.
Тираж 50 экз. Заказ № 592.

Издательство филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском
Отпечатано в филиале ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском
404110, г. Волжский, пр. Ленина, 69