



Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет)

Международный инновационный научно-технологический центр
"Устойчивое развитие горных территорий"



ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА, РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ МИРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ



Сборник материалов

Международного семинара, проводимого в рамках подготовки
IX Международной научно-практической конференции "Горные территории:
приоритетные направления развития" (октябрь 2018 г.)

Владикавказ 25 мая 2018 г.

ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет)»

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ
ПРОИЗВОДСТВА, РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ПОТРЕБЛЕНИЯ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ
ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ МИРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

Сборник материалов

Международного семинара, проводимого в рамках подготовки
IX Международной научно-практической конференции "Горные территории:
приоритетные направления развития" (октябрь 2018 г.)

***INCREASE OF EFFICIENCY OF ELECTRIC ENERGY PRODUCTION,
DISTRIBUTION AND CONSUMPTION PROCESSES FOR
SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF WORLD ENERGY***

*Proceedings of the International seminar, held in preparation
for the IX International Scientific and Practical Conference "Mountain Territories:
Priority Areas for Development" (October 2018)*

Владикавказ * СКГМИ (ГТУ)

2018

УДК 620.9+621.3
ББК 31
П42

П42

Повышение эффективности процессов производства, распределения и потребления электроэнергии для устойчивого развития мировой энергетики [Электронный ресурс]: Сборник материалов Международного семинара, проводимого в рамках подготовки IX Международной научно-практической конференции "Горные территории: приоритетные направления развития" (октябрь 2018 г.) / под общей ред. Р.В. Ключева; Министерство образования и науки Российской Федерации, ФГБОУ ВО «СКГМИ (ГТУ)». – Электрон. дан. (26,3 Мб). – Владикавказ: Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), 2018. – 212 с. – Режим доступа: <http://www.skgmi-gtu.ru/ru-ru/lib/resources/e-catalogues/ctl/DetailPublicationView/mid/3869?catalogID=4&publicationID=5b43667bbc1f55dae022f90e> Заглавие с титул. экрана.

ISBN 978-5-9500070-6-4

В сборник входят материалы и тезисы докладов, представленные на Международном семинаре, который был проведен в рамках подготовки IX Международной научно-практической конференции "Горные территории: приоритетные направления развития" (октябрь 2018 г.).

Доклады отражают широкий диапазон научно-исследовательских работ студентов, аспирантов и молодых ученых вузов Российской Федерации по проблемам повышения эффективности процессов производства, распределения и потребления электроэнергии для устойчивого развития мировой энергетики.

Научное электронное издание

*Ответственный за выпуск: д-р техн. наук, заведующий кафедрой «Электроснабжение промышленных предприятий» **Ключев Р.В.***

Доклады публикуются в авторской редакции.

Всю ответственность за содержание и качество представленного материала несут авторы.

ISBN 978-5-9500070-6-4

© Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), 2018
© Авторы статей, 2018

Кафедра «Электроснабжение промышленных предприятий» СКГМИ(ГТУ)

Сайт: <http://www.skgmi-gtu.ru/ru-ru/faculties/emf/cathedra/epp>

E-mail: kafedra-epp@skgmi-gtu.ru

Тел.: +7 (8672) 40-73-72, +7 (8672) 40-73-71.

Компьютерная верстка, дизайн обложки: *О.А. Гавриной*

Для создания компьютерного издания использовано:
Microsoft Word 2003. Adobe Acrobat Reader.

Подписано к использованию 10.07.2018 г. Объем данных 26,3 Мб.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет)
362021, г. Владикавказ, ул. Николаева, 44.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ МЕЖДУНАРОДНОГО СЕМИНАРА:

Дмитрак Ю.В. (председатель оргкомитета)
Темираев Р.Б. (заместитель председателя оргкомитета)
Караев Ю.И. (секретарь организационного комитета)
Лолаев А.Б. (член организационного комитета)
Клюев Р.В. (член организационного комитета)
Хосаев Х.С. (член организационного комитета)
Таболов В.Д. (член организационного комитета)
Стратейчук Д.М. (член организационного комитета)

**ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ СЕКЦИИ «ПОВЫШЕНИЕ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА, РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
И ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ
МИРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ» МЕЖДУНАРОДНОГО СЕМИНАРА:**

Клюев Р.В. (председатель оргкомитета)
Гаврина О.А. (заместитель председателя оргкомитета)
Берко И.А. (секретарь организационного комитета)
Босиков И.И. (член организационного комитета)
Галкина О.Ю. (член организационного комитета)
Котова О.А. (член организационного комитета)
Сидоров Д.В. (член организационного комитета)
Текиев М.В. (член организационного комитета)
Кисиев Д.Б. (член организационного комитета)

КРАТКИЙ ОБЗОР ПРЕДСТАВЛЕННЫХ НА СЕМИНАР ДОКЛАДОВ

Международный семинар **"Повышение эффективности процессов производства, распределения и потребления электроэнергии для устойчивого развития мировой энергетики"** проводится в рамках подготовки IX Международной НПК «Горные территории: приоритетные направления развития».

Проблемы, которые будут обсуждаться в рамках работы семинара, требуют решений в соответствии с принципами, сформулированными на Конференции Организации Объединенных Наций по окружающей среде и развитию в 1992 году в Рио-де-Жанейро, и значит направленных на разрешение вопросов устойчивого развития горных территорий в области энергетики.

На международный семинар поступили следующие доклады:

АСТРАХАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

1. Анализ энергосбережения на нефтедобывающем предприятии.

Гольчикова Н.Н. – зав. кафедрой «Геология нефти и газа», проф. доктор геолого-минералогических наук, АГТУ,

Босиков И.И. – к.т.н., доц. кафедры «Прикладная геология»

Гагоев Х.Б. – студент 5 курса группы РМс-13

2. Оценка энергоэффективности в нефтегазовой отрасли.

Егорова Е.В. – к.т.н., доц. кафедры «Нефтегазовое дело», АГТУ,

Босиков И.И. - к.т.н., доц. кафедры «Прикладная геология»

Гиоев С.Э. - студент 4 курса группы РМс-14

ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. М.М. ДЖАМБУЛАТОВА, г. МАХАЧКАЛА

1. Основные направления устойчивого развития мировой энергетики.

Магомедов Ф.М., Меликов И.М., Гасанова Э.С., Магомедова Н.Ф.

2. Современное состояние и тенденции развития мировой энергетики.

Магомедов Ф.М., Меликов И.М., Гасанова Э.С., Магомедова Н.Ф.

3. Тенденции развития ветроэнергетики в России.

Алиев А.Я., Моллаева Н.Д.

**СЕВЕРО-ВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. М.К. АММОСОВА (СВФУ), г. ЯКУТСК**

1. Емкостной отбор мощности от линий электропередачи 110 кВ и выше для потребителей «малой» мощности.

Бурянина Н.С. - заведующая кафедрой «Электроснабжение», Физико-технического института, Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова,

Рожина М.А. – старший преподаватель кафедры «Электроснабжение», Физико-технического института, Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова.

2. Анализ цифровых устройств релейной защиты.

Королюк Ю.Ф. - кандидат технических наук, профессор кафедры «Электроснабжение»,

Корякина М.Л.- аспирант 2-го года обучения гр. А-ЭС-16 Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова.

3. Использование тепловой энергии газовых и нефтяных месторождений для электроснабжения потребителей.

Эверстов А.Д. - аспирант

Королюк Ю.Ф. - к.т.н., профессор

4. Разработка децентрализованной системы электроснабжения малочисленных населенных пунктов республики Саха (Якутия) с использованием гибридных станций с солнечными панелями и суперконденсаторами.

Местников Н. П. - студент 4-го курса кафедры «Электроснабжение» Физико-технический институт, специальность 13.03.02 «Электротехника и электроэнергетика»,

Королюк Юрий Федорович - к.т.н., профессор кафедры «Электроснабжение».

5. Использование четырехфазных линий электропередачи.

Бурянина Надежда Сергеевна - зав. Кафедрой «Электроснабжение» д.т.н., профессор;

Королюк Юрий Федорович - к.т.н., профессор каф. «Электроснабжение»;

Малеева Евдокия Игоревна - старший преподаватель каф. «Электроснабжение».

**ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. М.Д. МИЛЛИОНЩИКОВА**

1. Повышение эффективности работы сетей наружного освещения г. Грозный.

Сардалов Р.Б., Турлуев Р.А-В., Ельмурзаев А.А, Хаджиев А.А.

2. Оптимальные решения повышения надежности и качества электроснабжения горных районов Чеченской Республики.

Турлуев Р.А-В., Ельмурзаев А.А., Магомадова М.Х. Черная А.А.

3. Основные акценты схемы выдачи мощности Грозненской ТЭС.

Ельмурзаев А.А., Турлуев Р.А-В., Мадаева М.З., Шанхоев О.Д.

4. Расчет тепловой и математической модели термоэлектрической системы для теплового воздействия на отдельные зоны руки человека.

Магомадов Рустам Абу-Муслимович - кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Электротехника и электропривод»,

Абдулхакимов Умар Ильманович - старший преподаватель кафедры «Электротехника и электропривод»

Гучигов Магомед-Эмин Саламбекович - студент 3-го курса по направлению подготовки 13.03.02- Электроэнергетика и электротехника.

5. Динамика потребления электроэнергии в чеченской республике по основным группам потребителей за период 2012-2016 гг.

Магомадов Рустам Абу-Муслимович - кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Электротехника и электропривод»,

Абдулхакимов Умар Ильманович - старший преподаватель кафедры «Электротехника и электропривод»,

Магомадов Руслан Абу-Муслимович - старший преподаватель кафедры «Электротехника и электропривод»

Эдиев Эди Асламбекович - студент 2-го курса по направлению подготовки 13.03.02- Электроэнергетика и электротехника.

**СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ НАУКИ
И ТЕХНОЛОГИЙ им. акад. М.Ф. РЕШЕТНЕВА,
г. КРАСНОЯРСК**

1. Оценка эффективности применения солнечных энергетических установок.

Чайкин Д.Ю., Кирбижекова В.В., Ермиенко И.Ю., Делков А.В., Кузнецов Е.В.

2. Проектирование паровых микротурбинных установок малой распределенной энергетики.

Ермаков М.А., Галимов В.С., Шевченко Ю.Н., Кишкин А.А., Мелкозеров М.Г.

3. Теплотехнический измерительный комплекс для испытаний паросиловых энергоустановок.

Ходенков А.А., Кирбижекова В.В., Делков А.В., Кузнецов Е.В., Мелкозеров М.Г.

**НИЖНЕВАРТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

1. Специфика моделирования энергетических объектов предприятий.

Малышева Надежда Николаевна - к.т.н., доцент кафедры энергетики,
Антропова Виктория Романовна - магистрант 1 курса направления подготовки «Электроэнергетика и Электротехника» профиль «Релейная Защита и Автоматика электроэнергетических систем»,

Дмитриев Степан Константинович - Магистрант 1 курса направления подготовки «Электроэнергетика и Электротехника» профиль «Релейная Защита и Автоматика электроэнергетических систем».

2. Повышение эффективности лабораторных исследований за счет автоматизаций на основе программного комплекса Lab View.

Мальгин Г.В - к.т.н., доцент,
Асляхов А.В. - студент магистрант,
Абзгильдин А.О. - студент магистрант,
Хохлов А.П. - студент магистрант.

**НЕВИННОМЫССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ФИЛИАЛ) ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «СЕВЕРО-
КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

1. Применение нечеткой логики при управлении скоростью вращения газотурбинной установки

Колдаев А.И., Самойленко Д.В., Свиридченко В.А.

2. К вопросу о применении синхронных машин на постоянных магнитах для собственных нужд ГЭС

Башков А.А., Любицкий М.В., Колдаев А.И.

3. Сравнение эффективности беспроводных систем связи, используемых для построения SMART-сетей

Мазур А.Ю., Кадыров М.П., Колдаев А.И.

СТАВРОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

1. Анализ эксплуатационных свойств проводникового алюминия.

Привалов Евгений Евграфович - доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры электроснабжения и эксплуатации электрооборудования Ставропольского государственного аграрного университета

Афанасьев Михаил Анатольевич - ассистент кафедры физики Ставропольского государственного аграрного университета,

Копылова Оксана Сергеевна - доцент, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики Ставропольского государственного аграрного университета,

Искандарова Камилла Радиковна - студент электроэнергетического факультета Ставропольского государственного аграрного университета.

2. Расчет уставок релейной защиты и автоматики реклоузеров в сельских распределительных электрических сетях.

Ефанов Алексей Валерьевич - доцент, кандидат технических наук, заведующий кафедрой электроснабжения и эксплуатации электрооборудования Ставропольского государственного аграрного университета,

Ястребов Сергей Сергеевич - доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры электроснабжения и эксплуатации электрооборудования Ставропольского государственного аграрного университета.

ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

1. Мониторинг повреждений ветроколеса в условиях горной местности.

Н.И. Цыгулёв - доктор технических наук, профессор заведующий кафедрой «Энергетика, автоматика и системы коммуникаций» Донского государственного технического университета.

Л.В. Бабина

М.А. Ахмед

В.А. Шелест

В.К. Хлебников

2. *Анализ повреждений солнечных электростанций*

Цыгулёв Н.И. – доктор технических наук, профессор заведующий кафедрой «Энергетика, автоматика и системы коммуникаций» Донского государственного технического университета.

Л.В. Бабина

М.А. Ахмед

В.К. Хлебников

В.А. Шелест

СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

1. *Повышение эффективности процессов производства, распределения и потребления электроэнергии для устойчивого развития мировой энергетики (краткий обзор представленных на секцию семинара докладов).*

Клюев Роман Владимирович – заведующий кафедрой «Электроснабжение промышленных предприятий».

2. *Использование возобновляемых источников энергии для электроснабжения потребителей РСО-Алания.*

Гаврина Оксана Александровна – к.т.н., доцент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий»,

Лысоконь Элина Сергеевна – магистр группы ЭЛм-17-1,

Урумов Олег Таймуразович – магистр группы ЭЛм-17-1.

3. *Эффективное использование электроэнергии на предприятиях РСО-Алания.*

Гаврина Оксана Александровна – к.т.н., доцент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий»,

Маркин Анатолий Сергеевич – магистр группы ЭЛм-16-1,

Лазариди Михаил Константинович – магистр группы ЭЛм-17-1.

4. *Исследование и анализ структурной надежности отдельных элементов электроэнергетической системы МРСК Северного Кавказа.*

Берко Ирина Александровна – старший преподаватель кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий»,

Кабисов Ацамаз Асланбегович – аспирант 2 курса по специальности 13.06.01, направления подготовки «Электро- и теплотехника»,

Гудиев Тамерлан Тамазиевич – магистр группы ЭЛм-17-1.

5. *Использование микропроцессорной релейной защиты на подстанциях ФСК ЕЭС РФ.*

Берко Ирина Александровна – старший преподаватель кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий»,

Путилин Алексей Сергеевич – магистр группы ЭЛМ-17-1,

Шабанов Герман Геннадьевич – магистр группы ЭЛМ-17-1.

6. *Комплексный анализ показателей качества электроэнергии в системе электроснабжения ОАО «Электроцинк».*

Котова Ольга Анатольевна – старший преподаватель кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий»,

Мириков Мурат Маирбекович – магистр группы ЭЛМ-17-1,

Гутиев Ахтемир Феликсович – магистр группы ЭЛМ-17-1.

7. *Анализ использования источников реактивной мощности на промышленных предприятиях.*

Котова Ольга Анатольевна – старший преподаватель кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий»,

Санакоев Хетаг Константинович – магистр группы ЭЛМ-17-1,

Техов Алан Валерьевич – магистр группы ЭЛМ-17-1.

8. *Методы повышения эффективности работы высокогорных гидроэлектростанций.*

Галкина Оксана Юрьевна – ассистент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий»,

Мезин Владимир Юлианович – магистр группы ЭЛМ-17-1,

Тотров Борис Витальевич – магистр группы ЭЛМ-17-1.

9. *Оценки влияния климатических факторов на надежность высоковольтных линий электропередач.*

Галкина Оксана Юрьевна – ассистент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий»,

Урумов Олег Таймуразович – магистр группы ЭЛМ-17-1,

Агузаров Альберт Витальевич – магистр группы ЭЛМ-17-1.

10. *Вопросы проведения рангового анализа техноценозов в промышленности.*

Клюев Роман Владимирович – заведующий кафедрой «Электроснабжение промышленных предприятий»,

Битиев Валерий Борисович – магистр группы ЭЛМ-17-1,

Багаев Сослан Асланович – магистр группы ЭЛМ-17-1.

11. Эффективное функционирование единой промышленно-энергетической системы в горных территориях.

Клюев Роман Владимирович – заведующий кафедрой «Электроснабжение промышленных предприятий»,

Кабисов Ацамаз Асланбегович – аспирант 2 курса по специальности 13.06.01, направления подготовки «Электро- и теплотехника»,

Ерофеев Михаил Игоревич – магистр группы ЭЛм-17-1.

12. Устройства компенсации реактивной мощности.

Чумбуридзе Давид Семенович - к.т.н., профессор кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий»,

Гаврина Оксана Александровна – к.т.н., доцент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий»,

Маскуров И.В.- магистр группы ЭЛм-16-1,

Тотоев В.Т. - магистр группы ЭЛм-16-1.

13. Особенности возникновения высших гармоник в электрических сетях.

Чумбуридзе Давид Семенович - к.т.н., профессор кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий»,

Гаврина Оксана Александровна – к.т.н., доцент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий»,

Маскуров И.В.- магистр группы ЭЛм-16-1,

Тотоев В.Т. - магистр группы ЭЛм-16-1.

Доклады в сборнике семинара будут опубликованы в авторской редакции.

Приглашаем всех заинтересованных лиц продолжить дальнейшее плодотворное сотрудничество по актуальным вопросам электроэнергетики и принять активное участие в работе предстоящей Международной конференции, которая состоится в октябре 2018 г. на базе ФГБОУ ВО «СКГМИ (ГТУ)».

Краткая информация о научно-исследовательской работе кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий» СКГМИ (ГТУ)

В последние годы на кафедре «Электроснабжение промышленных предприятий» нашего университета проводятся комплексные научные исследования по вопросам производства, распределения и потребления электроэнергии в условиях горных территорий в рамках научного направления кафедры «Повышение эффективности использования электроэнергии в различных отраслях народного хозяйства».

Научные и практические изыскания по этому направлению выполняются в соответствии с приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники в Российской Федерации: энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика; приоритетным направлениям модернизации и технологического развития экономики России: энергоэффективность и энергосбережение, в том числе вопросы разработки новых видов топлива.

В рамках направления проводятся следующие исследования:

1. Энергетическое обследование (энергоаудит) потребителей электроэнергии (ПР) крупных промышленных предприятий. **Целью** данного исследования является составление энергетического паспорта промышленного потребителя ТЭР, оценка эффективности использования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), разработка и реализация энергосберегающих мероприятий на основе проведения энергетического обследования на промышленных предприятиях. **Опыт проведения работы:** Энергетическое обследование (энергоаудит) основных потребителей электроэнергии ОАО «Победит», ОАО «Электроцинк». **Ожидаемые преимуществами проведения энергоаудита:** снижение потребляемой активной мощности в часы максимума нагрузки, сокращение удельного расхода электроэнергии, снижение стоимости энергетической составляющей затрат в себестоимости продукции.

2. Исследование показателей качества электроэнергии (КЭ). **Цель:** оценка показателей КЭ в системе электроснабжения промышленных предприятий. **Опыт проведения работы:** Комплексное исследование качества электроэнергии на ОАО «Победит», ОАО «Электроцинк». **Ожидаемые преимуществами исследования КЭ:** повышение эффективности функционирования электрооборудования за счет оптимизации показателей КЭ, сокращение удельного расхода электроэнергии.

3. Комплексное исследование и расчет водно-энергетических ресурсов высоконапорных и малых ГЭС. **Цель:** повышение эффективности

гидроэнергетического комплекса РФ путем оптимизации параметров ГЭС, разработка и реализация комплексов мероприятий, связанных с текущим функционированием, созданием, совершенствованием и перспективным развитием гидроэнергетического комплекса республики. **Опыт проведения работы:** Комплексное исследование и расчет водно-энергетических ресурсов Зарамагской ГЭС (ЗГЭС) и Фаснальской ГЭС в РСО-Алания. **Ожидаемые преимуществами** расчета водно-энергетических ресурсов: разработка системы автоматического управления отдельными каскадами ГЭС РСО-Алания.

4. Исследование, анализ и прогнозирование структурной надёжности электроэнергетической системы (в том числе и ГЭС). **Цель:** разработка мероприятий по повышению надёжности электроснабжения потребителей и прогнозирование показателей надёжности на перспективу на основе анализа базы данных по отказам элементов и режимов их эксплуатации. **Опыт проведения работы:** Исследование, анализ и прогнозирование структурной надёжности электроэнергетической системы ОАО «Севкавказэнерго».

Следует отметить следующее:

11 апреля 2018 г. в 10⁰⁰ была торжественно открыта электротехническая лаборатория кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», в которой демонстрируются возобновляемые источники электроэнергии на примере солнечной электростанции. Данная лаборатория будет использоваться в учебном и научном процессе при подготовке бакалавров, магистров и аспирантов по направлению подготовки «Электроэнергетика и электротехника». Организаторами мероприятия явилась кафедра «Электроснабжение промышленных предприятий» СКГМИ (ГТУ) в лице заведующего кафедрой, д.т.н., профессора Клюева Романа Владимировича и генеральный спонсор ООО «Электрика» в лице генерального директора Бояркина Евгения Алексеевича, который подарил кафедре солнечную электростанцию.

В настоящее время на кафедре ЭПП идет комплексная реконструкция лабораторий. В частности:

- установлен стенд, посвященный ФСК ЕЭС в лаборатории 302;
- проходит создание уголка по технике безопасности в лаборатории 302; вывешивание плакатов, баннера и средств защиты от поражения электрическим током;
- установка демонстрационного стенда от Электросклада в лаборатории на стене;
- установка стендов, посвященных микропроцессорным устройствам релейной защиты;
- вывешивание плакатов по горному оборудованию;

- реконструкция высоковольтных стендов в лаборатории № 303;
- введение в эксплуатацию стенда по электроэнергетическим системам и переходным процессам, запитанного от солнечной электростанции;
- установка демонстрационного учебно-практического стенда по актуальным вопросам электроэнергетики.

Активную работу на кафедре «Электроснабжение промышленных предприятий» в настоящее время проводят: Васильев И.Е., д.т.н., профессор; Гаврина О.А., к.т.н., доцент; Сидоров Д.В., к.т.н., доцент; Берко И.А., старший преподаватель; Котова О.А., старший преподаватель; Галкина О.Ю., ассистент; Радловский А.Н., учебный мастер; Турникаева Н.А., старший лаборант.

Зав. кафедрой «Электроснабжение промышленных предприятий»

Клюев Р.В.

УДК 621.31.031

**ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ
В РОССИИ
TRENDS OF WIND ENERGY DEVELOPMENT IN RUSSIA**

Алиев А.Я., Моллаева Н.Д.

ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный аграрный университет
имени М.М. Джамбулатова», Россия, г. Махачкала

aliev-47@mail.ru, nurian1954@yandex.ru

Aliev A.Y., Mollayeva N.D.

Dagestan State Agrarian University named after M. M. Dzhambulatov,
Makhachkala,

Аннотация: в статье рассмотрены состояние, проблемы развития и использование ветроэнергетических установок (ВЭУ) в России.

Annotation: The article considers the state, development problems and use of wind power plants (WED) in Russia.

Ключевые слова: ветро-генератор, нетрадиционные источники энергии, асинхронный генератор.

Keywords: wind generator, non-traditional energy sources, asynchronous generator.

В последнее время интерес к ветровым установкам, применяемым для автономного электроснабжения, возрос как во всем мире, так и в Российской Федерации [1, 2].

В России существует значительный нереализованный потенциал в области ветроэнергетики [1, 3]. Фундаментальные научные исследования аэродинамики ветроустановки, разработанной в Центральном аэрогидродинамическом институте им. проф. Н.Е. Жуковского (ЦАГИ), заложили основу современных ветротурбин с высоким коэффициентом использования энергии ветра. Однако лоббирование на уровне правительства развития большой энергетики (угольно-атомная, гидро-газоэнергетика) надолго затормозило прогресс в данной области. Толчком для дальнейшего продвижения и создания современного ветроэнергетического оборудования стала федеральная научно-техническая программа «Экологически чистая энергетика». Для участия и финансирования были отобраны лучшие проекты ветроэнергетических установок различных классов и разработаны ветроагрегаты мощностью от 30 кВт до 1250 кВт. Начавшаяся в стране

перестройка, развал экономики и прекращение финансирования по программе не позволили довести указанные проекты до коммерческого уровня. Почти все разработки остались на уровне экспериментальных и макетных образцов. Наиболее перспективный образец ветроагрегата мегаватного класса спроектирован и построен в конструкторском бюро «Радуга». Разработка, изготовление и строительство было профинансировано правительством Калмыкии. Ветроагрегат установлен недалеко от г. Элисты и успешно работает параллельно с сетью централизованного электроснабжения, вырабатывая 2300-2900 тыс. кВт·ч электроэнергии в год [1, 3].

В конструкторском бюро «Радуга» были спроектированы ветроустановки мощностью 8 и 250 кВт. Российская ассоциация развития ветроэнергетики «Energobalance Sovena» совместно с германской фирмой «Husumer Schiffs Wert» («HSW») изготовила 10 ветроагрегатов сетевого исполнения единичной мощностью 30 кВт. Экспериментальный ветропарк с установленной мощностью 300 кВт построен и запущен в эксплуатацию в 1996 г. в Ростовской области [1, 3].

Современные достижения в ветроэнергетической отрасли имеют глубокие «корни» [4].

В 1918 г. энергией ветра заинтересовался профессор В. Залевский. Он создал теорию ветряной мельницы и вывел несколько положений, которым должна отвечать ветроустановка. В 1925 г. другой наш выдающийся соотечественник профессор Н.Е. Жуковский разработал теорию ветродвигателя и организовал специализированный отдел в Центральном аэрогидродинамическом институте.

В 1931 г. в СССР заработала крупнейшая в мире ветроэнергетическая установка мощностью 100 кВт, вслед за ней на юге страны были установлены десятки подобных ветро-генераторов. В 1938 г. в Крыму развернулось строительство ветроэлектростанции мощностью 5 МВт. С 1950 г. по 1955 г. в Советском Союзе производилось около 9 тысяч ветроустановок в год единичной мощностью до 30 кВт. На целине впервые была сооружена многоагрегатная ветроэлектростанция, работавшая в паре с дизелем, общей мощностью 400 кВт – прообраз современных европейских ветропарков и систем «ветродизель» [4].

В 1960-1980-е годы энергетическая отрасль СССР была ориентирована на строительство крупных ТЭС, ГЭС и АЭС. Естественно, развитие малой энергетики, в том числе и ВЭС, затормозилось. И только к началу 1990-х годов, значительно позже, чем в других странах, в Советском Союзе вновь заговорили о практическом использовании ветроэнергетических установок, и встал вопрос об организации их разработки и производства [4].

Утвержденная правительством в 1995 г. новая энергетическая политика России базируется на использовании природного углеродного топлива. Вероятная доля нетрадиционных источников энергии в энергетике страны к 2005-2010 гг. оценивается в 1%. Недооценка доли возобновляемых энергоносителей, в первую очередь ветроэнергетики как наиболее динамично развивающейся отрасли мировой энергетики, приводит к отставанию РФ.

Важным шагом в развитии ветроэнергетики страны явилась сдача в эксплуатацию 26 июля 2002 г. самого крупного в России ветропарка общей установленной мощностью в 5,1 МВт (одна ВЭУ мощностью 600 кВт и 20 ВЭУ по 225 кВт), построенного в Калининградской области при финансовой поддержке правительства Дании. Ветропарк предназначен для параллельной работы с существующей электроэнергетической системой. Каждая ВЭУ в составе парка представляет собой полностью автоматизированную автономную установку, система управления которой обеспечивает работу всех режимов ветроэнергетической установки по заданному алгоритму. В диапазоне изменения скорости ветра от 12 до 25 м/с регулирование мощности (обеспечение номинальной мощности) осуществляется за счет поворота лопастей (pitch-регулирование ВЭУ-225) или срыва потока воздуха на отдельных участках лопастей (stall-регулирование ВЭУ-600).

Используемые виды управления или их комбинация применяются во всех производимых в мире ВЭУ. В установках рассматриваемого ветропарка используются асинхронные генераторы: в ВЭУ-600 с одной, а в ВЭУ-225 с двумя обмотками на статоре. Преимущество двухскоростной электрической машины (ВЭУ-225) связано с обеспечением наиболее полного использования энергии ветра, заключающегося в том, что при более низкой скорости вращения существенно снижаются потери в ветроэнергетических установках.

Асинхронные генераторы наилучшим образом отвечают условиям работы ветроагрегатов, характеризующихся резкими и частыми изменениями скорости ветра, имеют малую инерционность вращающихся частей и более простую конструкцию. Однако они потребляют из сети реактивную мощность, но так как эти ВЭУ предназначены для параллельной работы с сетью, то проблема реактивной мощности перекладывается на энергосистему.

В связи с отсталостью России в ветроэнергетике практически все крупные станции, действующие сегодня на территории страны, укомплектованы импортными установками (табл. 1).

Крупные ВЭУ, действующие в России

Энергосистема	Район	Суммарная мощность, МВт	Производитель
«Янтарьэнерго»	Калининградская обл.	5,1	«Vestas», Дания
«Башкирэнерго»	с. Тюпкельды	2,2	«NAG», Германия
«Комиэнерго»	г. Воркута	1,5	НПО «Южмаш», Украина – НПО «Ветроэн», Россия
«Калмэнерго»	г. Элиста	1,0	МКБ «Радуга», Россия
«Камчатскэнерго»	о. Беринга	0,5	«Micon», Дания
«Ростовэнерго»	г. Волгодонск	0,3	«HSW», Германия

Кроме производства крупных ВЭУ – в России имеется довольно развитая производственная база по выпуску автономных ветроустановок [3] малой мощности: от 0,04 до 16 кВт, в том числе ветродизельных агрегатов [5, 6]. Около 10 изготовителей потенциально готовы выпускать пробные системы, а некоторые из них (ЦНИИ «Электроприбор», г. Санкт-Петербург) поставляют свои изделия не только в РФ, но и за границу. В России потенциальный рынок для таких установок велик, однако расширение выпуска не происходит из-за малого платежеспособного спроса и отсутствия четкой и направленной политики со стороны государства.

По оценкам экспертов, валовой ветровой потенциал России составляет $80 \cdot 10^{15}$ кВт·ч/год, технический ветровой потенциал – $6,2 \cdot 10^{15}$ кВт·ч/год [7].

Около 70% территории России, на которой проживает 10% населения страны, находятся в зонах децентрализованного энергоснабжения, которые практически совпадают с зонами потенциально реализуемого ветропотенциала (Камчатка, Магаданская область, Чукотка, Сахалин, Якутия, Бурятия, Таймыр и горные районы Северного Кавказа). Это делает целесообразным использование ВЭУ для обеспечения электроэнергией удаленных от магистральных электрических сетей потребителей.

В настоящее время на территории РФ проектируется и ведется строительство целого ряда ветроэлектростанций.

С 1992 г. по 1994 г. произведены закладки Калмыцкой ВЭС мощностью 22 МВт (АО «Калмэнерго»), Заполярной ВЭС мощностью 2,5 МВт (АО «Комиэнерго»), Куликовской ВЭС мощностью 5,1 МВт (АО «Янтарьэнерго») и др., однако строительство Калмыцкой и Заполярной ВЭС на базе

отечественных установок практически прекращено из-за отсутствия финансирования [7].

За последнее десятилетие построены и действуют на немецком и датском оборудовании Маркинская ВЭС (АО «Ростовэнерго»), ветроэнергетическая станция на о. Беринга (АО «Камчатэнерго») и Куликовская (АО «Янтарьэнерго») (табл. 2).

Таблица 2

Установленные мощности действующих российских ВЭС

Название ВЭС	Мощность, МВт
Воркутинская	1,5
Калмыцкая	1
Маркинская	0,3
Куликовская	5,4
о. Беринга	1,2
Башкирская	2,2
Анадырская	2,5
До 1500 малых ВЭУ мощностью 0,1-30 кВт	0,5
Итого	14,6

В мае 1998 г. пущен первый агрегат Куликовской ВЭС, последний – в июне 2002 г. Затраты на сооружение составили: по оборудованию – 924 долл/кВт, по капиталовложениям – 2158 долл/кВт. За период с 1 сентября 1999 г. по 1 сентября 2002 г., электростанция выработала 6058,8 тыс. кВт·ч электрической энергии. Эксплуатационный персонал отмечает проблемы ремонта узлов ветроагрегатов, конструкция которых предусматривает только блочную замену, а также сложности организации сервисного обслуживания с привлечением иностранных фирм.

Введена в эксплуатацию Анадырская ветроэлектростанция (Чукотский АО).

Сроки проектирования и строительства: январь 2001 г. – октябрь 2002 г. Пуск на полную мощность произведен в июле 2003 г. Мощность станции – 2,5 МВт. Установлено 10 ветроагрегатов типа АВЭ-250 отечественного производства для северных условий. Среднегодовая скорость ветра – 0,5 м/с, максимальная – 52 м/с. Подтверждена работоспособность ветроагрегатов при скоростях ветра от 4,8 м/с до 30 м/с и температурах до – 42°С.

В таблице 3 представлены ветроэлектростанции, проектируемые и строящиеся в России.

Проектируемые и строящиеся ветроэлектростанции в России

Название ВЭС/ВДЭС	Месторасположение	Установленная мощность (МВт)
Калмыцкая	Республика Калмыкия	22
Приморская	Приморский край	30
Магаданская	Магаданская область	30
Чуйская	Республика Алтай	24
Анапская	Краснодарский край	5
Новороссийская	Краснодарский край	5
Морская	Республика Карелия	30
Ленинградская	Ленинградская область	75
Валаамская	Республика Карелия	4
Новиковская, Заполярная ВДЭС	Республика Коми	10
Усть-Камчатская ВДЭС	Камчатская область	16
Калининградская ВЭС морского базирования	Калининградская область	50
Итого		304

Выводы. Таким образом, в России есть все предпосылки для развития и использования возобновляемых источников энергии. С постепенным выходом из кризисного экономического состояния стало возможным финансирование многочисленных областей промышленной, научно-технической и иной деятельности, в том числе и альтернативной энергетики.

Ветроэнергетика в России медленно, но развивается, хотя остаются актуальными проблемы финансового обеспечения, привлечения отечественных и иностранных инвестиций и изменения мышления на уровне Правительства РФ и у руководителей промышленности, АПК и крупного бизнеса [4].

Список использованных источников

1. Н.Л. Кошкин. Состояние и перспективы развития ветроэнергетики в стране // Теплоэнергетика. – 1992. - № 4. – С. 29 – 33.
2. А.И. Сидиков. Состояние и перспективы развития ветроэнергетики // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1991. - № 4. – С.136 – 139.
3. Д. Стребков, В. Харитонов, В. Муругов, А. Сокольский // Сельский механизатор. – 1996. - № 2. – С. 21 – 22.
4. Г.В. Никитенко, Е.В. Коноплев. Ветроэнергетические установки в системах автономного электроснабжения // Ставрополь. – 2008. – С. 14.
5. В.К. Марочкин. Ветроэнергетические агрегаты // Малая энергетика сельскохозяйственных предприятий: справочное пособие / В.К. Марочкин, Н.Д. Байлук, М.Ю. Брилевский. – Минск. 1990.
6. П.П. Безруких. Российский рынок ветроэнергетических установок // Механизация сельского хозяйства. – 1997. - № 4. – С. 19 – 21.

**К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ СИНХРОННЫХ МАШИН
НА ПОСТОЯННЫХ МАГНИТАХ ДЛЯ СОБСТВЕННЫХ НУЖД ГЭС**

**TO THE QUESTION OF APPLICATION OF SYNCHRONOUS MACHINES
ON CONSTANT MAGNETS FOR OWN NEEDS OF HYDROELECTRIC
POWER STATIONS**

Башков А.А., Колдаев А.И., Любицкий М.В.

Невинномысский технологический институт (филиал) СКФУ, г. Невинномысск,
ventilator83@yandex.ru

KoldaevA.I., BashkovA.A., LyubitskyM.V.

Nevinnomyssk Institute of Technology (branch of NCFU), Nevinnomissk

Аннотация: В работе рассмотрен вопрос применения синхронных машин на постоянных магнитах для собственных нужд ГЭС с целью энергосбережения. В качестве объектов рассматривались электроприводы вспомогательных механизмов насосов, вентиляторов и компрессоров мощностью от нескольких кВт до десятков кВт. Выполнен расчет экономической эффективности замены асинхронных машин синхронными машинами на постоянных магнитах.

Abstract: The paper discusses the use of synchronous machines with permanent magnets for the needs of the hydroelectric power station for the purpose of energy saving. As objects, electric drives of mechanisms of pumps, fans, and compressors with power from several kW to tens of kW were considered. The calculation of the economic efficiency of the replacement of asynchronous machines with synchronous machines with permanent magnets is performed.

Ключевые слова: синхронные машины; энергосбережение; гидроэлектростанция

Keywords: synchronous machines; energy saving; hydroelectric power station

На сегодняшний день оборонной промышленностью и в сфере атомной энергетики начали внедряться механизмы с использованием электродвигателей на постоянных магнитах. Данное оборудование имеет ряд преимуществ перед классическими электродвигателями, к которым относятся асинхронные двигатели (АД) и синхронные электродвигатели. В механизмах, используемых на ГЭС на сегодняшний день, электродвигатели на постоянных

магнитах практически не применяются[1]. В данной работе рассмотрен вопрос применения синхронных машин на постоянных магнитах для собственных нужд ГЭС с целью энергосбережения и повышения энергоэффективности.

Синхронные двигатели с постоянными магнитами (СДПМ) на сегодняшний день имеют самые высокие эксплуатационные показатели и быстро набирают популярность в применениях, где требуются высокие удельные характеристики [1]: большое отношение номинальной мощности развиваемой двигателем к его массе и отношение крутящего момента создаваемого двигателем к его массе. В табл. 1 и 2 представлены технические характеристики АД при питании от сети и от преобразователя частоты (ПЧ) и СДПМ[2, 3].

Таблица 1

Технические характеристики асинхронных двигателей

Тип электродвигателя	от сети						от ПЧ		
	н, об/мин	η, %	cosφ	$\frac{I_{max}}{I_H}$	Р, кВт	$\frac{I_{п}}{I_H}$	$\frac{I_{max}}{I_H}$	$\frac{I_{п}}{I_H}$	η, %
4A180S4Y3	1470	90	0.9	1.4	22.0	6.5	0.6	5.07	88
4A200M4Y3	1475	91	0.9	1.4	37.0	7.0	0.6	5.46	89.2
4A225M4Y3	1480	92.5	0.9	1.3	55.0	7.0	0.6	5.46	91
4A250M4Y3	1480	93	0.91	1.2	90.0	7.0	0.6	5.46	91.6
4A315M4Y3	1480	94	0.92	1.3	200.0	6.0	0.6	4.68	92.8

Таблица 2

Технические характеристики синхронных двигателей с постоянными магнитами

Тип электродвигателя	н, об/мин	η, %	cosφ	$\frac{M_{п}}{M_H}$	$\frac{M_{max}}{M_H}$	Р, кВт	$\frac{I_{п}}{I_H}$
LSPRM 160 LR	1500	93.5	0.96	0.6	1.18	22.8	1.2
LSPRM200 L	1500	95.2	0.96	0.6	1.2	40.0	1.2
LSPRM 200 LU	1500	95.5	0.96	0.6	1.2	55.0	1.3
LSPRM 250 ME	1500	95.6	0.96	0.6	1.13	85.0	1.2

В табл. 1 в графе «Тип электродвигателя» – «От ПЧ» значения пусковых токов перечислены для пускового момента в относительных единицах 0.6, как у двигателя СДПМ. Таким образом, пусковые токи для АД остаются значительными при таком уменьшении пускового момента.

Синхронный двигатель на постоянных магнитах это попытка уменьшить вес и габаритные размеры электрической машины, упростить ее конструкцию,

повысить надежность и простоту эксплуатации [4]. Такой двигатель позволяет и значительно увеличить КПД (коэффициент полезного действия) и коэффициент мощности ($\cos\phi$).

Следует заметить, что АД в настоящее время, как правило, снабжаются преобразователями частоты. Как показал проведенный анализ электрооборудования ГЭС, что все асинхронные электроприводы работают в системах ПЧ-АД.

Существенной особенностью двигателей с постоянными магнитами является необходимость использования преобразователя частоты при условии, что он оснащен соответствующей системой управления.

На рис. 1 представлены графики экономических показателей эксплуатации электроприводов переменного тока систем «ПЧ-АД» и «ПЧ-СДПМ».

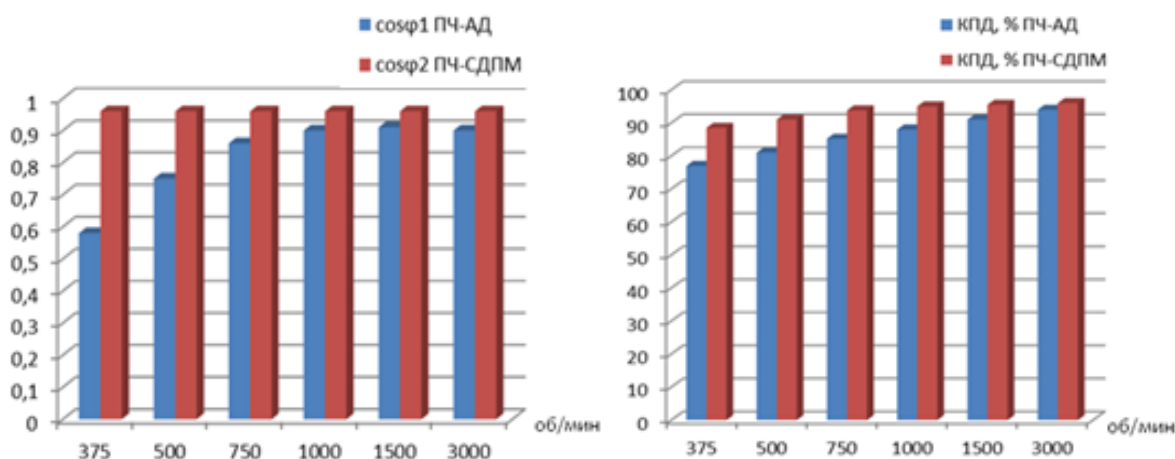


Рисунок 1 – Сравнительный анализ экономических показателей систем «ПЧ-АД» и «ПЧ-СДПМ»

Проведенные расчеты [5] показали, что в режиме работы на пониженной скорости двигатели с постоянными магнитами являются более эффективными, чем асинхронные двигатели. На практике современный двигатель с постоянными магнитами достигает классы эффективности от IE3 до IE4[5].

На рис. 2 представлены графики уменьшения потребления активной энергии и реактивной энергии при замене системы «ПЧ-АД» на «ПЧ-СДПМ» при эксплуатации СДПМ в течение одного месяца, в зависимости от скорости вращения вала электрической машины.

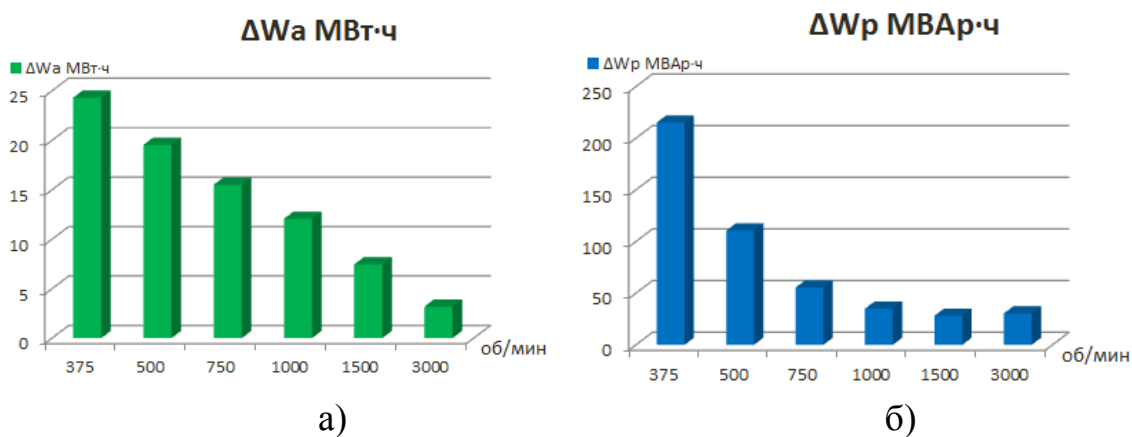


Рисунок 2 – Графики уменьшения потребления активной (а) и реактивной (б) энергии при замене системы «ПЧ-АД» на «ПЧ-СДПМ» в течение одного месяца

Список использованных источников

1. Любицкий А.М., Топчиев А.В. Основные пути повышения энергетической эффективности электроприводов производственных механизмов // «Современная техника и технологии: разработки и их использование в комплексной подготовке специалистов». Материалы V международной научно-практической конференции 22 апреля 2016года. – Невинномысск: ГАОУ «НГГТИ», 2016-442. ISBN -978-5-9644-0242-8.
2. Каталог моделей Duneo – Unidrive M - LSRPM – PLSRPM [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.leroy-somer.com/_popup/en/downloads/catalogues/?id=3909.
3. Описание продукции электродвигателей типа ФЭДС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://izhdrill.ru/assets/files/production/tehopisanie_elektrodvigateli.pdf.
4. Беспалов В.Я. Электрические машины: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / В.Я. Беспалов, Н.Ф. Котеленцев – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательский центр «Академия», 2013. – 320с. ISBN 978-5-7695-8497- 8.
5. Колдаев А.И. Применение двигателей и генераторов на постоянных магнитах // Новые технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности и использованием электрофизических факторов и озона: материалы XII Международной науч.-практ.конф.– Ставрополь: АГРУС Ставропольского гос. аграрного ун-та, 2018. – 176 с.

**ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ СТРУКТУРНОЙ НАДЕЖНОСТИ
ОТДЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
МРСК СЕВЕРНОГО КАВКАЗА**

**INVESTIGATION AND ANALYSIS OF SELECTED ELEMENTS
STRUCTURAL RELIABILITY OF THE NORTH CAUCASUS IDGC
ELECTRIC POWER SYSTEM**

Кабисов А.А., Гудиев Т.Т., Берко И.А.

ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет)», г. Владикавказ,
bia-1995@mail.ru

Kabisov A.A., Gudiev T.T., Berko I.A.

North Caucasian Institute of mining and metallurgy
(State Technological University), Vladikavkaz

Аннотация: В работе рассматривается надежность работы отдельных элементов «Севкавказэнерго» подстанций Правобережного района. Проведено исследование отдельных элементов системы и выполнен анализ структурной надежности рассматриваемого объекта. Для улучшения системы учета и расследования событий, происходящих в электросетевом комплексе страны в ПАО «Севкавказэнерго» предлагается использовать программный комплекс (ПК) «Аварийность».

Abstract: The reliability of work of separate elements of "Sevkavkazenergo" substations of the Pravoberezhny district is considered in the work. A study of individual elements of the system was carried out and an analysis of the structural reliability of the object under consideration was carried out. To improve the system of accounting and investigation of the events taking place in the country's electricity grid complex, PJSC "Sevkavkazenergo" proposes to use the software package (PC) "Emergency".

Ключевые слова: электроэнергетическая система, надежность, «Севкавказэнерго», сети, выключатель, программный комплекс, аварийность.

Key words: power system, reliability, Sevkavkazenergo, networks, circuit breaker, software package, accident rate.

Электроэнергетические системы (ЭЭС) являются составной частью энергетической системы (СЭ) и выполняют основную функцию - надежное обеспечение потребителей электроэнергией требуемого качества при возможно достижимых показателях надежности и экономичности.

Состояние ЭЭС зависит от надежности отдельных элементов, режимов их работы и обслуживания, функционирования коммутационной аппаратуры и др. Проблема надежности сложных систем энергетики и сетей многопланова и может быть охарактеризована комплексом показателей. Причем каждый аспект надежности ЭЭС также характеризуется группой или несколькими взаимосвязанными группами показателей, выбор которых неоднозначен и определяется конкретной задачей [1].

Надежность ЭЭС является комплексным свойством, которое в зависимости от объекта и условий его эксплуатации может включать ряд свойств, основными из которых являются безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость, устойчивоспособность, режимная управляемость, живучесть и безотказность. Для количественной характеристики свойств, составляющих надежность объекта, используются показатели надежности, которые должны быть связаны с единичными свойствами надежности и обеспечить возможной численной характеристикой каждого из них [2]. Единичные показатели надежности применяются, в основном, для характеристики отдельных элементов, а комплексные показатели - для узлов нагрузки и системы в целом.

Накопление статистики отказов элементов ЭЭС и расчет показателей надежности выполняется на основе базы данных. Для персональных компьютеров разработано большое число систем управления реляционными базами данных (СУБД), однако большинство из них предназначено для выполнения конкретных специфических задач.

В энергетике отказы элементов являются редкими событиями и для количественной оценки наработки на отказ рассчитываются средние значения за какой-либо период эксплуатации. Для этого необходимо накопление статистики отказов однотипных элементов (ЛЭП, трансформаторов, высоковольтных выключателей, секций шин, источников питания) за исследуемый период времени. Чем больше этот период времени, тем больше объем статистических данных и выше соответствие расчетных данных показателей надежности элементов ЭЭС реальным условиям их эксплуатации. Однако при построении регрессионных моделей показателей надежности элементов ЭЭС необходимо учитывать старение информации и искажение тенденций изменения их прогнозируемых значений. Проводимые расчеты

многими исследователями показывают, что оптимальным периодом исследования надежности элементов можно считать период 6-8 лет [3].

Филиал ПАО «МРСК Северного Кавказа» – «Севкавказэнерго» (входит в группу компаний «Россети») в 2018 году проведет капитальный ремонт 466,57 км линий электропередачи различного класса напряжения, в том числе 119,13 км ВЛ 35-110 кВ и 347,44 км ВЛ 0,4-10 кВ. Основными подразделениями «Севкавказэнерго» являются: Ардонские районные электрические сети, Архонские районные электрические сети, Алагирские районные электрические сети, Владикавказские городские электрические сети, Дигорские районные электрические сети, Ирафские районные электрические сети, Кировские районные электрические сети, Правобережные районные электрические сети, Октябрьские районные электрические сети, Моздокские районные электрические сети .

В работе рассматриваются отключения отдельных элементов следующих подстанций Правобережного района: г. Беслан, г. Беслан-Северная, г. Беслан-1, с. Заманкул, с. Цалык, с. Ольгинское, с. Хумулаг, с. Коста

За период с 2013 г. с 2018 г получена информация по отключению воздушных линий, масляных выключателей, приведенная в таблице 1 (выборочно).

Таблица 1

Информация по отключению воздушных линий, масляных выключателей

Дата	Наименование п/с	Присоединение, отключившееся автоматически	Время		АПВ	Включение вручную	Работа защит	Причина отключения
			отключения	подключения				
17.01.13	Беслан	ВВ 6 Ф 13	15:00	15:11		РВ	ТС не прошел	Опора 5/7 изолятор соскочил с крюка
26.01.13	Заманкул	МВ 10кВ Ф 2	8:00	12:05		ВР	МВ ТС не прошел	Тп 2-8 сгорели ПК
	Хумалаг	МВ 10	1:32	2:10		ВР	МВ ТС не прошел	Опора 102 провод на траверсе
10.02.13	ПС Ольгинская	14 В 6кВ Ф 6	20:30	21:40		ВР	МТЗ	Сильный порывистый ветер
	Цалык	МВ 10 Ф 1	10:58	11:35	б/у	ВР	НВ бл ж т/с не прошло	
08.04.13	пс. Коста	МВ 10кВ Ф-4	15:00			ВР	МТЗ	Ветер
28.03.14	Коста	Ввод 10кВ	4:20	5:00		ВР	МТЗ	
27.01.15	Коста	В 10 Ф-4	6:30	7:04	б/у	РВ	МТЗ 17А	Дождь
22.02.15	Беслан	ВВ-6 Ф-7	17:55	18:31	б/у	РВ	МТЗ12ос	Повреждение в Горсети
7.05.16	Ольгинское	Вв-6 Ф-6	16:41	17:43	б/у	РВ	МТЗ 43А	Ливень

15.05.16	Беслан	T-2	19:33	19:44		PВ	ФЗл ось защ T-2	ТВ антенна упала на ввод 6кВ T-2
24.05.16	Хумалаг	МВ-10 Ф-6	18:30	19:40	б/у	PВ	МТЗ	Гроза, сильный ветер, В ТП 6-7 перегорели 2 ПК
30.05.16	Хумалаг	ВВ-10 Ф-6	15:20	16:22	б/у	PВ	МТЗ	Сильный ветер, гроза
		Ф-5	5:15					КЗ на ВЛ
9.02.17	Хумалаг	ВВ Ф-8	7:45	14:50		PВ	МТЗ 1А	Обрыв в пролете 101- 104 3 пролета
17.08.17	Цалык	Ф-4-10	5:45	6:55		PВ	МТЗ 7А	ТП 4-8 Цалык 2, ПК фазы "В" и "С"
30.08.17	Беслан	ВВ-6 Ф-11	20:52	20:56		PВ	МТЗ	Гроза, молния рядом с ПС
9.01.18	Заманкул	МВ-10 Ф-2	16:25	21:00	б/у	PВ	МТЗ	ТП-2 сгорели ПК
1.02.18	Хумалаг	ВВ-10 Ф-1	23:40	0:20	б/у	PВ	МТЗ	ТП 1 разрушение разъединителя
		ВВ-10 Ф-4	3:53	5:46	б/у	PВ	МТЗ	Опора 58 повреждена ШУ 432
4.03.18	Заманкул	МВ-10 Ф-5	7:15	8:24	б/у	PВ	МТЗ	Сильный ветер
14.03.18	Ольгинское	МВ-6 Ф-5	10:41	13:12	б/у	PВ	МТЗ 3А	Повреждений не обнаружено
3.04.18	Беслан	ВВ-6 Ф-12	0:30	0:58	б/у	PВ	МТЗ	
	Заманкул	МВ-10 Ф-5	2:40	4:15	б/у	PВ	МТЗ	Опора 59 обрыв вязки провода при сильном ветре
18.05.18	Беслан	ВВ-6 Ф-12	16:24	17:13	б/у	PВ	МТЗ 4А	
20.05.18	Цалык	МВ-10 Ф-5	15:20		б/у	PВ	МТЗ	Сильный дождь

Приведенные в таблице данные используются в дальнейшем для анализа структурной надежности отдельных элементов электроэнергетической системы МРСК Северного Кавказа.

В настоящее время в ПАО «Севкавказэнерго» будет использоваться программный комплекс (ПК) «Аварийность» (рис.1), который является информационным интегрированным продуктом на основе интернет-технологий, разработанный для улучшения системы учета и расследования событий, происходящих в электросетевом комплексе страны. Система определяет порядок взаимодействия оперативного персонала ОАО «Россети» с производственным персоналом дочерних обществ, участвующим в

расследовании технологических нарушений (аварий), при фиксации событий, связанных с изменением нормальной схемы электрических сетей или отклонением от установленного технологического режима работы объектов электросетевого хозяйства. Использование ПК «Аварийность», с учетом типовых требований по взаимодействию оперативного персонала с персоналом, участвующим в расследовании технологических нарушений, обеспечивает фиксацию всех отключений в электросетевом комплексе.

Для повышения надежности элементов электроэнергетической системы (ЭЭС) обычно устанавливают устройства автоматики (АПВ, АВР, АРЧ), поэтому можно определить средние показатели надежности отдельно для элементов с устройствами автоматики и без них. Это позволяет количественно оценить эффективность мероприятий по повышению надежности элементов [4-6].

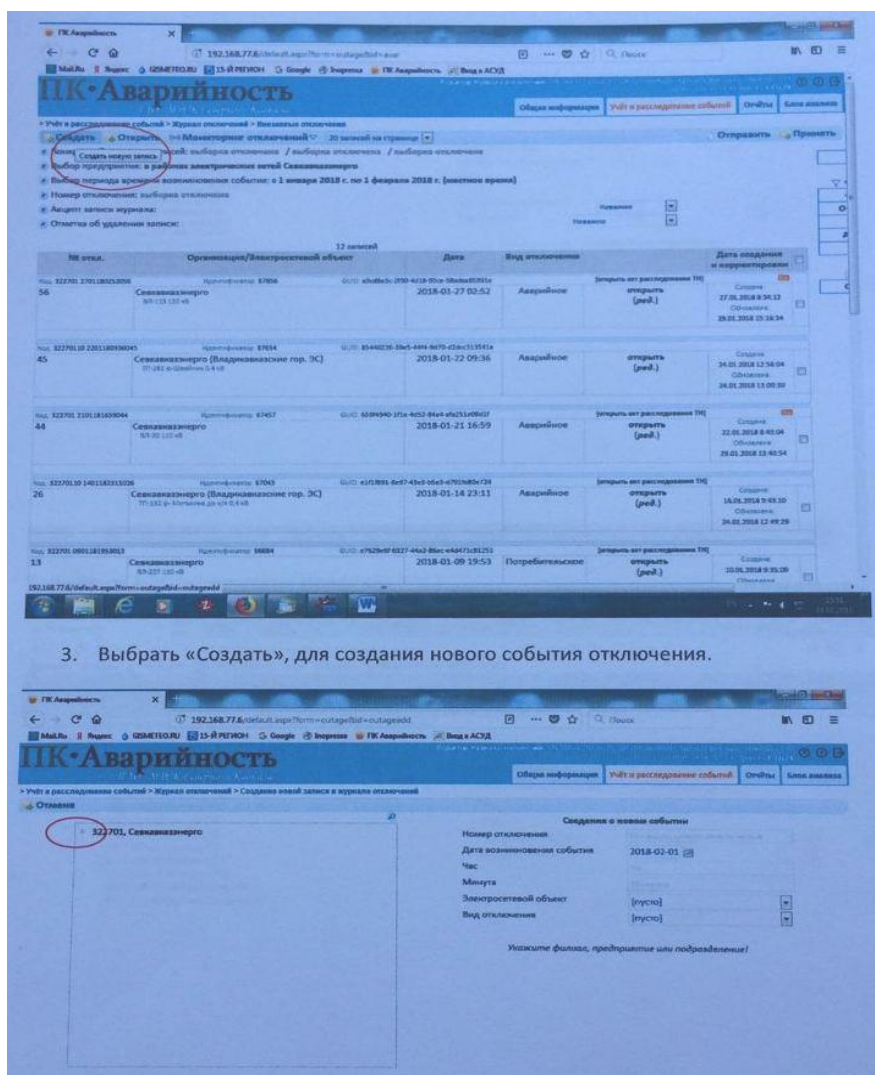


Рисунок 1 – Программный комплекс «Аварийность»

Список использованных источников

1. Васильев И.Е. Надежность электроснабжения: учебное пособие для вузов. — М.: Издательский дом МЭИ, 2013. — 172 с.
2. Баширов И.А., Темиров П.Г. Прогнозирование надежности электроснабжения потребителей на основе ретроспективных данных // Надежность и качество. 1984. №2. С. 57-58.
3. Хорольский, В. Я. Надежность электроснабжения: учебное пособие / В. Я. Хорольский, М. А. Таранов. Москва: ФОРУМ; ИНФРА-М, 2013. – 128 с.
4. Клюев Р.В., Сахаров Д.С. Вероятностная модель расчета надежности в системе электроснабжения городов // Исследования по современному анализу и математическому моделированию / отв. ред. Ю.Ф. Коробейник, А.Г. Кусраев. – Владикавказ: Владикавказский научный центр РАН и РСО-А, 2008, с. 338-343.
5. Клюев Р.В., Соколов А.А. Анализ показателей надежности электроэнергетической системы // Международный научно-исследовательский журнал = Research Journal of International Studies. 2013. №8(15). Часть 2. С. 65-66.
6. Клюев Р.В., Васильев И.Е., Курдуманов Д.А. Обеспечение надежности электроснабжения потребителей на основе ретроспективного анализа // Сборник материалов Всероссийской молодежной научной конференции «Актуальные проблемы разработки и применения новых материалов и технологий». 25-26 сентября 2013 года. – Саратов: ООО «Издательский центр «Наука», 2013. С. 78-82.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ
НА ПОДСТАНЦИЯХ ФСК ЕЭС РФ**

**USE OF MICROPROCESSOR RELAY PROTECTION AT SUBSTATIONS
OF THE FEDERAL GRID COMPANY OF THE UNIFIED ENERGY
SYSTEM OF THE RUSSIAN FEDERATION**

Путилин А.С., Шабанов Г.Г. Берко И.А.

ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный техно)»,
г. Владикавказ,
bia-1995@mail.ru

Putilin A.S., Shabanov G. G., Berko I.A.

North Caucasian Institute of mining and metallurgy
(State Technological University), Vladikavkaz

Аннотация: В работе рассматривается использование микропроцессорной релейной защиты на подстанциях филиала ПАО «ФСК ЕЭС» - подстанции 330 кВ «Владикавказ-2».

Abstract: The paper considers the use of microprocessor relay protection at substations of the branch of PJSC "FGC UES" - substation 330 kV "Vladikavkaz-2".

Ключевые слова: микропроцессорные устройства, подстанция, реконструкция, дифференциально-фазная защита.

Key words: microprocessor devices, substation, reconstruction, differential-phase protection.

За последние десятилетия электроэнергетика развивалась и продолжает развиваться очень быстрыми темпами: увеличиваются мощности потребителей и протяженность ЛЭП, повышаются требования к качеству и надежности работы энергосистем. В связи с этим все большую роль в обеспечении электроснабжения играют системы защиты, управления и контроля.

Развитие микропроцессорной техники не обошло стороной и электроэнергетику. В настоящее время широко применяются новые устройства релейной защиты и автоматики, основанные на цифровых компонентах [1].

Филиал ПАО «ФСК ЕЭС» – МЭС Юга – осуществляет ремонтно-эксплуатационное обслуживание магистральных электрических сетей на территории Южного и Северо-Кавказского южных округов общей площадью 440 тыс. кв. км.

МЭС Юга отвечает за бесперебойную работу более 13 тыс. линий электропередачи и 87 подстанций 110 кВ-500 кВ общей трансформаторной мощностью 30 тыс. МВА, 204 ТП 10 кВ, 14 РП 10 кВ, 15 РТП напряжением 10 кВ.

В зону обслуживания объектов Ставропольского ПМЭС на территории СКФО входит Республика Северная Осетия – Алания, а именно ПС 330 кВ «Владикавказ-500» и ПС 330 кВ «Владикавказ-2». На этих подстанциях в процессе реконструкции переходят на новые поколения цифровых систем релейной защиты и автоматики, которые интегрируются в единый комплекс управления электроустановкой, коммерческого учета и защиты. Такие устройства в составе АСУ ТП являются технологически более совершенными и позволяют вывести управление производственным процессом на совершенно новый уровень.

Создание микропроцессорных реле дало возможность сконструировать компактные устройства защиты и автоматики с расширенной функциональностью и высокой надёжностью. Рабочие программы и алгоритмы регулирования закладываются в память микропроцессорного устройства. Компьютерные программы служат не только для обеспечения рабочего режима реле, но и для дистанционной настройки и проведения обслуживающих работ [2].

Филиал ПАО «ФСК ЕЭС» на подстанции 330 кВ «Владикавказ-2» выполняет комплексную реконструкцию энергообъекта. В результате модернизации подстанции значительно возрастет надежность электроснабжения Республики Северная Осетия – Алания.

На ПС «В-2» будут установлены микропроцессорные устройства релейной защиты и противоаварийной автоматики, современные системы связи, аккумуляторные батареи, щиты собственных нужд и постоянного тока. В целях повышения точности учета передаваемой электроэнергии будет применена автоматизированная информационно-измерительная система коммерческого учета электроэнергии. Кроме того, будет установлена автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУТП), с помощью которой диспетчеры подстанции смогут удаленно управлять работой оборудования.

На сегодняшний день приоритетным участком реконструкции релейной защиты и автоматики ПС «В-2» является ВЛ 330 кВ «Нальчик - Владикавказ-2». Рассмотрим микропроцессорную РЗ для этого участка.

ПС 330 кВ Владикавказ-2 ОРУ 330 кВ выполнена по схеме «Две рабочие и обходная система шин» с двумя автотрансформаторами АТ1 и АТ3 3301110/10 кВ мощностью 200000 кВА, обходным и шиносоединительным выключателями и четырьмя ВЛ - к ПС 330 кВ Грозный, к ПС 500 кВ Невинномысск, к ПС 330 кВ Владикавказ-500 и к ПС 330 кВ Нальчик.

На ВЛ 330 кВ «Нальчик - Владикавказ-2» предусмотрена установка микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики (РЗА) отечественного производства ООО НПП «ЭКРА» типа ШЭ271 о, для обходного выключателя 330 кВ предусмотрена установка микропроцессорных устройств РЗА производства подразделения компании «General Electric» GE Multilin [5].

Использование микропроцессорных устройств на «В-2» дает существенные преимущества, такие как:

- в одном устройстве существует возможность осуществления как функции РЗА, так и ряда вспомогательных функций - регистрации процессов (осцилографирование), определения места повреждения;
- реализацию новых принципов действия, а также улучшение характеристик при использовании традиционных принципов действия;
- удобство при наладке и эксплуатации, значительно сокращает сроки вывода на проверку;
- высокий коэффициент готовности в сочетании с возможностями большого числа комбинаций разнообразных функций;
- наличие систем самодиагностики, функционального или тестового контроля;
- разнообразные интерфейсы связи человек-машина приближают микропроцессорные устройства к пользователю и позволяют интегрировать микропроцессорные устройства РЗА в АСУ ТП;
- малые массогабаритные показатели;
- низкие значения потребляемой мощности по цепям постоянного и переменного тока, переменного напряжения.

На ВЛ 330 кВ Нальчик Владикавказ-2 со стороны ПС 330 кВ Владикавказ-2 предусматривается установка комплекса РЗА ВЛ 330 кВ (защит и автоматики управления выключателями линии), выполненного на современной микропроцессорной базе производства ООО НПП «ЭКРА». В качестве основной быстродействующей защиты со стороны ПС 330 кВ Владикавказ-2 установлена дифференциально-фазная высокочастотная защита в виде шкафов типа ШЭ2710 582. Релейная часть основной защиты выполнена

на базе микропроцессорного терминала БЭ2704V582. Программное обеспечение предназначено для использования терминала в качестве основной быстродействующей защиты на двухконцевых линиях напряжением 330-750 кВ, оборудованных устройствами однофазного автоматического повторного включения (ОАПВ) и трехфазного автоматического повторного включения (ТАПВ), при всех видах КЗ.

Терминал дифференциально-фазной защиты осуществляет сравнение сформированных по концам линии токов с использованием высокочастотного канала связи по ВЛ.



Рисунок 1 – Микропроцессорные устройства «ЭКРА»

Основная защита ВЛ 330 кВ действует при всех видах коротких замыканий (КЗ) в защищаемой зоне и не срабатывает при внешних КЗ, качаниях, неполнофазных режимах, реверсе мощности, асинхронном режиме работы ВЛ, несинхронных включениях и режимах одностороннего включения без КЗ.

Повторный пуск защиты по цепи отключения трехфазных КЗ при отключении трехфазных КЗ на смежных элементах отсутствует (селективность при трехфазных КЗ). При нарушении цепей напряжения излишние и ложные срабатывания защиты отсутствуют.

Учитывая наличие на ВЛ 330 кВ емкостной проводимости, с целью выравнивания токов, подводимым к обоим полуконструкциям защиты в составе шкафа ШЭ2710 582 при внешних КЗ, в каждом полу комплекте предусмотрена компенсация половины емкостного тока в подводимых к пусковым органам и органу манипуляции токах ("электрический вынос" трансформаторов тока на середину ВЛ).

Для осуществления функций резервных защит и ОАПВ ВЛ 330 кВ «Нальчик - Владикавказ-2» со стороны ПС 330 кВ Владикавказ-2 предусматривается установка двух шкафов типа ШЭ2710 521. Шкаф ШЭ2710 521 состоит из одного комплекта, выполненного на базе терминала БЭ2704V521. Шкаф содержит трехступенчатую дистанционную защиту (ДЗ), четырехступенчатую токовую направленную защиту нулевой последовательности (ТНЗНП), междуфазную токовую отсечку (МФО) и реализует функции ОАПВ линии. Реализовано ускорение работы защит путем взаимодействия с аналогичными защитами, установленными на другом конце линии, с использованием высокочастотных сигналов телеотключения и телеускорения.

Шкаф типа ШЭ2710 582 предназначен для защиты линий электропередачи напряжением 330- 750 кВ.



Рисунок 2 – Основная высокочастотная защита линии

(шкаф типа ШЭ2710 582)

Шкаф содержит:

- Основную высокочастотную дифференциально-фазную защиту линии (ДФЗ);
- Токową защиту ненаправленную в зоне автотрансформатора (ТЗН);
- Максимальную токовую защиту (МТЗ);

- Устройство однофазного автоматического повторного включения (ОАПВ).

Защита содержит релейную и высокочастотную части.

Релейная часть защиты выполнена на базе микропроцессорного терминала серии БЭ2704V582. Программное обеспечение предназначено для использования терминала в качестве основной быстродействующей защиты на двухконцевых линиях напряжением 330-750 кВ, оборудованных устройствами ОАПВ (однофазного автоматического повторного включения) и ТАПВ (трехфазного автоматического повторного включения) при всех видах короткого замыкания. В состав высокочастотной части входят: приемопередатчик, обеспечивающий передачу ВЧ сигналов по линии, и аппарата автоматического контроля канала связи [4].

Высокочастотная аппаратура располагается отдельно от релейной части шкафа.

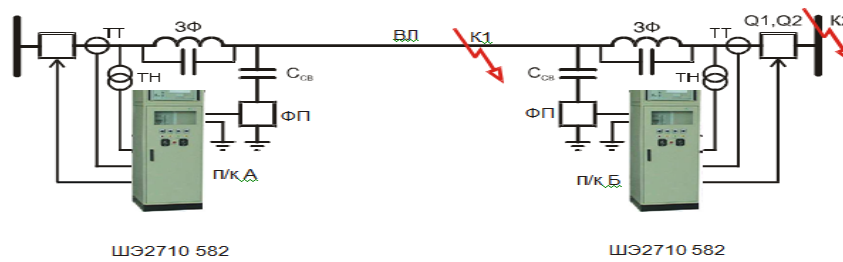


Рисунок 3 – Высокочастотная дифференциально-фазная защита

Принцип действия ДФЗ основан на сравнении фаз токов по обоим концам защищаемой линии, получаемых от комбинированных фильтров токов $I_1 + kI_2$.

Фаза тока передаётся по защищаемой линии с одного её конца на другой с помощью токов высокой частоты.

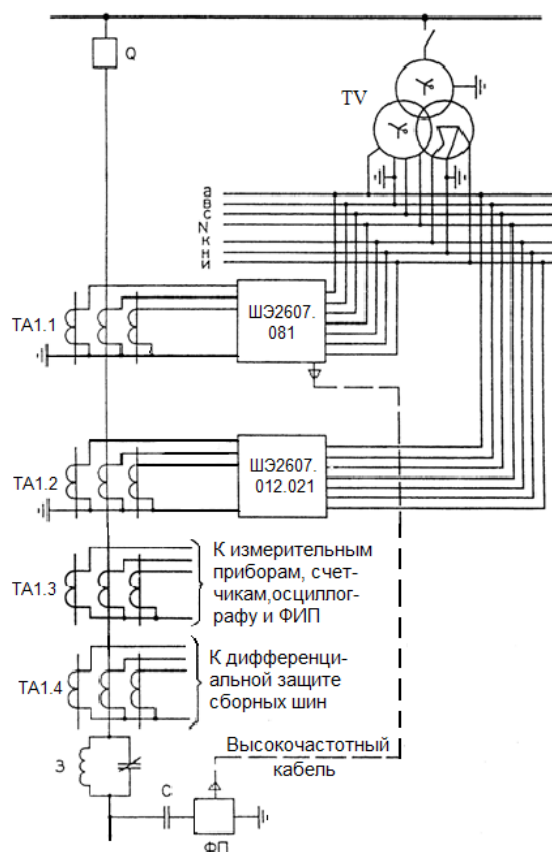


Рисунок 4 – Схема подключения высокочастотной дифференциально-фазной защиты

В нормальном режиме работы ВЛ все пусковые органы обоих полукомплектов защиты, установленных по концам линии, находятся в несработанном состоянии, т.к. их уставки отстраиваются от нагрузочного режима с учётом допустимых небалансов. Выходные цепи защит находятся в несработанном состоянии, и ВЧ передатчики полукомплектов не запущены. Пуск ДФЗ и подготовка цепей отключения осуществляются от пусковых органов, которые в свою очередь реагируют на ток обратной последовательности, а также на аварийные составляющие тока обратной и прямой последовательности. При КЗ в зоне действия защиты происходит отключение выключателей линии или производится пуск устройства ОАПВ, которое, в зависимости от вида повреждений, отключает одну или три фазы выключателей. Полноценное устройство ОАПВ, пуск которого происходит от ДФЗ или других защит, может работать как с адаптивной, так и с расчётной паузой повторного включения выключателя первого конца ВЛ. Адаптивность достигается применением специальных органов контроля погасания дуги, определяющих момент погасания дуги на ВЛ с шунтирующими реакторами или без них. Исключение излишнего включения на КЗ выключателя второго конца

линии при неуспешном ОАПВ, осуществляется органами выявления успешности включения. Определение повреждённой фазы линии в устройстве ОАПВ производится избирателями на дистанционном принципе.

С целью исключения ложных отключений защищаемой линии при внешних повреждениях в энергосистеме производится выравнивание токов, подводимых к двум полуконтактам защиты, путём компенсации ёмкостного тока ВЛ. Компенсация выполнена с учётом частотных свойств протяжённых ВЛ сверхвысокого напряжения (СВН).

В устройстве используется отстройка от ВЧ помех, вызванных короной на проводах линий СВН, что улучшает помехозащищённость ВЧ канала связи и повышает надёжность работы ДФЗ на отключение повреждения.

В соответствии с ПУЭ в устройстве предусмотрено аварийное осцилографирование аналоговых сигналов тока усилителя мощности ВЧ передатчика и выхода ВЧ приёмника. Защита действует на отключение при всех видах КЗ в защищаемой зоне и не действует при внешних КЗ, качаниях, неполнофазных режимах, реверсе мощности, асинхронном режиме работы ВЛ, несинхронных включениях и режимах одностороннего включения без КЗ. При нарушении цепей напряжения излишние и ложные срабатывания защиты отсутствуют [3].

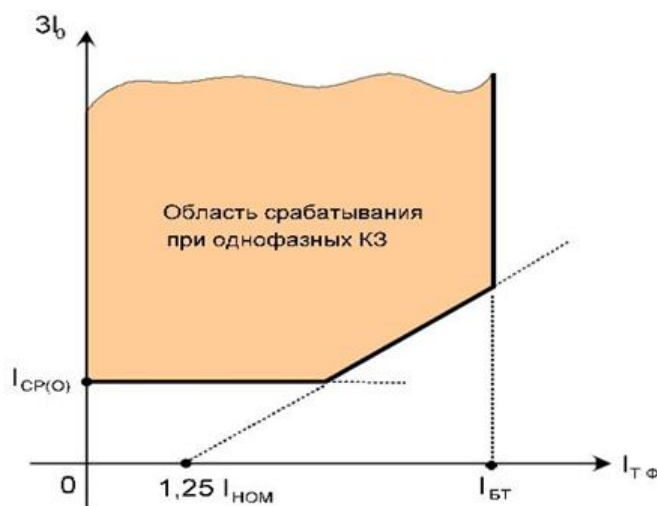


Рисунок 5 – Характеристики срабатывания исполнительного органа

Сопровождающие сопротивления $Z_{от}$ включены на межфазные напряжения U_{AB} , U_{BC} , U_{CA} и соответствующие разности фазных токов $I_A - I_B$, $I_B - I_C$, $I_C - I_A$.

Реактивное и активное сопротивление соответствующей петли КЗ $X_{\phi_1\phi_2} = \omega * L_{\phi_1\phi_2}$ и $R_{\phi_1\phi_2}$ рассчитывается на основе решения

дифференциального уравнения ВЛ для металлического замыкания между фазами :

$$U_{\Phi_1} - U_{\Phi_2} = L_{\Phi_1\Phi_2} \left(\frac{di_{\Phi_1}}{dt} - \frac{di_{\Phi_2}}{dt} \right) + R_{\Phi_1\Phi_2} (i_{\Phi_1} - i_{\Phi_2}),$$

где Φ - фаза А, В, С

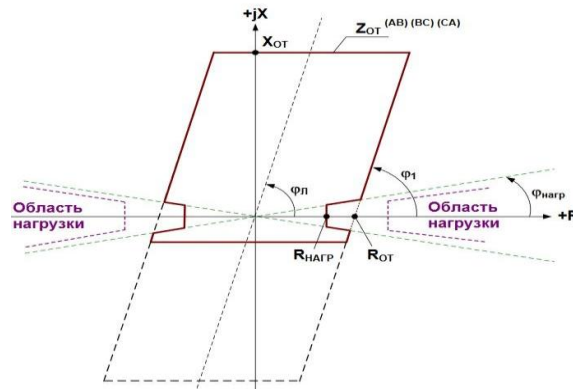


Рисунок 6 – Векторная диаграмма сопротивлений

Реактивное и активное сопротивление в схеме замещения прямой последовательности соответствующей петли замыкания на землю $X_{\Phi} = \omega * L_{\Phi}$ и R_{Φ} рассчитывается на основе решения дифференциального уравнения ВЛ :

$$U_{\Phi} = L_{\Phi} \left[\frac{di_{\Phi}}{dt} + k_{у\text{м}} * \left(k_X \frac{d3i_{0''}}{dt} \right) \right] + R_{\Phi} \left[i_{\Phi} + k_{у\text{м}} * (k_R * 3i_{0''} + k_{M\text{R}} * 3i_{0''}) \right],$$

где $k_X = KK_X * \frac{X_0 - X_1}{3 * X_1}$, $k_R = KK_R * \frac{R_0 - R_1}{3 * R_1}$, $k_{M\text{X}} = \frac{X_{M''}}{3 * X_1}$, $k_{M\text{R}} = \frac{R_{M''}}{3 * R_1}$,

KK_X - корректирующий множитель коэффициента компенсации тока $3I_0$ по X,

KK_R - коэффициент компенсации тока $3I_0$ по R,

$k_{у\text{м}}$ - коэффициент степени компенсации токов нулевой последовательности.

$X_0, X_1, R_0, X_{M''}, R_{M''}$ - удельные сопротивления линии нулевой последовательности и прямой последовательностей и взаимоиндукции с параллельной линией, соответственно (Ом/км).

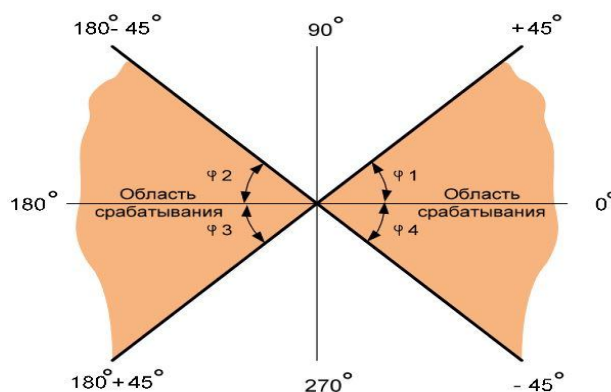


Рисунок 7 – Области срабатывания защиты

Компенсация влияния тока параллельной линии блокируется, когда, ток нулевой последовательности параллельной линии I_3 превышает 75 % от тока нулевой последовательности защищаемой линии I_3 .

Выводы

Внедрение микропроцессорной релейной защиты на подстанциях филиала ПАО «ФСК ЕЭС» следующими техническими и экономическими достоинствами [5-7]:

- Многофункциональность.
- Непрерывная самодиагностика и высокая аппаратная надежность. При использовании микропроцессорной релейной защиты практически исключена возможность отказа защиты при повреждениях и ненормальных режимах и, как следствие, предотвращается ущерб от недоотпуска электроэнергии.
- Высокое быстродействие защиты. При использовании ЦР существенно уменьшаются ступени селективности, т.е. повышается быстродействие защит и повышается точность срабатывания.

Список использованных источников

1. Дьяков, А. Ф. Микропроцессорная автоматика и релейная защита электроэнергетических систем. Учебное пособие для вузов / Н. И. Овчаренко. – М.: МЭИ, 2008. - 336 с.
2. Шнеерсон Э.М. Цифровая релейная защита. — М.: Энергоатомиздат, 2007. 549 с.
3. Шмурьев В.Я. Цифровые реле защиты. М.: НТФ "Энергопрогресс", 2009. 56 с.
4. Методические указания по выбору параметров срабатывания устройств РЗА подстанционного оборудования производства ООО Н Басс, Э. И. Релейная защита электроэнергетических систем. Учебное пособие / Э.И. Басс, В.Г. Дорогунцев. – М.: МЭИ, 2002. - 296 с.
5. ПП «ЭКРА». Стандарт организации ОАО «ФСК ЕЭС». 2011г. 215с.
6. Клюев Р.В., Кусов И.Р., Хадонов А.Т., Берко И.А. Расчет токовой отсечки воздушных линий напряжением 110 кВ // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием (Екатеринбург, 12-16 декабря 2016 г.). Екатеринбург: УрФУ, 2016. С. 162-165.
7. Клюев Р.В., Берко И.А. Релейная защита. Учебное пособие по подготовке к лекционным, практическим занятиям, выполнению курсовой работы, лабораторным занятиям и организации самостоятельной работы для студентов, обучающихся по направлениям подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» // Релейная защита. Учебное пособие по подготовке к лекционным, практическим занятиям, выполнению курсовой работы, лабораторным занятиям и организации самостоятельной работы для студентов, обучающихся по направлениям подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», Владикавказ, 2017. – 160 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЧЕТЫРЕХФАЗНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

USINGFOUR-PHASETRANSMISSIONLINES

Бурянина Н.С., Королюк Ю.Ф., Малеева Е.И.

Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова,
г. Якутск

Maleeva.e.i@gmail.com

Buryanina N.S., Koroljuk Y.F., Maleeva E.I.

North-Eastern Federal University named after M.K.Ammosova, Yakutsk

Аннотация: Для сетей 6–35 кВ с изолированной нейтралью предлагается использование четырехфазных воздушных линий электропередачи. Исследования показали, что по рассматриваемым линиям возможна передача мощности примерно в 1,1–1,2 раз большая по сравнению с двумя трёхфазными. Кроме того четырехфазная линия надежнее двухцепной линии, но при этом дешевле примерно в 1,5–1,7 раз, потери мощности в ней меньше примерно в два раза, чем в двухцепной трехфазной.

Abstract: For 6-35 kV networks, the use of four-phase overheads transmission lines is proposed. Research have shown that on the lines under consideration, transmission of power is possible 1.1-1.2 times more than in comparison with two three-phase transmission lines. In addition, the four-phase line is more reliable than the double-circuit line, but at the same time it is cheaper by 1.5-1.7 times, the power loss in it is less than about twice that in the two-circuit three-phase transmission line.

Ключевые слова: передача электроэнергии, четырехфазные линии электропередач, пропускная способность, потери электроэнергии.

Keywords: transmission of electricity; four-phase transmission lines; capacity; power losses.

В отдаленных, труднодоступных районах Дальнего Востока при проектировании электрических сетей, как правило, ориентировались на перспективу 15–20 лет, поэтому линии электропередачи проектировались в габаритах более высокого напряжения, планировалось усилить сеть введением более высоких напряжений, прокладкой новых линий и пр., но этого не произошло. Большинство потребителей подключается к уже построенным

линиям, что приводит к ухудшению показателей качества электроэнергии, увеличиваются потери мощности и энергии в сети, снижается надежность электроснабжения. Зачастую приходится дополнительно сооружать источники питания, что приводит к увеличению себестоимости электроэнергии. Не так давно, линии 35 кВ имели протяженность 200 километров и более, а линии 10 кВ и сейчас имеют длину до 50 километров.

Проведены исследования четырехфазных воздушных линий электропередачи для сетей с изолированной нейтралью напряжением 6-35 кВ. По предложенным линиям можно передавать большую мощность, примерно в 1,1–1,2 раз, чем по двум трехфазным. Четырехфазная линия обладает надежностью двухцепной линии, но при этом дешевле примерно в 1,5–1,7 раз, потери мощности в ней меньше примерно в два раза, чем в двухцепной трехфазной. Данная особенность объясняется тем, что четырехфазная линия выполняется четырьмя проводами, а две трехфазных – шестью. Предлагаемая четырехфазная линия электропередачи является компромиссным решением проблемы электроснабжения сельских потребителей. При этом для ее осуществления не требуется разработка нового оборудования. По существу, она является сдвоенной линией «два провода – земля» (ДПЗ), впервые предложенной в 30-х годах прошлого века [1]. Напряжения и токи в одной линии ДПЗ соответственно равны по величине и противоположны по направлению напряжениям и токам в другой. Существенным отличием четырехфазной линии от линии ДПЗ является отсутствие тока в земле [2]. Принципиальная возможность осуществления четырехфазной линии электропередачи проверена на физической модели напряжением 1,2 кВ, собранной из 12 однофазных трансформаторов, нагруженных на симметричную активную нагрузку [3-4].

Конструкция четырехфазной линии электропередачи зависит от класса напряжения. Линия 35 кВ может быть выполнена либо на П-образных опорах, либо на двух отдельных стойках по два провода на каждой. Последние должны быть разделены расстоянием, чтобы при падении одной стойки вторая не пострадала. Это, во-первых, исключает короткое замыкание всех четырех фаз, а значит, при повреждении двух фаз линия может быть переведена в режим ДПЗ, и сохранится передача части мощности. Во-вторых, можно предусмотреть ремонт линии по частям (по две фазы) с сохранением электроснабжения потребителей оставшимися двумя фазами по системе ДПЗ. В этом случае по надежности четырехфазная электропередача сопоставима с двумя цепями трехфазной.

Линии 6 и 10 кВ можно выполнить на одной стойке с вертикальным расположением проводов, увеличив высоту опоры на метр или на двух стойках, как и линию 35 кВ.

Недостатком четырехфазной линии является обязательная необходимость иметь два трансформатора на каждой нагрузке и источнике питания, иначе при отключении одного появляется ток в земле, что приводит к несимметрии и перенапряжению[5].

Этот недостаток устраняется, если выполнить линию пятипроводной с заземленным пятым проводом. В этом случае токи нулевой последовательности будут протекать по этому проводу. Если трансформаторы нагрузок подключать к разным цепям, ток в пятом проводе будет небольшим и пятипроводная линия по условиям режима будет мало отличаться от четырехфазной[6].

Выполненные исследования показали, что:

– четырехфазные линии электропередачи по надежности сопоставимы с двухцепной трехфазной линией, а по затратам на сооружение – с одноцепной трехфазной.

– четырехфазные электропередачи по сравнению с двухцепными трехфазными имеют в 1,3 – 1,5 раз меньшие потери мощности.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ и Субъекта РФ - Республики Саха (Якутия) № 18-48-140 010.

Список использованных источников

1. Бенар П.П. Электропередача «два провода – земля» // Электричество. 1933. № 20. С. 13–20.
2. Андреев В.В. Четырехфазная схема электропередачи с трехфазными трансформаторами // Электричество 1952. № 1. С. 15-17.
3. Пат. 2256273, Российская Федерация, МПК7 Н 02 J 3/00, 3/04. Электрическая система / Н.С. Бурянина, Е.В. Бурянина, Ю.Ф. Королюк, В.Л. Олесова, Л.А. Олесов; заявитель и патентообладатель Н.С. Бурянина, Е.В. Бурянина, Ю.Ф. Королюк. № 2003132023/09; заявл. 31.10.2003; опубл. 10.07.2005 Бюл. № 19.
4. Бурянина Н.С., Королюк Ю.Ф., Лесных Е.В., Шеметов А.И. Четырехфазные линии электропередачи // Новости электротехники. 2005. № 1(31). С. 3 – 6.
5. Бурянина Н.С., Королюк Ю.Ф., Лесных Е.В. Использование линий электропередачи по схеме «два провода – земля» // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2017. Т. 21. № 3. С. 91–99. DOI: 10.21285/1814-3520-2017-3-91-99
6. Патент № 2558697, Российская федерация, МПК H2J 3/00 (2006.01). Четырехфазная пятипроводная линия электропередачи / Н.С. Бурянина, Ю.Ф. Королюк, Е.В. Лесных; заявитель и патентообладатель Н.С. Бурянина, Ю.Ф. Королюк, Е.В. Лесных. № 2014105406/07; заявл. 13.02.2014; опубл. 10.08.2015 Бюл. № 22.

**ЕМКОСТНОЙ ОТБОР МОЩНОСТИ ОТ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ
110 кВ И ВЫШЕ ДЛЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ «МАЛОЙ» МОЩНОСТИ**

**CAPACITY POWER SELECTION FROM ELECTRIC TRANSMISSION
LINES 110 KV AND ABOVE FOR CONSUMERS OF "SMALL" CAPACITY**

Рожина М.А., Бурянина Н.С.

Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова (СВФУ),
г. Якутск, djmik_90@bk.ru

Rozhina M.A., Buryanina N. S.

North-Eastern federal university in Yakutsk (NEFU), Yakutsk

Аннотация: Электроснабжение северных территорий является серьезной проблемой из-за удаленности объектов, в основном небольших населенных пунктов, зачастую ограниченных единицами или несколькими десятками домов. Линии электропередачи высокого напряжения 110 кВ, а таких линий на Севере большинство, прокладываются, как правило, вдоль дорог, к которым привязаны и населенные пункты. Отбор мощностей до 30 – 50 кВт, для электроснабжения малых населенных пунктов от линий 110 кВ связано с большими затратами. Альтернативным решением проблемы электроснабжения без строительства мощных трансформаторных подстанций и использования дизельных генераторов является емкостной отбор мощности от линии электропередачи.

Abstract: Power supply of northern territories is a serious problem because of remoteness of the objects, generally small settlements often limited to units or several tens houses. Power lines of a high voltage of 110 kV, and such lines in the north the majority, are laid, as a rule, along roads to which also settlements are attached. Selection of capacities to 30 – 50 kW, for power supply of small settlements from lines of 110 kV it is connected with big expenses. An alternative solution to the problem of power supply without the construction of powerful transformer substations and the use of diesel generators is the capacitive selection of power from the transmission line.

Ключевые слова: конденсатор; передача электрической энергии; выбор мощности; высоковольтные линии; мощность; трансформатор.

Keywords: condense;, transfer of electric energy; selection of power; high-voltage lines; capacity; transformer.

Северный энергорайон, который занимает 2/3 территории всей республики (2,2 млн. км²). Общая установленная мощность – 184,9 МВт (электроэнергия) и 92,4 Гкал/ч (теплоэнергия). Основными источниками являются дизельные электростанции, но, кроме этого есть 8 солнечных электростанций (285 кВт) и 2 ветроэнергетических установки (290 кВт). Из-за большого количества ДЭС (120) остро стоит проблема завоза топлива, и соответственно высока себестоимость электроэнергии.

В связи с выше изложенным можно сказать, что из-за слабой заселенностью территории Республики. Линии электропередачи 110 – 220 кВ прокладываются вдоль дорог, на которых имеются населенные пункты из нескольких домов, геологические партии, сельскохозяйственные угодья и лесоперерабатывающие станции. Строить подстанции с трансформаторами с учетом их эксплуатации экономически не целесообразно. Поэтому такие населенные пункты снабжаются электроэнергией от малых дизельных генераторов. Квалифицированного обслуживания, как правило, нет. Поэтому часты отключения.

Сложная инфраструктура и транспортная схема завоза топлива; большая протяженность и загруженность линий электропередач, резко-континентальный климат с перепадами температур от -50С до +45С – все эти факторы негативно сказываются на качестве электроэнергии. Высока вероятность аварий из-за ненадежности работы электрических сетей.

Существует несколько вариантов емкостного отбора мощности. Классическая схема емкостного отбора изображена на рис. 1.

Существует несколько вариантов емкостного отбора мощности[1]. Классическая схема емкостного отбора [2] изображена на рис. 1.

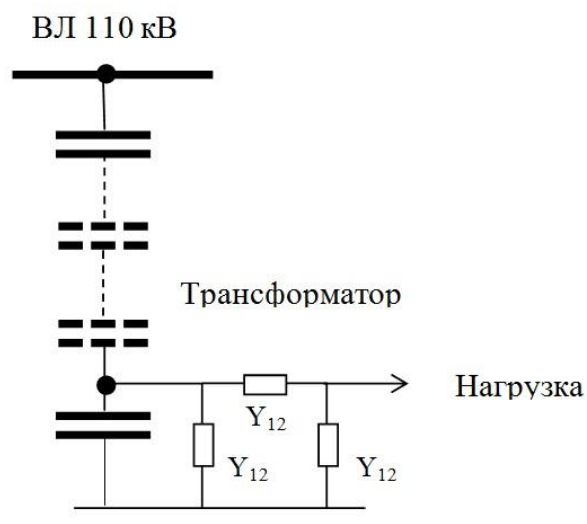


Рисунок 1 – Классическая схема емкостного отбора мощности

Величина отбираемой мощности от емкостного отбора зависит от мощности конденсаторов. При высоком напряжении первичной обмотки трансформатора отбора, равном 10 кВ, номинальное напряжение конденсаторов тоже должно быть 10 кВ. Минимальная мощность отечественных конденсаторов на такое напряжение составляет 50 кВАр.

Соответственно и мощность отбора должна быть того же порядка. Если же мощность отбора на порядок меньше, использование описанных схем с точки зрения экономики нецелесообразно.

В связи с выше изложенным можно сказать, что в районах Север-Востока РФ целесообразно выполнять отборы малых мощностей от линий электропередачи 110 – 220 кВ для электроснабжения небольших жилищных объектов, временных горно-геологических партий и баз, пунктов питания сотовой связи и др.

Для этой цели рекомендуется выполнять емкостные отборы мощности, причем емкости включать на напряжение 0,4 кВ к обмоткам низкого напряжения однофазных трансформаторов, обмотки высокого напряжения которых включать последовательно в цепь между фазными проводами линии электропередачи и «землей».

Серьезная проблема, которая требует решения, является отключение емкостного отбора от линии. Устанавливать выключатель дорого. Поэтому рассмотрим отключение отбора разъединителем. На напряжении 110 кВ при расстоянии между полюсами 3,5 м согласно Правил устройств электроустановок можно отключать зарядные токи линии 5 А. Зарядные токи линии, как и токи емкостного отбора, емкостные, поэтому вышеуказанное правило распространяется и на отключение тока отбора в холостом режиме. Гарантировано можно отключать ток холостого хода при мощности трехфазного отбора 150 кВА. При этом ток отключения составит 3 А. Предварительно необходимо отключить нагрузку, что можно выполнить выключателем нагрузки.

Исследования выполнены при финансовой поддержки РФФИ и Субъекта РФ - Республики Саха (Якутия) № 18-48-140 010.

Список использованных источников

1. Булашевич Д.Н., Юренков В.Д. Емкостной отбор мощности от линии электропередачи. – М. Госэнергоиздат, 1959 – 136 с.
2. Устройство емкостного отбора мощности от линии электропередачи [Текст]: пат. 2594890 РФ: МПК H02J 3/04/ Королюк Ю.Ф., Бурянина Н.С., Лесных Е.В., Рожина М.А.; заявители и патентообладатели: Королюк Ю.Ф., Бурянина Н.С., Лесных Е.В. - №2015110388/07; заявл. 23.03.2015; опубл. 20.08.2016, Бюл. № 23.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ
ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ РСО-АЛАНИЯ**

**USE OF RENEWABLE SOURCES OF ENERGY FOR ELECTRIC SUPPLY
OF CONSUMERS OF RSO-ALANYA**

Лысоконь Э.С., Урумов О.Т., Гаврина О.А.

ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (ГТУ)»,
г. Владикавказ

Gavrina-Oksana@yandex.ru

Kardanov I.M., Berko A.A., Sidorov D.V.

North Caucasian Institute of mining and metallurgy
(State Technological University), Vladikavkaz

Аннотация: В статье рассматривается использование солнечной электростанции для обеспечения резервного электроснабжения лаборатории. Дано определение полезной удельной энергии солнца, необходимой для резервного электроснабжения. Проведено исследование наиболее перспективных районов с высоким ветроэнергетическим потенциалом.

Abstract: The paper considers the use of a solar power plant to provide backup power to the laboratory. The determination of the useful specific energy of the sun necessary for backup power supply is given. The study of the most promising areas with high wind energy potential.

Ключевые слова: солнечная электростанция, потенциал, нагрузка, себестоимость капиталовложения.

Key words: solar power station, potential, load, cost of capital investment, wind turbine.

Россия располагает колоссальным потенциалом по всем видам возобновляемых источников энергии, использование которого позволит занять достойное место на глобальном рынке технологий новой энергетики, однако очевидна необходимость актуализации величин оценок экономического потенциала ресурсов ВИЭ в России в связи с крайне быстрым развитием и обновлением технологической базы возобновляемой, в частности, солнечной и ветроэнергетики.

Такой ресурсный потенциал стал основанием для включения развития возобновляемой энергетики в число приоритетных направлений в Энергетической стратегии России на период до 2030 года.

Однако по данным Минэнерго России на сегодняшний день доля ВИЭ в производстве электроэнергии составляет всего 1%, что ставит нашу страну на последние позиции в мировом рейтинге. Не вызывает сомнений тот факт, что достижение декларируемых целевых показателей будет невозможным без введения необходимых мер государственной поддержки. При этом в экспертном сообществе не утихают дискуссии об экономической целесообразности мер государственной поддержки возобновляемой энергетики, особенно для России – страны, богатой углеводородными ресурсами [2].

Необходимо также отметить, что в мае 2013 года Правительством Российской Федерации были введены меры стимулирования в отношении объектов генерации, функционирующих на основе ВИЭ и работающих на оптовом рынке электроэнергии и мощности. В соответствии с принятыми нормативными правовыми актами, в рамках данного механизма поддержки в Российской Федерации должно быть введено 5,9 ГВт мощности объектов генерации на основе ВИЭ, при этом 1,5 ГВт – солнечных электростанций.

На кафедре «Электроснабжение промышленных предприятий» имеется большой научно-технический задел по использованию возобновляемых источников электроэнергии для горных территорий РСО-Алания. Особое внимание уделяется солнечной электроэнергетике, как наиболее актуальной и перспективной для автономного электроснабжения потребителей республики [4].

На кафедре разработан учебно-опытный инвестиционный проект, по результатам которого определена полезная удельная энергия солнца, необходимая для резервного электроснабжения лаборатории кафедры и освещения этажа учебного корпуса. Проект был реализован на кафедре и в настоящее время за счет солнечной энергии запитана электротехническая лаборатория, в которой проходят лабораторные и практические занятия студентов.

В проекте рассматривается использование солнечной электростанции для обеспечения резервного электроснабжения лаборатории электроснабжения и электрического освещения кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий» и системы освещения 3-го этажа учебного корпуса №5 ФГБОУ ВО «СКГМИ (ГТУ)».

Основным оборудованием лаборатории являются следующие электротехнические стенды:

Стенды для выполнения лабораторных работ по электроснабжению и электрическому освещению – 4 шт:

1. Изучение и испытание коммутационно-защитной аппаратуры напряжением до 1000 В, стенд 1.
2. Изучение контрольно-измерительных приборов (однофазные и трехфазные счетчики по учету активной и реактивной энергии), схем их подключения к электрической сети, методы компенсации реактивной мощности и регулирования коэффициента мощности, стенд 2.
3. Исследование суточных графиков нагрузки предприятия, стенд 3.
4. Исследование электротермических приборов (ламп накаливания), стартерных и безстартерных схем зажигания люминесцентных ламп, светодиодных ламп (прибор люксметр), стенд 4.

Расчет нагрузки лаборатории приведен в таблице 1.

Таблица 1

Расчет нагрузки лаборатории

Наименование потребителя	Установленная мощность, кВт	Коэффициент использования, $k_{и}$	Расчетная нагрузка, кВт
Стенд 1	2	0,1	0,2
Стенд 2	0,4	0,2	0,8
Стенд 3	0,3	0,1	0,3
Стенд 4	0,2	0,1	0,2
Итого:			1,5

Таким образом, расчетная нагрузка лаборатории составит 1,5 кВт.

Нагрузка системы освещения 3-го этажа учебного корпуса №5 ФГБОУ ВО «СКГМИ (ГТУ)» составляет 0,8 кВт.

Произведен расчет и выбор солнечной электростанции, срок окупаемости проекта составил 6,7 года.

Использование солнечной электростанции для резервного электроснабжения лаборатории учебного корпуса университета можно считать экономически обоснованным, исходя из того, что средний срок окупаемости по РФ для станций подобного типа составляет 17 лет [4].

Экологичность, возобновимость ресурсов, отсутствие затрат на капремонт фотомодулей как минимум в течение первых 30 лет эксплуатации, в перспективе – снижение стоимости относительно традиционных методов получения электроэнергии – все это является положительными сторонами солнечной энергетики. Актуальность тематики проекта также состоит в установлении эффективности солнечного электроснабжения в условиях горных

территорий Северного Кавказа. Благодаря солнечной электростанции можно снизить стоимость электроэнергии для потребителей, сохранить окружающую среду от вредных выбросов, а также в дальнейшей перспективе внедрить солнечные электростанции для всей территории Северного Кавказа.

В энергетических программах развитых стран предусмотрен значительный объём исследований в области ветроэнергетики, направленных на выбор наиболее перспективных районов с высоким ветроэнергетическим потенциалом, разработку методов эффективного применения ветроэнергетических установок, создание новых высокотехнологичных и экономичных материалов ветроустановок с целью повышения надёжности энергоснабжения потребителей, улучшения экономических показателей, а также обеспечения высокой конкурентоспособности ветроэлектрических станций по сравнению с гидро- и теплоэлектростанциями.

Для РСО-Алания проведена оценка использования ветроэнергетического потенциала для электроснабжения потребителей в горных территориях.

Наибольшая среднегодовая скорость ветра по РСО-А наблюдалась в с. Даргавс, поэтому расположим проектируемую ВЭС именно там. Село Даргавс находится на высоте 1 412 м над уровнем моря и является центром Даргавского сельского поселения муниципального образования в Пригородном районе РСО-А. Численность постоянного населения по состоянию на 1 января 2016 года составила 270 человек. В селе есть больница, школа, детский сад, дом культуры, и пожарное депо [3].

Приведены основные характеристики ветра с выводом формулы для расчёта мощности, вырабатываемой ветроагрегатом, с учётом коэффициента использования энергии ветра. Рассмотрены основные материалы лопастей ветроустановок с приведением механических характеристик используемых волокон.

Также дана оценка ветроэнергетического потенциала Республики Северная Осетия-Алания с распределением среднегодовых скоростей ветра по районам республики. Построена роза ветров для местности, в которой находится проектируемая ВЭС – селения Даргавс.

Обобщены схемы генерирования электроэнергии ветроустановками, при этом выделены схемы автономной работы и схемы с подключением ВЭУ к сети. Проведён анализ использования различных типов электрических машин в качестве генераторов ветроустановок с рассмотрением положительных и отрицательных сторон.

Рассмотрено управление ветроэнергетической установкой: ориентация на направление ветра, регулирование мощности и частоты вращения ветродвигателя.

При расчёте ветроэлектростанции учтено изменение скорости ветра с увеличением высоты над поверхностью земли, а также изменение мощности ветроустановки. Произведен расчет и выбор ветровой электростанции, срок окупаемости проекта составил 3,2 года [3].

Благодаря солнечной и ветровой электростанций можно снизить стоимость электроэнергии для потребителей, сохранить окружающую среду от вредных выбросов, а также в дальнейшей перспективе внедрить солнечные электростанции для всей территории Северного Кавказа.

Список использованных источников

1. Возобновляемая энергетика в современном мире: учебное пособие / О.С. Попель, В.Е. Фортов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2015. – 450 с.
2. Баскаков А.П. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учеб. для вузов / А.П. Баскаков, В.А. Мунц; Учеб.- метод. объединение по образованию. - М.: БАСТЕТ, 2013. - 365 с.
3. Клюев Р.В., Турлуев Р.А., Гаврина О.А. Использование ветроэлектростанций для энергообеспечения предприятий нефтегазовой отрасли РСО-Алания. Материалы Международной научно-практической конференции «Достижения, проблемы и перспективы развития нефтегазовой отрасли» (Альметьевск, 25-28 октября 2017 г.). - Альметьевск: Альметьевский государственный нефтяной институт. –2017– 350 с.
4. Клюев Р.В., Гаврина О.А., Лагкуев Д.Х., Теблоев С.К., Цакоев М.Т. Использование нетрадиционных возобновляемых источников электроэнергии в учебном процессе кафедры «электроснабжение промышленных предприятий» при подготовке магистров. Материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти профессора Данилова Н. И. (1945–2015) – Даниловских чтений. Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина. 2017 – 960 с.

**ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ
НА ПРЕДПРИЯТИЯХ РСО-АЛАНИЯ**

**EFFICIENT USE OF ELECTRICITY AT THE ENTERPRISES
OF RSO-ALANYA**

Маркин А.С., Лазариди М.К., Гаврина О.А.

ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет)», г. Владикавказ

Gavrina-Oksana@yandex.ru

Markin A.S., Lazaridi M.K., Gavrina O.A.

North Caucasian Institute of mining and metallurgy
(State Technological University), Vladikavkaz

Аннотация: В статье приведено энергетическое обследование предприятий цветной металлургии РСО-Алания и разработаны мероприятия по энерго- и теплосбережению. Дана общая характеристика объектов завода ОАО «Победит».

Abstract: The work carried out an energy survey of non-ferrous metallurgy enterprises of the Republic of North Ossetia-Alania and developed measures for energy and heat savings. The general characteristics of the facilities of the «Pobedit» plant are given.

Ключевые слова: топливно-энергетические ресурсы, контроль, энергоэффективность, энергоресурсы, энергоаудит.

Keywords: fuel and energy resources, control, energy efficiency, energy resources, energy efficiency.

1. Контроль за рациональным и эффективным использованием топливно-энергетических ресурсов (далее - ТЭР) (природного газа, электрической энергии, воды и тепловой энергии), правильностью ведения учета энергопотребления, а также расчетов с субабонентами и поставщиками ТЭР[3].

2. Определение соответствия расходования и оплаты ТЭР установленным нормам, договорным обязательствам и фактическим показателям энергопотребления.

3. Получение информации для разработки мероприятий по повышению энергоэффективности (программы энергосбережения), а также комплекса мер по изменению структуры и объема энергопотребления и взаимоотношений с субабонентами и поставщиками ТЭР.

Основные задачи энергоаудита

1. Оценка фактического состояния энергопотребления и сравнение показателей использования ТЭР с нормативными значениями.

2. Составление энергетического паспорта и топливно-энергетического баланса организации, прошедшей энергетическое обследование.

3. Выявление причин нерационального и неэффективного использования ТЭР и определение резервов их экономии.

4. Выработка рекомендаций по совершенствованию учета и контроля за расходом ТЭР.

5. Определение правильности расчетов с субабонентами и поставщиками ТЭР за потребленные энергоресурсы, а также возможности сокращения объема потребления ТЭР и расходов по их оплате.

6. Разработка комплекса технических и организационных мероприятий, направленных на повышение энергоэффективности.

7. Определение необходимости проведения дальнейших обследований для решения проблем, выявленных при проведении энергоаудита.

Проведено энергетическое обследование предприятий цветной металлургии РСО-Алания и разработаны мероприятия по энерго- и теплосбережению в соответствии с действующими ГОСТ, приведенных в списке использованной литературы и для удобства восприятия представлены в таблице 1, где они дифференцированы по срокам окупаемости [2].

Таблица 1

Перечень мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности

Наименование мероприятия, вид энергетического ресурса	Годовая экономия энергетических ресурсов		Затраты, тыс. руб.	Средний срок окупаемос- ти, лет	Согласованный срок внедрения, квартал, год	
	в натуральном выражении					в стоимостном выражении тыс. руб. (по тарифу)
	единица измерения	кол-во				
Организационные и малозатратные мероприятия						
Работа по режимной карте, температурному графику (экономия газа за счет оптимальных нагрузок), газ	тыс.м ³	37,5	144,39	0	0	I.2013
Установка расходомеров по воде, пару и сжатому воздуху в основных цехах предприятия, электроэнергия	тыс. кВт·ч	198,46	561,64	500,0	0,89	I.2013
Повышение КПД светильников вследствие их регулярной чистки, электроэнергия	тыс. кВт·ч	198,59	562,01	540,8	0,96	II.2013
В энергоцехе постоянно контролировать плотность электролита и поддерживать её в пределах 1,27-1,29 г/см ³ ; периодически добавлять в электролит бихромат калия (хромпик), электроэнергия	тыс. кВт·ч	159,0	449,97	450,4	1,0	II.2013
Предварительный нагрев лодочек с порошком МоО ₂ в основных цехах предприятия за счёт тепла, выделяемого при сжигании водорода в факеле, электроэнергия	тыс. кВт·ч	476,62	1348,82	1785,9	1,32	III.2014
Замена светильников с лампами накаливания на светильники с люминесцентными лампами, электроэнергия	тыс. кВт·ч	357,46	1011,62	1587,6	1,57	IV.2014
Итого		-	4078,45	4864,7	1,19	-
Среднезатратные						
Окраска алюминиевой краской корпусов печей, электроэнергия	тыс. кВт·ч	218,45	618,21	1450,6	2,35	III.2014
Снижение присосов в топку и газоходы котельных агрегатов за счет плотной и качественной обмуровки, газ	тыс.м ³	304,7	1173,2	6603	3,9	III.2013

Замена люминесцентных ламп на энергоэффективные люминесцентные лампы меньшей мощности, электроэнергия	тыс. кВт·ч	99,3	281,0	1254,6	4,46	IV.2013
Улучшение теплоизоляции печей в основных цехах предприятия, электроэнергия	тыс. кВт·ч	278,03	786,81	3850,4	4,89	IV.2015
Итого		-	2859,22	13158,6	4,6	
Долгосрочные, крупнозатратные						
Теплоизоляция наружных трубопроводов пара и горячей воды, газ	тыс.м ³	32,82	126,34	971,42	7,69	IV.2014
Утилизация теплоты уходящих газов для нагрева подпиточной воды для централизованного горячего водоснабжения (конденсационные теплообменники, водоводяные теплообменники и рекуперативные теплоутилизаторы), газ	тыс.м ³	56,26	216,59	1895,83	8,8	IV.2015
Замена старых деревянных оконных проемов на пластиковые окна с двойным остеклением, газ	тыс.м ³	37,5	144,41	1560,1	10,8	IV.2013
Итого	-	-	487,34	4427,35	9,1	-
Всего, тыс. т у.т. в том числе по видам ТЭР:	тыс. т у.т.	1,2251	7425,0	22450,7	3,0	-
Котельно-печное топливо	т.у.т.	541,0	1804,9	11030,4	6,1	-
Тепловая энергия	Гкал	-	-	-	-	-
Электроэнергия	тыс. кВт·ч	1985,9	5620,09	11420,3	2,03	-
Моторное топливо	тыс. т	-	-	-	-	-
Смазочные материалы	тыс. т	-	-	-	-	-
Сжатый воздух	тыс. м ³	-	-	-	-	-
Вода	м ³	-	-	-	-	-

Данная статья выполнена в соответствии с техническим заданием. Даны соответствующие требования системы добровольной сертификации в области рационального использования и сбережения энергоресурсов (РИЭР).

В статье приведена общая характеристика объектов ОАО «Победит». Приведены результаты анализа потребления электрической и тепловой энергии и холодной воды по всем энергопотребляющим объектам [2].

Определено расчетное потребление тепловой и электрической энергии. Определены финансовые затраты за потребление всех видов энергоносителей.

Приведены результаты инструментального обследования объектов, включая результаты термографического обследования зданий и сооружений.

Проведен анализ правильности расчетов с субабонентами и поставщиками ТЭР за потребленные энергоресурсы, включая проверку наличия, состояния и сроков поверки приборов коммерческого и технического учета расхода энергоносителей и энергии. Выявлены возможности сокращения объема потребления ТЭР и расходов по их оплате.

Выполнен анализ всей полученной информации и даны рекомендации по энергосбережению.

Определены фактические удельные нормы потребления ТЭР.

Разработаны мероприятия по снижению потребления энергоресурсов и финансовых затрат на энергообеспечение ОАО «Победит».

На основании энергоаудита разработан энергетический паспорт исследуемого объекта в соответствии с ГОСТ Р51379-99.

Список использованных источников

1. А.Н. Дмитриев, И.Н. Ковалев, Н.В. Шилкин, Ю.А. Табунщиков Ю.А. Руководство по оценке эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия, М.: АВОК-ПРЕСС. 2005. -120 с.
2. Ключев Р.В., Гаврина О.А., Лысоконь Э.С., Тараник А.В. Результаты проведения энергоаудита в системе электроснабжения водоснабжающего предприятия РСО-Алания. WORLDSCIENCE: PROBLEMS AND INNOVATIONS, XIX Международная научно-практическая конференция. Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение».- 2018. - 75 с.
3. Результаты эффективного управления единой промышленно-энергетической системой в горных территориях. Ключев Р.В., Котова О.А., Гаврина О.А. КИБЕРНЕТИКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ сборник материалов XXXVII сессии семинара по тематике «ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ». 2016. - 90 с.

**МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ
ВЫСОКОГОРНЫХ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ**

**METHODS OF IMPROVING THE EFFICIENCY OF ALPINE
HYDROPOWER PLANTS**

Мезин В.Ю., Тотров Б.В., Галкина О.Ю.

Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный
технологический университет), г. Владикавказ

Oksana85@mail.ru

Mezin V. Yu., Totrov B. V., Galkina O. Yu.

North Caucasian Institute of mining and metallurgy
(State Technological University), Vladikavkaz

Аннотация: В работе рассмотрена актуальная задача повышения эффективности режимов работы Гизельдонской ГЭС.

Abstract: The paper deals with the actual problem of improving the efficiency of the modes of operation of the Gizeldon hydroelectric power station.

Ключевые слова: эффективность ГЭС, надежность ГЭС, малые гидроэлектростанции, высоконапорные ГЭС.

Keywords: HPP efficiency, reliability, small hydroelectric power plants, high-pressure HPP.

В настоящее время современные энергетические системы значительно изменились, если сравнивать с теми, которые были в то время, когда выполнялись основные научные и практические разработки по проблеме управления режимами ЭЭС. Основные изменения связаны с увеличением мощностей и современными технологиями предприятий. Структура установленной мощности энергосистемы Республики Северная Осетия - Алания (РСО – Алания) характеризуется значительной долей, приходящейся на гидроэлектростанции, поэтому появляется необходимость оптимального использования гидроресурсов. Методы и задачи оптимального использования ГЭС достаточно хорошо разработаны, но требуются их анализ и изменения. На сегодняшний день регулировочный диапазон станций ограничен водохозяйственными требованиями. Примером сложившейся

ситуации является Гизельдонская ГЭС (схема электрических соединений Гизельдонской ГЭС представлена на рисунке 1), одна из старейших электростанций России, пуск которой состоялся в 1934 году. В рамках программы комплексной модернизации Северо-Осетинского филиала РусГидропроведена полная замена ее оборудования на современное. Модернизация позволила существенно улучшить эксплуатационные характеристики гидроэлектростанции, повысить надежность и эффективность ее работы. Условия работы гидростанции проходят в сложных природных условиях. Гизельдонская ГЭС имеет связь с энергосистемой, поэтому самым важным условием является надежность производства, передачи и распределения электроэнергии.

В связи с этим, проведен анализ комплексного исследования и расчета водно-энергетических ресурсов высоконапорных ГЭС, с учетом верхнего (Звб) и нижнего (Знб) бьефа.

При системной аварии, вызванной отключением транзитных ВЛ связывающих республику с объединённой энергосистемой, генераторы ГЭС останутся работать на выделенную нагрузкусобственные нужды, потребители 6 кВ), которая несомненно больше мощности станции. В этом случае на генераторах срабатывает МТЗ-6 кВ, действующая на отключение трансформаторов, сброс стопсоленоидов, срабатывание отклонителей, аварийное закрытие направляющих аппаратов и последующее закрытие гидроклапана. Напряжение на шины 110 кВ подается по команде дежурного диспетчера МРСК, а после обесточения станции необходимо произвести осмотр оборудования 110 кВ.

При возникновении замыкания на землю задержка в определении места повреждения увеличивает вероятность перехода однофазного замыкания в двойное замыкание на землю, а также повреждению. Работа генераторов при замыкании на землю в сети генераторного напряжения не допускается. Если место замыкания не в обмотках генератора, а в сети, допускается работа генератора, синхронного компенсатора с замыканием в сети в течение 6 ч. О появлении замыкания на землю в сети 6 кВ оперативный персонал ГЭС узнаёт по срабатыванию устройств контроля изоляции, подключённых к трансформаторам напряжения шин 6 кВ и вольтметрам.

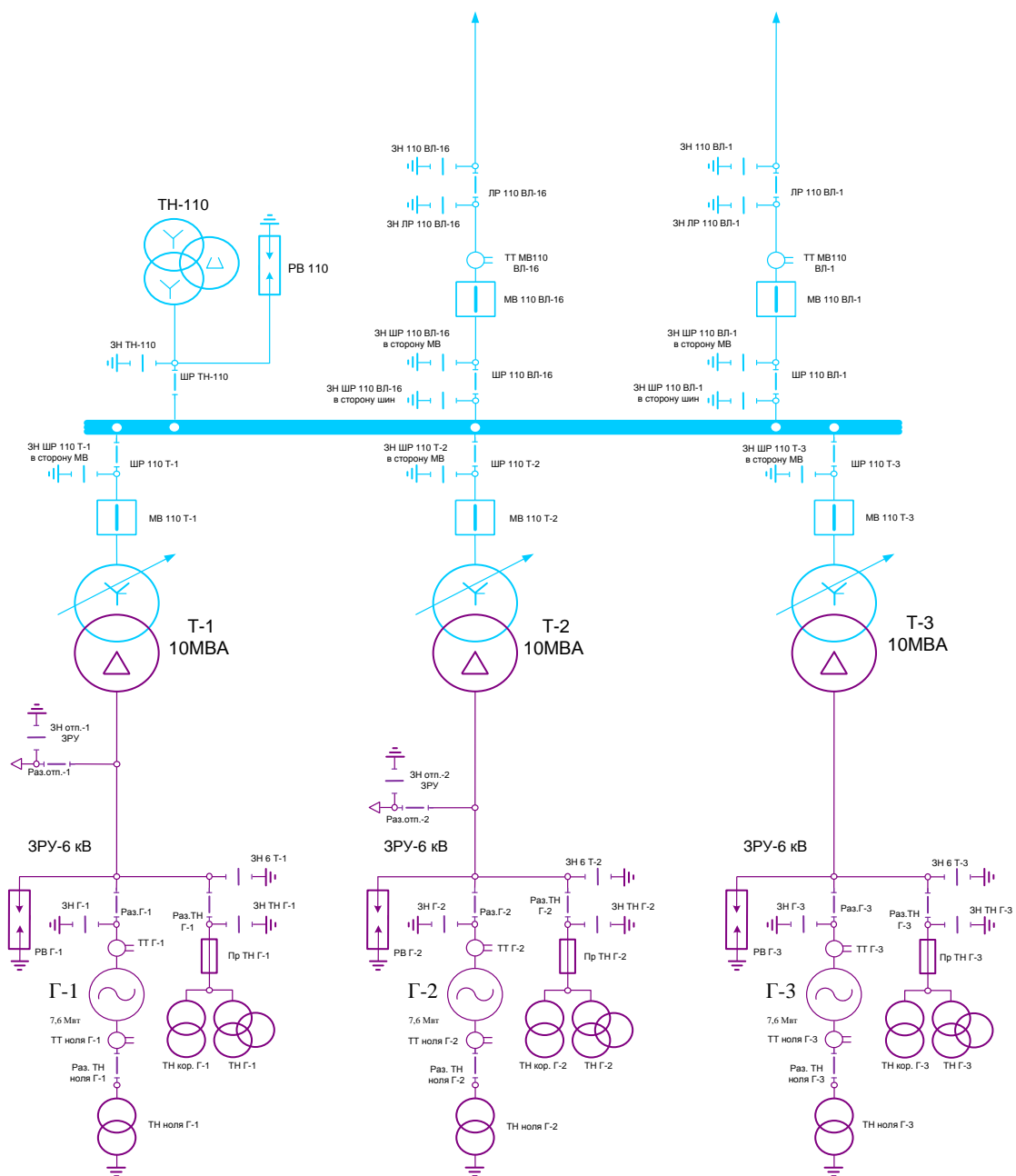


Рисунок 1 – Схема электрических соединений Гизельдонской ГЭС

При металлическом замыкании на землю одной из фаз показания прибора, контролирующего изоляцию этой фазы, будут равны нулю, а показания приборов двух других фаз возрастут в 1,73 раза. При неполном замыкании на землю, т.е. при замыкании через сопротивление, значение тока по показаниям прибора, контролирующего изоляцию повреждённой фазы, уменьшается, а двух других фаз увеличивается.

Полученные экспериментальные частотно-амплитудные параметры, позволили разработать метод моделирования режимов устойчивой работы высоконапорных ГЭС, который решает задачу оптимизации и надежности работы ГЭС по расходу воды и мощности, обеспечивающую максимальную

выработку электроэнергии, а так же повысить надежность и безопасность эксплуатации электрической сети МГЭС.

Список использованных источников

1. Клюев Р.В. Исследование графика нагрузки энергосистемы с учетом режимов работы высоконапорной ГЭС // Изв. вузов. Электромеханика, Спецвыпуск «Электроснабжение», 2009, с. 8-10.
2. Клюев Р.В. Разработка и исследование критериев эффективного производства электроэнергии на ГЭС и системный анализ ее потребления на предприятиях цветной металлургии // Устойчивое развитие горных территорий. 2011. №4 (10). С. 12–19.
3. Клюев Р.В. Анализ устойчивой работы высокогорной гидроэлектростанции // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2010. №1. С. 263–268.
4. Бабурин В. Н. Гидроэнергетика и комплексное использование водных ресурсов. М: Наука, 1986.
5. Бальзанников М. И. Сооружения деривационной ГЭС (выбор основных параметров и их расчет): учеб.пособие / М. И. Бальзанников, С.В. Евдокимов, А.А. Орлова. М.: Издательский дом МЭИ, 2007. — 64 с.

**ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ
НА НАДЕЖНОСТЬ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ**

**ASSESS THE IMPACT OF CLIMATIC FACTORS ON THE RELIABILITY
OF HIGH-VOLTAGE POWER LINES**

Агузаров А.В., Урумов О.Т., Галкина О.Ю.

Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный
технологический университет), г. Владикавказ,

Oksana85@mail.ru

Aguzarov A.V., Urumov O. T., Galkina O. Yu.

North Caucasian Institute of mining and metallurgy
(State Technological University), Vladikavkaz

Аннотация: В работе изложена методика оценки показателей надежности ВЛ с учетом климатических факторов.

Abstract: The paper presents a method of assessing the reliability of overhead lines, taking into account climatic factors.

Ключевые слова: воздушные линии, отказы воздушных линий, показатели надежности.

Keywords: air lines, failures of air lines, reliability indicators.

Как на стадии проектирования, так и на стадии эксплуатации электрические сети автоматически должны выявлять самые аварийные участки, и для предотвращения перерыва электроснабжения и снижения потерь изменять схему сети. В работе электрических сетей самым не надежным элементом являются воздушные линии (ВЛ). Особенностью определения показателей является то, что на надежность работы электрических сетей влияет большое количество различных факторов (конструкции опор, изоляторов и линейной арматуры, типы проводов и тросов, сроки эксплуатации, климатические условия и т.д.) [1]. Для определения достоверной информации о надежности электрических сетей вводятся автоматизированные системы учета аварий и ведутся накопления статистических данных для вычисления показателей надежности [2]. Анализ отключений и повреждений ВЛ на декабрь 2017 года приведен в таблице 1.

Таблица 1

Анализ отключений и повреждений ВЛ на декабрь 2017 года

Напряжения ВЛ, кВ	35	110	220	330	Итого:
Показатели анализа надёжности					
1. Протяжённость ВЛ (км)	12006	15597	2280	3616	36410
2. Количество автоматических отключений (шт)	293	841	86	42	1262
3. Отключения с успешным АПВ (шт)	127	672	81	34	944
4. Отключение с повреждением элементов ВЛ (шт)	47	59	4	1	111
5. Отключения на 100 км (шт)	2,4	5,3	3,8	1,2	3,6
Причины отключения:					
6. Атмосферные воздействия (шт)	138	304	48	5	495
7. Посторонние воздействия (шт)	27	128	7	11	173
8. Изменение материала в процессе эксплуатации	3	5	1	-	9
9. Дефект конструкции	3	3	-	-	6
10. Работа оборудования ПС и ложная работа РЗА	8	43	3	1	55
11. Прочие причины	15	171	17	9	212
12. Причины не утановлены	74	130	12	16	332

На работу конструктивной части ВЛ оказывают воздействия механические нагрузки от собственного веса проводов и тросов, от гололедных образований на проводах, тросах и опорах, от давления ветра, а также из-за изменений температуры воздуха. Самыми тяжелыми являются гололедно-ветровые воздействия на ВЛ, на которые приходится около 40% [3]. Количество отказов ВЛ по причине гололедно-ветровых нагрузок в процентах от общего числа аварий по всем причинам представлено в таблице 2. Из-за воздействия ветра возникает вибрация проводов (колебания с высокой частотой и незначительной амплитудой), а также пляска проводов (колебания с малой частотой и большой амплитудой). Механические нагрузки, вибрация и пляска проводов могут приводить к обрыву проводов, поломке опор, схлестыванию проводов либо сокращению их изоляционных промежутков, что может привести к пробоем или перекрытию изоляции. На повреждаемость ВЛ также влияет и загрязнение воздуха.

Таблица 2

Количество отказов ЛЭП при гололёде в % от общего числа аварий по всем причинам

Напряжение, кВ	35	110	220	330	500	750
Количество отказов, %	2	3,9	1,7	1,3	0,6	0,6

ВЛ работают в естественных климатических условиях, все климатические условия фиксируются на метеостанциях. На основании статических данных метеостанций вся территория России разделена на районы по ветру и

гололеду[4,5]. Поэтому для адекватной оценки влияния климатических факторов на надежность высоковольтных ЛЭП необходимо использовать метод поправочных коэффициентов. Значение этого коэффициента определяется по климатическому району и времени года. Так как одна ЛЭП может пересекать несколько климатических районов, то ВЛ необходимо разбить на участки, и поправочные коэффициенты вычисляются в зависимости от длины участка ЛЭП, от параметров потока отказа на этом участке и от срока эксплуатации линии.

Параметр потока отказов в литературе [5] приводится для линии протяженностью 100 км, а параметр потока отказов линий протяженностью l (км) определяется по формуле [5]:

$$\omega = \omega_0 \frac{l}{100}. \quad (1)$$

Как отмечалось выше, что влияние климатических факторов на надежность высоковольтных ЛЭП необходимо учитывать поправочный коэффициент:

$$\omega_{0i} = i, \quad (2)$$

где i – поправочный коэффициент, который зависит от погодных условий и времени года.

Данная методика позволяет получить наиболее высокие показатели надежности высоковольтных ЛЭП и тем самым выбирать оптимальные решения по ремонту и модернизации системы, а также вводить дополнительные резервные сети и устройства.

Список использованных источников

1. Доронина О.И., Шевченко Н.Ю., Бахтиаров К.Н. Оценка надежности воздушных линий // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 9-2. – С. 226-230.
2. Справочник по проектированию электрических сетей/ под ред. Д.Л. Файбисовича – 2-е изд. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2007. – 352 с.
3. Диагностика, реконструкция и эксплуатация воздушных линий электропередачи в гололедных районах: учеб.пос. / И. И. Левченко, А. С. Засыпкин, А. А. Аллилуев, Е. И. Сацук. - М.: Издательский дом МЭИ, 2007. - 448.
4. Повышение эффективности воздушных линий электропередачи напряжением 110–220 кВ в гололедных районах. Монография / Г. Г. Угаров, Н. Ю. Шевченко, Ю. В. Лебедева, А. Г. Сошинов. — М.: Перо, 2013. -187 с.
5. Конюхова Е.А. Надежность электроснабжения промышленных предприятий. – М.: НТФ «Энергопрогресс», 2001 г. – 92 с.

**АНАЛИЗ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ НА НЕФТЕГАЗОВОМ
ПРЕДПРИЯТИИ
ANALYSIS OF ENERGY SAVING AT OIL AND GAS ENTERPRISE**

Гольчикова Н.Н.¹, Босиков И.И.², Гагоев Х.Б.²

ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»,
г. Астрахань¹,

ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет)», г. Владикавказ²

igor.boss.777@mail.ru

Gol'chikova N.N.¹, Bosikov I.I.², Gagoev Kh.B.²

Astrakhan State Technical University¹

North Caucasian Institute of mining and metallurgy

(State Technological University), Vladikavkaz²

Аннотация. В статье описывается оценка энергосбережения для повышения эффективности функционирования нефтегазового комплекса.

Повышение энергосбережения нефтегазового комплекса является основным способом и условием его устойчивого эколого-экономического развития. Для реализации эффективных мер по повышению энергосбережения предприятий нефтегазового комплекса необходимо иметь целостную методическую базу, позволяющую оценить уровень достижений в этой области и верность избранной политики. В данной статье исследуется задача построения такой методики.

Abstract. The article describes the estimation of energy saving for increasing the efficiency of the oil and gas industry.

Increasing the energy efficiency of the oil and gas complex is the main way and condition for its sustainable environmental and economic development. To implement effective measures to increase the energy saving of oil and gas enterprises, it is necessary to have an integral methodological base that allows assessing the level of achievements in this area and the correctness of the chosen policy. In this paper, we study the problem of constructing such a technique.

Ключевые слова: энергосбережение, оценка, нефтегазовая отрасль, эффективность, система.

Keywords: energy saving, valuation, oil and gas industry, efficiency, system.

В ходе исследований на предприятии нефтегазового комплекса проведено:

- оценка фактического состояния энергопотребления и сравнение показателей использования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) с нормативными значениями;

- составлен энергетический паспорт и топливно-энергетический баланс;

- выявлены причины нерационального и неэффективного использования ТЭР и определение резервов их экономии.

- разработаны рекомендации по совершенствованию учета и контроля за расходом ТЭР.

- определены расчеты с субабонентами и поставщиками ТЭР за потребленные энергоресурсы, а также возможности сокращения объема потребления ТЭР и расходов по их оплате.

- разработан комплекс технических и организационных мероприятий, направленных на повышение энергоэффективности.

- определены необходимости проведения дальнейших обследований для решения проблем, выявленных при проведении энергоаудита [1-3].

Поставщиком электрической энергии для исследуемого объекта является МРСК СК.

Электроснабжение учреждения производится от трансформаторной подстанции (ТП). На исследуемом объекте установлен 1 счетчик электрической энергии типа ЦЭ 6803ВМ.

Учет активной электроэнергии обеспечивает определение количества энергии, выработанной генераторами электростанций и отпущенной потребителям из электрической сети. Исключение составляет энергия, потребляемая на уличное освещение и освещение лестничных клеток объектов. Расчет по данным потребителям проводился по усредненному значению потребляемой в месяц энергии, рассчитанной исходя из установленной мощности осветительных установок и времени использования установленной мощности [1-3].

Проведен анализ фактического потребления электрической энергии. Общие объемы потребления электроэнергии по годам приведены на рис. 1.

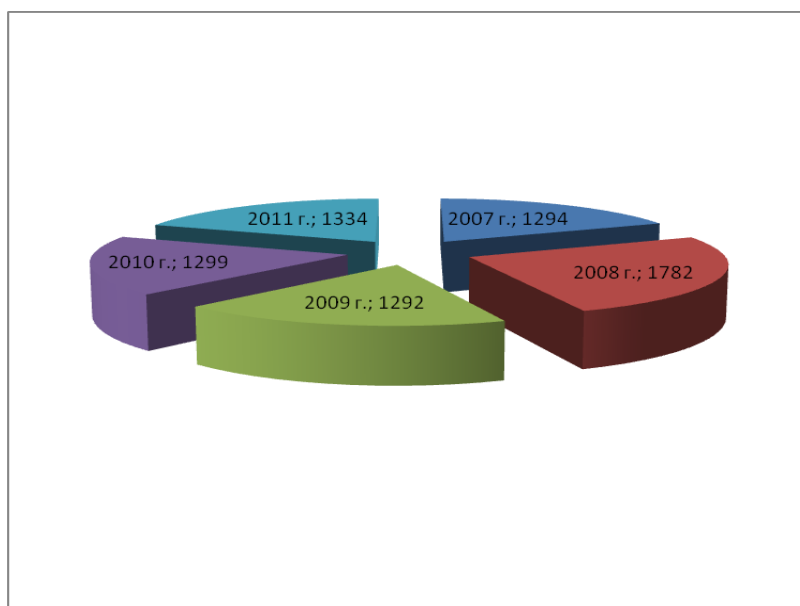


Рисунок 1 – График изменения потребления электроэнергии (кВт·ч) за отчетный период

Объем потребления энергетических ресурсов по номенклатуре основной продукции на рис. 2.

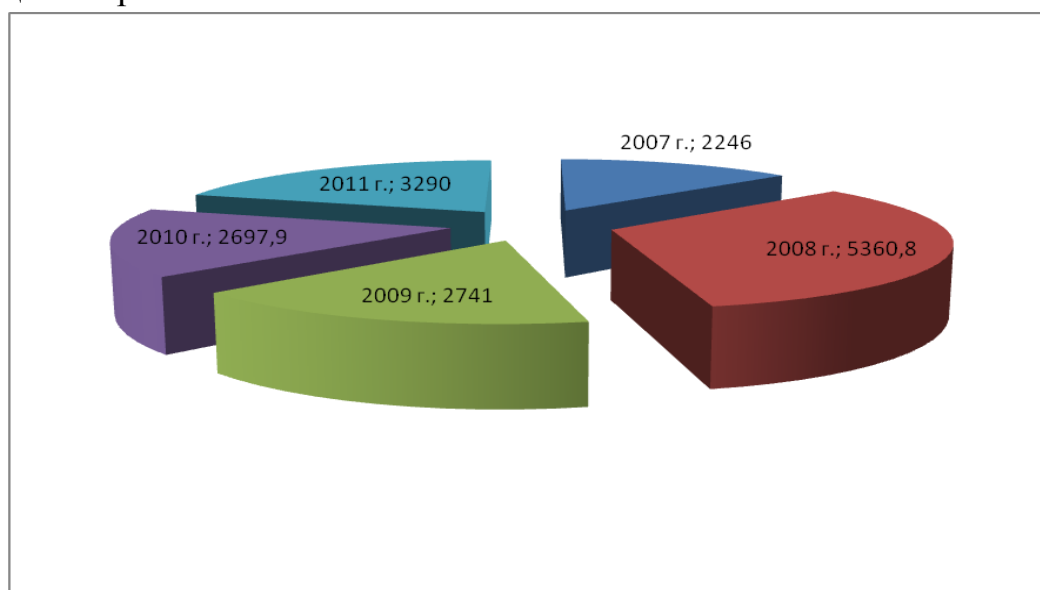


Рисунок 2 – Объем потребления энергетических ресурсов по номенклатуре основной продукции за 5 лет (тыс. руб.)

На исследуемом нефтегазовом объекте проанализирован баланс потребления электроэнергии [2-5].

Произведена обработка первичной информации, собранная на первом этапе проведения энергетического обследования (данные по фактическому электропотреблению и величинам установленных мощностей электроприемников объекта), позволила составить баланс по электроэнергии.

Баланса составлен для выявления структуры потребления ЭЭ отдельными группами электроприемников, находящихся на объекте (подразделении), разработка рекомендаций по снижению электропотребления и определение лимитов потребления ЭЭ на перспективный период. Приходная часть баланса определяется по показаниям расчетных счетчиков учета ЭЭ, установленных на объекте [1].

В расходную часть баланса входит потребление электроэнергии субабонентами и расчетно-нормативные потери в электрической сети и в силовых трансформаторах. Величина небаланса представляет собой нерациональные потери в электрической сети учреждения и неучтенные электроприемники. На рисунке 3 приведен баланс потребления электроэнергии на объекте за отчетный год. За последние 5 лет баланс приведен в приложении 5 энергетического паспорта объекта.

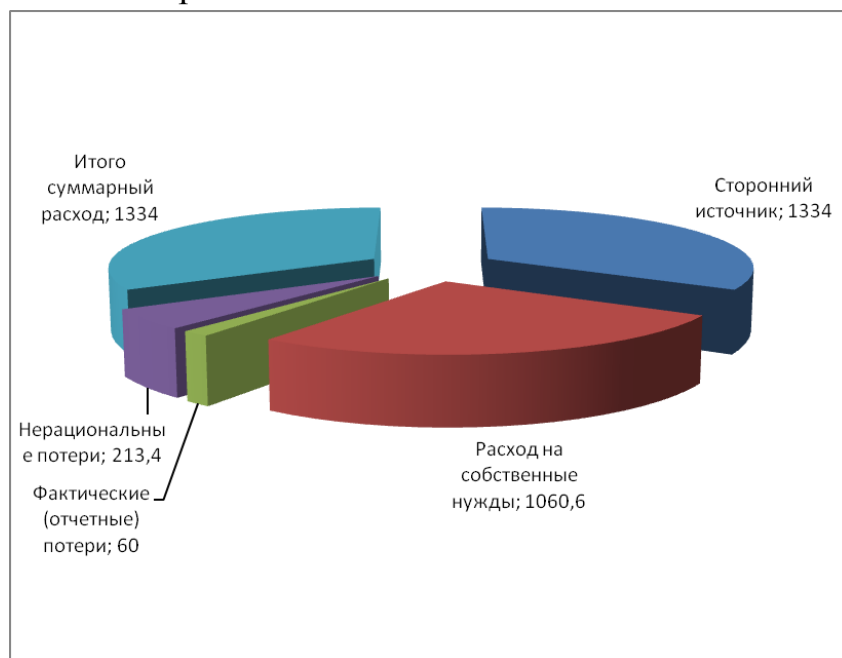


Рисунок 3 – Баланс потребления электроэнергии (кВт·ч) на объекте за отчетный год

Раздел 1.01

Расчет потерь в питающей сети учреждения выполнен методом оценки потерь по обобщенной информации о схемах и нагрузках сети.

Потери электроэнергии в N линиях 0,38 кВ с сечением головного участка $F_{г}$, мм², отпуском электрической энергии в линию $W_{0,38}$, за период Д, дней, рассчитываются в соответствии с методом оценки потерь электроэнергии на основе зависимостей потерь от обобщенной информации о схемах и нагрузках сети.

В качестве пункта контроля был выбран ввод с трансформаторной подстанции исследуемого объекта [4-6]. Результаты измерений электрических характеристик исследуемого объекта приведены на графиках ниже.

Энергетические показатели исследуемого объекта

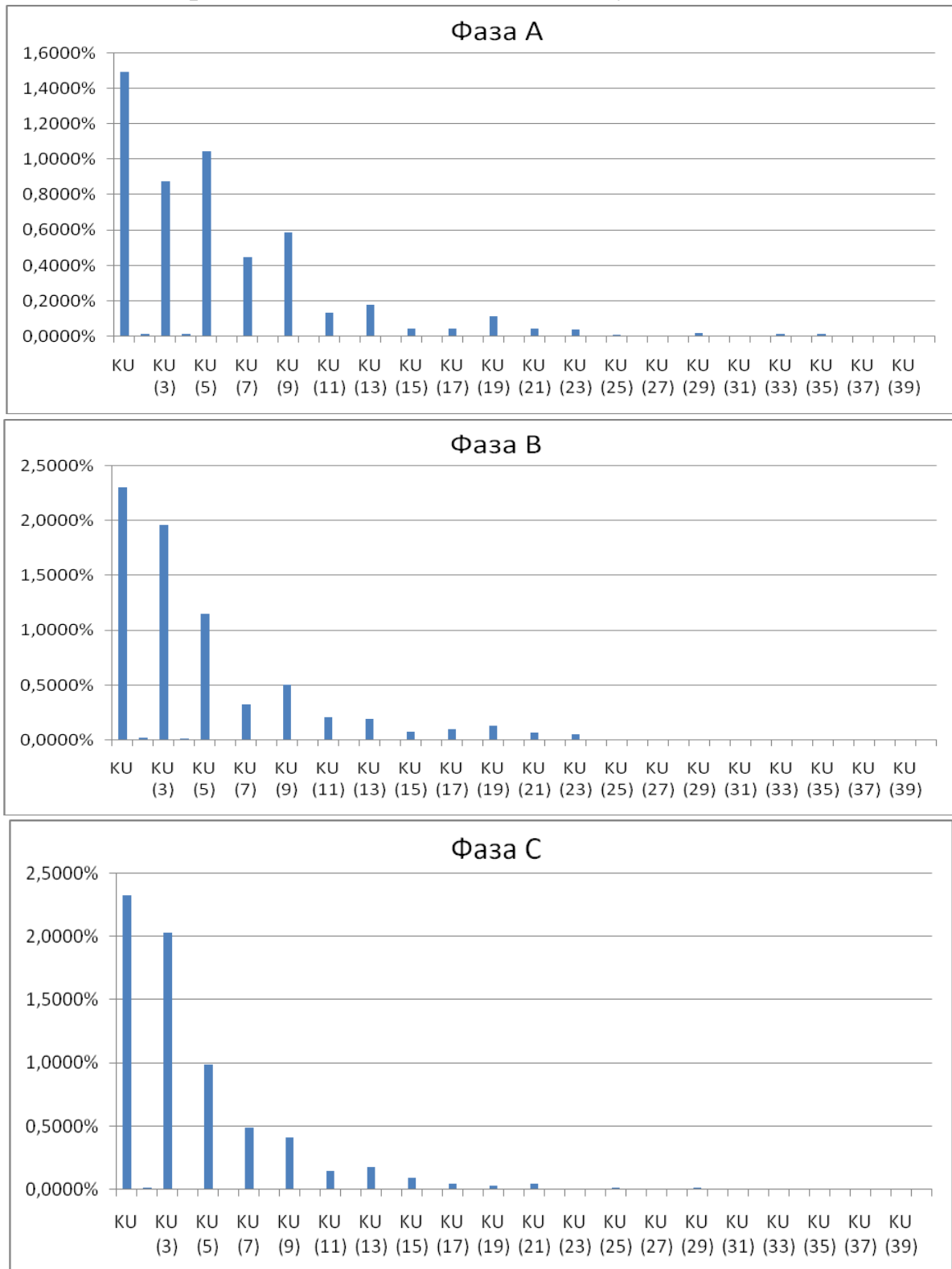


Рисунок 4 – Коэффициенты n-й гармонической составляющей напряжения по фазам А, В, С

Заключение. При энергетическом обследовании объекта выполнены измерения на предмет определения показателей качества электроэнергии. Результаты измерений показали, что все нормируемые значения показателей качества электрической энергии находятся в пределах допустимых значений.

При проведении оценки исследуемого объекта наработан комплекс мероприятий для реализации эффективных мер по повышению энергосбережения предприятий нефтегазового комплекса.

Создана методика проведения энергосберегающих мероприятий, направленных на рациональное использование электрической энергии.

Список использованных источников

1. Быстрицкий Г. Ф. Общая энергетика: учебное пособие / Г. Ф. Быстрицкий. –2- е изд., испр. и доп. – Москва: КНОРУС, 2010. – 293 с.
2. Влияние энергетического фактора на экономическую безопасность регионов Российской Федерации / отв. ред. А. И. Татаркин. – Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 1998. – 196 с.
3. Бойко В.С. Разработка и эксплуатация нефтяных месторождений: Учеб. для вузов. — М.: Недра, 1990. — 427 с.
4. Гиматудинов Ш.К., Дунюшкин И.И., Зайцев В.М., Коротаев Ю.П., Левыкин Е.В., Сахаров В.А. Разработка и эксплуатация нефтяных, газовых и газоконденсатных месторождений. — М.: Недра, 1988г., 302с.
5. Босиков И.И., Ключев Р.В., «Методы системного анализа природно-промышленной системы горно-металлургического комплекса», монография. Владикавказ, 2015. 127 с.
6. Кожиев Х.Х., Босиков И.И. Комплексный показатель перспективности разработки участков месторождений полезных ископаемых. Горный журнал. 2017. № 2. С. 30-32.

УДК 621.433:665.72 (045)

ОЦЕНКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

ESTIMATION OF ENERGY EFFICIENCY IN OIL AND GAS INDUSTRY

Егорова Е.В.¹, Босиков И.И.², Гюев С.Э.²

ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»,
г. Астрахань¹,

ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет)», г. Владикавказ²

Egorova E.V.¹, Bosikov I.I.², Guev S.E.²

Astrakhan State Technical University¹

North Caucasian Institute of mining and metallurgy
(State Technological University), Vladikavkaz²

Аннотация: В статье приведен анализ по применению сероводорода, в качестве топлива для получения энергии. Такой способ использования сероводорода не применяется в промышленных, масштабах в мировой нефтегазовой и энергетической промышленности. Крайне ограниченные данные по использованию сероводорода для выработки энергии подтверждают факт отсутствия мирового опыта генерации энергии из сероводорода с использованием его в качестве топлива. Проведена оценка альтернативных способов утилизации сероводорода (кислых газов) с его использованием в качестве энергоносителя, включая пути утилизации продуктов его сгорания при наращивании добычи сероводородсодержащего газа и конденсата на месторождениях ОАО «Газпром».

Abstract: The article gives an analysis of the use of hydrogen sulphide, as a fuel for energy production. Such a way of using hydrogen sulphide is not used in industrial, scale in the world oil and gas and energy industries. Extremely limited data on the use of hydrogen sulphide for energy production confirm the fact that there is no world experience in generating energy from hydrogen sulphide using it as a fuel. An estimation of alternative ways of utilization of hydrogen sulphide (acid gases) with its use as an energy carrier, including ways of utilization of its combustion products with increasing production of hydrogen sulphide-containing gas and condensate at the fields of ОАО «Gazprom», was carried out.

Ключевые слова: энергоэффективность, нефтегазовая отрасль, утилизация сероводорода, конденсат, генерация энергии.

Key words: energy efficiency, oil and gas industry, hydrogen sulfide utilization, condensate, energy generation.

Астраханское месторождение расположено во внутренней части южного Прикаспия и приурочено к обширному уплощенному поднятию над выступом фундамента «карбонатной платформы», которое сформировалось к концу башкирского времени на территории Астраханского свода.

В центральной части площади Астраханской структуры располагается мощный газохимический комплекс, включающий более 150 скважин, сборные пункты (УППГ-1,2,3а,4,6,9), сеть асфальтированных дорог, газопроводов, линий электропередач, газоперерабатывающий завод. Завод производит бензин, дизельное топливо, мазут топочный, газ очищенный, газ сжиженный, серу и имеет резерв мощности по переработки жидких углеводородов 9-12 млн. т в год.

Основная проблема выработки электроэнергии с использованием сероводорода заключается в утилизации продуктов его сгорания. При сжигании сероводорода в атмосферном воздухе получается значительный объем дымовых газов, который необходимо утилизировать. Для утилизации потока дымовых газов можно применять технологии очистки газов от диоксида серы, компримирования и закачки газов в пласт, или их комбинацию [1].

Оценка варианта закачки дымовых газов показала, что затраты энергии на компримирование всего потока дымовых газов для нагнетания его в продуктивный пласт (для условий АГКМ) в значительной степени будут превышать количество вырабатываемой за счет сжигания сероводорода энергии, даже при подаче в топку обогащенного кислородом воздуха. Использование же чистого кислорода для сжигания кислого газа также является экономически неоправданным из-за высоких затрат энергии для получения кислорода методом разделения воздуха [3.4].

Сжигание сероводорода для получения энергии применительно к объектам ОАО «Газпром» (на Астраханском и Оренбургском газовых комплексах) осложнено тем, что сероводород выделяется из добываемого пластового сырья в составе кислого газа, который содержит значительное количество диоксида углерода. Наличие углекислого газа также осложняет процесс утилизации дымовых газов вследствие увеличения объема. Выделение же CO_2 из кислого газа также является довольно капиталоемким и энергозатратным методом.

При сжигании чистого сероводорода, кислого газа или серы встает вопрос утилизации полученного диоксида серы. На основании анализа способов утилизации SO_2 , наиболее целесообразны к рассмотрению следующие пути утилизации сернистого ангидрида:

- очистка дымовых газов от SO_2 водой с закачкой полученной кислой воды в пласт;
- очистка дымовых газов сгорания сероводорода (кислого газа) физико-химическими методами (например, процесс CANSOLV) и закачка полученного сернистого ангидрида в геологические формации;
- производство из полученного диоксида серы серной кислоты методом мокрого катализа;
- использование полученного диоксида серы (или его части) в процессе Клауса в заводских условиях с направлением его на каталитические ступени процесса и высвобождением части сероводорода для получения дополнительного количества энергии [1-5].

Недостатком очистки водой является высокий расход воды (1 м^3 воды поглощает 36 г. SO_2), а также высокая коррозионная активность полученной сернистой кислоты. Кроме того, при очистке дымовых газов водой остаточное содержание диоксида серы не позволит выбрасывать дымовые газы в атмосферу без дополнительной очистки.

Предложенный метод также отличается высокой загрузкой абсорбента в системах очистки, однако промышленные установки очистки газов (в т.ч. хвостовых газов Клауса) от сернистого ангидрида по методу CANSOLV.

При выработке дополнительных объемов серной кислоты возможно возникновение проблем, связанных с хранением и сбытом полученной продукции. Также при организации производства серной кислоты особое внимание следует уделить выбору материалов для изготовления аппаратов и трубопроводов.

При использовании сероводорода в качестве источника энергии, вне зависимости от способов сжигания самого сероводорода, или продуктов его переработки (серы), потребуются применение комбинированных методов с применением процессов по очистке дымовых газов.

Направление использования сероводорода в качестве сырья для получения водорода с дальнейшим использованием водорода для выработки энергии отличается наличием следующих проблем.

Во-первых, получение водорода приемлемой степени чистоты (для использования его в качестве экологически чистого топлива) из сероводорода, выделяемого в составе кислого газа, влечет за собой сооружение сложных

многоступенчатых схем очистки газовых смесей, выходящих из реакторов разложения сероводорода (кислого газа).

Во-вторых, водородная энергетика сегодня находится на начальной стадии развития и поэтому существующее оборудование, позволяющее использовать водород в качестве топлива, имеет довольно низкую мощность по электроэнергии.

Все способы утилизации сернистого ангидрида будут энерго- и капиталоемкими. Поэтому целесообразность использования сероводорода в качестве источника энергии будет определяться энергетическим балансом – разницей количества вырабатываемой энергии и количества энергии, требующейся на утилизацию продуктов сгорания сероводорода и продуктов его переработки [1-5].

Существующие технологии не дают возможности для создания крупномасштабных промышленных мощностей для выработки электроэнергии с использованием сероводорода в качестве топлива. В некоторых случаях такие ограничения вызваны технологическими факторами – выделение SO_2 из дымовых газов потребует создания систем очистки с высокой загрузкой абсорбента. Также, в случае организации производства серной кислоты, использование сероводорода для выработки энергии может ограничиваться экономическими факторами – сбыт полученной кислоты с достаточной степенью вероятности будет весьма проблематичен.

На основании проведенных исследований и для формирования предварительных выводов о способах использования сероводорода с целью получения энергии, выделено 3 направления, на базе которых будет проводиться оценка целесообразности использования сероводорода в качестве топлива для выработки электроэнергии.

Вариант 1. Сжигание кислого газа в воздухе или обогащенном кислородом воздухе с извлечением SO_2 из дымовых газов физико-химическими методами (например, процесс CANSOLV) и закачка полученного сернистого ангидрида в геологические формации и выработкой электроэнергии

Вариант 2. Сжигание кислого газа с получением серной кислоты методом мокрого катализа и выработкой электроэнергии.

Вариант 3. Сжигание сероводорода или полученной из него серы в воздухе (или обогащенном кислородом воздухе) с использованием полученного диоксида серы (или его части) в процессе Клауса в заводских условиях и выработкой электроэнергии.

Выбор данных вариантов обосновывается, как было изложено выше, как технологическими, так и экономическими факторами. Так, получение из кислого газа серной кислоты ограничивается спросом на этот вид продукции по

конкурентоспособной цене. Несмотря на потребление H_2SO_4 во многих отраслях промышленности необходимо учитывать различные требования, предъявляемые к ее качеству. Отсутствие необходимых данных по закачке в пласт жидкого диоксида серы или его водного раствора не позволяет говорить о возможности закачки их большого количества в подземные геологические формации. Возврат диоксида серы, как продукта сгорания сероводорода или серы, в Клаус-процесс, ограничивается существующими масштабами производства серы и стехиометрией реакции SO_2 и H_2S . Поэтому наиболее целесообразным решением будет являться комбинация предлагаемых направлений утилизации сероводорода с получением электроэнергии [6-8].

Использование сероводорода для энергетических нужд в промышленных условиях возможно только для незначительных количеств кислого газа, вследствие необходимости сооружения систем: а) очистки природного газа от кислых компонентов; б) очистки дымовых газов от сернистого ангидрида; в) производства серной кислоты [5].

Заключение. Проведена оценка альтернативных способов утилизации сероводорода (кислых газов) с его использованием в качестве энергоносителя, включая пути утилизации продуктов его сгорания при наращивании добычи сероводородсодержащего газа и конденсата на месторождениях ОАО «Газпром».

Список использованных источников

1. Бойко В.С. Разработка и эксплуатация нефтяных месторождений: Учеб. для вузов. — М.: Недра, 1990. — 427 с.
2. Быстрицкий, Г. Ф. Общая энергетика: учебное пособие / Г. Ф. Быстрицкий. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: КНОРУС, 2010. — 293 с.
3. Влияние энергетического фактора на экономическую безопасность регионов Российской Федерации / отв. ред. А. И. Татаркин. — Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 1998. — 196 с.
4. Гиматулинов Ш.К., Дунюшкин И.И., Зайцев В.М., Коротаев Ю.П., Левыкин Е.В., Сахаров В.А. Разработка и эксплуатация нефтяных, газовых и газоконденсатных месторождений. — М.: Недра, 1988г., 302с.
5. Козий Н.М., Тинакин О.В. «Особенности промыслово-геофизических исследований сверхглубоких скважин на каменноугольно-девонский комплекс отложений Астраханского региона» // Разведка и освоение нефтяных и газоконденсатных месторождений, АстраханьНИПИгаз, 2001, с. 27-29.
6. Шмелев П.С., Городецкий В.Е., Маркина М.П. «Исследование и разработка эффективной технологии освоения продуктивных объектов, содержащих агрессивные компоненты» Совершенствование технологии строительства глубоких разведочных скважин в аномальных условиях Прикаспийской впадины. Саратов, 1989, с. 96-110.
7. Босиков И.И., Ключев Р.В., «Методы системного анализа природно-промышленной системы горно-металлургического комплекса», монография. Владикавказ, 2015. 127 с.
8. Кожиев Х.Х., Босиков И.И. Комплексный показатель перспективности разработки участков месторождений полезных ископаемых. Горный журнал. 2017. № 2. С. 30-32.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПАРОВЫХ МИКРОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК МАЛОЙ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

DESIGN OF STEAM MICROTURBINE UNITS OF SMALL DISTRIBUTED POWER ENGINEERING

*Ермаков М.А., Галимов В.С., Шевченко Ю.Н., Кишкин А.А.,
Мелкозеров М.Г.*

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика
М.Ф. Решетнева, г. Красноярск
spsp99@mail.ru

*Ermakov M.A., Galimov V.S., Shevchenko Yu.N., Kishkin A.A.,
Melkozzerov M.G.*

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk,

Аннотация: В работе рассматривается вопрос проектирования паровых микротурбин для использования в паротурбинных установках малой энергетики. Оцениваются проблемы и перспективы данного направления. Приводится конструктивное решение узла микротурбины.

Abstract: This paper covered the design of steam microturbines for use in small-scale steam turbine units. The problems and prospects of this direction are assessed. A constructive solution of the microturbine assembly is given.

Ключевые слова: микротурбина, малая энергетика, проектирование.

Keywords: microturbine, small power engineering, design.

В настоящее время задачи развития малой распределенной энергетики приобретают значительную актуальность. Разнообразие конструктивных решений (ветрогенераторы, дизельные и бензогенераторы, компактные паротурбинные и газотурбинные электростанции, установки прямого преобразования теплоты в электроэнергию) позволяет существенно расширить диапазон их применения. Подобные установки позволяют решить несколько проблем: экологические (снижение вредных выбросов), экономические (снижение стоимости энергии), проблема электроснабжения труднодоступных объектов, проблема резервирования источников электроснабжения и т.д.

Особое внимание при проектировании установок малой энергетики уделяется конструкции узлов преобразования энергии [1]. В настоящей работе рассматривается вопрос проектирования проточной части паровых микротурбинных установок. Подобные установки успешно применяются в проектах автономных газовых и паровых электростанций [2].

Ключевой особенностью микротурбин является низкий уровень мощности: 500 Вт – 10 кВт, что обуславливает специфические требования к конструкции и рабочему режиму: низкие уровни расходов рабочего тела, высокие угловые скорости, значительные потери на парциальность.

Основной проблемой является профилирование проточной части, поскольку энергетика турбины напрямую зависит от треугольников скоростей.

В рамках работы была спроектирована микротурбина мощностью 100-500 Вт. Конструкция турбины представлена на рис. 1.

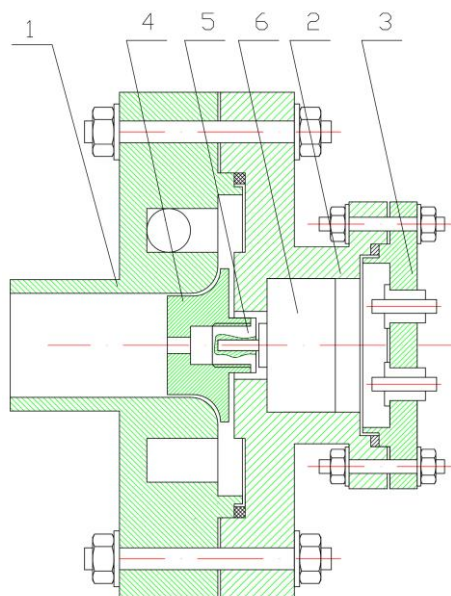


Рисунок 1 – Конструкция микротурбины

1 – передняя крышка, 2 – корпус, 3 – задняя крышка, 4 – рабочее колесо, 5 – вал, 6 - генератор

В данной конструкции используется радиально-осевое рабочее колесо диаметром 28 мм. Рабочее колесо расположено непосредственно на валу генератора, размещенного в корпусе. Подвод рабочего тела осуществляется тангенциально через один канал диаметром 8 мм. Выходное сечение турбины сообщается с окружающей средой, в результате чего рабочее тело на турбине расширяется до давления ≈ 1 атм.

Внешний вид изготовленной микротурбины представлен на рис. 2.



Рисунок 2 – Изготовленная микротурбина

Экспериментальные исследования микротурбины в данном конструктивном исполнении показали низкий уровень КПД 10-15 %, что связано со значительной величиной потерь с выходной скоростью. Для повышения КПД возможно предпринять следующие изменения:

- повышение угловой скорости микротурбин,
- многоступенчатое исполнение,
- применение других типов рабочих колес.

Увеличение угловой скорости вызывает необходимость повышения надежности подшипниковых узлов – например с применением лепестковых газодинамических подшипников. В качестве альтернативных типов колес можно рассматривать лабиринтно-винтовые, вихревые и дисковые турбины трения, которые имеют высокую эффективность в составе малорасходных турбомашин низкой быстроходности.

Таким образом, вопрос проектирования паровых микротурбинных установок в настоящее время является актуальным. При этом необходима оценка влияния конструктивных и режимных параметров на энергетические характеристики турбины.

Список использованных источников

1. Kishkin A.A., Chernenko D.V., Hodenkov A.A., Delkov A.V., Tanasienko F.V. Development of low-grade heat-recovery units based on organic Rankine cycle // Letters in International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology. 2014. № 3. P. 25
2. Kicinski J. Cogeneration in Small Scale - High Speed Microturbines Dynamic Analysis // Archives of Acoustics, vol. 35, issue 2, 2010. P. 175-182. DOI: <https://doi.org/10.2478/v10168-010-0016-2>

**ВОПРОСЫ ПРОВЕДЕНИЯ РАНГОВОГО АНАЛИЗА ТЕХНОЦЕНОЗОВ
В ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**QUESTIONS OF CARRYING OUT THE RANKING ANALYSIS
OF TECHNOCENOSES IN INDUSTRY**

Битиев В.Б., Багаев С.А., Ключев Р.В.

ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет)», г. Владикавказ
kluev-roman@rambler.ru

Bitiev V.B., Bagaev S.A., Klyuev R.V.

North Caucasian Institute of mining and metallurgy
(State Technological University), Vladikavkaz

Аннотация: В статье приведены результаты проведения рангового анализа техноценозов на промышленном предприятии по производству твердых сплавов.

Abstract: The results of the rank analysis of technocenoses in an industrial enterprise for the production of hard alloys.

Ключевые слова: электропотребление, техноценоз, доверительные интервалы, твердые сплавы.

Key words: power consumption, technocenosis, confidence intervals, hard alloys.

Для оценки электропотребления в различных отраслях промышленности в последнее время находит применение системный техноценологический подход.

В основе этого подхода лежит понятие техноценоза, в котором отражена специфика связей между техническими элементами – особями. Можно считать доказанным, что технические системы, такие, как крупные промышленные предприятия, живут и развиваются по тем же законам, что и системы биологические (биогеоценозы). Для описания структуры техноценозов и выявления тенденций их развития и изменения разработан особый математический аппарат гиперболических H -распределений, имеющих вид

$y = \frac{a}{r\beta}$. Гиперболические ранговые N-распределения представляют собой убывающую последовательность значений параметров, упорядоченную таким образом, что с возрастанием ранга (порядкового номера) каждое последующее число меньше предыдущего. Общая методология исследований в области электропотребления и энергосбережения промышленного предприятия может быть условно разделена на два уровня (рис. 1).

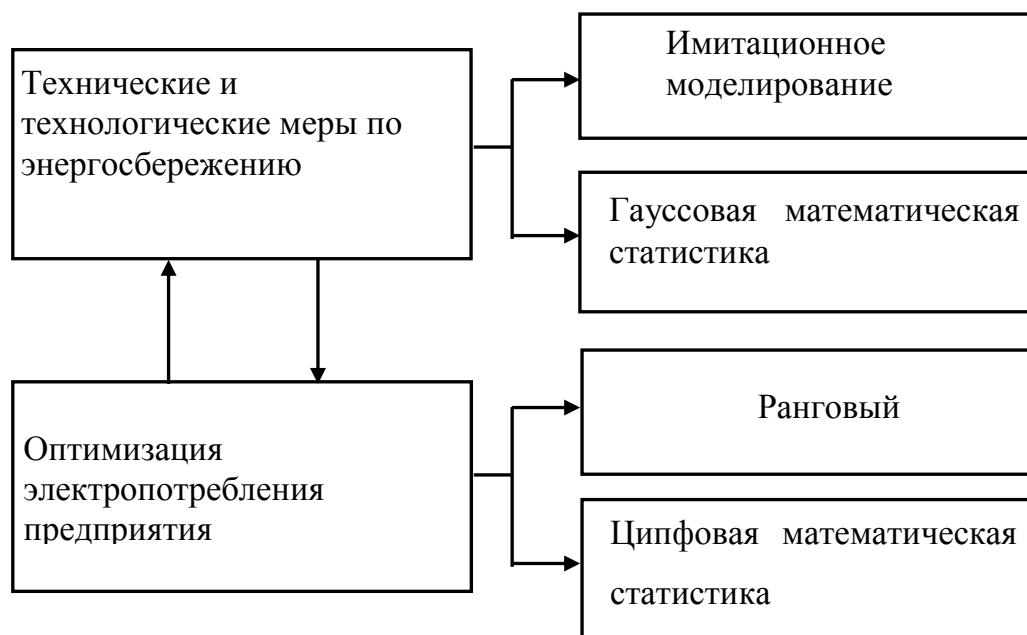


Рисунок 1 – Методологические уровни исследований в области электропотребления и энергосбережения

На крупном предприятии цветной металлургии по производству твёрдых сплавов ОАО завод «Победит» проведен энергоаудит и ранговый анализ электропотребления основного технологического оборудования. Ниже приведены результаты проведения рангового анализа техноценозов по одному из крупнейших цехов предприятия [3].

Определение доверительных интервалов и прогнозных значений электропотребления для отдельных каст распределения и цеха №7 в целом приведены в таблице 1.

Таблица 1

База данных по объектам цеха №7 ОАО завод «Победит»

Ранг	Наименование потребителя	Руст	n	Рсум	Рфакт
1	Печи сухой карбидизации	-	-	1488	1172,8
2	Алундовые печи спекания	-	-	1435	867
3	13-и трубные печи сопротивления	60	12	720	600
4	Вентиляторы	-	-	514,6	424,4
5	Шаровые мельницы	-	-	328,1	262,2

6	Муфельные печи	-	-	526,5	247
7	Сушильные шкафы	-	-	454	197
8	Вращающиеся печи сопротивления ВКП	60	4	240	180
9	Пресса	-	-	546,5	163,5
10	Вакуумные печи	-	-	405	141
11	Освещение	-	-	105	105
12	Потери	-	-	79,5	79,5
13	Компрессора	55	2	110	71,5
14	Автомат для шлифования углов	11	12	132	52,8
15	Печи кобальта	40	5	200	48
16	Шнековые смесители	-	-	68,1	44,25
17	Вибрационные сита	-	-	61,4	30,6
18	Вертикальные дистилляторы	-	-	65,3	26
19	Печи непрерывной сушки изделий	22,6	5	113	25
20	Насосы	-	-	32	24
21	Станки	-	-	129,5	13
22	Кранбалки	-	-	121,75	12,2
23	Вибротранспортёры	75	1	75	7,5
24	Дробилки	-	-	6	4,2
25	Тельфера	-	-	37,5	3,75
26	Лифты	-	-	24	2,4
27	Репульпаторы	-	-	3,8	1,5
28	Электрические тали	-	-	13,9	1,4
29	Пьяные бочки	-	-	1,2	0,8
30	Валковые мельницы	0,8	1	0,8	0,64
31	Виброгрохот	0,8	3	2,4	0,24
Всего по цеху №7				8039,85	4809,18

Новая каста распределения (печи сухой карбидизации):

1991-1999 г.: $W_{\text{ср}}=1,698 \cdot 10^6$ кВт·ч; $W_{\text{верх}}=2,454 \cdot 10^6$ кВт·ч;
 $W_{\text{ниж}}=9,419 \cdot 10^5$ кВт·ч.

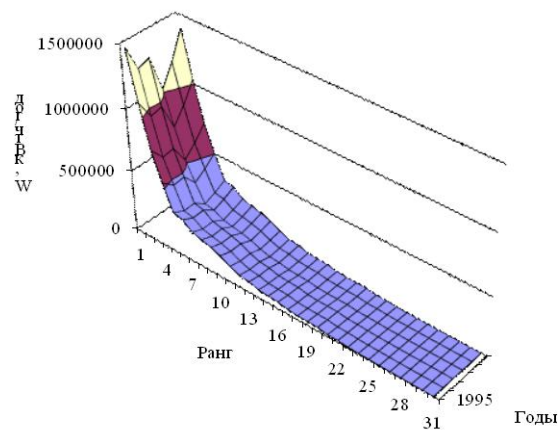


Рис 2. Ранговая поверхность электропотребления цеха №7 ОАО завод «Победит» с 1995 по 2000 г.

Рисунок 2 – Ранговая поверхность электропотребления цеха №7 ОАО «Победит»

За границы доверительных интервалов выходят значения электропотребления за 1991, 1994 гг. Следовательно, прогнозную оценку на 2000г. даём на основании данных за 1992-1993, 1995-1999 гг. Для определения прогнозного значения электропотребления на 2000 г. используем экспоненциально-косинусную аппроксимацию. Аппроксимирующая кривая показана на рис.3.

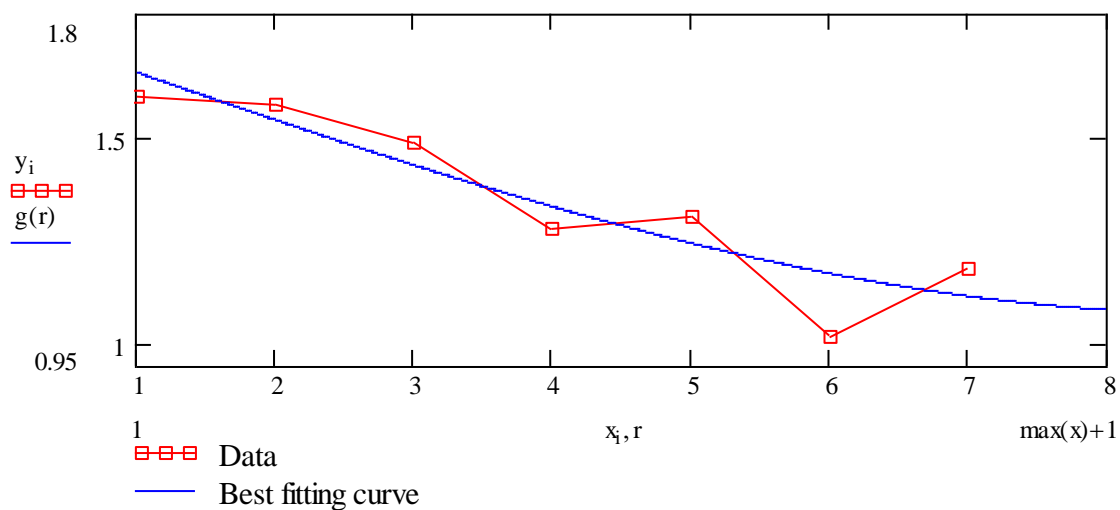


Рисунок 3 – Аппроксимирующая кривая электропотребления

Коэффициент детерминации $R^2=0,85$.

Прогнозное значение на 2000 г. составило: $W_{2000\text{пр}}=1,085 \cdot 10^6$ кВт·ч ($W_{\text{ниж}} < W_{2000\text{пр}} < W_{\text{верх}}$). Отклонение $W_{2000\text{пр}}$ от $W_{2000\text{факт}}=1425835$ кВт·ч составило: 340835 кВт·ч (23,9%).

Пойнтер каста распределения (13-и трубные печи сопротивления) (рис. 4).

1991-1999 г.: $W_{\text{ср}}=8,686 \cdot 10^5$ кВт·ч; $W_{\text{верх}}=1,255 \cdot 10^6$ кВт·ч; $W_{\text{ниж}}=4,819 \cdot 10^5$ кВт·ч.

Коэффициент детерминации $R^2=0,841$.

Прогнозное значение на 2000 г. составило: $W_{2000\text{пр}}=0,535 \cdot 10^6$ кВт·ч ($W_{\text{ниж}} < W_{2000\text{пр}} < W_{\text{верх}}$). Отклонение $W_{2000\text{пр}}$ от $W_{2000\text{факт}}=729452$ кВт·ч составило: 194452 кВт·ч (26,7%).

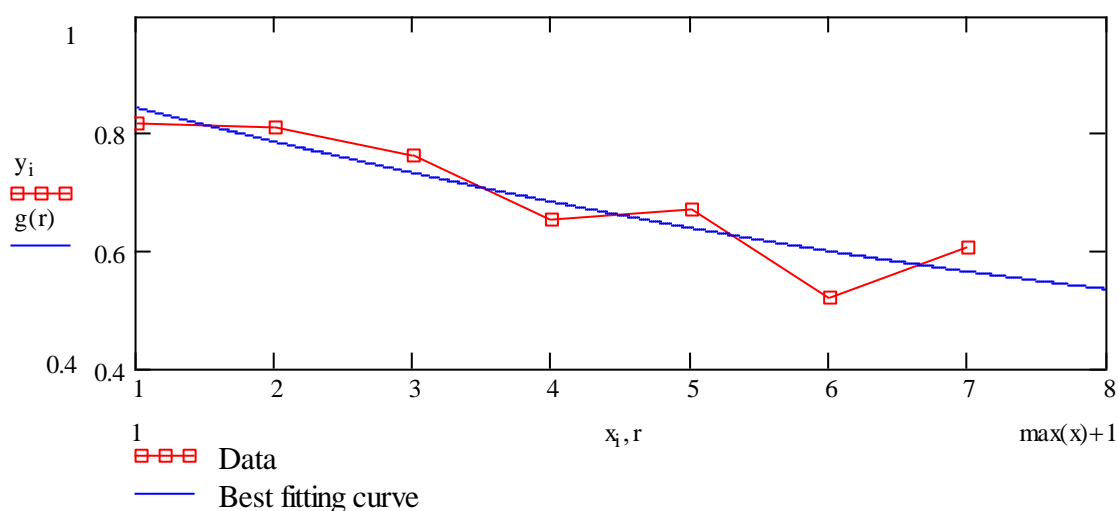


Рисунок 4 – Аппроксимирующая кривая электропотребления потребителей пойнтер касты распределения

Саранчёвая каста распределения (прочее) (рис. 5):

1991-1999 г.: $W_{\text{ср}}=3,821 \cdot 10^4$ кВт·ч; $W_{\text{верх}}=5,222 \cdot 10^4$ кВт·ч; $W_{\text{ниж}}=2,12 \cdot 10^4$ кВт·ч.

Коэффициент детерминации $R^2=0,876$.

Прогнозное значение на 2000 г. составило: $W_{2000\text{пр}}=0,025 \cdot 10^6$ кВт·ч ($W_{\text{ниж}} < W_{2000\text{пр}} < W_{\text{верх}}$). Отклонение $W_{2000\text{пр}}$ от $W_{2000\text{факт}}=32089$ кВт·ч составило: 7089 кВт·ч (22,1%).

Результаты рангового анализа потребления электроэнергии показали устойчивость и эффективность Н-распределения применительно к технологическому оборудованию ноевой, пойнтер саранчёвой каст по производству твёрдых сплавов [4].

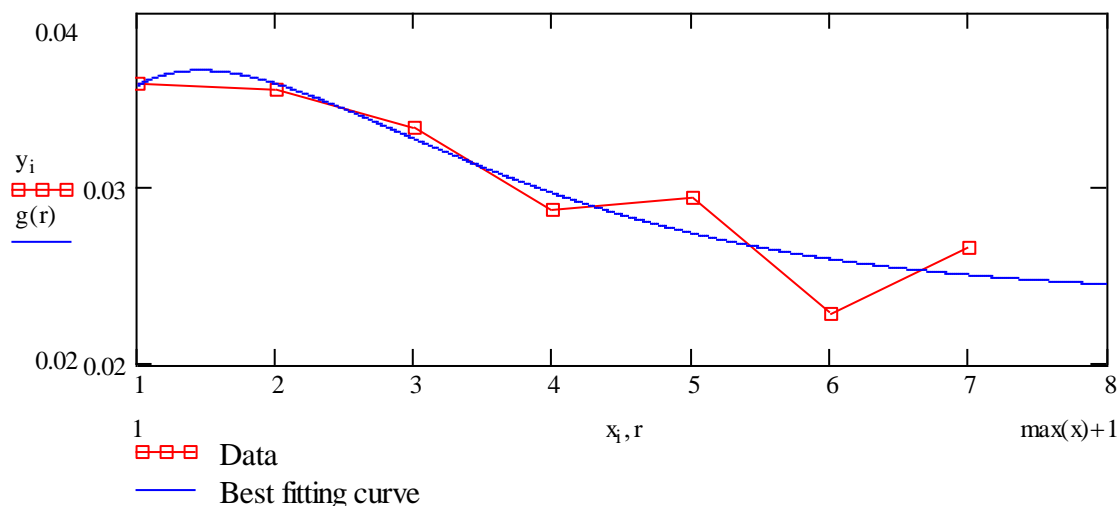


Рисунок 5 – Аппроксимирующая кривая электропотребления потребителей саранчевой касты распределения

Список использованных источников

1. Кудрин Б.И., Гамазин С.И., Цырук С.А. Электрика: классика, вероятность, ценология. Вып. 34. «Ценологические исследования». М.: Технетика, 2007. – 348 с.
2. Ключев Р.В. Прогнозирование электропотребления на основе рангового анализа техноценозов // Материалы четвертой межрегиональной научной конференции "Студенческая наука - экономике России". – Ставрополь. – 2003. – С. 125–126.
3. Васильев И.Е., Ключев Р.В., Сахаров Д.С. Использование рангового анализа техноценозов для расчета и прогнозирования электропотребления промышленного предприятия // Труды молодых ученых, вып. 2, Владикавказский научный центр РАН и Правительства РСО-А.– Владикавказ, 2004. – С. 39–44.
4. Ключев Р.В., Хабалонов Г.В. Ранговый анализ электропотребления технологического оборудования промышленного предприятия // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием (Екатеринбург, 15-18 декабря 2015 г.). Екатеринбург: УрФУ, 2015. С. 250-253.

ЭФФЕКТИВНОЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ЕДИНОЙ ПРОМЫШЛЕННО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В ГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

EFFECTIVE FUNCTIONING OF UNIFIED INDUSTRIAL AND ENERGY SYSTEM IN MOUNTAIN TERRITORIES

Кабисов А.А., Ерофеев М.И., Ключев Р.В.

ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)», г. Владикавказ

kluev-roman@rambler.ru

Kabisov A.A., Erofeev M.I., Klyuev R.V.

North Caucasian Institute of mining and metallurgy
(State Technological University), Vladikavkaz

Аннотация: В статье приведены результаты эффективного функционирования единой промышленно-энергетической системы в условиях горных территорий.

Abstract: The paper presents the results of the single industrial-energy system effective functioning in mountainous areas.

Ключевые слова: электропотребление, техноценоз, доверительные интервалы, твердые сплавы.

Key words: power consumption, technocenosis, confidence intervals, hard alloys.

Построение эффективной единой промышленно-энергетической системы (ЕПЭС) является перспективным позитивным направлением в области развития электроэнергетики и энергосбережения, обеспечивает высокий экономический эффект за счет производства электроэнергии на высоконапорных ГЭС, расположенных в непосредственной близости от сырьевой базы добычи и переработки руды в горных территориях, сокращения потерь электроэнергии и повышения устойчивости работы энергосистемы [1].

Вместе с тем объективно существует ряд вопросов, в которых сдерживающими факторами для широкого применения ЕПЭС являются:

- отсутствие корректной теоретической базы для расчетов водно-энергетических режимов, статической и динамической устойчивости работы высоконапорных ГЭС в горных территориях;

- отсутствие комплексной методики экспертных оценок, кластерного анализа и рангового H -распределения применительно к предприятиям цветной металлургии для построения математических моделей расчета и прогнозирования потребления электроэнергии по всем кастам рангового H -распределения техноценоза;

- недостаточно полное исследование количественных и качественных показателей электропотребления для разработки комплекса мероприятий, позволяющих снизить потребляемую активную мощность в часы максимума нагрузки, удельный расход электроэнергии и стоимость энергетической составляющей в себестоимости производства цветных металлов;

- отсутствие алгоритма и программы функционирования автоматизированной системы диспетчерского управления электропотреблением на предприятиях цветной металлургии для управления параметрами электропотребления.

Поэтому решение вопросов, связанных с разработкой ЕПЭС, являются весьма актуальными и важными.

Решение этих вопросов основано на дальнейшем развитии основных теоретических, практических и методических работ вышеперечисленных авторов, которые были частично использованы в данной диссертации при разработке ЕПЭС [4].

Цель работы – повышение эффективности функционирования и управление единой промышленно-энергетической системой, включающей высоконапорные ГЭС и предприятия цветной металлургии [2].

Для достижения поставленной цели в работе решены следующие задачи, перечень которых включает:

1. Создание научной концепции для управления единым промышленно-энергетическим комплексом.

2. Разработка методологической базы для расчета, моделирования и оптимизации водно-энергетических параметров высоконапорных ГЭС в горных территориях.

3. Разработка методов обеспечения статической и динамической устойчивости работы ГЭС при внедрении комплексной программы автоматизированного управления режимами энергосистемы.

4. Прогнозирование и математическое моделирование электропотребления на основе экспертных оценок, кластерного анализа и H -распределения по отдельным кастам технологического оборудования предприятий цветной металлургии.

5. Разработка методов определения фактических вкладов потребителя и системы в несинусоидальность напряжения на основе проведения активного

эксперимента - кратковременного включения силовых трансформаторов ГПП на параллельную работу.

6. Создание теоретических основ функционирования автоматизированной системы диспетчерского управления электропотреблением и автоматизированной системы коммерческого учета электроэнергии на основе использования математических моделей управления электропотреблением на предприятиях цветной металлургии.

7. Применение разработанных методов и средств для минимизация энергетической составляющей затрат в себестоимости производства цветных металлов в единой системе промышленно-энергетического комплекса.

Список использованных источников

1. Клюев Р.В., Босиков И.И., Мадаева М.З. Построение единой промышленно-энергетической системы для энергообеспечения нефтеперерабатывающего комплекса // Сборник материалов Международной научно-практической конференции «ДОСТИЖЕНИЯ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ». Том III (Альметьевск, 25-28 октября 2017 г.). - Альметьевск: Альметьевский государственный нефтяной институт. – 2017. С.128-133.
2. Клюев Р.В., Котова О.А., Гаврина О.А. Результаты эффективного управления единой промышленно-энергетической системой в горных территориях // Сборник Материалов XXXVII сессии семинара «Кибернетика энергетических систем» по тематике «Электроснабжение» 13-16 октября 2015 г. Новочеркасск 2016. С. 9-12.
3. Клюев Р.В., Босиков И.И. Методы системного анализа природно-промышленной системы горно-металлургического комплекса // Монография / И.И. Босиков, Р.В. Клюев. ФГБОУ ВПО «Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова; ФГБОУ ВПО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (ГТУ)» - Владикавказ: ИПЦ ИП Цопанова А.Ю., 2015. – 124 с., - 41 ил.
4. Клюев Р.В., Гаврина О.А. Задачи построения единой промышленно-энергетической системы // Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 30 сентября 2015 г. «Наука, образование, общество: актуальные вопросы и перспективы развития». Часть I. М: «АР-Консалт», 2015 г. – С. 68-69.

**ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ПРИ УПРАВЛЕНИИ
СКОРОСТЬЮ ВРАЩЕНИЯ ГАЗОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ**

**APPLICATION OF FUZZY LOGIC IN CONTROLLING SPEED ROTATION
OF GAS TURBINE INSTALLATION**

Свириденко В.А., Самойленко Д.В., Колдаев А.И.

Невинномысский технологический институт (филиал) СКФУ, г. Невинномысск
ventilator83@yandex.ru

Sviridchenko V.A., Samoylenko D.V., Koldaev A.I.

Nevinnomyssk Institute of Technology (branch of NCFU), Nevinnomissk

Аннотация: В работе проанализировано применение нечеткой логики при управлении скоростью вращения газотурбинной установки. Проведено сравнение качества регулирования, а также расхода топлива при использовании ПИД управления и нечеткой логики. Получены оптимальные настройки нечеткого регулятора для регулятора скорости.

Abstract: The paper analyzes the application of fuzzy logic in controlling the speed of rotation of a gas turbine plant. Comparison of the quality of regulation, as well as fuel consumption, using PID control and fuzzy logic is performed. Optimum settings of the fuzzy controller for the speed controller are obtained.

Ключевые слова: нечеткая логика; газотурбинная установка; модель Роуэна.

Keywords: fuzzy logic; gas-turbine plant; the Rowen model.

Газовые турбины являются одним из основных источников выработки электроэнергии в странах, добывающих природный газ, и используются во многих местах в мире благодаря их особым характеристикам. Газовые турбины также имеют некоторые преимущества перед другими системами генерации электроэнергии. Наиболее важными преимуществами являются относительно низкие затраты на ввод в эксплуатацию, техническое обслуживание и эксплуатацию, быстрый запуск и реагирование на изменение нагрузки, возможность использования различных видов топлива (дизельное топливо, нефть и биотопливо).

Функционирование электростанции сопряжено с изменениям частоты и напряжения из-за резких изменений мощности потребителей. При управлении газотурбинными установками очень важно стабилизировать скорость ротора турбины и температуру выхлопных газов до номинальных значений под воздействием крутящего момента нагрузки. Скорость вращения ротора напрямую связана с качеством генерируемой электроэнергии. Для стабилизации скорости вращения ротора важно точное моделирование и устойчивое управление.

Математическая модель газовой турбины электростанции была предложена Роуэном (Rowen) в 1983 году. Он предложил упрощенные модели для одновальных газовых турбин и модифицировал эти модели, добавив влияние подвижных лопаток. Модель Роуэна имеет три контроллера: контроллер температуры, контроллер скорости и контроллер ускорения. Установлено, что регулятор скорости является преобладающим [1].

С точки зрения схемы управления в модели Роуэна используются ПИ-регуляторы с фиксированным коэффициентом усиления для контроллеров скорости, температуры и ускорения.

В этой статье предлагается использовать контроллер, построенный на основе нечеткой логики для повышения динамического отклика системы. Основная цель исследования поиск параметров нечеткого контроллера для управления скоростью вращения ротора газотурбинной системы с целью уменьшения ошибки регулирования, времени переходного процесса и максимального перерегулирования. Модель Роуэна с нечетким контроллером для управления скоростью, реализованная в среде MATLABSimulink, представлена на рис. 1.

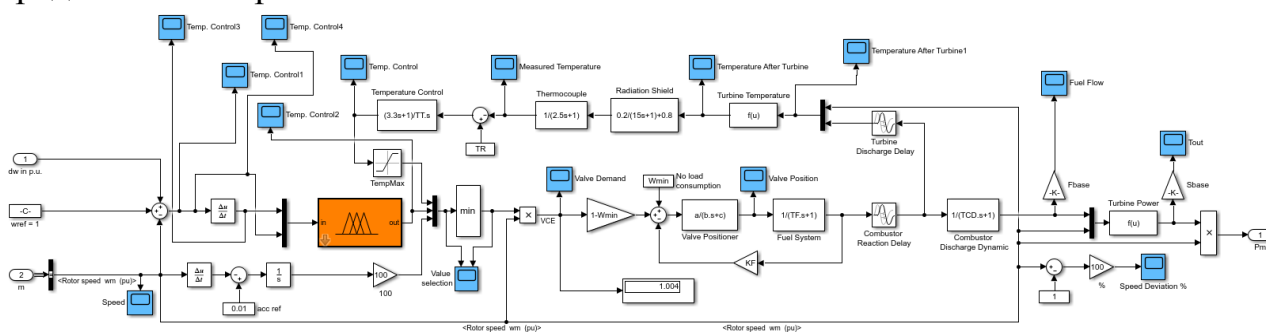


Рисунок 1 – Модель Роуэна в среде MATLABSimulink

Для анализа поведения системы для управления газовой турбиной разработана модель в MATLAB Simulink, которая представлена на рис. 2. В данной модели представлена непосредственно сама модель газовой турбины, а также модель генератора, трехфазной линии с нагрузкой и другим источником электрической энергии.

При построении нечеткого контроллера для управления скоростью вращения ротора газотурбинной системы используются нечеткие правила, которые являются лингвистическими утверждениями, включающими нечеткие множества, нечеткую логику и нечеткий вывод[2].

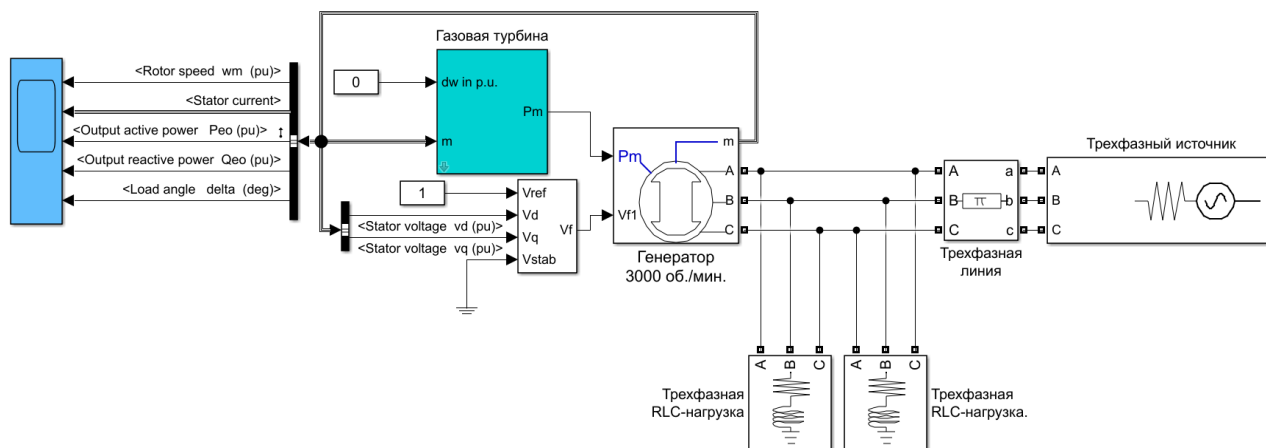


Рисунок 2 – Модель энергосети с подключенной к генератору газовой турбиной

Рассмотрена нечеткая модель для мощности газовой турбины с использованием того же набора данных, что и для линейного моделирования, генерируемого сигналом возбуждения потока топлива, применяемым к симулятору газовой турбины. Была произведена настройка нечеткого контроллера для управления скоростью вращения ротора газотурбинной системы, полученные правила представлены на рис. 3.

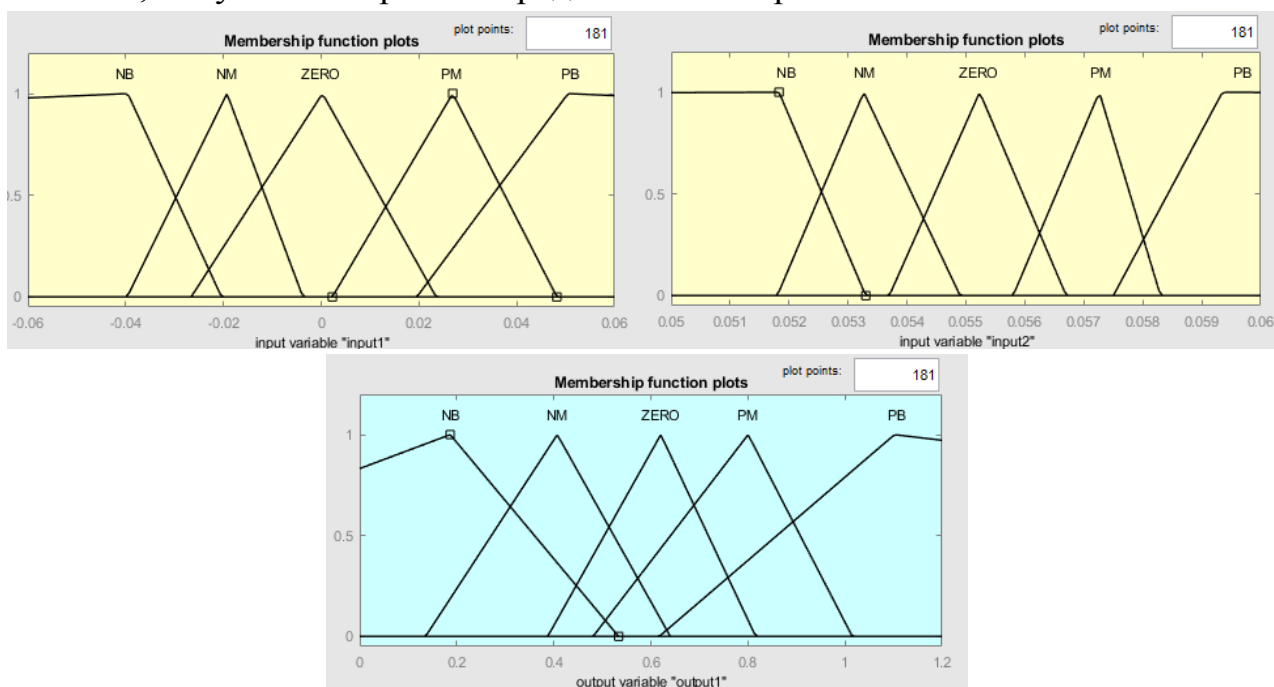


Рисунок 3 – Правила нечеткого контроллера для управления скоростью вращения ротора газотурбинной системы

Моделирование показало, что качество регулирования скорости при использовании нечеткого регулятора незначительно увеличилось по сравнению с ПИД-регулятором, при этом расход топлива уменьшился на 5%. График расхода топлива показан на рис. 4.

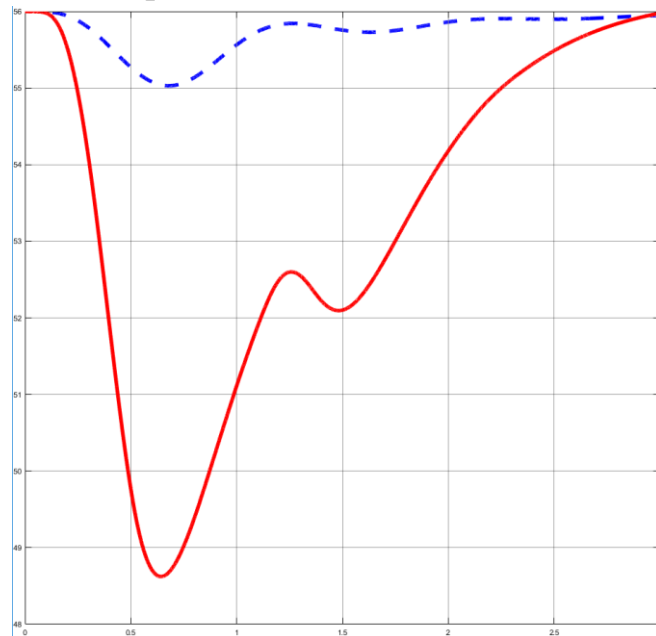


Рисунок 4 – Расход топлива при пуске турбины
(— ПИД управление, — Нечеткое управление)

Изменения параметров процесса приводит к снижению качества регулирования ПИД-контроллером, а правильно настроенный нечеткий контроллер лишен данного недостатка. По результатам исследований можно сделать вывод, что применение нечеткой логики при управлении скоростью вращения газотурбинной установки, является оправданным и имеет преимущества по сравнению с ПИД управлением.

Список использованных источников

1. Tavakoli M.R.B., Vahidi B., Gawlik W. An Educational Guide to Extract the Parameters of Heavy Duty Gas Turbines Model in Dynamic Studies Based on Operational Data // IEEE Transactions on Power Systems. 2009. Vol. 24, № 3. P. 1366–1374.
2. Lubentsova E.V. et al. Fuzzy temperature controller of the exothermic fermentation processes // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Vol. 10, № 21. P. 42753–42757.

АНАЛИЗ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ

ANALYSIS OF DIGITAL DEVICES OF RELAY PROTECTION

Корякина М.Л., Королюк Ю.Ф.

Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммомова (СВФУ),

г. Якутск

armay90@rambler.ru

Koroluk Y.F., Koryakina M.L.

North-Eastern Federal University, Yakutsk

Аннотация: В данной работе были проанализированы цифровые устройства релейной защиты. Рассмотрена структура и надежность данных устройств. Исследованы алгоритмы преобразования цифровых сигналов. Используя рассмотренные алгоритмы преобразования цифрового сигнала будет спроектирована программа для вычисления и построения амплитудно-частотных характеристик и фазочастотных характеристик цифрового фильтра.

Abstract: In this paper, digital relay protection devices were analyzed. The structure and reliability of these devices are considered. The algorithms for converting digital signals are investigated. Using the considered algorithms of digital signal conversion, a program will be designed for calculating and constructing the amplitude-frequency characteristics and phase-partial characteristics of the digital filter.

Ключевые слова: анализ Фурье, цифровые фильтры, релейная защита, микропроцессорные установки.

Keywords: Fourier analysis, digital filters, relay protection, microprocessor installations.

Микропроцессорные устройства релейной защиты (МУРЗ) – устройства предназначенные для защиты объектов энергоснабжения, применяя компьютерные технологии, обладают высокой надежностью, но имеют ряд недостатков, которые требуют исследований, а именно в системно-программной структуре. МУРЗ является третьим поколением устройств релейной защиты (после электромеханической и электронной).

Сравнительные характеристики цифровых устройств описаны О.Г. Захаровым. Он пишет, что качество отечественных МУРЗ не отстают от зарубежных [5]. Для примера были взяты такие цифровые устройства, как “Сириус-Д”, БМРЗ-ДА, БМРЗ-100. В результате сравнения выявлено, что блоки имеют примерно одинаковый набор алгоритмов защиты, автоматики, управления и сигнализации. Время срабатывания алгоритмов предусмотрено от 1 до 2 с [5].

По данным, представленными ЕНЭС на 2010 г. количество терминалов составляло около 41096, где доля правильной работы составил 98,8 %. Причем данные устройства показывают положительную динамику роста правильной работы (в 2007 – 92,2 %, в 2008 – 95,5%, в 2009 – 97 %) [6]. Таким образом, устраняются причины вызывающие неправильную работу МП РЗА. На объектах ДЗО ОАО «Россети» по данным на 01.01.2015 в эксплуатации находится около 1,7 млн. устройств РЗА, из них: 77,45% -электромеханических устройств (ЭМ); 4,12% - микроэлектронных устройств (МЭ); 18,43% - микропроцессорных устройств (МП) [1]. Хотя и цифровые устройства начали внедрять в России около 20 лет, доля их занимает примерно 20% от всех других устройств релейной защиты. Это говорит о том, что повышение эффективной адаптации цифровой защиты требует не только повышения уровня подготовленности обслуживающего персонала, но и исследования над надежностью аппаратно-программной структуры.

Согласно данным ОРГРЭС [8] процентное соотношение МУРЗ в отечественной энергосистеме с каждым годом увеличивается. Статистика показывает, что доля МП РЗ составляет 28.9% от всех устройств РЗА, при этом 42% всех случаев неправильной работы РЗА приходилось на МУРЗ. Для улучшения работы микропроцессорных терминалов необходимо своевременно выявлять ошибки и причины неправильной работы, их анализ и устранение. В 2013 году показатель правильной работы: 99,12% - МУРЗ; 99,27% - электромеханические устройства. Причины неправильной работы: 30,5% - по вине монтажно-наладочных организаций; 22% - по вине заводов изготовителей; 14,1% - прочие причины (информация не представлена). То есть это представляет, что существует проблема для идентификации ошибок персоналом служб релейной защиты и недоработки или упущения в процессе эксплуатации.

Источником питания для цифровых устройств является постоянный оперативный ток. Применяемый оперативный ток подключается к специальному заряжаемому устройству от переменного тока для обеспечения безошибочной работы МУРЗ и нарушений в аккумуляторе. Исследования, проведенные учеными [3] показали, что в реальных условиях эксплуатации

цифровых устройств различных типов успевают выдать сигнал на отключение выключателя только, если она работают в функции мгновенной отсечки, то есть без выдержки времени.

МУРЗ состоит из центрального процессора, микропроцессора, аналогово-цифрового преобразователя и источника питания. Основным элементом микропроцессорного устройства является аналогово-цифрового преобразователя (цифровой фильтр). Цифровой фильтр является носителем определенной программы-алгоритма, которая предназначена для выявления сигналов при аварийных ситуациях. Поэтому алгоритмы должны быть запрограммированы таким образом, чтобы устройство могло быстро сработать и отсоединить поврежденный элемент. Это один из основных свойств качественной работы МУРЗ, которое называют “быстродействием” [2].

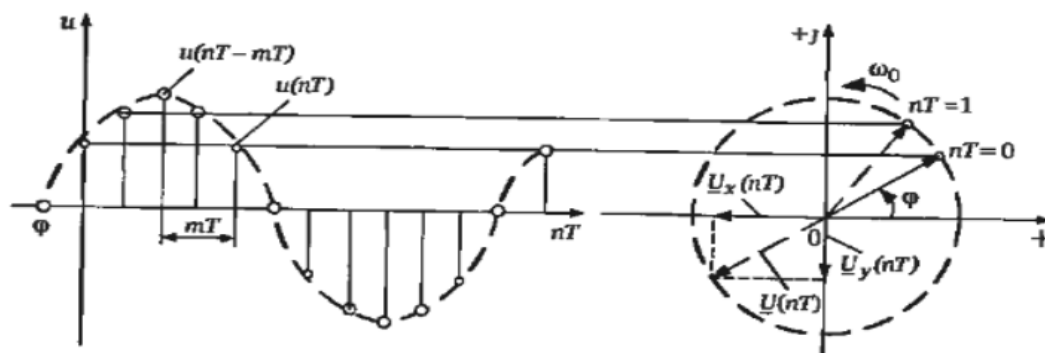


Рисунок 1 – Синусоидальная величина и вращающийся вектор

Алгоритмом ЦИО является последовательность операций с цифровыми сигналами, зависящими от входных аналоговых сигналов, обеспечивающая измерение контролируемых параметров электрической системы или оценку их нахождения в заданной области [10]. Данные алгоритмы обеспечивают точное вычисление вращающегося вектора $\underline{U}(t) = Ue^{j(\varphi_0 + \varphi)}$.

Алгоритм двух выборок [4] и алгоритм Фурье, относятся к алгоритмам, которые имеют более высокую точность определения вектора входного сигнала напряжения и тока. На рис. 1 приведен траектория движения вектора и синусоидальный процесс сигнала. Данный алгоритм применяется для анализа частотных свойств, дифференцирующих свойств, которые определяют влияния высших гармоник при разных количествах выборок ($N=12, 24$). Входной сигнал слагают на гармоники анализируют с помощью амплитудно-частотной (1) и фазочастотной (2) характеристик:

$$H(\pm\omega) = \sum_{n=0}^{\infty} h(nT_D) \cdot e^{j\omega nT_D} \quad (1)$$

$$A_{1,2} = \frac{H(\omega)}{e^{j\omega t}} \quad (2)$$

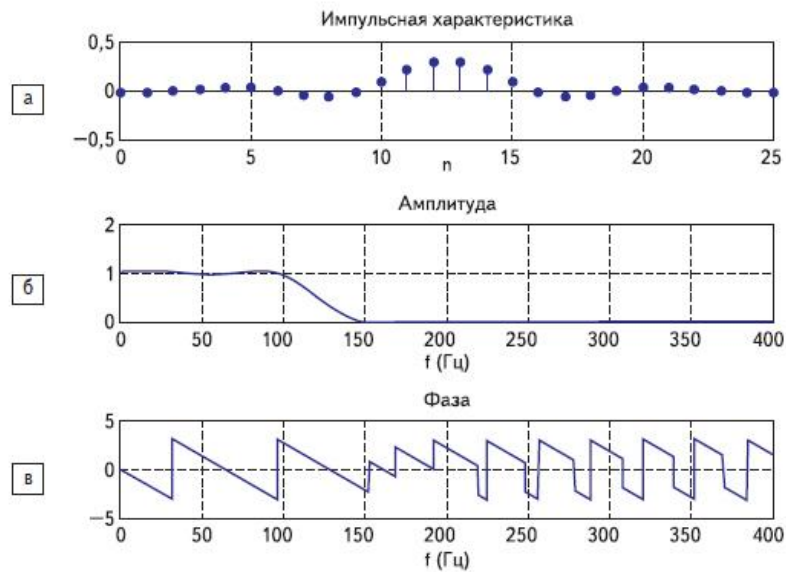


Рисунок 2 – Характеристики оптимального КИХ фильтра ФНЧ: а) импульсная характеристика; б) амплитудно-частотная характеристика; в) фазочастотная характеристика

Мгновенные значения двух выборок синусоидального сигнала с частотой через время :

$$\begin{cases} u(nT - mT) = U \sin(\omega_0 nT + \varphi - \omega \\ u(nT) = U \sin(\omega_0 nT + \varphi). \end{cases} \quad (3)$$

По известным двум выборкам $u(nT)$ и $u(nT - mT)$ мы можем определить точное значение амплитуды U :

$$U = \frac{1}{|\sin \omega_0 nT|} \sqrt{[u(nT - mT)]^2 - 2[u(nT - mT)][u(nT)] \cos \omega_0 nT + [u(nT)]^2} \quad (4)$$

Из курса математики известно, что любую периодическую функцию $f(x)$ с периодом T , удовлетворяющую условиям Дирихле, можно разложить в ряд Фурье.

Практический (графоаналитический) метод определения гармоник ряда Фурье основан на замене определенного интеграла суммой конечного числа слагаемых. С этой целью период T функции $f(x)$, разбивают на n равных частей $\Delta x = T/n$ и интегралы заменяют суммами для расчета коэффициентов гармоник [1].

Данный метод оказался более подходящим для нашего анализа и трудоемким, так как исследуемая функция несимметричная, а относится ко второму типу, а именно является кривой произвольной формы. Используя вышеизложенные алгоритмы преобразования цифрового сигнала будет

спроектирована программа для вычисления и построения амплитудно-частотных характеристик и фазочастотных характеристик цифрового фильтра. Следовательно, мы можем сделать вывод, что существенную роль играет функциональная и программная надежность, что подтверждается вышеизложенными данными эксплуатации и моделями для оценки характеристик их надежности.

Исследования выполнены при финансовой поддержки РФФИ и Субъекта РФ - Республики Саха (Якутия) № 18-48-140 010.

Список использованных источников

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. М.: Высшая школа, 1996. 638 с.;
2. Бульчев А.В. Релейная защита. Общие принципы построения.
3. Бычков А.В., Никитин А.А. Алгоритм двух выборок, повышение точности вычислений в переходных режимах. 2013г.
4. Гуревич В., Новые технологии в организации электропитания микропроцессорных реле защиты.
5. Захаров О.Г. Цифровые устройства релейной защиты электродвигателей. Алгоритмы и уставки. Часть 1.
6. Карпишина И. Анализ современного состояния РЗА, Энергоinfo 2010г.
7. Ковалев А.А., Честюнин Е.А. ГОУ ВПО «Уральский государственный университет путей сообщения», Екатеринбург АНАЛИЗ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ ТРАНСФОРМАТОРОВ.
8. Кузьмичев В. А., Захаренко Ф. Ю., Балувев А. В. (ОАО «Фирма ОРГРЭС», Москва) Ретроспективный анализ работы устройств РЗА в ЕНЭС. - Релейная защита и автоматизация, 2015, № 1, с. 32 - 37.
9. Нудельман Г. ОАО «ВНИИР», «Обобщение мировых тенденций развития техники и технологий в области релейной защиты и автоматики» (по материалам 4 Сессии SIGRE) ИК В5 РНК СИГРЭ Москва 2015г.
10. Шнеерсон Э.М. Цифровая релейная защита. - М.: Энергоатомизда, 2007. 549 с.

**РАСЧЕТ ТЕПЛОВОЙ И МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ
ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ТЕПЛООВОГО
ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОТДЕЛЬНЫЕ ЗОНЫ РУКИ ЧЕЛОВЕКА**

**THE CALCULATION OF THE THERMAL AND MATHEMATICAL
MODELS OF THERMOELECTRIC SYSTEM FOR THERMAL IMPACT
ON SEPARATE AREAS OF THE HUMAN HAND**

Магомадов Р.А.-М., Абдулхакимов У.И., Гучигов М-Э.С.

ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени
академика М.Д. Миллионщикова», г.Грозный

Rustmag_80@mail.ru

Magomadov R. A.- M., Abdulkhakimov U. I., Guchigov M-E. S.

Grozny state oil technical University named after academician M. D. Millionschikov, Grozny

Аннотация: В работе рассмотрена математическая модель термоэлектрической системы для теплового воздействия на руку человека. Модель реализована на базе численного решения системы дифференциальных уравнений теплопроводности для тел сложной конфигурации. Приведены двумерные и одномерные графики изменения температуры в различных зонах объекта воздействия.

Abstract: the paper considers a mathematical model of a thermoelectric system for thermal effects on the human hand. The model is implemented on the basis of numerical solution of the system of differential equations of thermal conductivity for complex configuration bodies. Two-dimensional and one-dimensional graphs of temperature changes in different zones of the object of influence are presented.

Ключевые слова: рука человека, физиотерапия, тепловое воздействие, температурное поле, тепловая модель, математическая модель.

Key words: human hand, physiotherapy, thermal effect, temperature field, thermal model, mathematical model.

Методы локального теплового воздействия широко используются в медицинской практике при лечении и профилактике для стимуляции физиологических процессов. Тепловое воздействие оказывает значительное влияние на энергетический баланс организма. Реакция сосудов на тепловую

процедуру распространяется на всю поверхность тела, но наиболее интенсивно она выражена на месте непосредственного приложения тепла. При локальном температурном воздействии в тесном соприкосновении с температурным раздражителем находится кожа, рецепторы которой воспринимают болевое (механическое, термическое), температурное (холод, тепло) и тактильное раздражение. При этом кровоток в сосудах кожи изменяется в 100-180 раз, а регуляция теплоотдачи осуществляется преимущественно за счет изменения кровообращения, особенно в тканях рук и ног [1].

На этом основан ряд методов, применяемых в физиотерапевтической практике, к которым можно отнести ванны постепенно повышаемой температуры (ванны по Гауффе), контрастные ванны, частичные ванны (ручные) и т.д., а также использование различных сред, таких как парафин, озокерит и др. [2].

К частичным или местным ваннам относят водолечебные процедуры, которые воздействуют на определенную часть тела. Широко применяются ручные ванны с соответствующими сосудами, изготовленными из оцинкованного железа [3]. При этом в воду погружают предплечье, одну или обе кисти, а также полностью всю руку. Эти ванны назначают разной температуры и продолжительности: теплые при температуре воды 37-38° С длительностью до 20-30 минут, горячие при температуре воды 40-44° С длительностью от 10 до 20 минут и холодные при температуре воды 8-14° С продолжительностью от 5 до 12 минут.

Для усиления раздражающего действия могут быть назначены ванны контрастных температур [4]. При этом используются две ванночки, одну из которых наполняют горячей водой (40-45° С), другую – холодной (8-10° С). Пациент опускает руку поочередно сначала в горячую воду на 1-2 минуты, а затем в холодную на 10-15 секунд, повторяя эту процедуру несколько раз. Холодные ручные ванны показаны обычно при острых воспалительных процессах на руке, ванны контрастных температур – при потливости, акроцианозе и др., горячие – для рассасывания инфильтратов и т.д.

Недостатками описанных выше методов физиотерапевтических процедур являются их низкая эффективность и дискомфортность, сложность и неудобство в реализации, недостаточная точность дозировки теплового воздействия.

Реализация рассмотренного метода теплового воздействия может быть осуществлена с использованием термоэлектрических преобразователей энергии [5]. При этом указанные недостатки в большой мере устраняются.

Целью настоящего исследования является математическое моделирование, а также теоретические исследования термоэлектрической системы (ТЭС) для теплового воздействия на руку человека с целью проведения эффективных физиотерапевтических и восстановительных процедур.

Тепловая модель ТЭС, реализующей физиотерапевтические процедуры на уровне средней трети плеча, приведена на рис.1. В соответствии со спецификой функционирования ТЭС, осуществляющей тепловое воздействие таким образом, что тепловой поток от прибора направлен в направлении, перпендикулярном к поверхности руки, тепловая модель зоны воздействия, на основе которой осуществляется расчет системы, имеет вид, показанный на рис.2. Здесь следует выделить участки: 1 – кожный покров, 2 – мышечную ткань и 3 – костную ткань, отличающиеся теплофизическими параметрами и уровнем внутренних тепловыделений.

Обозначим область, ограниченную кожным покровом $D1$, мышечной тканью $D2$, костной тканью $D3$, поверхность кожного покрова, контактирующую с ТЭС $S1-1$, с мышечной тканью $S1-2$, поверхность мышечной ткани, контактирующей с костной тканью $S2-3$, $S'2-3$. Тогда описание теплофизических процессов, протекающих в руке человека при тепловом воздействии ТЭС, в обобщенном математическом виде может быть представлено следующим образом:

- при воздействии на уровне средней трети плеча

$$a_1 \frac{\partial^2 T_1}{\partial x^2} + a_1 \frac{\partial^2 T_1}{\partial y^2} + \frac{Q_{вн1}}{c_1 \rho_1} = \frac{\partial T_1}{\partial \tau} \quad \text{при } x, y \in D1;$$

$$a_2 \frac{\partial^2 T_2}{\partial x^2} + a_2 \frac{\partial^2 T_2}{\partial y^2} + \frac{Q_{вн2}}{c_2 \rho_2} = \frac{\partial T_2}{\partial \tau} \quad \text{при } x, y \in D2; \quad (1)$$

$$a_3 \frac{\partial^2 T_3}{\partial x^2} + a_3 \frac{\partial^2 T_3}{\partial y^2} + \frac{Q_{вн3}}{c_3 \rho_3} = \frac{\partial T_3}{\partial \tau} \quad \text{при } x, y \in D3;$$

$$T1, T2, T3=309,6 \text{ К} \quad \text{при } \tau = 0;$$

$$\lambda_1 \frac{\partial T_1}{\partial n_1} = \alpha(T_1 - T_{ТЭБ}) \quad \text{при } x, y \in S_{1-1} - \text{ в случае неидеального контакта кожного покрова и рабочей поверхности ТЭС};$$

$$\lambda_1 \frac{\partial T_1}{\partial n_1} = q_{ТЭБ} \quad \text{при } x, y \in S_{1-1} - \text{ в случае идеального контакта кожного покрова и рабочей поверхности ТЭС};$$

$$\lambda_1 \frac{\partial T_1}{\partial n_1} = \lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial n_2} \quad \text{при } x, y \in S_{1-2};$$

$$\lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial n_2} = \lambda_3 \frac{\partial T_3}{\partial n_3} \text{ при } x, y \in S_{2-3};$$

Решение системы уравнений (1) осуществлено численным методом конечных элементов, в соответствии с методикой, изложенной в [6] и реализованной в пакете прикладных программ Elcut. Полученные результаты дают возможность определить изменение температуры в различных точках биологического объекта – руки человека, а также отследить ее изменение в зависимости от величины теплового потока от ТЭС (холодопроизводительности и теплопроизводительности ТЭБ) и внешних условий.

Численный эксперимент проводился в соответствии с требуемыми режимами проведения физиотерапевтических процедур: диапазон достигаемых температур биологического объекта – от 277 до 317 К, продолжительность воздействия – от 10 до 30 мин., возможность чередования охлаждения и нагрева соответствующей зоны биологического объекта.

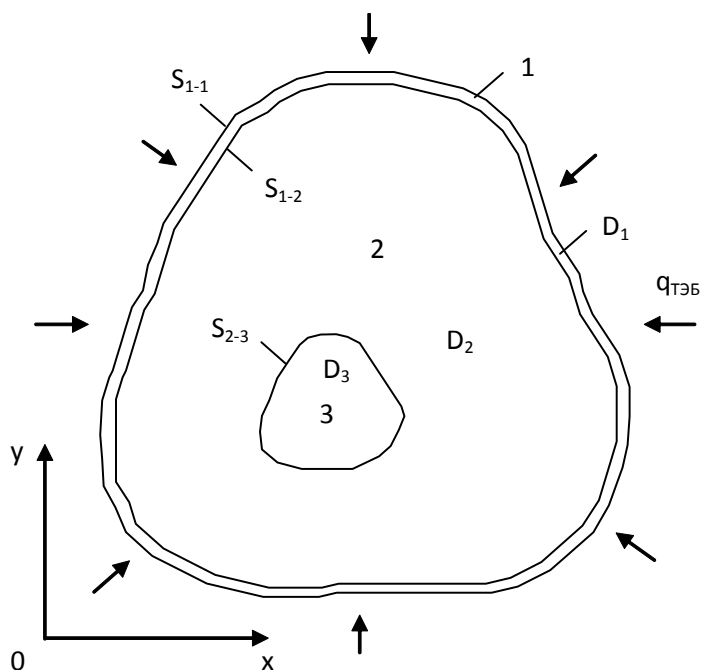


Рисунок 1 – Тепловая модель для расчета ТЭС, реализующей физиотерапевтические процедуры на уровне средней трети плеча

За исходные принимались следующие данные: $\lambda_1 = 0,407$ Вт/(м·К), $\lambda_2 = 0,439$ Вт/(м·К), $\lambda_3 = 0,34$ Вт/(м·К); $\rho_1 = 1036$ кг/м³, $\rho_2 = 1050$ кг/м³, $\rho_3 = 1036$ кг/м³; $c_1 = 3458$ Дж/(кг·К), $c_2 = 4020$ Дж/(кг·К), $c_3 = 3127$ Дж/(кг·К); $Q_{вн1}=0$, $Q_{вн2}=30$ Дж/(кг·с), $Q_{вн3}=0$. Основные геометрические размеры зон воздействия показаны на рис.2. Данные приведены в миллиметрах.

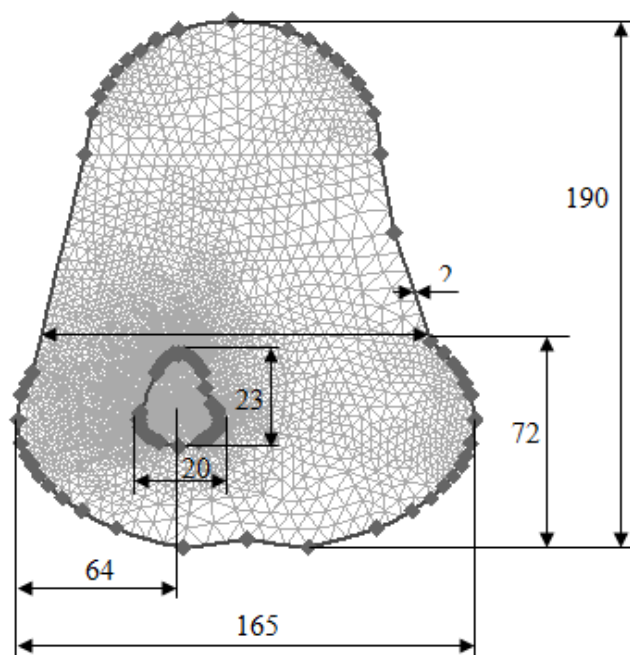


Рисунок 2 – Модель сечения средней трети плеча, принятая при расчете, с конечноэлементной сеткой и основными размерами

Список использованных источников

1. Колушкин А.Н. Целебный холод воды, М.: Физкультура и спорт, 1996. – 137 с.
2. Магазаник Г.Л. Тепловые лечебные средства, Л.: Медгиз, 1961. – 223 с.
3. Комарова Л.А. Руководство по физическим методам лечения. / Л.А. Комарова, Л.А. Благовидова. – Л.: Медицина, 1983. – 264 с.
4. Кенц В.В. Местные холодовые воздействия в физиотерапии / В.В. Кенц, А.И. Сухенко, Т.М. Дука // Вопросы курортологии. 1983. – № 2. – С. 83 – 87.
5. Патент РФ на изобретение №2299711 Термоэлектрическое полупроводниковое устройство для локального температурного воздействия на руку человека // Исмаилов Т.А., Евдулов О.В., Аминов Г.И., Хазамова М.А., опубл. 27.11.2007, Бюл. №15.
6. Румянцев А.В. Метод конечных элементов в задачах теплопроводности. Калининград: КГУ, 1995
7. [.http://www.kryotherm.ru](http://www.kryotherm.ru).
8. Исмаилов Т.А. Термоэлектрические полупроводниковые устройства и интенсификаторы теплопередачи. - СПб.: Политехника. - 2005. - 534 с.
9. Исмаилов Т.А., Евдулов О.В., Хазамова М.А., Магомадов Р.А.М. // Математическая модель термоэлектрической системы для локального теплового воздействия на руку человека//Термоэлектричество. 2014. № 1. С. 77-86.
10. Магомадов Р.А.М.//Устройство для температурного воздействия на руку человека // Неделя науки-2017 сборник материалов XXXVIII итоговой научно-технической конференции преподавателей, сотрудников, аспирантов и студентов Дагестанского государственного технического университета. Под редакцией Т.А. Исмаилова. 2017. С. 43-45.

**ДИНАМИКА ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЧЕЧЕНСКОЙ
РЕСПУБЛИКЕ ПО ОСНОВНЫМ ГРУППАМ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ
ЗА ПЕРИОД 2012–2016 гг.**

**DYNAMICS OF ELECTRICITY CONSUMPTION IN THE CHECHEN
REPUBLIC ACCORDING TO MAIN GROUPS OF CONSUMERS
FOR THE PERIOD 2012–2016**

*Магомадов Рустам А-М., Абдулхакимов У.И., Магомадов Руслан А-М.,
Эдиев Э.А.*

Грозненский государственный нефтяной технический университет имени
академика М.Д. Миллионщикова, г. Грозный

Rustmag_80@mail.ru

*Rustam Magomadov A-M., Abdulkhakimov U. I., Magomadov Ruslan A-M.,
Adiev E. A.*

Grozny state oil technical University named after academician M. D. Millionschikov,
Grozny

Аннотация: В данной статье рассмотрены вопросы, касающиеся динамики абсолютного и среднегодового темпа прироста потребления электроэнергии в Чеченской Республике и структура электропотребления по группам потребителей. Проведен анализ структуры электропотребления с перечислением перечня основных крупных потребителей электрической энергии и мощности.

Abstract: this article deals with the issues concerning the dynamics of the absolute and average annual growth rate of electricity consumption in the Chechen Republic and the structure of electricity consumption by consumer groups. The analysis of the structure of power consumption with a list of major consumers of electricity and power.

Ключевые слова: Электропотребление, прирост, электроэнергия, промышленное производство, потребитель.

Key words: power Consumption, growth, electric power, industrial production, consumer.

Основными потребителями электрической энергии в Чеченской Республике являются, в первую очередь население, бюджетная сфера,

незначительная доля промышленности, в основном нефтедобыча и, в небольшом объеме, транспорт и сельское хозяйство [4].

В отчетный период с 2012 по 2016 гг. наблюдался устойчивый рост электропотребления, обусловленный масштабными строительно-восстановительными процессами в республике [1].

В 2016 году темпы роста электропотребления сохранились примерно на уровне прошлого года. Из-за продолжающихся в Чеченской Республике масштабных строительно-восстановительных работ рост электропотребления в сравнении с 2015 годом составил 1,4 % и достиг величины 2636 млн кВт.ч. Одной из основных задач снижения сверхнормативных потерь электроэнергии, является реализация на территории Чеченской Республики Комплексной программы по снижению сверхнормативных потерь, а так же активной работой энергоснабжающих предприятий с потребителями по снижению потерь электроэнергии и повышению уровня платежей за потребленную электроэнергию [1,2].

Динамика электропотребления, среднегодовых темпов прироста электропотребления в энергосистеме Чеченской Республики за отчетный период представлена в таблице 1 и на рисунках 1, 2 и 3.

Таблица 1

Динамика электропотребления и среднегодовых темпов прироста электропотребления в энергосистеме Чеченской Республики за период 2012–2016 гг.

Наименование	2012г.	2013г.	2014г.	2015г.	2016 г.
Электропотребление, Э, млн. кВтч	2340,7	2379,1	2540	2598	2636
Абсолютный прирост электропотребления, млн. кВтч.	9,5	38,4	160,9	58	38
Среднегодовые темпы прироста, %	0,4	1,6	6,8	2,3	1,4



Рисунок 1 –Динамика электропотребления в энергосистеме Чеченской Республики за период 2012-2016 гг.



Рисунок 2 – Динамика абсолютного прироста электропотребления в энергосистеме Чеченской Республики за период 2012-2016 гг.



Рисунок 3 – Динамика среднегодовых темпов прироста электропотребления в энергосистеме Чеченской Республики за период 2012-2016 гг.

Как видно из таблицы 1 и рисунков 1, 2 и 3, в период 2012 – 2016 гг. наблюдался общий рост электропотребления, однако с 2014 года отмечено снижение темпов роста электропотребления.

Таблица 2

Структура электропотребления Чеченской Республики по видам экономической деятельности за 2012-2016 гг.

Наименование	2012 г.		2013 г.		2014 г.		2015 г.		2016	
	млн кВт. ч.	%	млн кВт. ч.	%	млн кВт. ч.	%	млн кВт. ч.	%	млн кВт. ч.	%
Промышленное производство	36,1	2,4	94,9	5,8	118,4	7,7	123,8	8,0	133,8	8,4
Непромышленные потребители	77,2	5,1	82,1	5,0	125,5	8,2	207,0	13,4	212,4	13,3
ОПП	803,7	52,9	831,3	50,5	493,7	32,2	-	-	-	-
Сельхоз. потребители	2,5	0,2	2,7	0,2	3,5	0,2	9,0	0,6	10,1	0,6
Бытовое потребление	435,5	28,7	452,6	27,5	589,8	38,5	875,8	56,6	899,3	56,4
Бюджетные потребители	78,3	5,2	98,1	6,0	114,4	7,5	201,9	13,0	206,7	13,0
ЖКХ	85,1	5,6	84,9	5,2	86,7	5,7	129,9	8,4	132,9	8,3
Итого по АО «Чеченэнерго»	1518,3		1646,6		1532,0		1547,4		1595,2	
Потери в сетях		34,54		29,35		35,32		40,0		36,2



Рисунок 4 – Структура отпуска электрической энергии из сетей АО «Чеченэнерго» в 2016 году по группам потребителей

Анализ структуры электропотребления за 2012–2016 годы (таблица 2) показывает 2 тенденции:

- растущий характер электропотребления промышленного производства, связанный с восстановительными процессами в Чеченской Республике;

- отсутствие доли оптовых покупателей-продавцов электроэнергии (ОПП) в структуре отпуска электрической энергии, связанное прекращением операционной деятельности в 2013 году крупного ОПП – ГУП «Чечкоммунэнерго».

Таблица 3

**Перечень основных крупных потребителей электрической энергии
и мощности**

№ п/п	Наименование потребителя	Вид деятельности	2012 (млн кВт.ч)	2013 (млн кВт.ч)	2014 (млн кВт.ч)	2015 (млн кВт.ч)	2016 (млн кВт.ч)
1.	ГУП "Чеченцемент"	Производство цемента	60,1	88,1	101,9	28,8	39,2
2.	МУП "Водоканал» г. Грозного	Водоснабжение и водоотведение г. Грозный	12,8	13,4	14,1	12,9	13,6
3	ГУП «Сахарный завод ЧР»	г. Аргун ул. Сахарозаводская,2	0,11	3,7	2,5	0,2	1,1
4.	ОАО "Оборонэнергобыт"	Энергосбытовая компания, занимающаяся поставками электрической энергии потребителям министерства обороны	31,8	30,1	7,7	2,6	4,7
5.	ОАО "Грознефтегаз"	Предприятие по добыче нефти и газа	30,5	27,3	23,9	7,2	11,6
6.	ГУП «Чечводоканал»	Водоснабжение и водоотведение по Чеченской Республике	28,6	33,1	42,2	15,6	18,4
7.	ОАО «Мегафон»	Мобильная связь	16,2	17,2	19,8	7,1	8,2
8.	ОАО «РЖД»	Железнодорожные перевозки	8,7	9,3	8,1	3,1	3,6
9.	ОАО «Вымпелком»	Мобильная связь	5,9	7,2	10,1	3,7	3,9
10.	ЦОУ ВОГОиП МВД России	Объекты МВД России	5,5	5,5	5,5	1,8	2,2
11.	ГУП «Аргунский комбинат хлебопродук-тов»	г. Аргун, ул. Кадырова, 2	0,04	0,2	0,4	0,2	0,3

12.	УФСБ по ЧР	г. Грозный, пр. Исаева, 70	2,2	2,8	5,1	1,9	2,1
13.	ООО «ЛИДЕР – А»	Г. Гудермес	1,5	1,5	1,3	1,3	1,4
14.	МУП «Биоочистные сооружения»	г. Грозный, ул. Машинная,5	0,07	0,2	1,5	0,7	0,6
15.	Войсковая часть 6790	г. Грозный, аэропорт «Северный»	11,8	22,3	33,5	13,1	13,9
16.	ГУП «Чечкарьеруправление»	г. Грозный, ул. Боевая,26	0,7	0,9	0,8	0,7	0,7
17.	ООО «Бионикс»	ст. Червленая	0,6	0,6	0,7	0,6	0,6

Список использованных источников

1. Схема и программа развития электроэнергетики Чеченской Республики на 2018-2022 годы. Разработчик: ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова», Грозный, 2017.
2. Схема и программа развития электроэнергетики Чеченской Республики на 2017-2021 годы. Разработчик: ООО НПП «Энергопром-инжиниринг», Грозный, 2016.
3. Схема и программа развития электроэнергетики Чеченской Республики на 2016-2020 годы. Разработчик: ООО НПП «Энергопром-инжиниринг», Грозный, 2014.
4. Керимов И.А., Гайсумов М.Я., Ахматханов Р.С. Программа развития энергетики Чеченской Республики на 2011-2030 гг. // Наука и образование в Чеченской Республике: состояние и перспективы развития. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 10-летию со дня основания КНИИ РАН (7 апреля 2011 г., г. Грозный). Грозный, 2011. С.38-63.
5. Алиев И.И. Электротехника и электрооборудование : справ./ И. И. Алиев. -М.: Высш. шк., 2010. 199 с.
6. Дибиев С.М., Болотбиев Х.Р. Гидроаккумулирующие агрегаты в энергосистеме для выравнивания суточных графиков нагрузок // Инновационные технологии в производстве, науке и образовании. Материалы конференции, том 1. Грозный, 2010. С. 223-229.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ МИРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

THE MAIN DIRECTIONS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE WORLD ENERGY

Магомедов Ф.М., Меликов И.М., Гасанова Э.С., Магомедова Н.Ф.

Дагестанский государственный аграрный университет

имени М.М. Джамбулатова, г. Махачкала

fahr-59@yandex.ru, izmelikov@yandex.ru, elngas@yandex.ru,

sliv0chka555@mail.ru

Magomedov F. M., Melikov I.M., Gasanova E.S., Magomedova N.F.

Dagestan State Agrarian University named after M. M. Dzhambulatov, Makhachkala

Аннотация: Приведены основные направления, принципы и цели обеспечения устойчивого развития мировой энергетики, обоснование необходимости инновационного развития добычи нефти и газа, повышение энергетической эффективности использования ресурсов для обеспечения энергетической безопасности стран.

Abstract: The main directions, principles and objectives of sustainable development of the world energy, reasons for the innovative development necessity for oil and gas, increase of the energy efficiency in the use of resources to ensure the energy security of countries.

Ключевые слова: мировая энергетика, энергоресурсы, энергетическая эффективность, энергетическая безопасность.

Keywords: world energy, energy resources, energy efficiency, energy security.

Проблема эффективного производства, распределения и потребления электрической энергии в наше время все еще полностью не разрешена и достаточно актуальна, так как достижение предприятиями, производящими электрическую энергию, эффективности является необходимым условием их выживания в нынешней конкурентной рыночной среде.

Перевод электроэнергетики в режим устойчивого развития на основе применения прогрессивных технологий и рыночных принципов функционирования, обеспечение на этой базе надежного, экономически

эффективного удовлетворения платежеспособного спроса на электрическую и тепловую энергию в краткосрочной и долгосрочной перспективе возможен путем ее реформирования.

Для успешного и устойчивого развития любой страны существенное влияние оказывает развитость ее энергетики, которая является одним из главных показателей социально-экономического состояния общества. Поэтому развитие экономики невозможно без опережающего роста энергетики. Недостаток энергетических ресурсов порождает проблему обеспечения глобальной энергетической безопасности, создавая угрозу надежности энергетической системы и стабильности экономики стран. Поэтому разрешение энергетической проблемы требует активного участия государств в обеспечении надежности энергетического снабжения и рационального использования энергетических ресурсов.

Современные состояние дел требуют на мировом уровне нового плана взаимодействия стран для повышения качества энергоснабжения. Мировой опыт указывает на целесообразность интеграции и возрастание возможности дальнейшего укрепления мировой энергетической безопасности. Немаловажное значение имеют: содействие перетеканию и обмена электроэнергией между странами, согласованные действия по обеспечению потребностей в энергетических ресурсах, координирование политики на международных рынках энергетических носителей.

Ускоренное развитие энергетики требуется всем странам для решения проблемы энергетической обеспеченности их экономик. Существенная зависимость мировой энергетики от поставок нефти и газа требует продвижения энергетического диалога между производителями и потребителями нефти и газа, которые в равной мере заинтересованы и выиграют от его успеха.

Для решения вопросов энергетики при сокращении инвестиций на добычу нефти имеются огромные ресурсы первичной энергии, которые стали решающим фактором сравнительно благоприятного развития энергетики. Мировое потребление энергии показывает, что за год в мире потребляется значительное количество первичной энергии, эквивалентной использованию более 11 млрд. т нефти для обеспечения надежного функционирования экономики и жизнеобеспечения населения. На углеводородные ресурсы (нефть, газ, уголь) приходится 87%, из них 17% – на уголь всех источников энергии, на ядерную энергию и энергию ГЭС – около 12%. Свой незначительный вклад в мировую энергетику вносят нетрадиционные источники: торф, энергия малых водных потоков, энергия приливов, геотермальная энергетика, биотопливо, ветроэнергетика, гелиоэнергетика, доля которых составляет несколько более

одного процента. Доминирование углеводородных ресурсов как источников энергии будет укрепляться и на ближайшее будущее (до 2030 г.). Но они являются исчерпаемыми ресурсами [1].

Эффективность воспроизводства ресурсов нефти и газа и снижение потребления энергии следует отнести к основным направлениям мировой энергетики. Для воспроизводства ресурсов нефти и газа требуются большие инвестиционные расходы, чтобы осуществлять эффективное и соответствующее характеристикам углеводородных ресурсов широкое применение технических и технологических инноваций в области поиска и разведки месторождений нефти и газа, добычи, транспортировки, переработки углеводородного сырья, которые обеспечат высокую конкурентоспособность добычи нефти.

Основным вопросом мировой энергетики является разработка совместной стратегии энергетического снабжения, так как любая отдельная страна не в состоянии единолично обеспечить эффективное и устойчивое энергетическое снабжение, более рациональную и эффективную реализацию крупных проектов по добыче нефти и газа. Поэтому добыча нефти и газа является важным показателем интеграционных процессов между странами, что качественно повышает эффективность управления за счет международной кооперации. Интеграционная работа направлена на сохранение эффективного функционирования мировой добычи нефти и газа, обеспечение спроса, оптимизацию затрат на поддержание добычи нефти и газа, повышение доходов сторон, сокращение воздействия рисков, снижение экологического ущерба, обеспечение увеличения ресурсной базы углеводородного сырья в количественном и качественном виде, усиление энергетической безопасности.

Международное энергетическое агентство и американское управление энергетической информацией прогнозируют о том, что мировое потребление электрической энергии к 2025 г. возрастет более чем в 1,5 раза. По данным аналитиков, спрос будет опережать добычу углеводородных ресурсов [2]. К данному периоду уменьшится и число стран, не экспортирующих нефть с нынешних 35 из 100 стран, добывающих нефть, до 12 – 28 к 2030 г. из-за увеличения внутреннего потребления нефти. Странам следует изменить отношение к перспективам развития мировой энергетики путем поиска новых источников и технологий получения энергии и повышение энергетической эффективности и энергетического сбережения, что позволит им, обладающим запасами углеводородных ресурсов, увеличить и поддержать на высоком уровне стратегические запасы нефти, а импортерам энергоресурсов – ослабить свою зависимость от импорта.

Надежность энергетического снабжения может быть обеспечена за счет использования местных энергетических ресурсов.

Развитие мирового валового внутреннего продукта (ВВП) – является определяющим фактором энергетической безопасности.

Для обеспечения глобальной энергетической эффективности требует сокращение энергетической емкости производства, а ее уменьшение позволит стабилизировать положение в энергетике и создать необходимые условия для развития энергетической отрасли, а также экономического роста стран.

По прогнозам Европейского совета по возобновляемым источникам энергии и Гринпис повышение эффективности использования электрической энергии уменьшит ее мировое потребление на 47% к 2050 г. Понимания целесообразности эффективного использования электрической энергии странами будет способствовать направлению инвестиций на повышение эффективности применения энергии и на энергосберегающие технологии. Развитию энергетики в данном направлении препятствуют: большой износ производственных фондов самой отрасли и нефтегазового сектора; отсутствие обоснованного выбора инвестиционных решений для осуществления технического перевооружения объектов; игнорирование организациями стратегическим планированием потребления электрической энергии.

Таким образом, основными направлениями устойчивого развития мировой энергетики являются: осуществление добычи нефти и газа с использованием инновационных технологий и техники; повышение эффективности потребления энергетических ресурсов и энергетического сбережения; применение местных энергетических ресурсов для производства электрической энергии; строительство и увеличение мощностей путем внедрения инновационных энергетических технологий, использующих возобновляемые источники энергии.

Главную роль в обеспечении развития и надежного функционирования электроэнергетической отрасли в стране должна принадлежать государству, которая может и обязана гарантировать стабильность в производстве, распределении и потреблении энергии.

Список использованных источников

1. Джонстан Даниел. Анализ экономики геологоразведки, рисков и соглашений в международной нефтегазовой отрасли. М., Олимп-Бизнес. 2005, 452 с.
2. Dargay Joyce M., Gotely Dermot. World oil demands shift growing and less price-responsive products and regions. Energy Policy. 2010. 38, №10, с. 62-77.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ МИРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

THE CURRENT STATUS AND DEVELOPMENT TRENDS OF THE WORLD ENERGY

Магомедов Ф.М., Меликов И.М., Гасанова Э.С., Магомедова Н.Ф.

Дагестанский государственный аграрный университет
имени М.М. Джамбулатова, г. Махачкала
fahr-59@yandex.ru, izmelikov@yandex.ru, elngas@yandex.ru,
sliv0chka555@mail.ru

Magomedov F. M., Melikov I.M., Gasanova E.S., Magomedova N.F.

Dagestan State Agrarian University named after M. M. Dzhambulatov, Makhachkala

Аннотация: рассмотрены проблемы в области мировой энергетики, связанные с необходимостью удовлетворения потребителей и обеспечения необходимых потребностей, а также тенденции её развития.

Abstract: The problems in the field of the world energy related to the need to meet consumers and ensure the necessary needs, as well as its development trends.

Ключевые слова: мировая энергетика, состояние, тенденции развития.

Keywords: world energy, state, development trends.

В современном этапе мировая энергетика находится на установленном уровне, за которым ее дальнейшее пассивное развитие становится невозможным. Ужесточение экологических требований, увеличение затрат в топливной энергетике и изменение характера спроса приводят к кризису современных форм организации энергетики и требуют создания энергетики нового типа.

В настоящее время в мировой энергетике наблюдается усугубление разногласий между основными участниками на международных энергетических рынках. Связи между производителями и потребителями энергетических ресурсов претерпели существенных изменений. Слабо функционируют действующие механизмы регулирования мирового энергетического рынка, наблюдается дальнейшее обострение конкуренции между потребителями.

Пока еще основными потребителями энергетических ресурсов остаются очень развитые и развивающиеся страны, а существенные запасы мировых углеводородов сосредоточены в незначительном количестве развивающихся и с промежуточной экономикой стран.

Также транснациональные корпорации, которые контролируют перерабатывающие мощности, транспортно-логистические схемы и продажу углеводородов, увеличивают свою ресурсную базу. Это обстоятельство далее будет обостряться и в ближайшем будущем станет одной из тенденций, определяющих развитие мировой энергетики [1].

Рост разногласий между потребителями и производителями углеводородов наблюдается в условиях быстрого увеличения потребления энергии в мировой экономике, даже при высоких ценах на электроносители.

Указанные обстоятельства позволяют утверждать об опасности дальнейшего роста энергетической емкости валового внутреннего продукта (ВВП) и форсирования роста мирового потребления энергии даже при внедрении новых энергосберегающих технологий и тенденций.

Основной вопрос состоит в том, получится ли изменить тенденцию ускоренного роста потребления энергии путем уменьшения энергетической емкости экономики главным образом в развивающихся странах.

Увеличение потребления энергии в мире идет очень неритмично, осложняя региональные энергетические несоответствия (особенно быстрыми темпами происходят в развивающихся странах Азии) [2].

Мировая энергетика испытывает период качественного изменения. Она стала еще более интегрированной и глобальной. Неоднократное увеличение международной торговли энергией и ее роли в снабжении потребностей увеличило взаимозависимость фигурантов энергетического рынка и определило проблему энергетической безопасности как глобальную.

Возрастающая зависимость большего количества стран от импорта энергии требует необходимости производства новых механизмов обеспечения мировой энергетической безопасности.

Согласно данным российского Института энергетической стратегии, в срок до 2050 года удастся выйти развивающимся странам из режима индустриального роста, а кризис индустриальной стадии развития будет формироваться по одному из следующих сценариев [3]:

- инерционно-катастрофический;
- стабилизационно - стагнационный;
- инновационно - революционный.

Каждому сценарию свойственен свой путь и свои масштабы потребности на энергоносители.

Для каждого сценария характерны этапы: до 2030 г. и 2030-2050 гг.

Основные тенденции развития мировой энергетики при инерционно-катастрофическом сценарии:

- снижение уровня самообеспеченности энергетическими носителями основных регионов мира;

- возникновение кроме действующих поставщиков и потребителей нового состава государств – связи энергетического спроса и предложения, а также основательной трансформации мировой энергетической транспортной инфраструктуры;

- увеличение конкуренции между национальными и международными нефтяными компаниями;

- исключительная непостоянность энергетических рынков, предрасположенных к финансовым и геополитическим рискам;

- разделение мирового энергетического рынка на отдельные регионы, значительное уменьшение потребления нефти и газа, обязательное использование местных ресурсов (уголь, возобновление атомной энергетики).

Основные тенденции развития мировой энергетики при стабилизационно-стагнационном сценарии:

- быстрое усложнение технологических схем в энергетике за счет оперативного использования новых видов топлива (биотопливо разных видов, в конце периода - водород), других вторичных источников энергии;

- замедленный рост международных потоков углеводородов;

- конкуренция между топливной и возобновляемой энергетикой, также энергетическими сервисными компаниями;

- уход от биржевого ценообразования;

- развитие межотраслевой конкуренции и исчезновение сверхприбылей в энергетическом секторе;

- повышение роли экологических и регулирующих факторов, формирование искусственной системы цен в энергетике;

- использование климатической политики как инструмента межгосударственной конкуренции и управления развитием других стран со стороны США и ЕС;

- вероятный конфликт развитых и развивающихся стран по вопросу климатической политики;

- замедление энергетического и экономического развития в долгосрочной перспективе.

Основные тенденции развития мировой энергетики при инновационно - революционном сценарии:

- высокая инвестиционная активность;
- постепенное преобразование энергетического рынка в рынок технологий, а не товаров, что будет способствовать изменению модели его работы;
- формирование противоречий между государствами с инновационной энергетикой и опирающимися на топливные источники;
- увеличение доли электроэнергии в конечном потреблении энергоносителей;
- реализация ряда крупных проектов в технологической сфере энергетики;
- разрешение проблемы изменения климата в связи с распространением новых источников энергии и появлением технологий управления климатом.

Мировую энергетику в каждом из приведенных сценариев ожидают существенные изменения, которые коснутся ее технологической основы организационных форм, экономической и политической роли, методов регулирования и управления, направления развития. Основные организационные изменения будут заключаться в снижении роли и прибыльности нефтяного бизнеса, увеличении роли атомно-энергетического бизнеса и конкуренции международных и национальных нефтяных компаний, а также в развитии энергетических сервисных компаний. Получению прибыли будет способствовать переход от эксплуатации ресурсов к созданию новых энергетических технологий.

Мировое потребление первичной энергии неверно отражает динамику мировой энергетики и качественные различия между сценариями, а ее развитие связано с качественными сдвигами между видами энергии.

Список использованных источников

1. Митрова Т.А. Тенденции и риски развития мировой энергетики // Экономическое обозрение. - 2007. - №7. С 8-15.
2. Топливо-энергетический комплекс России: 2000 – 2009 гг. Справочно-аналитический обзор / под общ. ред. проф., д-ра техн. наук В.В. Бушуева. – М.: Энергия, 2010. – 432 с.
3. Бушуев В.В., Мастепанов А.М., Куричев Н.К. Кризисы будущего: перспективы мировой экономики и энергетики до 2050 года // Энергетическая политика. - 2010. - №4-5. С 13-19.

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛАБОРАТОРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ ЗА СЧЕТ АВТОМАТИЗАЦИЙ НА ОСНОВЕ
ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА LAB VIEW**

**INCREASE OF EFFICIENCY OF LABORATORY RESEARCHES DUE
TO AUTOMATION ON THE BASIS OF THE PROGRAM
COMPLEX LAB VIEW**

Асляхов А.В., Абзильдин А.О., Хохлов А.П.

(научный руководитель: к.т.н., доцент Мальгин Г.В.)

Нижевартовский государственный университет (НВГУ), г. Нижевартовск
krasiva86@mail.ru

Aslyakhov A.V., Abzgildin A.O., Khokhlov A.P.

(supervisor: Ph.D., associate professor Malgin G.V.)

Nizhnevartovsk State University (Nizhnevartovsk State University), Nizhnevartovsk.

Аннотация. В статье предложена основная информация об элементах лабораторного стенда необходимого для изучения характеристик высоковольтных выключателей. Так же описан ход лабораторного эксперимента со схемой лабораторного стенда. Результатом данной статьи является разработка автоматизированных лабораторных стендов для определения характеристик высоковольтных вакуумных выключателей.

Abstract: The article offers basic information about the elements of the laboratory bench which are necessary for studying the characteristics of high-voltage switches. The course of the laboratory experiment with the laboratory stand schema is also described. The result of this article is the development of automated laboratory stands for determining the characteristics of high-voltage vacuum switches.

Ключевые слова: Автоматизация, Высоковольтные выключатели, эксперимент, LabVIEW.

Keywords: Automation, High-voltage switches, experiment, LabVIEW.

В современных промышленных предприятиях большую роль играют высоковольтные выключатели Вакуумного Выключателя. Качество функционирования Вакуумного Выключателя определяет надежность и электробезопасность работы всех систем предприятия, как в нормальных, так и

аварийных режимах работы. Поэтому актуальность технического контроля и диагностики состояния Вакуумного Выключателя позволит своевременно выявить неполадки оборудования, а затем и устранить их. В настоящее время главную роль в электроэнергетике, в том числе и в диагностике оборудования, начинают играть цифровые методы. Следует отметить, что в диагностике Вакуумного Выключателя требуется измерение большего числа параметров. Среди которых особое значение имеют временные параметры контактной системы. Качество работы контактной системы выключателей, определяет в первую очередь временные параметры: время включения и отключения, одновременность включения фаз, длительность и характер дребезга контактов. Эти параметры должны строго контролироваться в условиях эксплуатации на соответствие нормальных значений.

Цель работы - автоматизация лабораторных экспериментов по определению эксплуатационных характеристик высоковольтного вакуумного выключателя с помощью среды разработки LabVIEW.

LabVIEW - это среда разработки и платформа для выполнения программ, созданных на графическом языке программирования «G» фирмы National Instruments (США).

В настоящее время программное обеспечение National Instruments LabVIEW является стандартом в системах сбора данных. Использование программного комплекса дает неоспоримые преимущества: быстрота внедрения, простота применения, доступность по стоимости, наглядное графическое программирование, обеспечение "преемственности" модернизации программного кода, минимальное время изучения основ программирования, поддержка широкого спектра измерительного оборудования, в том числе сторонних производителей, широкие возможности обработки полученных результатов измерений, "кроссплатформенность" - работа с различными операционными системами и платформами, в том числе с операционными системами "реального времени". Программный комплекс LabVIEW, поддерживает работу с огромным количеством устройств: многоканальные системы ввода/вывода аналоговых и цифровых сигналов на базе ПК или промышленного компьютера PXI, системы распределенного сбора данных и управления, программируемые контроллеры автоматизации (PAC, PLC), микроконтроллеры, цифровые сигнальные процессоры (DSP), различные системы технического зрения, системы управления перемещениями (шаговые и сервоприводы), портативные системы сбора данных и управления на базе КПК, различные интерфейсные (RS-232/RS-485, GPIB) и коммуникационные модули.

С использованием LabVIEW и лабораторного испытательного стенда для получения данных, ставится задача определения некоторых эксплуатационных характеристик Вакуумного Выключателя.

Вакуумный выключатель это высоковольтный выключатель, в котором вакуум служит средой для гашения электрической дуги. Вакуумный выключатель предназначен для коммутаций (операций включения-отключения) электрического тока — номинального и токов короткого замыкания (КЗ) в электроустановках.

Важными эксплуатационными параметрами Вакуумного Выключателя являются:

- 1) *Время отключения - интервал времени от подачи команды на отключение до момента погасания дуги во всех полюсах.*
- 2) *Время включения - интервал времени от момента подачи команды на включение до возникновения тока в цепи.*

Для определения выбранных параметров Вакуумного Выключателя, были выбраны Вакуумного Выключателя типа ВВМ-СЭЩ-3(4)-10-20/1000 и ВВМ-СЭЩ-3-10-31,5/1600, на основе их собственных паспортных данных указанных в таблице 1.

Таблица 1

Паспортные данные вакуумного выключателя

Характеристика, размерность	Нормируемая величина	
	ВВМ-СЭЩ-3(4)- -10-20/1000	ВВМ-СЭЩ-3- -10-31,5/1600
Номинальное напряжение, кВ	10	
Номинальный ток, А	1000	1250; 1600*
Номинальный ток отключения КЗ, кА	20	31,5
Ток термической стойкости, 3с, кА	20	31,5
Ток электродинамической стойкости, кА	50	79
Токи включения, кА:		
– наибольший пик	50	79
– начальное действующее значение периодической составляющей	20	31,5
Ход подвижного контакта КДВ, мм	6,0 ^{+1,0}	8,0 ^{+2,0}
Ход поджатия контактов КДВ, мм	3,5 ^{+0,5}	3,5 ^{+1,5}
Собственное время отключения, с, не более	0,03	
Полное время отключения, с, не более	0,05	
Собственное время включения, с, не более	0,1	
Средняя скорость подвижных контактов КДВ при отключении, м/с	1,0–2,0	
Средняя скорость подвижных контактов КДВ при включении, м/с	0,4–1,1	
Номинальное напряжение цепей управления, В:		
– постоянного тока	110; 220	
– переменного тока	120; 230	
Испытательное напряжение промышленной частоты, кВ		
• на предприятии изготовителя;	42**	
• при эксплуатации	38	
Испытательное напряжение полного грозового импульса, кВ	75**	
Электрическое сопротивление главной цепи полюса, мкОм не более	50	40
Механический ресурс, циклов ВО	50 000	30 000
Коммутационный ресурс, циклов ВО при:		
– номинальном токе	50 000	30 000
– номинальном токе короткого замыкания	100	50
Масса, выключателя кг	36	43

В ходе эксперимента поставлена задача для определения параметров собственного время отключения и собственного время включения Вакуумного Выключателя марки ВВМ-СЭЦ-3-10-31,5/1600, который представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Выключатель Вакуумный марки ВВМ-СЭЦ-3-10-31,5/1600

Характеристики которого представлены в таблице 2.

Таблица 2

Характеристики вакуумного выключателя типа ВВМ-СЭЦ-3-10-31,5/1600

Характеристика	Нормируемая величина	
	ВВМ-СЭЦ-3-10-31,5/1600	
Собственное время отключения, с, не более	0,03	
Полное время отключения, с, не более	0,05	
Собственное время включения, с, не более	0,1	

Собственное время отключения. При подаче команды отключения, на вход модуль управления разряжается предварительно заряженный отключающий конденсатор модуля управления, обеспечивающий протекание тока через обмотку в течение 15-20 мс в направлении, противоположном току включения. Ток отключения частично размагничивает магнитную систему

(якорь-статор) до значения, при котором, якорь под действием отключающей пружины сможет начать двигаться вниз. Совместное воздействие отключающей пружины и пружины дополнительного поджатия контактов является достаточным для того, чтобы «оторвать» примагниченный якорь от статора. Образовавшийся воздушный зазор в приводе резко уменьшает силу притяжения, поэтому якорь под действием пружин отключения и поджатия интенсивно разгоняется и после 2 мм свободного движения ударным воздействием увлекает за собой подвижный контакт вакуумной дугогасительной камеры. Энергии ударного воздействия достаточно для разрыва точек микросварки на поверхности контактов. Размыкание контактов происходит с интенсивным ускорением, способствуя достижению максимальной отключающей способности коммутационного модуля.

Полное время отключения. Время срабатывания расцепителей, механизма выключателя, расхождения силовых контактов и окончания гашения дуги в дугогасительных камерах (используется при проверке селективности защиты).

Собственное время включения. В момент подачи команды включения на модуль управления происходит разряд включающего конденсатора на катушку электромагнитного привода коммутационного модуля, и начинается процесс включения выключателя. По мере роста тока в обмотке электромагнитного привода сила электромагнитного притяжения между якорем и статором возрастает до величины, превышающей силу противодействия пружины отключения. В этот момент якорь привода начинает двигаться по направлению к статору, толкая тяговый изолятор и подвижный контакт вакуумной дугогасительной камеры. В процессе движения происходит перемещение тягового изолятора и сжатие пружины отключения и пружины дополнительного поджатия, зазоры уменьшаются, благодаря чему сила притяжения якоря увеличивается. Быстро растущая электромагнитная сила, ускоряет подвижный контакт вакуумной дугогасительной камеры до скорости, оптимальной для процесса включения и позволяет избежать дребезга контактов при их соударении, снижая, при этом, вероятность пробоя вакуумного промежутка до момента замыкания.

Ускоряющийся якорь провоцирует возникновение в витках обмотки электромагнитного привода противо-ЭДС, которая препятствует дальнейшему нарастанию тока в обмотке, и даже несколько снижает его. В момент замыкания контактов подвижный контактостановливается, а якорь продолжает двигаться еще на 2 мм, поджимая контакты через пружину дополнительного поджатия. Общий ход якоря 8 мм, ход подвижного контакта 6 мм. Достигнув статора, якорь останавливается, оставаясь притянутым к нему за счёт действия магнитного поля, образованного протекающим током включения. В момент

остановки якоря он перестает индуцировать противо-ЭДС, что приводит к росту тока, необходимого для насыщения якоря и статора до достижения ими необходимых магнитных свойств. Намагниченные до насыщения якорь и статор создают настолько мощный остаточный магнитный поток, что его достаточно для удержания якоря привода (и соответственно, контактов модуля) во включенном положении даже после отключения питания конденсаторных батарей модулей управления. Принцип, на котором основывается данный способ включения, и удержания выключателя во включенном состоянии называется «магнитная защелка».

Блок управления БУВВ-СЭЦ Б1 представлен на рисунке 2. Предназначен для управления (включения и отключения) вакуумными выключателями ВВМ-СЭЦ-3-10-31,5/1600 (выключатель).

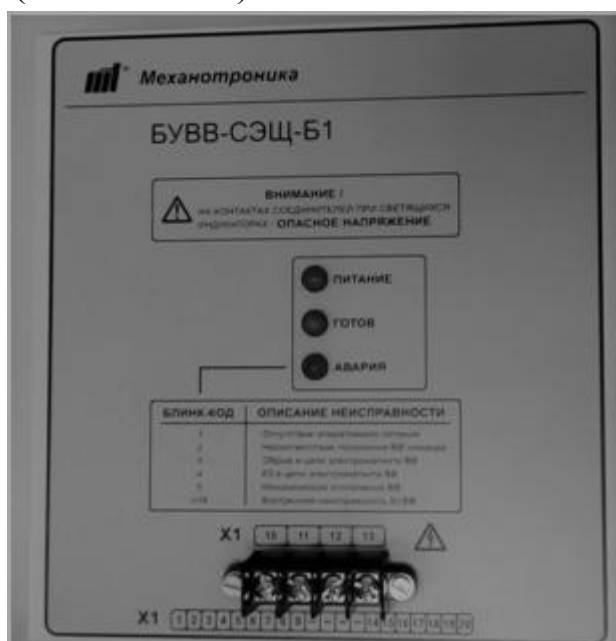


Рисунок 2 – Блок управления БУВВ-СЭЦ-Б1

Технические характеристики блока управления к приведены в таблице 3.

Блок управления обеспечивает выполнение следующих функций:

- стандартный цикл управления выключателем О-0,3 с-ВО-15с-ВО;
- блокировку повторных включений, когда команда включения продолжает оставаться поданной после отключения выключателя;
- блокировку включения выключателя при наличии команды отключения;
- контроль исправности цепи электромагнитов выключателя;
- сигнализацию ошибок и неисправностей (внешних и внутренних) с их идентификацией при работе выключателя;

Технические характеристики блока управления БУВВ-СЭЩ-Б1

Наименование характеристики	Величина
Оперативное питание	
Номинальное напряжение питания постоянного тока, В	110/220
Диапазон допустимых напряжений питания постоянного тока, % от номинального напряжения	70 ... 110
Номинальное напряжение питания переменного тока, В	230
Диапазон допустимых напряжений питания переменного тока, % от номинального напряжения	65 ... 120
Ток потребления по цепи питания при напряжении переменного тока 230 В:	
– в режиме подготовки к включению, А, не более	2,0
– в установившемся режиме, мА, не более	100
Время подготовки к операции включения выключателя:	
– после подачи оперативного питания, с, не более	15
– после предыдущей операции включения, с, не более	9
Время подготовки к операции отключения выключателя после подачи напряжения, с, не более	0,5
Время сохранения способности к выполнению операции отключения после пропадания оперативного питания, с, не менее	30
Входы СК ВКЛ, СК ОТКЛ	
Установившееся значение тока замкнутого входа, мА, не менее	5
Время обнаружения команды от момента замыкания входа, мс	15 ± 2

Устройство и работа БУВВ-СЭЩ-Б1.

Функциональная схема блока управления с указанием наименований входных и выходных цепей приведена на рисунке 3.

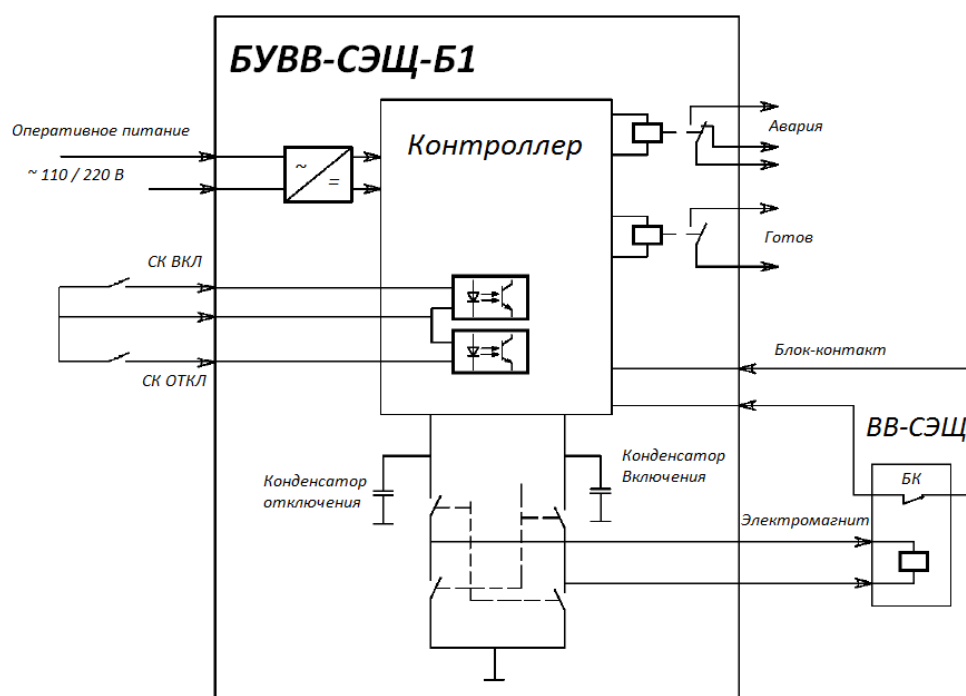


Рисунок 3 – Схема блок управления БУВВ-СЭЩ-Б1

Назначение и работа входов

Вход СК ВКЛ - используется для включения выключателя посредством «сухих» контактов.

Вход СК ОТКЛ – используется для отключения выключателя посредством «сухих» контактов.

Вход БК – используется для подключения размыкающегося при включении выключателя блок – контакта.

Вход ОПЕРАТИВНОЕ ПИТАНИЕ – вход предназначен для подключения оперативного питания .

Выход ЭЛЕКТРОМАГНИТ предназначен для подключения обмоток электромагнитов управления выключателя.

Выход ГОТОВ представляет собой нормально-разомкнутый (замыкающий) контакт реле, сигнализирующий о готовности блока управления к проведению операции включения и отключения выключателя.

Выход АВАРИЯ представляет собой переключающийся контакт реле. Нормально-замкнутый контакт которого размыкается при отсуствии ошибок.

Для достижения поставленных целей необходимо разработать программную часть лабораторной установки схематично представленной на рисунке 4.

Персональный компьютер с программой, созданной в LabVIEW, должен управлять через выходные аналоговые каналы контактами СК - ВКЛ и СК - ОТКЛ блока управления, который в свою очередь подключен к вакуумному выключателю. Каждый контакт выключателя должен быть подключен к эклектической цепи с источником питания и датчиками тока. С выходов датчиков тока аналоговый сигнал поступает через АЦП в персональный компьютер и обрабатывается в программном продукте LabVIEW.

Программа лабораторного испытания представляет собой следующий порядок (алгоритм) действий. Запуская программу испытания лабораторного стенда, подается сигнал на контакт СК-ВКЛ блока управления и запускается таймер. В свою очередь БУ подает сигнал на замыкание контактов Вакуумного Выключателя. При замыкании цепи постоянного тока через контакты и датчики тока начинает протекать ток нагрузки, который передается через каналы АЦП в LabVIEW. После фиксирования данных полученных с датчиков, блок LabVIEW останавливает таймер, фиксируя данные о времени включения контактов Вакуумного Выключателя.

Во время работы лабораторного испытательного стенда запускается программа на определение времени отключения (СК-ОТКЛ) контактов Вакуумного Выключателя, который подает сигнал блоку управления на размыкание контактов Вакуумного Выключателя и запускает таймер. После

того, как контакты разомкнулись, датчики тока сигнализируют об отсутствии тока нагрузки на контакты выключателя. Поступивший сигнал фиксируется в LabVIEW, что приводит к отключению таймера, фиксируя данные о времени отключения контактов Вакуумного Выключателя.

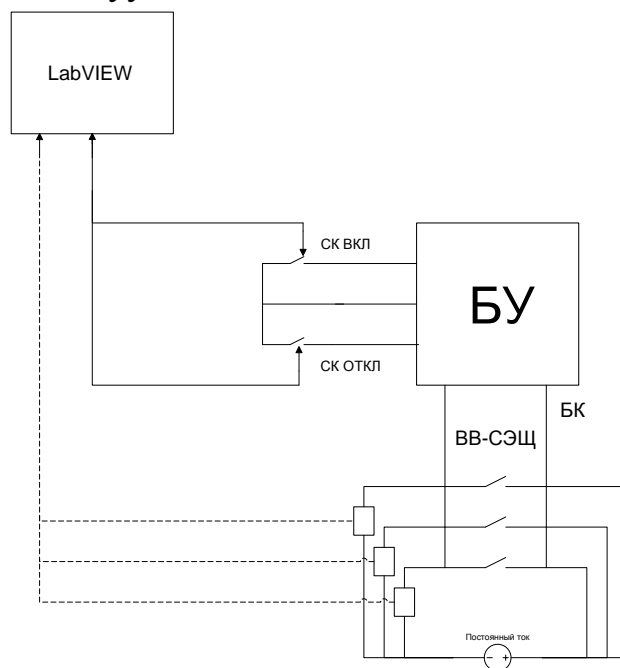


Рисунок 4 – Схема лабораторного стенда

Заключение

Необходимо разработать программу в среде программирования LabVIEW, чтобы провести данный эксперимент.

Список использованной литературы

- 1.Бутырин П.А., Васьковская Т.А., Каратаева В.В., Материкин С.В. Автоматизация физических исследований и эксперимента: компьютерные измерения и виртуальные приборы на основе Lab VIEW 7/ Под. ред. Бутырина П. А. – М.: ДМК Пресс, 2005.
- 2.Суранов А. Я. LabVIEW 8.20: Справочник по функциям. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 536 с.
- 3.Галий С.Н., Копелиович М.Б. Создание инженерных приложений в среде LabVIEW/ Учебное пособие. – Ростов – на – Дону, 2008
4. ЗАО “Группа Компаний “Электроцит” – ТМ Самара”: Руководство по эксплуатации 2ГК.256.036 РЭ «Выключатель Вакуумный типа ВВМ-СЭЦ-3-10»

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ В ТРЕНАЖЕРЕ ПО ОПЕРАТИВНЫМ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯМ «MODUS»

FEATURES OF SIMULATION IN A SIMULATOR BY OPERATIVE SWITCHING «MODUS»

Дмитриев С.К., Антропова В.Р., Малышева Н.Н.

Нижевартовский государственный университет (НВГУ), г. Нижневартовск
Stepa.dmitriev@bk.ru

DmitrievS.K., Antropova V.R., Malysheva.N.N.

NizhnevartovskStateUniversity (NVSU), Nizhnevartovsk

Аннотация: Для надежной и безопасной работы необходимы эффективные пути подготовки квалифицированных специалистов. Один из них - использование тренажеров в процессе обучения. В данной работе представлены особенности создания подобной программы - компьютерный тренажер по оперативным переключениям электроэнергетических объектов.

Abstract: Effective training of qualified specialists is necessary for reliable and safe work. One of them is the use of simulators in the learning process. In this paper, the features of creating such a program - a computer simulator for operational switching of electric power facilities.

Ключевые слова: «Modus», графический редактор, переключения, энергообъект.

Keywords: graphic editor, switching, power object.

Передача и распределение электрической энергии важная составляющая энергосистемы. В передаче и распределении электроэнергии участвуют сложные объекты энергетики, которые выполнены сложным дорогостоящим оборудованием, релейной защитой и противоаварийной автоматикой. Все элементы энергосистемы требуют периодичной проверки, текущего ремонта, восстановления или полной замены, в результате чего оборудование или релейную часть и автоматику необходимо выводить из работы и в следствии изменять режим работы прилегающей сети. Эти действия именуется переключениями.

Переключение - процесс, выполняемый с целью изменения технологического режима работы или эксплуатационного состояния линии электропередач (ЛЭП), оборудования, устройств релейной защиты и автоматики (РЗА) и включающей в себя воздействия (непосредственно или с использованием средств телеуправления) на органы управления коммутационных аппаратов, устройств регулирования режима работы оборудования, заземляющих ножей, устройств РЗА, телемеханики, связи, сигнализации, блокировки, а также выдачу диспетчерским персоналом команд на производство переключений, предполагающих осуществление указанных воздействий, и контроль за правильностью их выполнения.

Процесс переключений всегда представляет опасность участникам переключений. Большинство несчастных случаев связано именно с ошибками лиц участвующих в переключениях. Наиболее частые ошибки это подача напряжения на заземленный участок, включение заземляющего ножа на оборудование заведомо находящегося под напряжением. Причинами этих ошибок служит:

- ✓ несоблюдение строгой последовательности в бланке переключений (далее БП);
- ✓ пропуск пунктов в БП;
- ✓ незнание схемы прилегающей сети электроустановке;
- ✓ неправильное составление БП, не должный контроль со стороны лиц участвующих в переключениях;
- ✓ не должный самоконтроль при производстве переключений;
- ✓ отсутствие понимания о смысле операций в БП;
- ✓ не использование средств защиты.

Следовательно, перед производством переключений персоналу необходимо тщательно ознакомиться с целью переключения, понимать смысл каждой операции, ознакомиться с БП, иметь в голове четкую последовательность действий.

Для подготовки оперативного персонала к производству переключений, существует тренажер по оперативным переключениям «Modus», предназначенный для обучения персонала энергетических объектов порядку проведения коммутаций на любых объектах электроэнергетики, моделирования энергетических объектов любого уровня. Это означает, что с использованием одной и той же программной оболочки тренажера и набора средств подготовки данных можно реализовать модель любого энергообъекта. Он может быть использован для самоподготовки, аттестации персонала различного уровня, для проведения соревнований оперативного персонала, подготовки к проведению сложных переключений, на собеседовании при приеме на работу.

Отличительной особенностью тренажера по оперативным переключениям «Modus» является то, что он позволяет создавать максимально реалистичные макеты энергообъектов. Тренажер позволяет тренировать персонал на макетах собственных энергообъектов. Создание и изменение электронных схем производится с помощью удобного графического редактора, поставляемого в комплекте с набором элементов, обеспечивающих подготовку следующих разновидностей документов:

- Схемы электрических присоединений подстанций, основных сетей и электростанций.
- Диспетчерские и режимные схемы энергосистем.
- Схемы электрических присоединений распределительных сетей.
- Схемы тепловой части электростанций.
- Схемы устройств релейной защиты и автоматики.
- Схемы постоянного тока, СДТУ.
- Поопорные (топографические) схемы сетей.
- Макеты щитов управления и панелей релейной защиты и автоматики.
- Произвольные изображения с использованием самостоятельно созданных дополнительных элементов, в том числе, имеющих несколько состояний.

Изображение элементов в программе, в зависимости от типа элемента, наделены определенным набором признаков и состояний, определяющих его вид и поведение. Рис. 1. Например, включение или отключение коммутационных аппаратов приводит к изменению их изображения.



а)



б)

Рисунок 1 – Шкаф управления масляным выключателем МВ - 35 ЦЛ - 1

а) реальная установка; б) изображение в «Modus».

В графическом редакторе существует много различных стилей отображения элементов, которые позволяют привести вид схемы, подготовленной на одном объекте, в соответствие стандарту, принятому на другом, без редактирования. Так же каждому классу напряжения можно придать свой цвет. Еще одна важная особенность – построение топологических связей между элементами рисунка схемы объекта. Благодаря этому облегчаются некоторые операции рисования, и автоматически анализируется режим сети при производстве переключений в тренировках.

При построении модели определяются электрические узлы, их текущее состояние - наличие напряжения. Схема представляется в виде набора цепей и узлов, связанных между собой силовыми элементами. Режим автоматически переопределяется при изменении положения любого коммутационного аппарата.

На основании модели режима могут быть определены следующие данные:

1. Уникальный номер электрического узла (узлов), к которому присоединен элемент схемы;
2. Уникальный номер электрической цепи, содержащей элемент схемы;
3. Наличие или отсутствие тока в коммутационном аппарате;
4. Режим узла (цепи) – состояние конкретной точки схемы.

Данная характеристика может принимать следующие значения:

Отключено – «висящий» узел, цепь без подключенной нагрузки, заземления или генерации.

- Заземлено – узел (цепь) заземлен.
- Нагрузка - к узлу (цепи) подключены потребители.
- Источник - к узлу (цепи) подключен источник питания.
- Остановленный генератор - к узлу (цепи) подключен генератор, обозначенный на схеме, как отключенный.
- Под напряжением - к узлу (цепи) подключен источник питания и нагрузка.
- КЗ на землю - одновременное подключение к узлу (цепи) источника питания и заземления.

При переключениях в тренажере производится автоматическая проверка допустимости разовых операций с коммутационными аппаратами (КА). Проверка правил базируется на знании вида КА, типа операции, а также режимов сети до и после переключения.

Для выкатных выключателей проверяется также допустимость перемещения тележки Рис. 2. Проверка любого правила для конкретного коммутационного аппарата схемы может быть отменена, что позволяет учесть особенности конструкции и схемы.

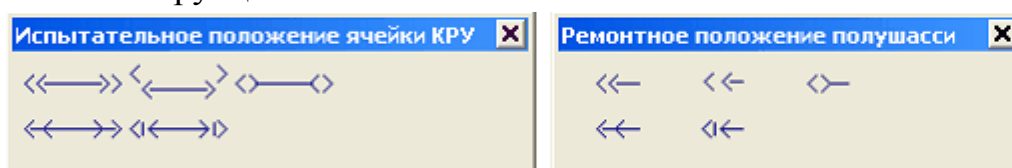


Рисунок 2 – Положения ячеек комплектного распределительного устройства

В результате тренажер по оперативным переключениям «Modus» обладает важными особенностями при моделировании электрических сетей и энергообъектов. Графический редактор позволяет создать абсолютно любую схему прилегающей сети, с переключающими устройствами во вторичных цепях, изображение которых, соответствует реальной действительности. Топологическое связывание элементов упрощает процесс рисования, а упрощенная модель режима сети облегчает проведение тренировок. Все эти и многие другие особенности, делают тренажер по оперативным переключениям «Modus» очень востребованным на объектах электроэнергетики.

Тренировки в программе «Modus» помогают оперативному персоналу быстро выучить типовые переключения, ясно понимать цель переключений, смысл выполняемых операций, понимать важность выполнения строгой последовательности действий. Запоминать панели РЗиА и нахождение коммутационных аппаратов, участвующих в переключениях, сводя вероятность ошибки к минимуму. Тренировки позволяют быстрее подготавливать молодых специалистов по новой должности, дают представление о составе релейных защит и автоматике, которые находятся в управлении энергообъекта, способствуют быстро изучить стажирующимся схему электроустановки, состав первичного оборудования и зоны действия релейных защит и автоматики.

Список использованной литературы

1. Антропова В.Р. Аварийные тренировки персонала на основе программного комплекса предприятий нефтегазодобычи / В.Р. Антропова, Н.Н. Малышева // Актуальные проблемы развития нефтегазового комплекса России: XII Всероссийская научно – техническая конференция (г. Москва, 12 – 14 февраля 2018 г.) / РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2018 – С. 361. 2. Антропова В.Р. Формирование сценария тренировки оперативно - диспетчерского персонала предприятий в планировщике курсов / В.Р. Антропова, Н.Н. Малышева // Актуальные вопросы энергетики :

2. материалы Междунар. науч. - практ. конф. (Россия, Омск, 17 мая 2017 г.) / Минобрнауки России, ОмГТУ ; [редкол.: П. А. Батраков (отв. ред.) и др.]. – Омск :Изд- во ОмГТУ, 2017 – С. 131 – 135. 3. Антропова В.Р. Интеграция имитационной модели П/С 35/6 кВ «Учебная» и сведений об оборудовании ООО «Энергонефть Томск» г. Стрежевой в комплексном тренажере «Модус» / В.Р. Антропова, Н.Н. Мальшева, Е.Ю. Царегородцев // Культура, наука, образование: проблемы и перспективы: материалы VI международной научно-практической конференции (г. Нижневартовск, 13–15 февраля 2017 года) / отв. ред. А.В. Коричко. Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. гос. ун - та, 2017. Ч. II. Естественные и технические науки – С. 145 – 149.
3. Тренажер оперативных переключений «Модус» // Компания Модус. 2012. - URL: <http://swman.ru/content/blogcategory/20/48>.
4. Инструкция по переключения на предприятии ПАО «ФСК ЕЭС» от 15.06.2015.

**РАЗРАБОТКА ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ СИСТЕМЫ
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ МАЛОЧИСЛЕННЫХ НАСЕЛЕННЫХ
ПУНКТОВ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ГИБРИДНЫХ СТАНЦИЙ С СОЛНЕЧНЫМИ ПАНЕЛЯМИ
И СУПЕРКОНДЕНСАТОРАМИ**

**DEVELOPMENT OF DECENTRALIZED SYSTEM OF ELECTRICAL
SUPPLY OF SMALL-SIZED SETS OF THE REPUBLIC OF SAKHA
(YAKUTIA) WITH THE USE OF HYBRID STATIONS WITH SOLAR
PANELS AND SUPERCONDENSATORS**

Местников Н. П.

Северо-Восточный федеральный университет (СВФУ), г. Якутск
sakhacase@bk.ru

Mestnikov N. P.

North Eastern Federal University
(NEFU), Yakutsk

Аннотация: С 2016 года была начата передача земель Дальневосточного федерального округа гражданам России для осуществления фермерской и предпринимательской деятельности или строительства жилого строительства. На 30 октября 2017 год было отдано 31 247 участков на пользование. К сожалению, данные участки в основном не имеют всей необходимой инфраструктуры для продуктивной предпринимательской и фермерской деятельности, а именно: электричество, газ, тепло и дороги. Следует отметить, что для обеспечения электроэнергией участка требуется построить ВЛ 0,4 кВ, в котором строительно-монтажные работы и приобретение необходимого оборудования тратится около 600-800 тыс. рублей/километр в зависимости от местоположения участка. В основных случаях расстояние от электростанции до участка «Дальневосточного гектара» более 10 километров ВЛ 0,4 кВ (6-8 млн. рублей). Данные показатели являются экономически невыгодными и неприемлемыми для начинающего фермера. Таким образом, необходимо получить методику внедрения децентрализованных систем электроснабжения со значительной экономией дизельного топлива и ГСМ.

Abstract: Since 2016, the transfer of land in the Far Eastern Federal District to Russian citizens for the implementation of farming and entrepreneurial activities or

construction of residential construction has been started. As of October 30, 2017, 31,247 land plots were allocated for use. Unfortunately, these sites basically do not have all the necessary infrastructure for productive entrepreneurial and farming activities, namely electricity, gas, heat and roads. It should be noted that to provide electricity to the site it is required to build a 0.4 kV overhead line in which construction and installation works and the acquisition of necessary equipment are spent about 600-800 thousand rubles / kilometer, depending on the location of the site. In the main cases, the distance from the power plant to the "Far Eastern Hectare" section is more than 10 kilometers of 0.4 kV overhead lines (6-8 million rubles). These indicators are economically unprofitable and unacceptable for a beginner farmer. Thus, it is necessary to obtain a methodology for the introduction of decentralized power supply systems with significant savings in diesel fuel and fuels and lubricants.

Ключевые слова: ДГУ; солнечные панели; суперконденсаторы; ионисторы; АСУ; суточный график нагрузки; фермерские хозяйства; гибридные установки; ручное переключение; ГСМ; продолжительность сияния; величина солнечной радиации; базовая и максимальная нагрузки; срок окупаемости; вес установки.

Keywords: DGU; solar panels; supercapacitors; ionists; ACS; daily load graph; farms; hybrid plants; manual switching; fuel; duration of radiance; the value of solar radiation; basic and maximum loads; payback period; installation weight.

Якутия обладает значительными запасами минеральных ресурсов: алмазов, золота, цветных и благородных металлов; энергоносителей: нефти, газа, урана; крупным гидроэнергетическим потенциалом. [1]

В свое время выборочный подход к освоению разведанных запасов полезных ископаемых, очаговое развитие и размещение производительных сил сформировали локальные промышленные узлы. Открытым способом велась добыча алмазов в Западной, угля- в Южной Якутии. Отрасли местной, легкой, пищевой промышленности формировались в Центральной Якутии. Значительные расстояния между промышленными узлами обусловили образование независимых друг от друга энергетических районов: Западного, Центрального, Южного. В каждом из энергетических районов имеется один основной энергетический источник: в Западном – каскад Вилюйских ГЭС (680 МВт), в Центральном – Якутская ГРЭС на природном газе (320 МВт), в Южном – Нерюнгринская ГРЭС на угле (618 МВт). При относительно малой мощности энергетических источников радиус электроснабжения является значительной из-за низкой плотности нагрузок (при среднероссийской плотности населения

2,2 чел на км², а плотность населения республики составляет 0,3 чел на км²). В результате централизованным электроснабжением от вышеперечисленных энергетических источников охвачена треть территории РС(Я) с численностью населения около 800 тыс. чел.

Основной проблемой является электроснабжение участков, которые были выданы, согласно, Федеральному закону от 01.05.2016 N 119-ФЗ (ред. от 29.07.2017) "Об особенностях предоставления гражданам земельных участков, находящихся в государственной или муниципальной собственности и расположенных на территориях субъектов Российской Федерации, входящих в состав Дальневосточного федерального округа, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации". С 2016 года была начата передача земель Дальневосточного федерального округа гражданам России для осуществления фермерской и предпринимательской деятельности или строительства жилого строительства. На 30 октября 2017 год было отдано 31 247 участков на пользование. К сожалению, данные участки в основном не имеют всей необходимой инфраструктуры для продуктивной предпринимательской и фермерской деятельности, а именно: электричество, газ, тепло и дороги. Следует отметить, что для обеспечения электроэнергией участка требуется построить ВЛ 0,4 кВ, в котором строительно-монтажные работы и приобретение необходимого оборудования тратится около 600-800 тыс. рублей/километр в зависимости от местоположения участка. В основных случаях расстояние от электростанции до участка «Дальневосточного гектара» более 10 километров ВЛ 0,4 кВ (6-8 млн. рублей). Данные показатели являются экономически невыгодными и неприемлемыми для начинающего фермера. Поэтому использование объектов децентрализованного электроснабжения наиболее реальна и достижима при комбинации дизель-генератора и солнечной энергетики.

Данный агрегат предполагает собой комбинированную электростанцию по системе «Дизель + Солнце» низкого напряжения (далее – НН) с удельной мощностью 3 кВт. Такая комбинация успешно используется в объектах компании АО «Сахаэнерго» в Северном энергетическом районе Якутии. Монтаж установки производится с минимальной сложностью для потребителя. Основной защитой от токов короткого замыкания являются плавкие предохранители, согласно ПУЭ ст.7.5.10. при НН. Параллельная работа солнечных панелей и ДГУ не приоритетна ввиду того, что основной целью проекта является выход на окупаемость с помощью значительной экономии средств, направленные на ГСМ. Для облегчения монтажа и эксплуатации установки переключение ДГУ и солнечных панелей производится без использования автоматики. В случае поломки рубильников Р1 и Р2 они могут

быть заменены с последовательным отключением генерирующих элементов установки. Основной генерирующей составляющей являются солнечные панели. Панели имеют некоторые минусы главной которой является – влияние погоды на объем выработки.

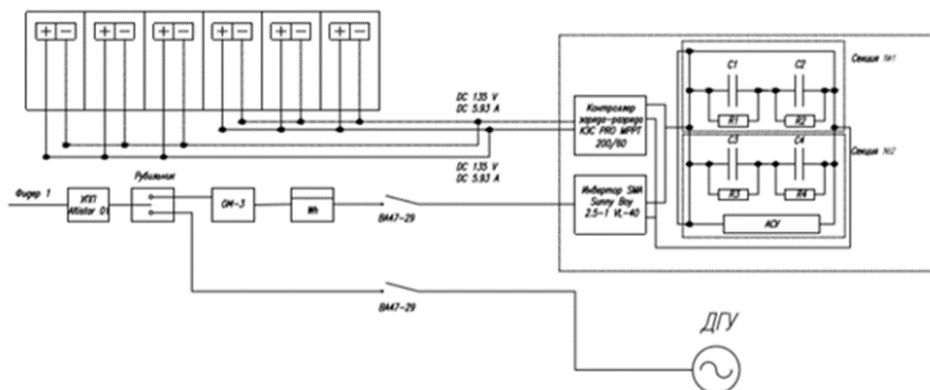


Рисунок 1 – Структурная схема гибридной установки

Для увеличения эксплуатационного ресурса системы накопления, АСУ и ДГУ вводится ограничитель мощности ОМ-3. Для защиты от пускового тока нагрузки устанавливается устройство плавного пуска Altistar 01. Управление включения того или иного источника энергии производится вручную для максимального облегчения монтажа и эксплуатации установки.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ и Субъекта РФ - Республики Саха (Якутия) № 18-48-140 010.

Список использованных источников

1. Баскаков А.П., Мунц В.А., Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебник для ВУЗов. – М.: Издательство Дом «БАСТЕТ», 2013. – 368с.
2. Быстрицкий Г.Ф., Общая энергетика: Учебное пособие для среднего профессионального образования: Учебное пособие для студентов высшего учебного заведения / Геннадий Федорович Быстрицкий. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 208с.
3. Кашкаров А.П. Ветрогенераторы, солнечные батареи и другие полезные конструкции. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 144с.
4. Константинов А.Ф., Гидроэнергетические установки: учебное пособие для студентов очной и заочной форм обучения по специальности 13.03.02 «Электротехника и электроэнергетика». – Изд-во Якутского университета, 2009. – 171с.

АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПРОВОДНИКОВОГО АЛЮМИНИЯ

ANALYSIS OF OPERATING PROPERTIES OF CONDUCTOR ALUMINUM

Искандарова К. Р., Привалов Е. Е., Афанасьев М. А., Копылова О. С.
Ставропольский государственный аграрный университет, г. Ставрополь
ssau_physics@mail.ru

Iskandarova K. R., Privalov E. E., Afanasiev M. A., Kopylova O. S.
Stavropol State Agrarian University, Stavropol

Аннотация: В статье рассмотрены эксплуатационные свойства проводникового алюминия воздушных линий электропередач сельских районных электрических сетей Ставропольского края.

Abstract: The operational properties of conductive aluminum of overhead power transmission lines of rural regional electric grids of the Stavropol Territory are considered in the article.

Ключевые слова: анализ; эксплуатационные свойства; проводниковый алюминий.

Keywords: analysis; operational properties; conductor aluminum.

Проводниковый алюминий характеризуется высокой электрической и тепловой проводимостью, коррозионной стойкостью, пластичностью, морозостойкостью и поэтому широко применяется на воздушных линиях электропередач сельских районных электрических сетей Ставропольского края. Важнейшим эксплуатационным свойством алюминия является его малая плотность (примерно 2,70 г/куб. см), при этом температура плавления алюминия около 660 °С.

На практике, физико-химические, механические и технологические свойства проводникового алюминия очень сильно зависят от вида и количества примесей, ухудшая большинство свойств чистого металла. Основными естественными примесями в алюминии являются железо и кремний. Железо, например, присутствуя в виде самостоятельной фазы *Fe-Al*, снижает электропроводность и коррозионную стойкость, ухудшает пластичность, но

несколько повышает прочность проводникового алюминия воздушных линий электропередач сельских районных электрических сетей [1-3].

Вторым по значению проводниковым материалом является алюминий - металл серебристо-белого цвета, важнейший из «легких» металлов. Удельное сопротивление Al в 1,6 раза больше удельного сопротивления меди, но Al в 3,5 раза легче Cu . Благодаря малой плотности Al обеспечивается большая проводимость на единицу массы (при одинаковом сопротивлении и длине провода Al в два раза легче Cu , несмотря на большее поперечное сечение). Al очень распространен в природе и имеет меньшую стоимость по сравнению с Cu .

Недостаток алюминия - низкая механическая прочность. Отожженный Al в три раза менее прочен на разрыв, чем отожженная Cu . Алюминий получают электролизом глинозема Al_2O_3 в расплаве криолита Na_3AlF_6 при $t = 950^{\circ}C$.

При эксплуатации воздушных линий электропередач используют алюминий технической чистоты АЕ, содержит не более 0,5% примесей. Изготовленная из АЕ проволока (отожженная при $T = 350 \pm 20^{\circ}C$) имеет удельным сопротивлением ($T = 20^{\circ}C$) не более 0,0280 мкОм·м. (рис. 1).

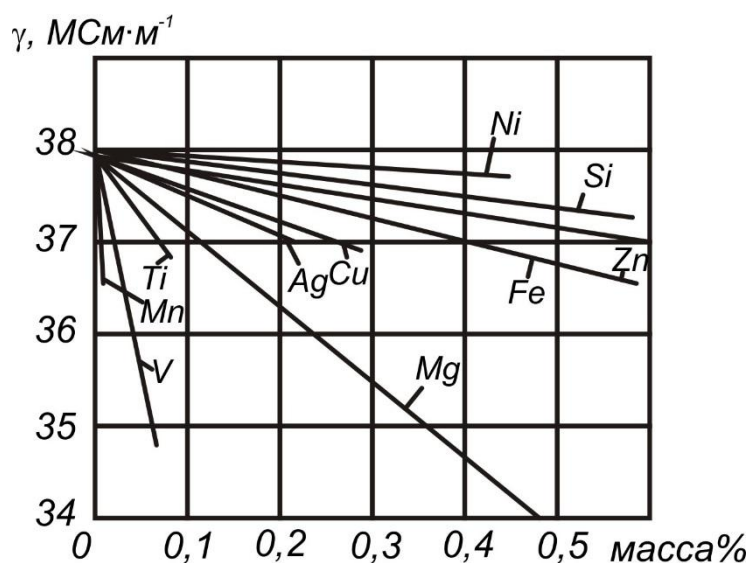


Рисунок 1 – Зависимости удельной проводимости отожженного алюминия от содержания примесей

Добавки таких примесей, как никель, кремний, цинк, железо, мышьяк, сурьма, свинец и висмут, в количестве 0,5% снижают удельную проводимость Al в отожженном состоянии не более чем на 2 - 3%. Более заметное действие оказывают примеси меди, серебра и магния, снижающие ее на 5 - 10% при том

же содержанию по массе. Очень сильно снижают удельную проводимость Al добавки ванадия, титана и марганца.

Примеси, не образующие твердых растворов с Al , мало влияют на электрическую проводимость Al , а примеси, образующие твердый раствор, заметно снижают проводимость (исключением является цинк). Закалка увеличивает сопротивление алюминия в присутствии тех примесей, которые увеличивают свою растворимость при нагревании. В техническом алюминии главными примесями являются кремний и железо.

При температуре жидкого азота по значению удельного сопротивления алюминия почти сравнивается с медью, а при более низких температурах становится даже лучше Cu (рис.2).

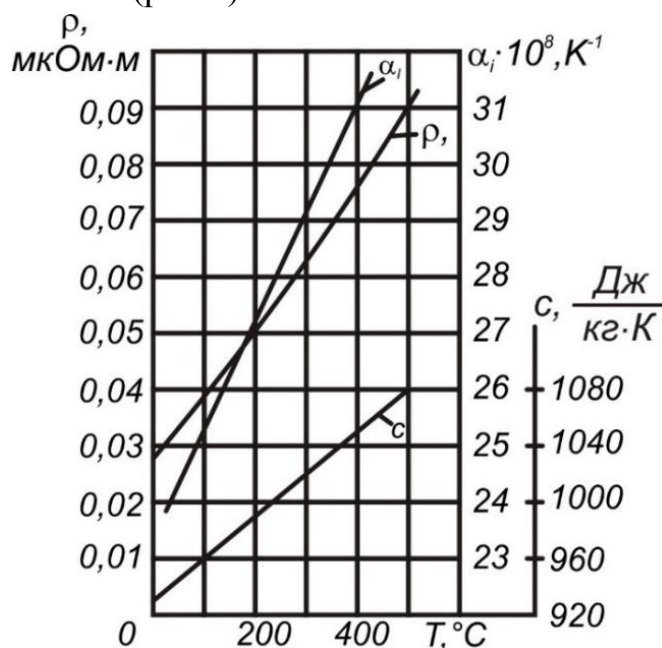


Рисунок 2 – Температурные зависимости удельного сопротивления алюминия, теплоемкости и температурного коэффициента линейного расширения

Алюминий активно окисляется и покрывается тонкой пленкой окиси с большим электрическим сопротивлением. Пленка предохраняет Al от коррозии, но создает большое переходное сопротивление в местах контакта алюминиевых проводов, что делает невозможным пайку Al обычными методами. При эксплуатации для пайки проводникового алюминия на воздушных линиях электропередач сельских районных электрических сетей Ставропольского края применяют специальные пасты-припои или используют ультразвуковые паяльники.

Более толстый слой окисла, который создает надежную электрическую изоляцию на сравнительно высокие напряжения, получают с помощью электрохимической обработки алюминия. Оксидная изоляция обладает механической прочностью и нагревостойкостью. Из оксидированного Al

изготавливают различные катушки без дополнительной междувитковой и межслойной изоляции. Недостатками оксидной изоляции проводов являются ее ограниченная гибкость и заметная гигроскопичность. Широкое применение оксидная изоляция получила в электролитических конденсаторах электроустановок.

При эксплуатации проводникового алюминия воздушных линиях электропередач сельских районных электрических сетей Ставропольского края, необходима защита от гальванической коррозии в местах прямого контакта проводов из алюминия и меди. Если на контакт *Al* и *Cu* воздействует влага, то возникает местная гальваническая пара с высоким значением э. д. с.

Полярность пары *Al* и *Cu* такова, что на внешней поверхности контакта электрический ток направлен от алюминия к меди, вследствие чего алюминиевый проводник сильно разрушается коррозией. Для защиты от коррозии, места соединения в электроэнергетическом оборудовании тщательно защищают от увлажнения и покрыты специальными лаками.

При эксплуатации проводникового алюминия воздушных линиях электропередач сельских районных электрических сетей Ставропольского края, обычно наблюдается точечная коррозия. Поэтому устойчивость алюминия и его сплавов во многих средах определяется не по изменению веса провода и не по скорости проникновения коррозии, а по изменению механических свойств в провесе проводникового алюминия между опорами на эксплуатируемой воздушной линии.

Список использованных источников

1. Металловедение алюминия и его сплавов: учебное пособие / Под ред. И.Н. Фридляндера. М.: Энергоиздат, 1971. – 237с.
2. Механические и технологические свойства металлов: учебное пособие / А.В. Бобылев. М.: Энергоиздат, 1980. – 127с.
3. Оценка влияния примесей на удельное сопротивление проводников электроустановок. / Е. Е. Привалов, С. В. Багликов, В. С. Шмыткин // Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельского хозяйства: сборник научных трудов по материалам 75-й НПК СтГАУ - Ставрополь, СтГАУ АГРУС, 2011. – С.250-253.

**ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СЕТЕЙ НАРУЖНОГО
ОСВЕЩЕНИЯ ГОРОДА ГРОЗНОГО**

**INCREASE IN ENERGY EFFICIENCY OF NETWORKS OF EXTERNAL
LIGHTING OF THE CITY OF GROZNY**

Сардалов Р.Б., Турлуев Р.А-В., Ельмурзаев А.А, Хаджиев А.А.

Грозненский государственный нефтяной технический университет им. акад.

М.Д. Миллионщикова, г. Грозный

r.turluev@mail.ru

Sardalov R.B., Turluyev P.A-B., Elmurzayev A. A., Hadzhiyev A. A.

Grozny state oil technical university of the academician M.D. Millionshchikov,
Grozny

Аннотация: В работе проведён сравнительный анализ преимуществ и недостатков двух систем наружного освещения по основным эксплуатационным параметрам: традиционные источники света и светодиодное освещение.

Abstract: In work the comparative analysis of advantages and shortcomings of two systems of external lighting on the key operational parameters is carried out: traditional light sources and LED lighting.

Ключевые слова: энергоэффективность, экономичность, светодиодное освещение

Keywords: energy efficiency, profitability, LED lighting

Качественное освещение городов и поселков обеспечивается грамотно спроектированными и регулярно обслуживаемыми осветительными установками. Осветительные установки – это сложные комплексные устройства, которые должны не только обеспечивать необходимую освещенность, но и соответствовать множеству других требований. Наружное освещение можно разделить на две группы: функциональное и декоративное.

Наше внимание в данной статье остановим на функциональном освещении, как имеющей важнейшее значение в плане обеспечения безопасности и комфорта проживания горожан.

Функциональное освещение обеспечивает освещение проезжей части улиц, дорог, транспортных развязок, туннелей, пешеходных переходов и т.п. Основной задачей функционального наружного освещения является обеспечение безопасности движения транспорта и пешеходов в темное время суток.

В сетях наружного освещения города Грозного в основном используются светильники марки ЖКУ-250 с натриевыми лампами высокого давления рекомендованными СНиП 23-05-95.

По состоянию на 1.01.2018 насчитывается 9950 светильников.

Строительство и функционирование энергоэффективных сетей наружного освещения, с использованием современных энергосберегающих технологий приобретают для города Грозного особую актуальность, с учетом сегодняшних требований безопасности жизнедеятельности.

Обобщенный опыт показывает, что за время работы традиционных осветительных установок с использованием газонаполненных ламп от сдачи в эксплуатацию до капитального ремонта или полной реконструкции доля эксплуатационных расходов может достигать 85 % от общих затрат на освещение. Одним из решений снижения эксплуатационных затрат - это снижение затрат на электроэнергию, что позволит сделать внедрение в систему наружного освещения светодиодных источников света, как менее энергоемкие устройства.

Опыт внедрения светодиодных технологий последних лет позволил выявить ряд преимуществ, светодиодного освещения перед традиционными источниками света, а именно:

- экологическая безопасность;
- отсутствие вредных излучений и вредных составляющих компонентов в светодиодах;
- большая экономия потребляемой электроэнергии и высокий КПД;
- время непрерывной работы светодиода – до 100 тысяч часов, что в десятки раз превышает срок службы традиционных источников света;
- высокая механическая прочность и виброустойчивость;
- диапазон рабочих температур от -63°C до $+45^{\circ}\text{C}$;
- меньший слепящий эффект, полное отсутствие мерцания;
- антивандальное исполнение;
- быстрая окупаемость за счет экономии электроэнергии и минимальных затрат на эксплуатацию;
- эстетичный вид.

Проведем сравнительный анализ преимуществ и недостатков двух систем наружного освещения по основным эксплуатационным параметрам.

Рассмотрим светильники с лампами ДНаТ и светодиодные светильники типа УСС-180 «Магистраль».

Сравнительные характеристики приведены в таблице 1.

Таблица 1

Сравнительные характеристики светильников

Характеристика	Светильник с лампой ДРЛ 250Вт	Светодиодный светильник
Срок службы источника света, час	5 000 (падение на 30% через 3 мес.)	100.000
Использование светового потока, %	65	95
Световой поток, лм	4200 (с отражателем)	16 200
Затраты на обслуживание	519 руб./ час	0
Кол-во ламп, заменяемых в течение года, шт	4,4	0
Стоимость светильника , руб	2 800	12000,00
Цена лампы, руб	250	0
Специальная утилизация источников света	да	нет
Стоимость утилизации лампы, руб	200	0
Эксплуатационные затраты, руб	1650	0
Напряжение питания, В	220 +/- 5%	120-264
Потребляемая мощность, Вт	330	180
Пусковой ток, А	2,1	0,34
Потребляемый ток, А	1,4	0,34
Нагрузка на электросети	Пусковая, коэффициент запаса по сечению кабеля 1,3	отсутствует
Виброустойчивость	нет	да
Устойчивость к перепадам напряжения	нет	да
Стабильность работы при низких температурах	нет	до - 60
Наличие стробоскопического эффекта	50 Гц	нет
Контрастность и цветопередача, К	3200	5000
Экологическая безопасность	нет	да
Температура окружающей среды	0	-60 - +40
Масса, кг	11	8,5
Степень, IP	до IP 53	67
Время, для полного включения, мин	1-5	1/60

Как видим, по всем техническим характеристикам светодиодные светильники имеют преимущества. Но есть один существенный минус у

светодиодных светильников – это их высокая цена. Этот фактор в данное время является основной сдерживающей причиной повсеместного перехода на светодиоды.

В качестве примера рассмотрим установку наружного освещения по улице Жуковского, г. Грозный.

Освещение осуществляется светильниками марки ЖКУ-16 мощностью 0,33 кВт каждый. Всего - 122 шт.

Годовое потребление электроэнергии установкой наружного освещения при использовании полной мощности составляет:

$$0,33 \cdot 122 \cdot 10,5 \cdot 30 \cdot 12 = 152182,8 \text{ кВт.ч,}$$

где: $0,33 \cdot 72$ - суммарная мощность светильников, кВт;

10,5 - среднегодовое число горения светильников в сутки, ч;

30 - количество дней в одном месяце;

12 - количество месяцев.

При замене традиционных светильников на светодиодные светильники марки УСС-70М, мощность которого составляет 0,18 кВт, то годовое потребление в данном случае составит:

$$0,18 \cdot 122 \cdot 10,5 \cdot 30 \cdot 12 = 83008,8 \text{ кВт.ч.}$$

Снижение составит 69174,0 кВт.ч. или 45% от годового потребления, при средней цене за киловатт для коммерческих потребителей 5,4 рублей, то экономия в денежном выражении на оплате за электроэнергию составит 373539,6 рублей в год.

Затраты на приобретение и замену составят – стоимость светильников и стоимость монтажа, исходя из практики не более 15 % от стоимости оборудования: $122 \cdot 12000 + 0,15(122 \cdot 12000) = 1683600,0$ рублей.

Срок окупаемости затрат на модернизацию данного объекта тем самым составит: $1683600,0 : 373539,6 = 4,5$ года

В соответствии с расчетом за 4,5 года затраты должны окупиться, что в пределах нормативных требований окупаемости в энергетике.

Экономичность это не единственное преимущество светодиодного освещения. Существуют и другие, не менее важные. По действующим ГОСТам напряжение в самой отдалённой от понижающего трансформатора точке не должно снижаться более, чем на 5% от номинального. Таким образом, ГОСТ фактически увязывает максимальное расстояние между понижающим трансформатором и дальней точкой подсоединения светильников. Для увеличения данного расстояния необходимо либо увеличивать сечение кабеля, либо уменьшать потребляемую мощность.

При использовании светодиодных светильников логично было бы пересмотреть ГОСТы электрических сетей для систем освещения в сторону

смягчения требований, поскольку диапазон напряжений, указанный в паспорте светильника УСС-180 «Магистраль» намного шире у традиционных: от 150 до 264 Вольт.

Кроме технических преимуществ, есть еще одно не менее важное – это экологическая безопасность. Отработавшие светодиодные светильники не относятся опасным производственным отходам и соответственно не требуют строгой утилизации, что так же положительно скажется на уменьшении эксплуатационных затрат.

Все вышеприведенные факты свидетельствуют о том, что приоритетным направлением в повышении энергоэффективности и экономичности объектов наружного освещения является переход на светодиодные технологии, тем более цены на продукцию, вследствие значительной конкуренции в данном сегменте рынка светотехники, с каждым днем становятся приемлемыми.

**ОПТИМАЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ
И КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ГОРНЫХ РАЙОНОВ
ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**OPTIMAL DECISIONS OF INCREASE OF RELIABILITY AND QUALITY
OF POWER SUPPLY OF MOUNTAIN DISTRICTS OF CHECHEN
REPUBLIC**

Турлуев Р.А.-В., Ельмурзаев А.А., Магомадова М.Х., Черная А.А.

Грозненский государственный нефтяной технический университет им. акад.

М.Д. Миллионщикова, г. Грозный

r.turluev@mail.ru

Turluyev of P.A.-V., Elmurzayev A.A., Magomadova M.H., Chernaya A.A.

Grozny state oil technical university of the academician M.D. Millionshchikov,

Grozny

Аннотация: В работе показана перспективность строительства ГЭС в горных районах ЧР. Рассмотрены показатели производства и потребления электроэнергии по республике в 1990-2013 гг. Приведены проектируемые и действующие ГЭС Чеченской Республики.

Abstract: The paper shows the prospects of construction of hydroelectric power plants in the mountainous regions of the CHR. Indicators of production and electricity consumption on the republic in 1990-2013 are considered. It is given the designed and operating hydroelectric power stations of the Chechen Republic.

Ключевые слова: электроэнергия, мощность, гидроэлектростанция

Keywords: electric power, power, hydroelectric power stations

Горные районы Чеченской Республики в данный период снабжаются электроэнергией, которая исключительно подается со стороны, т.е. из других регионов Северного Кавказа. Чеченская Республика на протяжении последних 26 лет не имеет собственной генерации.

Структура электротехнической отрасли республики и ее горных районов складывалась в последние 125 лет, начиная с запуска первой нефтяной

скважины в 1893 г. и строительства первого официального нефтеперерабатывающего производства в 1897 г.

Город Грозный стал одним из центров технического развития на Кавказе и был вторым по величине (после Ростова-на-Дону) крупнейшем городом по объему выпускаемой промышленной продукции.

В Грозном для обслуживания требований нефтедобывающих и нефтеперерабатывающих отраслей были построены несколько электростанций и в советский период три теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) общей мощностью 497 МВт. ТЭЦ мощностью 6 МВт построена в г. Аргун (таблица 1).

Таблица 1

Характеристика электростанций республики

Наименование электростанции	Год запуска первого и последнего агрегатов	Установленная Мощность, тыс. квт	Произведено электроэнергии, в 1990 г., млн. квт/час	Отпуск тепла, тыс. Гкал
Грозненская ТЭЦ -1	1930-1980	68,0	215,4	1482,6
Новогрозненская ТЭЦ -2	1952-1960	317,0	2035,6	3192,0
Грозненская ТЭЦ -3	1965-1967	100,0	455,5	2305,9
Грозненская ТЭЦ-4 (Аргунская ТЭЦ)	1961-1962	12,0	48,0	303,0
Всего:		497	2754,5	7283,5

*Таблица составлена по данным «Грозэнерго», за 1990 г.

Несмотря на выработку достаточно большого количества собственной электроэнергии, республика принимала еще дополнительно электроэнергию по перетокам со стороны. Использование теплоэлектроцентралей позволило нефтеперерабатывающим предприятиям, которые к концу 80 – х годов прошлого столетия могли одновременно брать в переработку свыше 24 млн. тонн нефти в год, не эксплуатировать собственные котельные, а получать пар и тепло от действующих ТЭЦ. Это в значительной степени увеличивало рентабельность теплоэлектростанций, и в свою очередь сокращало затраты на производство тепла и пара действующих НПЗ и крупного химического комбината.

Однако сложившаяся уникальная структура промышленного производства г. Грозный, социальной сферы и тепло-электроснабжение потребителей на основе ТЭЦ на долгие годы фактически затормозило перспективное развитие технологических мощностей и коммунальной сферы в горных районах республики. Горные районы испытывали дефицит электроэнергии, а во многих отдаленных населенных пунктах электричества не

было вовсе. Что связывалось с пересечённым труднодоступным рельефом местности. Соответственно не могло быть и речи об улучшении качества снабжения потребителей электроэнергией.

Жители горных районов республики и отдельные сельхозпредприятия (совхозы, колхозы) мастерили собственные электрогенераторы и устанавливали их кустарным образом на многочисленные реки и речные протоки. Иногда с целью получения электроэнергии сооружались отводные каналы, в которые и монтировались генераторы.

Эти мероприятия проходили на фоне возрастающей активности соседних республик по строительству малых и средних ГЭС и получению дешевой и экологически чистой электроэнергии.

Основные действующие гидрогенерирующие мощности республик Северного Кавказа приведены таблице 2.

Таблица 2

Основные действующие гидрогенерирующие мощности республик Северного Кавказа

	Название ГЭС	Река	Мощность, МВт
	Северная Осетия (Алания)		
1	Гизельдонская ГЭС	Гизельдон	22,9
2	Эзминская ГЭС	Терек	45
3	Дзау ГЭС	Терек	9,2
4	Павлодольская ГЭС	Терек	2,65
5	Фаснальская малая ГЭС		6,4
6	Зарамгская ГЭС	Ардон	10
7	Зарамагская ГЭС-1 (проект)		342
	Дагестан		
1	Черкейская ГЭС	Сулак	1000
2	Миатлинская ГЭС	Сулак	220
3	Чирюртовская ГЭС-1	Сулак	72
4	Чирюртовская ГЭС-2	Сулак	9
5	Гергебильская ГЭС	Кара-Койсу	17,8
6	Гунибская ГЭС	Кара-Койсу	15
7	Курминская ГЭС	Кара-Койсу	15
8	Магарская ГЭС	Кара-Койсу	15
9	Ахтынская ГЭС-2	Самур	20
	Кабардино-Балкария		
1	Аушигерская (Черекская) ГЭС-1	Черек	60
2	Советская Малая ГЭС	Черек	2
3	Баксанская ГЭС	Баксан	27
4	Акбашская ГЭС	Акбашский канал	1,1
5	Зарагижская ГЭС	Черек	30,6
6	Кашхатау ГЭС	Черек	65,1
8	Мухольская ГЭС	Черек-Балкарский	0,9

Началом становления и развития гидроэнергетики Северного Кавказа стала Гизельдонская ГЭС мощностью 21,9 МВт, запущенная в эксплуатацию в 1935 г., которая на тот период считалась самой высоконапорной (напор - 312 м, длина деривации - 2 670 м) не только в СССР, но и на всем Европейском континенте.

В советский период строительство ГЭС на территории нынешних Чеченской и Ингушской республик не планировалось, хотя проектные работы проводились. Считалось, что нужды промышленности и социальной сферы вполне удовлетворят существующие действующие ТЭЦ.

Таблица 3

Показатели производства и потребления электроэнергии по Чеченской республике в 1990-2013 гг. (в млн. кВт·час)

Год	Произведено	Получено со стороны	Всего
1990	2758,1	2211,7	4969,8
1991	1828,8	1686,5	4515,4
1992	2722,6	1639,0	4362,2
1994	1192,8	1095	2287,8
1995	63,4		63,4
2000	0	494,6	494,6
2001	0	792,7	792,7
2002	0	917	917
2003	0	1144	1144
2004	0	1325,5	1325,5
2005	0	1462,8	1462,8
2006	0	1528,4	1528,4
2007	0	1440,1	1440,1
2009	0	2062,6	2062,6
2013	0	2365,5	2365,5

Горные реки Чеченской республики Аргун и его притоки (Шаро-Аргун, Чанты-Аргун, Хулхулау, Джалка и др. имеют, как и в других регионах Северного Кавказа, значительный гидроэнергетический потенциал в 10-14 млрд. кВт·ч . По предварительной оценке специалистов гидроэнергетический потенциал малых рек оценивается в 1,4 млрд. кВт·ч в средний по водности год.

Самые большие реки, протекающие через республику - Терек и Сунжа у нас считаются уже равнинными и возможность использования их потенциала незначительны в связи с малыми перепадами (менее 0,5 м/км) и отсутствия инженерно-топографических условий для строительства плотин. Для использования их гидроэнергетического потенциала на должном уровне требуется строительство высоких плотин и затопление больших территорий.

Экономически эффективная и технически осуществимая к освоению доля общего потенциала гидроэнергетических ресурсов оценивается в 3,1-5,0 млрд.

кВт/ч, что соизмеримо с перспективными потребностями Республики (2,5 млн. кВт ч/год). Эти мощности являются значительным резервом дешевой и экологически чистой возобновляемой энергии, способной существенно пополнить в перспективе энергетический баланс Республики.

Таблица 4

Проектируемые и действующие ГЭС Чеченской Республики

	Название ГЭС	Река	Число агрегатов	Мощность, МВт
1	Сунженская (действ. с 2016 г.)	Сунжа	1	0,5
2	Кокадойская (действ. с 2016 г.)	Чанты-Аргун	2	32
3	Чири-Юртовская	Аргун	2	32
4	Дуба-Юртовская	Аргун	2	49
5	Итум-Калинская	Чанты-Аргун	2	117
6	Зоны	Чанты-Аргун	2	80
7	Нихалойская	Чанты-Аргун	2	83
8	Химойская	Шаро-Аргун	2	178
9	Шаро-Аргунская	Шаро-Аргун	2	47
10	Нежилойахкская	Шаро-Аргун	2	63
11	Улус-Кертская	Шаро-Аргун	2	40

В настоящее время разработан энергетический проект по строительству каскада ГЭС (10 ГЭС) на реке Аргун, рассчитанный на перспективу до 2025 г. Суммарная установленная мощность Аргунского каскада ГЭС составляет 721 МВт. Положительное заключение по проекту представило Минэкономразвития России. Министерством промышленности и энергетики ЧР выполнены предпроектные проработки строительства ветропарка на территории республики, включающего 24 ВЭУ по 1,5 МВт, общей мощностью 36 МВт.

**ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС
ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ПАРОСИЛОВЫХ ЭНЕРГОУСТАНОВОК**

**THERMOTECNICAL MEASURING SYSTEM FOR TESTING OF STEAM-
POWERED ENERGY UNITS**

Ходенков А.А., Кирбижекова В.В., Делков А.В., Кузнецов Е.В., Мелкозеров М.Г.

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика
М.Ф. Решетнева, г. Красноярск, hodenkov.aa@gmail.com

Khodenkov A.A., Kirbizhekova V.V., Delkov A.V., Kuznetsov E.V., Melkozerov M.G.

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk,
hodenkov.aa@gmail.com

Аннотация: В работе рассматривается вопрос теплотехнических измерений при испытаниях паросиловых энергоустановок. Особое внимание уделяется использованию термопар для измерения температуры потока. Приводится описание системы регистрации сигналов.

Abstract: This article covered the issue of thermal engineering measurements in the testing of steam power units. Particular attention is paid to the use of thermocouples for measuring the flow temperature. A description of the signal recording system is given.

Ключевые слова: теплотехнические измерения, паросиловая установка, измерительный комплекс.

Keywords: thermal engineering measurements, steam power unit, measuring system.

Паротурбинные установки имеют в настоящее время широкий диапазон областей применения. Для создания расчетных методик и проектирования подобных установок проводятся экспериментальные исследования с целью получения различных энергетических характеристик.

Вопрос экспериментального исследования энергоустановок представляет собой самостоятельный научный интерес. В данной работе рассмотрен созданный авторами теплотехнический измерительный комплекс для испытаний паротурбинных установок, работающих по циклу Ренкина на органических рабочих телах. Назначение таких установок – утилизация

низкопотенциального тепла [1]. Использование паросиловых энергоустановок на органическом рабочем теле позволяет увеличить КПД имеющихся тепловых двигателей или задействовать тепловые источники недоступные для пароводяных турбин и котлов [2].

Принципиальная схема используемой в работе установки на органическом рабочем теле представлена на рис. 1.

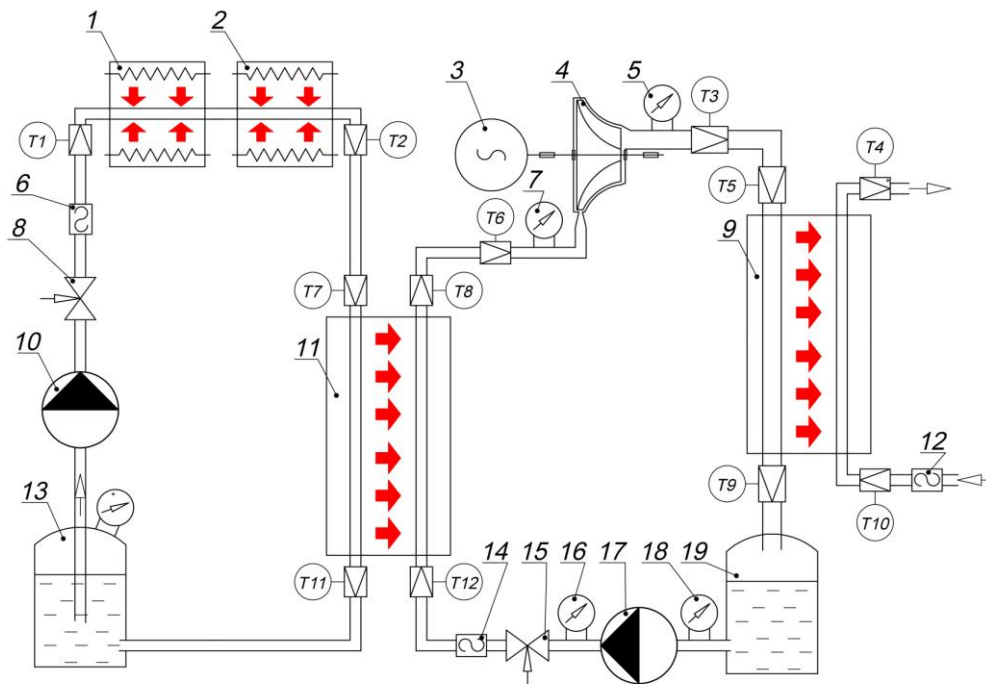


Рисунок 1 – Принципиальная схема экспериментальной установки

Установка состоит из двух контуров. В первом контуре происходит нагрев рабочего тела с помощью двух электродкотлов 1 и 2, далее нагретая жидкость попадает в пластинчатый теплообменный аппарат (ТА) 11, где тепло передается во второй контур, циркуляцию в первом контуре обеспечивает циркуляционный насос 10. Регулирование и контроль расхода обеспечивают 8 - регулирующий вентиль, 6 - датчик массового расхода теплоносителя, 13 - ресивер с предохранительным клапаном. В измерительном комплексе предусмотрен контроль параметров: T1 и T2 - температуры до и после электродкотлов, T7 и T11 - до и после ТА.

Во втором контуре циркулирует органическое рабочее тело (фреон), из ресивера 19 рабочее тело с помощью насоса 17 поступает в ТА 11, под воздействием подводимого тепла фреон закипает и испаряется, далее газообразный фреон совершает работу на лопатках турбины 4, приводя в движение генератор 3. Охлаждение рабочего тела осуществляется в пластинчатом теплообменном аппарате 9, который омывается холодной водопроводной водой, далее сконденсированное рабочее тело сливается в

ресивер. При проведении экспериментального исследования происходит контроль и фиксация температура фреона перед и после каждого участка.

Контроль измеряемых параметров осуществляется с помощью термопар k-типа, на рис. 2 представлена схема заделки термопары по длине трубопровода в первом и втором контуре.

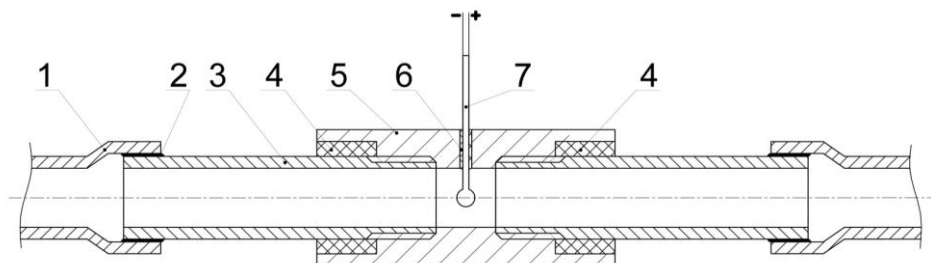


Рисунок 2 – Схема исполнения заделки термопары температуры потока Т1-Т12: 1 – основной трубопровод, 2 – пайка, 3 – штуцер, 4 – уплотнительный материал, 5 – соединитель, 6 – уплотнение термопары, 7 – термопара k-типа.

Заделка термопары температуры рабочего тела осуществляется в соединитель 5 посредством резьбового соединения для обеспечения герметичности. Конструктивно данный датчик представляет собой болт М5 ГОСТ 7805-70 с просверленным по вертикальной оси отверстием 1,5 мм и с монтируемой термопарой k-типа с помощью эпоксидного клея, для обеспечения герметичности (рис. 3).

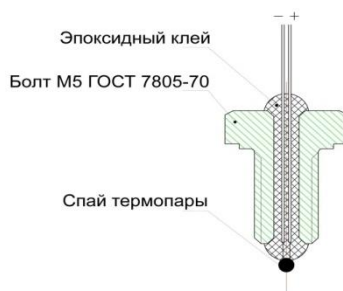


Рисунок 3 – Термопара температуры рабочего тела и теплоносителя в сборе

Данное исполнение датчиков и выбранный тип термопар с непосредственным погружением в измеряемую среду позволяет уменьшить погрешность измерения и снизить тепловую инертность контроля температуры, что особенно важно при измерении температуры движущегося потока в трубах малого диаметра.

Измерительная система построена на базе контроллеров National Instruments NI cDAQ9181 и NI USB 6008 (рис. 4). Считывание и фиксация параметров производится в графической среде разработки LabVIEW SignalExpress for DAQ 2012. При запуске программы производится считывание

конфигурационных файлов, содержащих описание измерительных каналов и сразу же начинается общий цикл измерений.

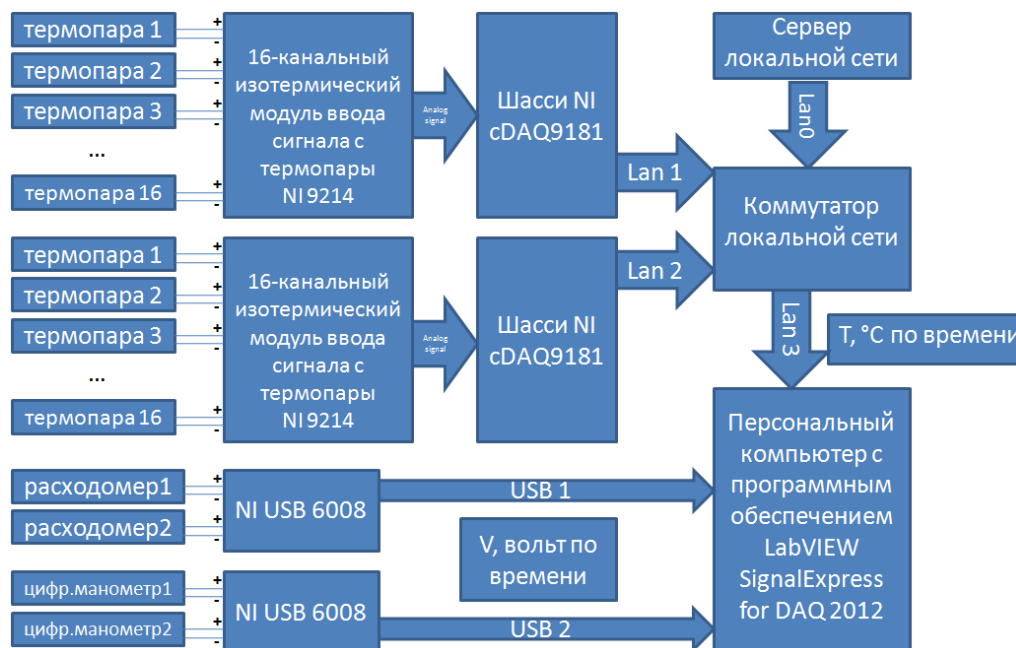


Рисунок 4 – Автоматизированная система фиксации данных на основе контролеров National Instruments

Представленный теплотехнический измерительный комплекс дает возможность снимать все основные параметры, характеризующие работу паротурбинной установки, в реальном времени.

Список использованных источников

1. Kishkin A.A., Chernenko D.V., Hodenkov A.A., Delkov A.V., Tanasienko F.V. Development of low-grade heat-recovery units based on organic Rankine cycle // Letters in International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology. 2014. № 3. P. 25
2. Kishkin A.A., Delkov A.V., Melkozerov M.G. Theoretical and experimental research of organic Rankine cycle steam turbine plants // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol.255, 2017. DOI: 10.1088/1757-899X/255/1/012012.

**МОНИТОРИНГ ПОВРЕЖДЕНИЙ ВЕТРОКОЛЕСА
В УСЛОВИЯХ ГОРНОЙ МЕСТНОСТИ**

MONITORING OF WIND WHEEL DAMAGE IN A MOUNTAINOUS AREA

Цыгулёв Н.И., Бабина Л.В., Ахмед М.А., Шелест В.А., Хлебников В.К.

Донской государственный технический университет Россия, г. Ростов

ncygulev@mail.ru

Cygulyov N.I., Babina L.V., Ahmed M.A., Hlebnikov V.K., Shelest V.A.

Don State Technical University, Russia, Rostov

Аннотация: в статье проведен мониторинг повреждений ветроколеса в условиях горной местности.

Annotation: in the article the damage of the wind wheel in the mountainous terrain was monitored.

Ключевые слова: ветроэлектростанция, мониторинг, скорость ветра.

Keywords: wind power station, monitoring, wind speed.

Надёжность работы ветроэлектростанций практически определяется надёжностью работы её ветроколеса. В условиях горной местности мониторинг ветроколеса значительно усложняется вследствие ограничения доступности к ветроэлектростанции. Для быстрого мониторинга и устранения его неисправностей необходимо наработать базу основных повреждений. В работе рассмотрены основные повреждения элементов ветроколеса [1].

Основные причины повреждений ветроколеса и фундаментов:

- неправильный выбор материалов,
- плохое качество материала,
- не соблюдение технических условий,
- некачественный монтаж,
- нарушение режима обслуживания,
- не правильно рассчитаны ветровые нагрузки
- удары молнии.

Некоторые из указанных повреждений показаны на рис.1 и рис.2



Рисунок 1 – Разрушение верхнего слоя из-за попадания воздуха в процессе производства

Рисунок 2 – Повреждение от удара молнии

Наиболее часто на ветроэлектростанциях происходят поломки лопастей, которые усугубляются большой максимальной скоростью ветра [2]. При этом довольно часто наблюдается полное разрушение лопасти (рис.3) и износ подшипников (рис.4).



Рисунок 3 – Полное повреждение лопасти



Рисунок 4 – Глубокий износ подшипников

Для мониторинга разрушения лопастей наиболее часто используются следующие способы:

- визуальный осмотр,
- ультразвуковое сканирование,
- термографическое исследование.

Заключение

Для повышения надёжности работы ветроэлектростанций необходимо формирование базы данных повреждений ветроколеса.

Список использованных источников

1. Цыгулёв Н.И. Философия энергетики. Ростов-на-Дону, ДГТУ, 2013, 305 С.
2. Цыгулёв Н.И. Основы электромеханических переходных процессов в электроэнергетических системах: Учеб. пособие. – Ростов н/Д: ДГТУ, 2013. – 152 с.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF SOLAR ENERGY UNITS

Чайкин Д.Ю., Кирбижекова В.В., Ермиенко И.Ю., Делков А.В., Кузнецов Е.В.

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика

М.Ф. Решетнева, г. Красноярск, E-mail: delkov-mx01@mail.ru

Chaikin D.Yu., Kirbizhekova VV, Ermienko I.Yu., Delkov A.V., Kuznetsov E.V.

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk,

E-mail: delkov-mx01@mail.ru

Аннотация: В работе рассматривается вопрос оценки эффективности применения солнечных энергетических установок. Приводится методика определения параметров солнечного потока. Представлены результаты расчетов для южных регионов России.

Abstract: This article covered the issue of assessing the effectiveness of solar energy units. The method of determining the parameters of the solar flux is given. The results of calculations for the southern regions of Russia are presented.

Ключевые слова: солнечная энергетическая установка, солнечный поток, эффективность, методика расчета.

Keywords: solar power unit, solar flow, efficiency, calculation technique.

В настоящее время вопрос развития солнечных энергетических установок является особенно актуальным. Подобные установки позволяют получать дешевую экологически чистую энергию, а их конструкции отличаются широким разнообразием.

Существенным недостатком таких установок является их прямая зависимость от величины доступного солнечного теплового излучения. Возможность применения солнечных установок для конкретного географического региона должна быть обоснована расчетом.

Величина солнечного потока, достигающая поверхности Земли, зависит от географической широты местности, особенностей рельефа, погодных условий и загрязненности атмосферного воздуха. Для регионов России в результате проведения серии наблюдений были составлены таблицы и карты,

по которым можно определить величину солнечного потока для различных времен года [1].

С использованием данных [2] в рамках настоящей работы были определены величины солнечного потока для южных регионов России в пределах 40-50° с.ш. Профили величины плотности солнечного потока для годового периода представлены на рис. 1.

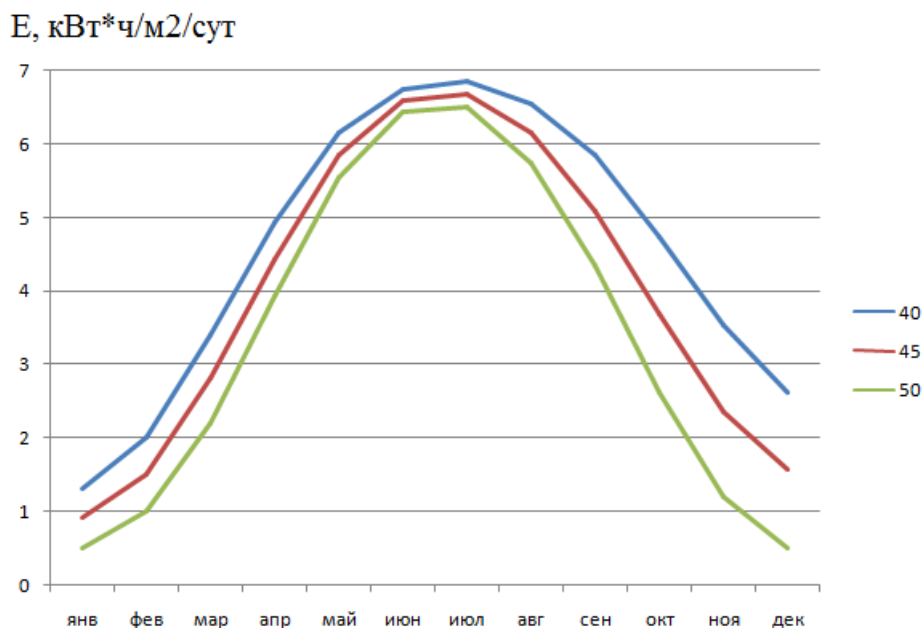


Рисунок 1 – Плотность солнечного потока для южных регионов России в пределах 40-50° с.ш.

По рис. 1 видно, что максимальная плотность солнечного теплового потока наблюдается для южных регионов с мая по сентябрь. Средняя плотность потока составляет 3,3 кВт*ч/м²/сут, что соответствует ~150 Вт/м². Однако необходимо учитывать, что величины, представленные на рис.1, отражают максимальную величину теплового потока E , когда Солнце находится в зените, а угол между солнечными лучами и земной поверхностью составляет 90°.

В течение дня угол наклона солнечных лучей к поверхности земли будет непрерывно меняться. Закон изменения этого угла будет зависеть от географических координат местности [3]. Для определения доли излучения, попадающего на земную поверхность, необходимо учитывать зенитный угол i – угол между солнечным лучом перпендикуляром к поверхности земли. Косинус зенитного угла определяется соотношением:

$$\cos i = \cos \delta_c \cos L \cos \omega + \sin \delta_c \sin L \quad (1)$$

где δ_c - угол солнечного склонения; L – высота подъема Солнца; ω – часовой угол, отражающий местное солнечное время в градусной мере.

С учетом зенитного угла плотность теплового потока определится как:

$$E_{\text{солн}} = E \cos i \quad (2)$$

Угол солнечного склонения зависит от текущей даты (d – номер дня в году) и определяется как:

$$\delta_c = 23,45^\circ \sin \left[\frac{360}{365} (284 + d) \right] \quad (3)$$

С использованием выражений (1)-(3) были проведены расчеты изменения плотности теплового потока в течение суток для условий г. Владикавказ (43° с. ш., 44° в.д.). Расчет проведен для календарной даты с максимальным значением плотности теплового потока – 1 июля ($d = 182$, восход Солнца 5 ч, закат 19 ч). Результаты расчета представлены в табл. 1.

Таблица 1

Расчет плотности теплового потока в течение суток

Время суток, ч	Часовой угол ω , °	Зенитный угол i , рад	Плотность потока, Вт/м ²
5	105,5	-0,01227	0
6	90,5	0,170349	47,0164
7	75,5	0,353391	97,5359
8	60,5	0,524379	144,7285
9	45,5	0,67166	185,3781
10	30,5	0,785198	216,7146
11	15,5	0,857255	236,6024
12	0,5	0,882921	243,6861
13	-14,5	0,860446	237,4831
14	-29,5	0,791363	218,4161
15	-44,5	0,680378	187,7844
16	-59,5	0,535056	147,6755
17	-74,5	0,3653	100,8229
18	-89,5	0,182679	50,4852
19	-104,5	-0,00036	0

По результатам расчета был построен график (рис. 2), отражающий значение плотности солнечного теплового потока, падающего на земную поверхность, в зависимости от времени суток.

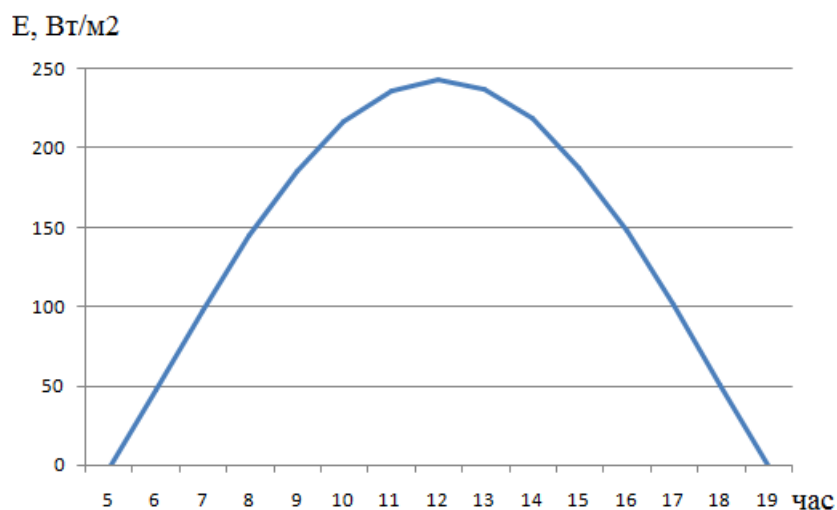


Рисунок 2 – Плотность солнечного теплового потока для г. Владикавказ в зависимости от времени суток

По рис. 2 видно, что максимальная плотность теплового потока составляет 245 Вт/м^2 , средняя за день 140 Вт/м^2 . Данный результат является высоким по меркам гелиоэнергетики. При использовании солнечных батарей с КПД 15 % эффективный уровень мощности, снимаемый с 1 м^2 , составит $36,75 \text{ Вт}$ (максимальный) и 21 Вт (средний за день).

Таким образом, рассматриваемые в работе южные регионы России являются перспективными для развития в них гелиоэнергетики.

Список использованных источников

1. Акулинин А. , Смыков В. Оценка возможностей солнечной энергетики на основе точных наземных измерений солнечной радиации // Проблемы региональной энергетики. 2008. №1. С. 29-39.
2. Виссарионов В.И., Дерюгина Г.В. Кузнецова В.А., Малинин Н.К. Солнечная энергетика. Учеб. пособие для вузов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 276 с.
3. Zhu, W., Xu, Y., Li, J., Du, H., Zhang, L. Research on optimal solar array layout for near-space airship with thermal effect // Solar Energy, vol. 170, 2018. P. 1-13.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ГАЗОВЫХ
И НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ
ПОТРЕБИТЕЛЕЙ**

**USE OF THERMAL ENERGY OF GAS AND OIL FIELDS FOR POWER
SUPPLY OF CONSUMERS**

Эверстов А.Д., Королюк Ю.Ф.

Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова,
г. Якутск
anatoliieverstov@mail.ru

Everstov A.D., Korolyuk Y.F.

M.K. Ammosov North-Eastern federal university, Yakutsk

Аннотация: В данной статье описано применение электростанции на газовых и нефтяных месторождениях для электроснабжения отдаленных районов, населенных пунктов, а также различных промышленных предприятий. Данная электростанция производит электроэнергию за счет тепловой энергии месторождения и бинарного цикла. Проанализированы существующие на сегодняшний день способы производства электроэнергии из различных тепловых источников в России и за рубежом. Произведен тепловой расчет эффективности такой электростанции. Рассмотрены достоинства и недостатки, показана перспективность использования этой тепловой энергии.

Abstract: This article describes the use of a power plant in gas and oil fields for power supply to remote areas, settlements, and various industrial enterprises. This power plant produces electricity due to the thermal energy of the field and the binary cycle. The existing methods for producing electricity from various thermal sources in Russia and abroad are analyzed. A thermal calculation of the efficiency of such a power plant was made. The advantages and disadvantages are considered, the prospects of using this thermal energy are shown.

Ключевые слова: электроснабжение; электроснабжение газовых и нефтяных месторождений; бинарная схема; бинарный цикл; электростанция; органический цикл Ренкина; производство электроэнергии.

Keywords: power supply; power supply of gas and oil fields, binary scheme, binary cycle, power plant, organic Rankine cycle, electricity generation.

Современная энергетика направлена на развитие возобновляемых и гибридных источников энергии. Это связано не только с невозобновляемостью ископаемых источников энергии, но и с увеличением отрицательного воздействия на окружающую среду.

В Китае был исследован метод получения энергии на нефтяном месторождении за счет использования тепла воды при его обводнении [1]. Следовательно, решалось одновременно две задачи – избавление от обводнения откачкой воды, и использование ее тепла для производства энергии.

Для работы геотермальных электростанций – ближайшего аналога предлагаемой электростанции, широко распространена бинарная схема (бинарный цикл) и органический цикл Ренкина [2].

В России бинарный цикл используется на геотермальных электростанциях в Камчатке – Паужетская ГеоЭС. Первая в мире геотермальная электростанция была именно Паужетская ГеоЭС, которая была построена в 1966 году.

Значение температуры природного газа в забое месторождения может достигать 200 градусов по Цельсию [3]. За счет объемов добываемого газа и больших значений давления, использование тепловой энергии газа является эффективным для получения электроэнергии. Однако, ограничивающим фактором широкого применения, как возобновляемых источников энергии, так и данного метода, является большая сумма инвестиционных затрат.

В настоящей работе рассматривается возможность установить на месте месторождения газа турбогенератор с турбиной, в котором рабочим телом является жидкость с низкой температурой кипения. Нагрев низкокипящей жидкости до парообразного состояния производится в испарителе, который получает тепло от теплообменника, конструкционно являющегося частью газопровода.

Принцип работы – испаритель, турбина, конденсатор и питательный насос образуют замкнутый контур, в котором циркулирует рабочее тело из низкокипящего агента. В испарителе низкокипящая жидкость превращается в пар, который вращает турбину, охлаждается и в конденсаторе превращается в жидкость. Питательным насосом жидкость закачивается в испаритель, и цикл повторяется. Мощность электростанции определяется количеством и параметрами газа.

Кроме отсутствия затрат на топливо, также не затрачивается и добываемый на месторождении газ. Следующим достоинством является экологическая безопасность. Следует отметить, что при наличии электростанции на месторождении, является возможным обеспечить

автономность в электроснабжении не только самого месторождения, но и других ближайших потребителей.

Существенное отличие предложенного проекта от существующих ГеоЭС заключается в отсутствии отложения солей на стенках труб. В то же время проблема внедрения турбогенераторов состав газовых месторождений практически решена, следует использовать существующие технологии геотермальных электростанций. Для этого достаточно доработать конструкцию теплообменника – нагревать низкокипящую жидкость не геотермальной водой, а теплом добываемого из месторождения газа.

Использование теплоты для получения механической работы является целесообразным при температуре кипения рабочего тела свыше 100° . Такой температуры достаточно для организации цикла Ренкина, но при этом проблематично использовать в качестве рабочего тела воду вследствие того, что ее температура кипения при атмосферном давлении равна 100°C . Соответственно, температура кипения в контуре должна быть ниже, для чего необходимо создать разрежение, что трудно осуществить технологически. При этом, низкое давление в цикле приводит к увеличению размеров трубопровода и к снижению коэффициента теплоотдачи. В связи с этим целесообразно использовать вещества, температура кипения которых при атмосферном давлении ниже, чем у воды. Например, к таким веществам относятся хладоны R-11, R-113, R-123 и углеводороды бензин, пентан, изопентан и т.д. Цикл Ренкина, в котором в качестве рабочего тела используются хладоны или углеводороды, получил название «органический цикл Ренкина» (organic Rankine cycle — ORC) [4].

Целесообразность выбора бинарного цикла, а в частности рабочего тела, продемонстрирована в табл.1, где приведены температуры кипения воды и хладагента.

Таблица 1

Температуры кипения тел при различных давлениях

Рабочее тело/Давление	Вода	HFC-R245fa
1 бар	100°C	$15,6^{\circ}\text{C}$
19,6 бар	212°C	121°C

Расчет КПД по формуле [1] выявил, что даже на устье месторождения с низкой температурой газа, является возможным добиться КПД в 22%. В идеальных условиях такой КПД может достигать 86%.

$$\eta_{тК} = 1 - \frac{T_2}{T_1}, \quad (1)$$

где $\eta_{тК}$ – термический КПД;

T_1 и T_2 – абсолютные температуры нагревателя и холодильника соответственно.

Внутренний действительный КПД можно найти по формуле [2]:

$$\eta_{действ} = \frac{N_{Э}}{Q_{подв}}, \quad (2)$$

где $\eta_{действ}$ – внутренний действительный КПД;

$N_{Э}$ – Электрическая мощность генератора, Вт;

$Q_{подв}$ – количество теплоты, подводимое к испарителю.

Рассчитав этот КПД, при заданной мощности генератора в 10 кВт и оптимальных условиях, было получено значение в 67%.

По предварительным результатам следует, что при высоких показателях температуры месторождения, появляется возможность автономного электроснабжения обеспечение электроэнергией ближайших районов и предприятий.

Ожидаемый результат последующего построения математической модели покажет более точное значение КПД.

Очевидно, что при маленьком значении КПД в будущей модели, целесообразнее использовать гибридную электростанцию, которая будет совмещать в себе электростанцию описанную в этой работе, и газовую, для выработки недостающей энергии.

Исследования выполнены при финансовой поддержки РФФИ и Субъекта РФ - Республики Саха (Якутия) № 18-48-140 010.

Список использованных источников

1. Kaiyong Hu, Jialing Zhu, Wei Zhang, Xinli Lu. A case study of an ORC geothermal power demonstration system under partial load conditions in Huabei Oilfield, China. Energy Procedia, 2017, 142, pp. 1327-1332. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610217362719> (дата обращения: 21.02.2018).
2. Гарипов М.Г., Гарипов В.М. Геотермальная энергетика. Вестник Казан. технол. ун-та, т.17, №14, 202-204 (2014). [Электронный ресурс]. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22268849> (дата обращения: 21.02.2018).
3. Коррозионно-усталостная прочность бурильных труб из алюминиевых сплавов / Карлашов В.П. [и др.] - М.: Недра, 1977. - С. 21.
4. В.П. Леонов, В.А. Воронов, К.А. Аpsит, А.В. Ципун. Цикл Ренкина с низкопотенциальным источником теплоты // Инженерный журнал: Наука и инновации, 2015, №2. [Электронный ресурс]. URL: <http://engjournal.ru/catalog/pmce/mdpr/1368.html> (дата обращения: 21.02.2018).

**СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ БЕСПРОВОДНЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ,
ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ SMART-СЕТЕЙ**

**COMPARISON OF EFFICIENCY OF WIRELESS COMMUNICATION
SYSTEMS USED FOR DESIGN OF SMART GRIDS**

Мазур А.Ю., Колдаев А.И., Кадыров М.П.

Невинномысский технологический институт (филиал) СКФУ, г. Невинномысск
ventilator83@yandex.ru

Koldaev A. I., Kadyrov M. P., Mazur A. Yu.

Nevinnomyssk Institute of Technology (branch of NCFU), Nevinnomissk

Аннотация. В работе проведен анализ эффективности беспроводных систем связи, используемых для построения SMART-сетей. Установлено, что наиболее предпочтительной с точки зрения дальнего действия и энергоэффективности является технология LPWAN.

Abstract: The paper analyzes the effectiveness of wireless communication systems used to build SMART networks. The LPWAN technology is the most preferable from the point of view of long-range and energy efficiency.

Ключевые слова: интеллектуальные сети, беспроводные технологии связи, энергоэффективность

Key words: smart grid, wireless technology, energy efficiency.

В настоящее время потребители начинают ощущать преимущества производства электроэнергии с использованием распределенной генерации, где наиболее часто используемыми генераторами электроэнергии выступают фотоэлектрические панели и ветровые установки. С точки зрения надежности, распределенную генерацию можно рассматривать как разновидность диверсификации источника генерации энергии, имеющую более одного метода для достижения своей цели (гибридный метод), то есть в данном конкретном случае иметь электрическую энергию для немедленного потребления. Для управления подобными системами генерации используются интеллектуальные

сети – Smart-сети, которые позволяют повысить надежность эксплуатации электрических сетей.

Smart-сети – это перспективная технология для управления электросетями. Ключевым фактором для построения Smart-сетей является инфраструктура коммутации. Путь, соединяющий конечные устройства с системным шлюзом или частью концентратора, – это то, что дает эффективность интеллектуальной части электрической сети. При этом тип технологии, которая будет связывать объекты систем Smart-сетей, должна быть достаточной для требуемой скорости передачи данных.

В данной работе рассмотрен вопрос эффективности применения беспроводных систем связи, используемых для построения Smart-сетей.

Беспроводная сеть представляет собой технологию связи с большим количеством радиоузлов, которые могут присоединяться к группе, или выступать в роли отдельного маршрутизатора [1]. При этом когда один узел больше не может работать, остальные узлы могут связываться друг с другом. Это означает, что сеть может самоформироваться. Принцип «самоформирования» позволяет улучшить производительность сети и сбалансировать нагрузку на сеть. Добавление в сеть большого числа повторителей позволяет расширить зону покрытия и пропускную способность сети. Однако, для беспроводных сетей характерно затухание сигнала и низкая помехозащищенность, что может рассматриваться как наиболее важный недостаток беспроводных сетевых сетей.

Особый случай сетевой технологии – ZigBee – позволяет реализовать специальный беспроводной датчик [2]. Данная технология была разработана как «короткая» беспроводная связь на основе недорогих, маломощных цифровых компонентах, подходящих для узлов с батарейным питанием.

Другим вариантом для организации канала связи является использование сотовых сетей. Инфраструктура сотовых сетей существует уже много лет и покрывает большую территорию по всей планете. Их основные преимущества состоят в том, что они могут обеспечить достаточную пропускную способность и безопасность данных. С другой стороны, сотовая сеть используется большим количеством клиентов, и они могут влиять на производительность в критических ситуациях. Другим существенным недостатком сотовых сетей является высокое энергопотребление.

Технологии LPWA (Low Power Wide Area) предназначены для приложений, которые требуют низкоскоростной передачи данных по радиоканалу и работы без контроля в течение длительного периода времени, что может быть применимо в удаленных или труднодоступных местах [3].

Технология LPWA означает «низкое энергопотребление» (low-power) и «широкий территориальный охват» (wide-area). Невысокое потребление энергии для передачи данных, и, следовательно, увеличенный срок службы батареи, имеют решающее значение для встраиваемой техники. Прогнозируется, что сети LPWA будут применяться в широком спектре приложений, таких, как отслеживание производственных активов, мониторинг безопасности, учет потребления воды и газа, а также в интеллектуальных сетях, городских парковках, торговых автоматах и городском освещении [3]. Среди конкурентов технологии LPWA существуют такие как LORA Alliance, INGENU, SIGFOX, WEIGHTLESS, СТРИЖ (XNB) и еще несколько других [3].

На рис. 1 представлено сравнение описанных выше беспроводных технологий передачи данных по показателям дальности и энергоэффективности [4].

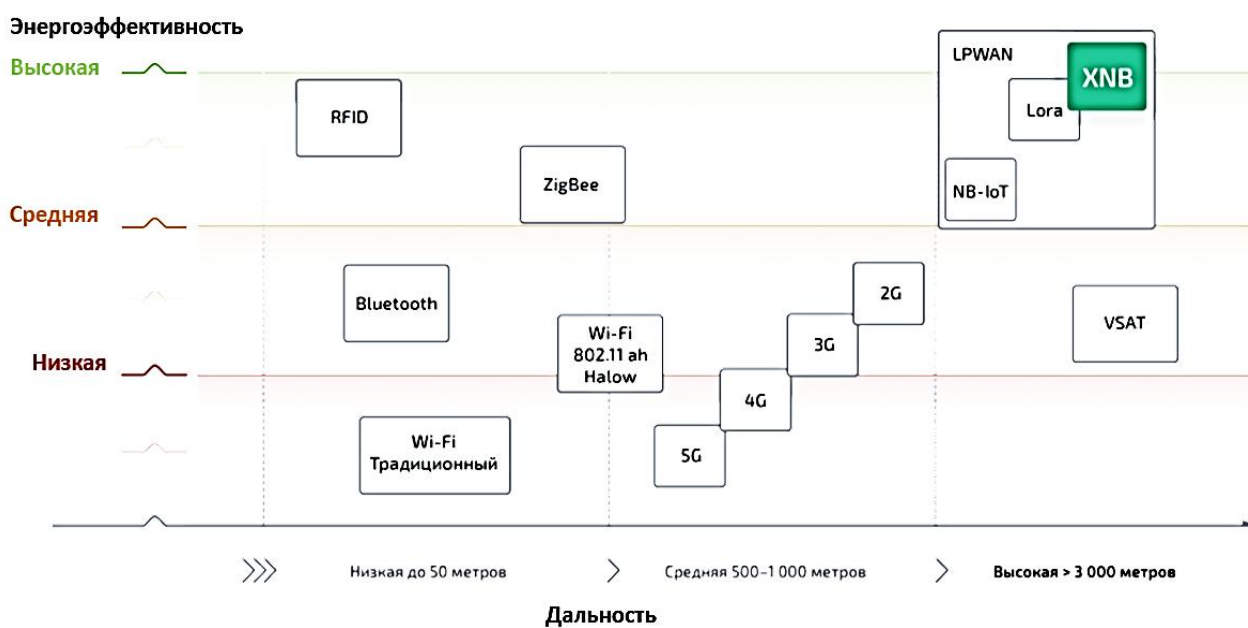


Рисунок 1. – Сравнение беспроводных технологий передачи данных по дальности и энергоэффективности

В табл. 1 представлено эффективности беспроводных систем связи по показателю энергоэффективности.

Из табл. 1, следует вывод, что LPWAN является наиболее предпочтительной для формирования интеллектуальных сетей, включающих в свою структуру устройства с ограничением энергии [4].

Таблица 1

Сравнение беспроводных технологий связи

Технология	2G	3G	LAN	ZigBee	LPWAN
Потребляемый ток	200mA-500mA	500mA - 1000mA	50mA	35mA	18mA
Потребляемый ток в режиме ожидания	2.3mA	3.5mA	–	0.003mA	0.001mA
Возможность использования накопителей электрической энергии	Нет	Нет	Нет	Возможно	Возможно
Время работы от аккумулятора 2000 mAh	4-8 часов; 36 дней (режим ожидания)	2-4 часов	50 часов	60 часов	120 часов; 10 лет (режим ожидания)

Таким образом, с одной стороны, проводные технологии, отличающиеся высокой эффективностью связи, надежностью и безопасностью, являются дорогостоящими для организации сетей на больших территориях и расстояниях. С другой стороны, беспроводные технологии, такие как LPWAN, обладают такими характеристиками как дальность и энергоэффективность. LPWAN обеспечивает энергоэффективную передачу данных на большие расстояния. Данная технология позволяет создавать устройства, способные передавать данные на десятки километров и при этом работать в течение нескольких лет на одной батарее.

Список использованных источников

1. Ulusar U.D., Al-Turjman F., Celik G. An overview of Internet of things and wireless communications // 2017 International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK). 2017. P. 506–509.
2. Ramya S.M., Shanmugaraj M., Prabakaran R. Study on ZigBee technology // 2011 3rd International Conference on Electronics Computer Technology. 2011. Vol. 6. P. 297–301.
3. Patel D., Won M. Experimental Study on Low Power Wide Area Networks (LPWAN) for Mobile Internet of Things // 2017 IEEE 85th Vehicular Technology Conference (VTC Spring). 2017. P. 1–5.
4. Колдаев А.И., Мазур А.Ю. Анализ систем связи для построения интеллектуальных сетей // Новые технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности и использованием электрофизических факторов и озона: материалы XII Международной науч.-практ. конф. – Ставрополь: АГРУС Ставропольского гос. аграрного ун-та, 2018. – 176 с.

**ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ МАЛЫХ
ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ**

**THE RESEARCH OF OPERATION MODES OF SMALL HYDRO POWER
PLANTS**

Мезин В.Ю., Кастуев М.К., Галкина О.Ю.

Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный
технологический университет), г. Владикавказ

Mezin V. Yu., Kastoiev M. K., Galkina O. Yu.

North Caucasian Institute of mining and metallurgy
(State Technological University), Vladikavkaz

Аннотация: В статье рассматриваются перспективы использования гидроэнергетического потенциала горных территорий Северного Кавказа для энергообеспечения объектов нефтегазовой отрасли. Разработана комплексная программа расчета водно-энергетических режимов статической и динамической устойчивости малых гидроэлектростанций.

Abstract: the article discusses the prospects of using the hydroelectric potential of the mountain areas of the North Caucasus for the energy supply of oil and gas industry. The complex program of calculation of water-energy modes of static and dynamic stability of small hydroelectric power stations is developed.

Ключевые слова: гидроэнергетика, малые гидроэлектростанции, устойчивость, мощность.

Keywords: hydropower, small hydroelectric power, stability, power.

Энергетическая стратегия России на период до 2020 года с перспективой до 2025 года (распоряжение Правительства РФ от 28.08.2003 г. №1234-р), отводит важную роль в развитии электроэнергетики к эффективному использованию гидроресурсов страны. Это допустимо за счет ввода в эксплуатацию новых гидроэлектростанций (ГЭС).

В настоящее время Республика Северная Осетия-Алания (РСО-А) является остродефицитной по электропотреблению. Производство электроэнергии на действующих ГЭС покрывает только 12-15% всего электропотребления по республике. По оценкам экспертов гидроэнергетический потенциал республики вдвое превышает потребности РСО-А в электроэнергии.

Для энергообеспечения Республики Северная Осетия - Алания, обладающей значительным потенциалом высокогорных рек, составляющих по оценке института «Гидропроект» 22,4 млрд. кВт·ч, особое внимание уделяется

развитию гидроэнергетики, и, в частности, строительству малых гидроэлектростанций (МГЭС), с установленной мощностью генераторов 30 МВт. При относительно небольших капитальных затратах МГЭС позволяет обеспечить энергетическую независимость республики, надежное электроснабжение горных территорий, уменьшить дефицит мощности в энергосистеме, улучшить социально-экономическую ситуацию горных районов республики.

Для решения этой задачи необходима, в первую очередь, разработка научно-технических основ расчета функционирования и управления МГЭС, отражающих специфические условия горной местности, структурную схему электрической системы при работе МГЭС как автономном режиме, так и в параллельной работе с энергетической системой МРСК Северного Кавказа. К специфическим условиям горной местности относятся тяжелые климатические условия, сложный рельеф местности, повышенная аварийность ЛЭП, резкие изменения гидрологических режимов и др. Исследования функционирования и управления МГЭС в этих условиях практически не проводились, поскольку научно-техническая методика расчета еще не была разработана.

Реализация преимуществ работы МГЭС на систему, связана с условием обеспечения устойчивости работы станции. На основании проведения комплексных исследований разработана научно-техническая методика расчета (НТМ) МГЭС, предусматривающая комплексное решение основных вопросов, связанных с проектированием, расчетом технических параметров и эксплуатацией МГЭС [2].

Реализация НТМ позволяет решать важные и актуальные задачи по использованию возобновляемых источников энергии, учитывает особенности МГЭС, к которым относится работа МГЭС по водопритоку, наличие большого числа генераторов малой мощности, передача электроэнергии в систему на генераторном напряжении 6,3 кВ по двухцепной ЛЭП в нормальном и аварийном режимах. Методика предусматривает расчет водно-энергетических режимов статической и динамической устойчивости МГЭС.

Блок-схема расчета, функционирования и управления работой МГЭС приведена на рисунке 1.

На рисунке 1 представлены следующие этапы расчета, функционирования и управления системы:

Банк исходных данных включает картограмму координат МГЭС на карте РСО-Алания, реки для МГЭС, расчётную отметку напора, расчётную длину воздушной ЛЭП.

Блок 1. Расчёт водно-энергетических параметров (ВЭП) МГЭС [2, 3, 4]. Построение гидрографа (годовой, месячный, суточный), Q м³/с. Выбор варианта создания напора, H , м. По расчётам ВЭП выбирается мощность генератора с основными параметрами: $P_{н}$, кВт; $\cos\varphi_{н}$; $U_{н}$, кВ, n , об/мин; тип турбины, тип СГ, изготовитель.

Блок 2. Расчёт токов короткого замыкания (КЗ) и РЗиА [5]. Расчёт всех видов КЗ блока СГ – подстанция – ЛЭП – нагрузка, для трехфазных и

несимметричных токов КЗ – при поперечной и продольной несимметрии в электрической системе.

Блок 3. Расчёт установившихся режимов работы МГЭС [6]. Разработка методики баланса мощностей в ТОП с энергосистемой (с узлом нагрузки). Разработка методики баланса напряжений в узлах нагрузки.

Блок 4. Расчёт статической и динамической устойчивости работы СГ МГЭС с учетом АРВ [7, 8, 9].

Блок 5. Блок АСУ (автоматизированная система управления) МГЭС: управление режимами работы МГЭС по водопритоку, мощности и выработке электроэнергии; регулирование напряжения по перетокам активной и реактивной мощности в ТОП энергосистемы (узле нагрузки); Регулирование реактивной мощности в ТОП с энергосистемой (узле нагрузки).

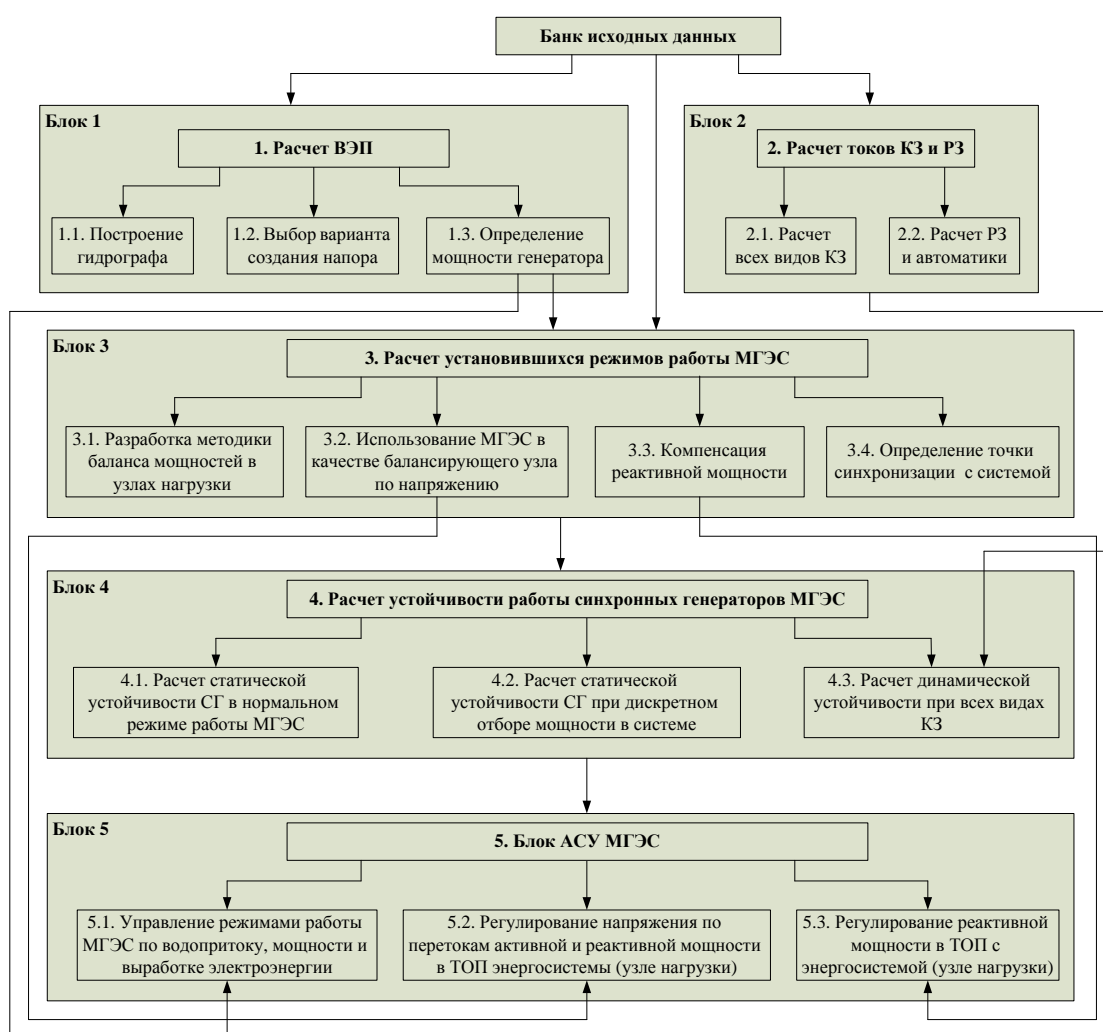


Рисунок 1 – Блок-схема расчета, функционирования и управления работой МГЭС

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод о перспективности использования гидроэнергетического потенциала малых гидроэлектростанций, как наиболее экономичного и эффективного источника

электроэнергии, для энергообеспечения объектов нефтегазовой отрасли в условиях горных территорий.

Список использованных источников

1. Васильев И.Е., Клюев Р.В., Долганов А.А. Разработка научно-технических основ расчёта функционирования и управления малыми гидроэлектростанциями (МГЭС) // Устойчивое развитие горных территорий. 2013. №3 (17). С. 5–9.
2. Васильев И.Е., Клюев Р.В., Долганов А.А., Галкина О.Ю. Методика и расчет установившегося режима работы МГЭС без промежуточного отбора мощности в электрической сети // Устойчивое развитие горных территорий. 2014. №1 (19). С. 30–36.
3. Васильев И.Е., Клюев Р.В., Долганов А.А., Галкина О.Ю. Методика и расчет установившегося режима работы МГЭС с промежуточным отбором мощности в электрической сети // Устойчивое развитие горных территорий. 2014. №2 (20). С. 37-42.
4. Васильев И.Е., Клюев Р.В., Долганов А.А. Исследование и расчет устойчивости работы высокогорных малых гидроэлектростанций (МГЭС) // Устойчивое развитие горных территорий. 2011. №3 (9). С. 50–58.
5. Справочник по проектированию электроэнергетических систем / Ред. С. С. Рокотян, И. М. Шапиро. – М.: Энергия, 1977 . – 288 с.
6. Электроэнергетические системы в примерах и иллюстрациях. / Под ред. В.А. Веникова: Учеб.пособие - М.: Энергоатомиздат, 1983. - 504 с.
7. Васильев И.Е., Клюев Р.В. Энергетика РСО-Алания. Учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности 140211.65 «Электроснабжение». Владикавказ: Изд-во «Терек», 2009, 131 с.
8. Васильев И.Е., Клюев Р.В., Кочиев П.Г., Кочиев Р.П. Комплексное исследование и расчет водно-энергетических ресурсов Головной ЗГЭС РСО-Алания // Депонир. в ВИНТИ. №1604-В2006. Владикавказ. 2006. 23 с.
9. Клюев Р.В. Исследование графика нагрузки энергосистемы с учетом режимов работы высоконапорной ГЭС // Изв. вузов. Электромеханика, Спецвыпуск «Электроснабжение», 2009, с. 8-10.

**ТЕЛЕМЕХАНИЧЕСКИЕ И ДИСПЕТЧЕРСКИЕ СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ СЭС**

TELEMECHANICAL AND CONTROL SYSTEMS OF SES CONTROL

Демченко В.А., Загазов С.С., Гаврина Ю.В., Сидоров Д.В.

ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет)», г. Владикавказ

raen3@yandex.ru

Demchenko V.A., Zagagov S.S., Gavrina Yu. V., Sidorov D.V.

North Caucasian Institute of mining and metallurgy
(State Technological University), Vladikavkaz

Аннотация: В статье произведен анализ телемеханических и диспетчерских систем управления систем электроснабжения. Рассмотрены подходы к моделированию объектов энергетики.

Annotation: The article analyzes telemechanic and dispatch control systems of power supply systems. Approaches to modeling of power engineering objects are considered.

Ключевые слова: Автоматизированная система управления; телеуправление; телесигнализация; диспетчеризация, АСДУ; АСУЭ.

Keywords: Automated control system; telecontrol; telesignaling; dispatching, automated dispatch control system; automated control system of energy.

Автоматизированная система управления (АСУ) – это система "человек-машина", обеспечивающая эффективное функционирование объекта, в которой сбор, передача и обработка информации, необходимой для реализации функций управления, осуществляются с применением средств автоматизации и вычислительной техники[5].

Если вычислительная техника используется для решения комплексов взаимосвязанных задач управления энергетическим департаментом ПП (управление тепло-, водо-, газоснабжения и т.п.), то принято такую систему называть автоматизированной системой энергоснабжения (АСУ-Энерго). Если построена система управления электропотреблением ПП, то часто используется

сокращение – АСУ-Электро. Последняя может быть разработана в виде отдельной изолированной системы или входить в состав общей АСУ-Энерго. Самый верхний уровень иерархии управления предприятием в целом осуществляется с помощью автоматизированной системы управления предприятием (АСУП). Системы АСУЭ соответственно относятся к более низкому уровню иерархии – АСУ технологических процессов (АСУ ТП) и имеют ряд специфических особенностей [1].

В сложных системах полная автоматизация управления предприятием (или его отдельным департаментом) обычно трудно реализовать из-за отсутствия аналитического аппарата управляющих процессов, а также непредсказуемости всехвозможных режимов работы. Поэтому наряду с устройствами автоматизации и телемеханики определённые функции выполняет исключительно человек (оператор), при этом система управления превращаются в автоматизированную систему диспетчерского управления (АСДУ).

Эти диспетчерские системы управления отличаются от соответствующих систем автоматизации в первую очередь превалирующей ролью человека (диспетчера) в контуре управления. Приёмо-передача сигналов управления осуществляется диспетчером с помощью специально организованных каналов и линий связи. С помощью средств телемеханики диспетчер получает информацию о параметрах режима электропотребления и положения коммутационных аппаратов на главной понизительной подстанции (ГПП). С помощью этих устройств осуществляется передача управляющих команд с диспетчерского пункта на объекты.

Режимы работы отдельных элементов в системе электроснабжения (СЭС) промышленных предприятий (ПП) взаимосвязаны. Согласованное действие всех этих элементов будет обеспечено лишь в случае, если важнейшие из них обладают устойчивыми операциями контроля и управления, сосредоточенные в одном месте (диспетчерском пункте) [2].

В простейшем случае диспетчеризация управления может осуществляться с помощью телефонной связи диспетчера с обслуживающим персоналом удалённых объектов. При телефонной связи диспетчера с контрольными пунктами получается значительный промежуток времени с момента, требующего оперативного вмешательства до момента исполнения. Кроме того, при диспетчеризации только посредством телефонной связи велика вероятность неполучения или недостоверности информации.

Работа диспетчера оказывается более эффективной, если информация о режимах работы элементов системы автоматически приходит от приборов, установленных на диспетчерских пунктах. Кроме того, сам диспетчер имеет

возможность изменить режим работы управляемой системы, непосредственно посылая сигналы на контролируемые объекты.

Если контрольных пунктов мало, а расстояние между диспетчерскими пунктами значительно, то можно использовать дистанционное управление. Для этого необходимо перенести аппаратуру управления и сигнализации со щитов местного управления на центральный диспетчерский пункт (ЦДП) (Рис 1). В случаях большого расстояния между диспетчерскими и контрольными пунктами необходимо использовать устройства телемеханики. Они не требуют постоянного дежурного персонала и позволяют использовать управляющую вычислительную машину.

Отдельной задачей АСУЭ является операция, выполненная с помощью технических средств и программного обеспечения, в результате решения которой формируются либо отчетный документ, либо одно или серия однотипных сообщений обслуживающему персоналу.

Отдельная функция АСУЭ – это совокупность задач, направленных на достижение общей цели управления и объединённых единым критерием управления.

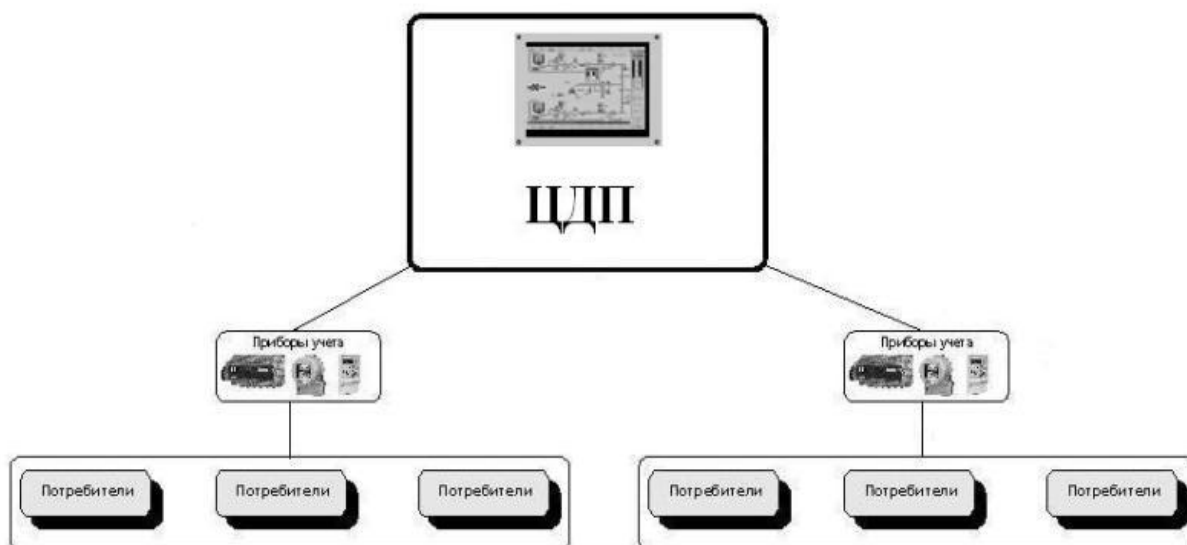


Рисунок 1 – Диспетчерская система управления СЭС

Телеуправление – управление положением или состоянием объектов методами и средствами телемеханики. Телеуправление предприятиями применяется тогда, когда это дает возможность улучшить ведение режима и позволяет ускорить локализацию и ликвидацию аварии, нарушение и отклонение от нормальных режимов работы, если это невозможно сделать с помощью местной автоматики.

Телесигнализация (ТС) – это получение информации о состоянии

контролируемых и управляемых объектов, имеющих ряд возможных дискретных состояний. ТС должна обеспечивать передачу на пульт управления предупреждающих и аварийных сигналов, а также обеспечивать отображение состояния основных элементов СЭС на диспетчерском пульте (и на щите), при этом должны предусматриваться следующие показатели:

- положение всех телеуправляемых объектов;
- положение крупных телеприёмников;
- положение нетелеуправляемых выключателей ВН на вводах;
- положение секционных соединительных и обходных выключателей;
- положение силовых трансформаторов, находящихся в цехе.

Телеизмерения (ТИ) – должны обеспечивать возможность измерения основных параметров, отображающих работу системы и позволяющих правильно управлять ситуацией. Для телеизмерений в АСУ-Электро рекомендуют выбирать:

- напряжение на головных шинах;
- напряжение на шинах пункта приёма электроэнергии;
- ток на одном из концов линии подстанции;
- суммарную мощность, полученную от отдельных источников и т.д.

Телеизмерения тока и напряжения организуются по вызову, а мощности – по циклическому типу в течение суток. Телеизмерения интегральных параметров (ТИИ) обеспечивают возможность составления энергетических балансов. Кроме того, они используются постоянно для ввода результатов измерений в вычислительную информационную сеть.

Телеизмерения текущих параметров (ТИТ) – должны обеспечивать диспетчеру возможность измерения основных электрических параметров, необходимых для управления системой и восстановления её после аварии.

Телемеханизация (ТМ) должна обеспечивать:

- отображение на диспетчерском пульте состояний и основных элементов;
- передача на диспетчерский пульт предупреждающих и аварийных сигналов;
- управление основными элементами системы и т.п. [3].

В качестве технических средств ТМ используются проводные многоканальные телемеханические устройства заводского изготовления. В качестве первичной измерительной аппаратуры в СЭС используются стандартные измерительные трансформаторы тока, имеющие на выходе ток 1А или 5А, и измерительные трансформаторы напряжения с напряжением измерительных обмоток 100 В, а также датчики для сбора различной технической информации.

В связи с постоянным удорожанием потреблённой электроэнергии и

необходимости модернизации производственных мощностей (и их систем автоматизации) у промышленных предприятий возникла необходимость в построении интегрированных решений, в разработке автоматизированных систем контроля и управления электропотребления (АСКУЭ), построенных с применением персональных ЭВМ [4].

Список использованных источников

1. Гельман Г.А. Автоматизированные системы управления электроснабжением промышленных предприятий. - М.: Энергоатомиздат, 1984-255 с.
2. Соскин Э.А., Кирёва З.А. Автоматизация управления промышленным энергоснабжением. -М.: Энергоатомиздат, 1990-384 с., 8 экз.
3. Лифанов Е.И. Системное решение АСКУЭ для промышленного предприятия // Энергетик, 1999. № 4.
4. Потребич А.А., Шевцов В.И., Овчинникова Н.С. и др. Применение интегрированной системы для решения задач АСУ ПЭС // Электрические станции, 1996 г., № 2
5. Сидоров Д.В., Гаврина О.А., Амилаханов Р.А., Закаев О.О. Общие положения построения математических моделей объектов энергетики. Энерго-и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: сборник материалов Всероссийской научно- практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, г. Екатеринбург, 2016. 260 с.

**МЕТОДОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СУ СИСТЕМЫ
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ И КАЧЕСТВО ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ
В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

**METHODOLOGY OF DESIGNING THE SU SYSTEM OF ELECTRICAL
SUPPLY AND QUALITY OF TRANSITION PROCESSES IN THE
ELECTRICAL SUPPLY SYSTEM**

Карданов И.М., Берко А.А., Сидоров Д.В.

ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет)», г. Владикавказ
raen3@yandex.ru

Kardanov I.M., Berko A.A., Sidorov D.V.

North Caucasian Institute of mining and metallurgy
(State Technological University), Vladikavkaz

Аннотация: В статье произведен анализ методологии проектирования систем управления систем электроснабжения. Рассмотрено качество переходных процессов в системе электроснабжения.

Abstract: The article analyzes the methodology for designing control systems for power supply systems. The quality of transients in the power supply system.

Ключевые слова: Автоматизированная система управления; технологические системы; переходные процессы; АСУЭ.

Key words: Automated control system; technological systems; transitional processes; ASUE.

Любая методология проектирования систем управления (СУ) для заданной технологической системы (ТС) должна включать в себя методологию выбора векторов управляющих и регулируемых переменных и их объединение в замкнутые контуры автоматического управления. Обычный подход к решению этих проблем количественно основывается на математических моделях ТС и регуляторов. Однако вычислительные алгоритмы, основанные на таких методах, хорошо работают лишь в ограниченном пространстве возможных условий.

Для решения задач формирования контуров регулирования можно воспользоваться достаточно эффективными процедурами построения логических деревьев подзадач управления [1]. Построение логических деревьев основывается на анализе причинно-следственных связей переменных ТС. В целом логика синтеза контуров регулирования (организации пар управляющая переменная - регулируемая переменная) предусматривает выполнение нижеследующих процедур.

1. Спецификация целей регулирования $\theta_i (i = 1, 2, \dots, n)$, охватывающих всю задачу регулирования C ; зависимость может быть выражена с помощью булевого (логического выражения)

$$C = F_c(\theta_i, i \in n) \quad (1)$$

Цели регулирования возникают из соображений безопасности протекания процесса, эксплуатационных ограничений, специфики и экономики производства.

2. Определение контуров регулирования $S_{ki} (k = 1, 2, \dots, r)$, реализация которых приводит к достижению целей θ_i . Зависимость между θ_i и S_{ki} выражается с помощью дерева структур регулирования и записывается в виде

$$\theta_i = F_\theta(S_{ki}, k \in r) \quad (2)$$

Каждый контур регулирования S_{ki} определяется множеством измеряемых и управляемых переменных, т.е.

$$S_{ki} = (\lambda_{ki} V_m) (\lambda_{ki}^* V_l), \quad (3)$$

где V_m - множество измеряемых переменных; V_l - множество управляемых переменных; λ_{ki} , λ_{ki}^* - двоичные векторы.

3. Выбор измеряемых и управляющих переменных. Этап включает прослеживание распространения влияния ограничивающих переменных (соответствующих целей управления θ_i) в сигнальном графе процесса. Выбор переменных определяется наличием датчика для измерения желаемой переменной, его стоимостью и надежностью, динамическими характеристиками и точностью измерения. Если ограничивающая переменная не может быть измерена непосредственно, её величину определяют косвенно - измерением других связанных с ней переменных. Может возникнуть проблема управления при неполной информации, вследствие невозможности обеспечения быстрого измерения переменных состояния. При этом для получения оценок неизмеряемых переменных может быть использована теория наблюдателя и теория фильтрации [3].

Сформированное в результате логического синтеза дерево структур регулирования показывает комбинацию контуров, потенциально позволяющих достичь специфическую цель регулирования.

Для поиска специальных контуров регулирования рекомендуется использовать эвристики. Применение эвристической информации для повышения эффективности исследований изучались в теории искусственного интеллекта и теории исследований операций [2].

Выбранные множества управлений и измерений должны удовлетворять условиям управляемости и наблюдаемости [3, 4]. Выполнение этих условий играет принципиальную роль, т.к. в противном случае ни о каком синтезе (устойчивом и качественном) говорить уже не приходится.

Неформально система управляема, если найдется такое управление $U(t)$, которое обеспечивает ее перевод из произвольного состояния x_d за конечное время в новое задаваемое [6]. Система называется полностью управляемой, если из любого начального состояния $x_0(t_0)$ она может быть переведена в любое наперед заданное состояние $x_d(t)$ с помощью некоторого управления $u(t)$ за конечное время $t-t_0 \geq 0$.

Ряд примеров эффективного использования сигнальных графов и логических процедур для достижения иерархической структуры, на основе которой строится система регулирования, приводится в работах [4, 5].

Полное исследование наблюдаемости и управляемости является сложной задачей и в общей постановке можно высказать лишь некоторые и довольно очевидные необходимые условия управляемости, которые иногда могут быть полезными в том смысле, что позволяют сразу распознать неуправляемую и ненаблюдаемую систему. Достаточные условия управляемости удается получить лишь в простейших случаях [3].

Управление сложной ТС не может быть простой экстраполяцией опыта управления одним аппаратом, т.к. технологические связи отдельных аппаратов уменьшают число степеней свободы. Эффективным может оказаться алгоритм генерации альтернативных контуров управления для ТС или её подсистем, основанный на принципе декомпозиции [3].

Таким образом, этап «формирование облика» завершается генерацией альтернативных вариантов структур СУ ТС и соответствующих критериев оптимальности подсистем (в случае её декомпозиции) с соответствующими вариантами организации контуров управления параметрами ТС.

В целом требования к техническим средствам реализации задач оптимального управления сложными ТС разделяются на: информационные, организационные, математические, технические и экономические, направленные на обеспечение совместимости объекта (ТС, подсистема ТС), технических средств и людей. От правильности постановки требований к техническим средствам и от степени их удовлетворения во многом зависит эффективность проектируемой СУ в целом.

Основной задачей нижнего уровня СУ сложной ТС в концепции иерархического управления является реализация решений, принятых на верхнем уровне СУ с помощью систем автоматического управления (регулирования) (САР) технологическими параметрами, основные контуры которых альтернативно определены на стадии «формирование облика» при проектировании верхнего уровня СУ ТС.

Необходимым, но не достаточным, условием синтеза САР параметров ТС является их устойчивость. Достаточность достигается при удовлетворении также требований по качеству процессов регулирования, которое оценивается по переходным процессам и ошибкам в установившихся режимах. В некоторых случаях ставятся требования также по чувствительности систем регулирования к изменениям параметров объекта.

Качество переходных процессов оценивается такими показателями как: время регулирования, максимальное динамическое отклонение, перерегулирование, максимальное ускорение изменения регулируемой величины и др. Требования к качеству регулирования САР параметров подсистем контролируются на основании анализа технологических ограничений, накладываемых на соответствующие динамические отклонения параметров регулирования, а также на основе анализа их взаимодействий.

Формирование облика нижнего уровня СУ ТС заключается в генерации альтернативных структур САР технологических параметров для разработанных вариантов контуров управления с учетом их взаимодействия. В общем случае под структурой понимается схема, на которой отражены воздействия и их приложения, а также пути распространения сигналов между элементами САР.

Генерация структур САР проводится на основании результатов анализа статических и динамических характеристик элементов ТС по каналам управляющих и возмущающих воздействий. При этом, формирование возможных вариантов структур САР должно проводиться с учетом следующих требований [6]: нечувствительности к ошибкам моделирования и к изменениям параметров элементов САР, как правило, связанных с изменением параметров самих элементов ТС; гибкости САР для учета изменений в требованиях, предъявляемых к управлению ТС, т.е. обеспечения возможности необходимой перестройки её без принципиальных изменений и снижения надежности; удовлетворительной асимптотичности поведения САР в широком интервале действия возмущений; надежности измерений соответствующих технологических параметров; технической реализуемости САР; обеспечения повышения экономической эффективности ТС.

Генерирование потенциально приемлемых вариантов структур САР проводится проектировщиком на основании накопленного опыта разработок

САР аналогичными объектами, известных типовых решений, а также результатов предшествующих научно-исследовательских разработок.

Внутреннее проектирование нижнего уровня предполагает решение двух основных задач: 1) структурного и параметрического синтеза САР технологических параметров; 2) расчета и выбора технических средств автоматизации.

В качестве критерия оптимальности при проведении структурного и параметрического синтеза САР технологических параметров нижнего уровня СУ сложной ТС, при этом, может служить оценка сложности проектируемой системы регулирования в целом.

Большую помощь проектировщику могут оказать специально разработанные эвристики, позволяющие принимать целенаправленные решения на каждом шаге и таким образом приближаться к оптимальному решению задачи в целом без полного перебора при синтезе всех альтернативных вариантов.

Необходимое при этом моделирование динамики сложных систем производится либо во временном пространстве интегрированием математических моделей процессов, либо по передаточным функциям соответствующих каналов распространения воздействий расчетом переходных процессов с использованием обратного преобразования Лапласа или известных зависимостей между частотными и временными характеристиками [6].

Расчет и выбор стандартных технических средств и разработка (при необходимости) нестандартного оборудования для выбранных вариантов САР нижнего уровня СУ ТС проводится в соответствии с техническими требованиями к приборам и средствам автоматизации. От правильной постановки требований к техническим средствам и от степени их удовлетворения во многом зависит успех автоматизации.

Сегодня стало совершенно очевидным, что эффективный путь решения проблемы повышения качества регулирования технологических процессов, наряду с созданием динамически организованных технологических процессов, является более широкое использование адаптивных и многосвязных систем управления.

Как уже отмечалось выше, ключевое место в процессе проектирования СУ сложными ТС занимает математическое моделирование. Необходимость математического моделирования при разработке СУ обусловлена возможностью использования моделей для осуществления анализа статических и динамических характеристик [7]. Элементов ТС и их взаимосвязей, выбора структуры и параметров СУ, формирования критериев оптимальности и ограничений, оценки эффективности алгоритмов управления на всех уровнях

системы и т.д. Эффективное решение перечисленных задач разработки СУ ТС следует ожидать лишь при использовании системных методов и широком внедрении автоматизированных методов проектирования.

Список использованных источников

1. Емельянов С.В., Костылева Н.Е., Матич Б.П., Миловидов Н.Н. Системное проектирование средств автоматизации, м.: Машиностроение, 1978. – 190с.
2. Абдулаев А.А. и др. Принципы построения автоматизированных систем управления промышленными предприятиями. – М.: Энергия, 1975. – 440с.
3. Окунев Ю.Б., Плотников В.Г. Принципы системного подхода к проектированию в технике связию – М.: Связь, 1976. – 184с.
4. Зайцев И.Д. Моделирование процессов автоматизированного химико-технологического проектирования. – М.: Химия, 1976. – 184с.
5. Салихов З.Г., Арунянц Г.Г., Рутковский А.Л. Системы оптимального управления сложными технологическими объектами. – М.: Теплоэнергетик, 2004. – 496 с.
6. Гайдуков А.Л. Классификация задач и алгоритмов оптимизации и выбора метода решения.- В кн.: Автоматизированное оптимальное проектирование инженерных объектов и технологических процессов: Горьковский Гос. Университет, 1974.
7. Сидоров Д.В., Гаврина О.А., Берко И.А., Галкина О.Ю. Обзор методов построения математических моделей статических режимов для управления непрерывными технологическими процессами. Международный научно-исследовательский журнал «Успехи современной науки», Белгород т.8, № 12, 2016– 65 с.

**ФОРМИРОВАНИЕ ГИБКОЙ ЦЕНОВОЙ ПОЛИТИКИ
В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СФЕРЕ КАК СТИМУЛ РАЗВИТИЯ
ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

**FORMING FLEXIBLE PRICE POLICY IN THE ELECTRIC POWER
SPHERE AS A PREPARATION FOR THE DEVELOPMENT OF
RENEWABLE ENERGY**

Гассиева О.И., Хузмиев И.К.

ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет)», г. Владикавказ

Gassieva O.I., Khuzmiev I.K.

North Caucasian Institute of mining and metallurgy
(State Technological University), Vladikavkaz

Аннотация: В статье рассматривается ценовая политика в электроэнергетической сфере как стимул развития возобновляемой энергетики.

Abstract: The article considers the price policy in the electric power sector as an incentive for the development of renewable energy.

Ключевые слова: основные фонды, тарифы, нагрузка, ценовая политика, рынок электрической энергии.

Key words: fixed assets, tariffs, load, pricing policy, electricity market.

В электроэнергетическом секторе России сложилась ситуация, когда на возникающие технические сбои, обусловленные высоким физическим и моральным износом основных фондов (до 70-80%), низким уровнем профессиональной подготовки в отрасли, потребители получают рост тарифов и включение в стоимость за потребленные киловатты коммерческие потери («незаконный отбор электрической энергии другими потребителями»). Структура генерирующих мощностей в России такова, что наибольший удельный вес выработки электрической энергии занимают традиционные огневые источники. ГЭС с мощностью свыше 25 МВт вырабатывают около 17% от всей генерации в России, ВИЭ (в том числе и малые ГЭС) вырабатывают около 1%. Это ничтожная величина. Также можно отметить крайне низкий уровень когенерационной выработки энергии.

С точки зрения экологичности и стратегического планирования всяческая государственная поддержка ВИЭ это единственный выход для макроэкономики любого государства. Как пример на сегодняшний день в Германии 40% всей генерации электричества приходится на ВИЭ.

В 2017 году шла активная работа и над системой поддержки микрогенерации, под которой в России в настоящее время в соответствии с законодательной базой принято понимать генерацию с установленной мощностью до 15 кВт. Российские владельцы микрогенерирующих установок впервые смогут «сбрасывать» в сеть излишки своей электроэнергии и «забирать» из сети электроэнергию при нехватке собственной генерации.

В соответствии с действующим сегодня законодательством, микрогенераторы будут сбрасывать излишки электроэнергии в сеть по средней оптовой цене (цене гарантирующего поставщика), а брать из сети – по розничным, гораздо более высоким тарифам. Что естественно противоречит рыночным принципам хозяйствования.

Исследования и оценки инвестиционного банка Lazard, приведенная стоимость микрогенерации составляет 19-32 цента или 11-19 рублей за кВт*час, что является весьма большой величиной. Согласно тем же исследованиям, без учета субсидирования производство 1 МВт*часа электроэнергии обойдется дешевле всего в случае использования энергии ветра – от 30 до 60 долларов США (то есть, от 1,8 рублей за 1 кВт*час). Второе место по минимальной стоимости занимает газ – здесь приведенная стоимость 1 МВт*часа начинается от 42 долларов (от 2,5 рублей за 1 кВт*час). Солнечная энергетика практически делит второе место вместе с газовой – стоимость промышленной солнечной генерации обойдется в 43 доллара за 1 МВт*час и более. Стоимость 1 МВт*часа на угле находится в пределах от 60 до 143 долларов (3,6 – 8,6 рублей за кВт*час). Дороже всего стоят дизельная генерация и генерация за счет солнечных панелей на крышах домов – соответственно, до 281 и 319 долларов за 1 МВт*час.

Несмотря на это в мире развитие ВИЭ идет стремительными темпами. Только в 2016 году, по данным REN21, в мире был установлен 161 МВт мощностей ВИЭ. Всего сейчас установлено свыше 1 ТВт (т.е. 1 тыс. ГВт!) мощностей ВИЭ, не считая крупные ГЭС (с ними – вдвое больше). Последние 5 лет инвестиции во все виды ВИЭ, включая крупную гидроэнергетику, примерно в два раза превышают инвестиции в огневую (традиционную) энергетику. Уже сейчас 24 страны обеспечивают более 5% своих потребностей в электроэнергии только за счет ветровой энергии, из них 13 стран – более 10%. Следовательно, в структуре общемировой выработки электрической энергии за счет возобновляемых источников 6 ГВт российских электростанций на ВИЭ к

2024 году – это крайне незначительная величина. Фактически при такой динамике российская генерация на основе ВИЭ составит лишь 2,5% всей установленной генерирующей мощности в стране и около 1% непосредственно генерации.

Единственный возможный и действенный вариант развития возобновляемой энергетики и когенерации в России это принятие на законодательном уровне поправок к действующему законодательству дополнительных мер таких как: налоговые льготы, льготное кредитование, субсидирование компаний-генераторов, внесение поправок в правила розничного рынка электрической энергии.

Также необходимым является разумная поддержка российских компаний производителей установок ВИЭ. Выделение бюджетных средств на научные исследования в области удешевления оборудования по получению электрической энергии.

Как известно, рынок электрической энергии динамичен по своей природе, интегрирующий в себе разные рыночные формы организации экономической деятельности: от монополистической конкуренции до естественной монополии. Сейчас в России вся электроэнергетическая система (поставщики) делится на: оптовый рынок (генерация), передача и распределение (сетевые услуги), сбыт и розничный рынок (малая генерация). Подчеркнем, что в сферах генерации и сбыта возможна монополистическая конкуренция. Современная организация электроэнергетических рынков для повышения эффективности и прозрачности их работы должна формировать, не смотря на технологические особенности электроэнергетики, истинно конкурентные условия. Эта взаимовыгодная система приведет к повышению результативности функционирования всей электроэнергетики и снизит издержки.

Как пример алгоритм государственной поддержки возобновляемой энергетики можно рассмотреть для РСО-Алания. Реализация принципов стимулирования развития альтернативной возобновляемой энергетики должна прежде всего основываться на принятии государственной программы «Возобновляемая энергетика Осетии», в которой будут определены приоритеты поэтапной реализации строительства объектов малой генерации на основе ВИЭ. Эти приоритеты должны формироваться с учетом спроса и экономических факторов: отдалённость потребителей, стоимость обслуживания и эксплуатации сетевого хозяйства, оценка себестоимости получения различных видов ВИЭ на конкретной территории (количество солнечных дней, мощность и интенсивность горных рек, глубина залегания, температура и хим состав термальных вод), возможность аккумуляции. В условиях горных зон крайне важным фактором при проектировании объектов генерации энергии должен

стать фактор экологичности: любой объект должен минимально изменять ландшафт и экосистемы территорий.

Считаем необходимым и важнейшим шагом к реализации данного проекта привлечение инвестиционных ресурсов. Как показывает практика объекты, реализуемые исключительно за счет госбюджетных средств, являются малоэффективны и имеют крайне высокую стоимость. Поэтому основной механизм реализации данной программы должен лежать в плоскости частно-государственного партнерства. Государственные средства будут гарантировать субсидирование и удешевление проекта строительства ВИЭ для частного инвестора, а для государства средства инвестора и его участие в проекте – облегчение финансовой нагрузки на бюджет, быстрота реализации и личная заинтересованность инвестора.

Кроме этого необходимо внести изменения в налоговый кодекс для установления налоговых льгот субъектам-инвесторам ВИЭ. Льготы или освобождение от уплаты налогов повысят привлекательность проектов для инвесторов.

Особенное внимание при разработке программы необходимо уделить ценовой политике для объектов ВИЭ. Так как от грамотности и успешности ценовой политики зависит и окупаемость проекта, и дальнейшая перспектива развития возобновляемой энергетики в России. В первую очередь рассмотреть два варианта установки объектов ВИЭ: для собственного потребления и для отпуска в сеть. Установки ВИЭ которые будут включать и потребление для собственных нужд, и отпуск излишек в общую сеть будут относиться к объектам возводимыми исключительно для продажи электроэнергии.

Причем здесь важны часы отпуска электрической энергии в сеть: если это пиковая или полупиковая зона тогда производителю считать по отпускной цене балансирующего оптового рынка. Так как такой отпуск для локальных потребителей, территориально находящихся близко с источником генерации будет снижать общие потери электрической энергии в сети. Кроме этого законодательно необходимо разрешить субъектам малой генерации самим заключать договоры с потребителями на поставку энергоресурса обходя гарантирующего поставщика. Это позволит снизить стоимость, за счет отказа от услуг сбытовой организации и снизить стоимость сетевой составляющей.

Фактически принятие и реализация данной программы позволит на республиканском уровне эффективно реформировать электроэнергетическую систему региона – за счет реализации принципа децентрализации. А это естественно даст возможность использовать гибкие ценовые механизмы, так как:

- потребитель не оплачивает технологические потери в электрических сетях, кроме локальных;
- потребитель не оплачивает коммерческие потери (в т.ч. хищения) в электрических сетях республики;
- потребитель не участвует в перекрестном субсидировании, в дополнительных затраты энергоснабжающих организаций, в затратах на обслуживание сетевых компаний и т.д.;
- потребитель не выплачивает прибыль в пользу собственников организаций генераторов электрической энергии и мощности, предприятий сетевого хозяйства электрической энергии, инфраструктурных некоммерческих организаций обслуживающих рынки электрической энергии, ОРЭМ, гарантирующих поставщиков и других. Поэтому потребитель оставляет у себя не только прибыль вышеуказанных компаний, но и инвестиционную составляющую, заложенную в тарифах.
- потребитель получает возможность дополнительно снизить затраты на энергоснабжение, получая электроэнергию собственной электростанции.

Используя описанные в статье подходы по ценовой политике в электроэнергетической сфере и потребители, и инвесторы получают реальный стимул строительства ВИЭ, а это в свою очередь сформирует стратегически верное направление развития экономики региона. Так как наличие доступных и недорогих энергетических ресурсов предопределяет развитие отраслей народного хозяйства и в конечном итоге рост благосостояния граждан.

Список использованных источников

1. Татьяна Ланьшина – Каковы итоги развития ВИЭ в России в 2017 году? http://kislorod.life/question_answer/kakovy_itogi_razvitiya_vie_v_rossii_v_2017_godu/
2. Доля ВИЭ в России вырастет до 11% к 2035 году <http://energосmi.ru/archives/26436>
3. Варвара Перцова – Энергетические итоги 2017 года Возобновляемые источники, квоты и модернизация. <http://www.forbes.ru/biznes/355269-energeticheskie-itogi-2017-goda-vozobnovlyaemye-istochniki-kvoty-i-modernizaciya>
4. Гассиева, О.И. Мини-ГЭС и когенерация для потребителей в горной и предгорной зонах СК ФО в рамках концепции децентрализованной децентрализованной генерации муниципальных образований / О.И.Гассиева // Материалы VII Международной конференции «Устойчивое развитие горных территорий в условиях глобальных изменений»[электронный ресурс]. – г. Владикавказ: Издательство «Терек» СКГМИ (ГТУ), 2010.
5. Гассиева, О.И. К вопросу об управлении энергоснабжением горных территорий / О.И.Гассиева // Владикавказ, Научный журнал «Устойчивое развитие горных территорий», №4-2011.

О СТРУКТУРНОСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

ON THE STRUCTURE OF ENERGY CONSERVATION

Дубинин В.Н.

ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет)», г. Владикавказ
dubinin_vn@mail.ru

Dubinin V.N.

North Caucasian Institute of mining and metallurgy
(State Technological University), Vladikavkaz

Аннотация: В статье рассмотрена необходимость комплексных решений – для обеспечения структурности энергосбережения, что и повысит степень реализации его потенциала. Примером такой комплексности выбрано совместное решение проблем компенсации реактивной мощности и улучшения качества электроэнергии – с помощью гибридного фильтра. Такая структурность реализации энергосбережения обеспечит снижение не только потерь электроэнергии, но и затрат финансов на эксплуатацию электрооборудования.

Abstract: The article discusses the need for integrated solutions – to provide structural energy savings that will increase the degree of realization of its potential. An example of this complexity is the joint solution of problems of reactive power compensation and improvement of the quality of electric power – using a hybrid filter. Such a structured implementation of energy saving will reduce not only the losses of electricity, but also the cost of finance for the operation of electrical equipment.

Ключевые слова: реактивная мощность, оптимизация загрузки, качество электроэнергии, надёжность электроснабжения, срок службы, гибридный фильтр.

Key words: reactive power, load optimization, power quality, reliability of power supply, service life, hybrid filter.

В настоящее время особенно актуальным становится энергосбережение, так как снижает потребление электроэнергии (ЭЭ) и требует меньше финансовых затрат, чем расширение её генерации.

Согласно статистике [1], энергосберегающие мероприятия выбираются с использованием простых экономических методов (типа срока окупаемости) – в связи с этим, наибольшее распространение получают мероприятия с максимальным экономическим эффектом. При этом, не всегда полностью учитывается технический эффект этих мероприятий.

Самыми распространёнными мероприятиями являются в первую очередь, организационные. К ним и относится мероприятие по оптимизации загрузки асинхронных двигателей и трансформаторов (естественная компенсация реактивной мощности) – что приводит к уменьшению потребления реактивной мощности (увеличению $\cos\varphi$) – ведь РМ обладает значительным потенциалом энергосбережения. Однако при этом не всегда учитывается низкое качество электроэнергии (КЭ), которое приводит к перегрузке электрооборудования [2], что в итоге (вместе с оптимизацией загрузки – без учёта КЭ) влечёт сокращение срока службы этого электрооборудования. А это снижает надёжность электроснабжения и увеличивает расходы финансов на обслуживание.

При этом, если оптимизация загрузки происходит путём замены на электрооборудование меньшей мощности, то такое мероприятие эффективно – ввиду снижения удельных потерь ЭЭ и затрат на обслуживание (обновление электрооборудования, но с необходимостью исключения его ускоренного износа). Исключение ускоренного износа необходимо также для обеспечения надёжности электроснабжения, которая снижается также и на этапе приработки (рис. 1). Поэтому, мероприятия именно по обновлению электрооборудования – не совсем идеальны по надёжности электроснабжения.

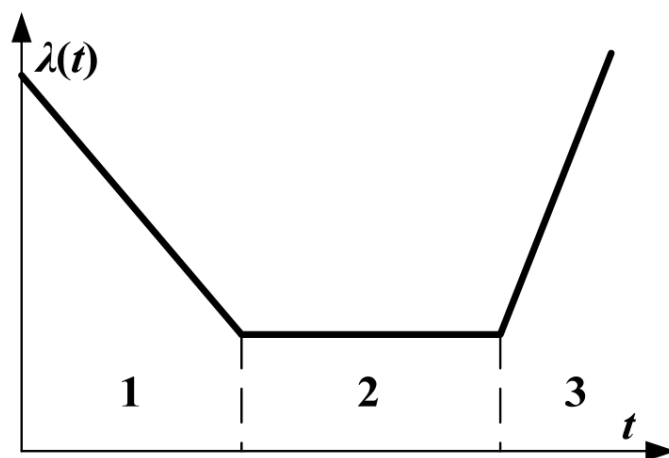


Рисунок 1 – «Изменение интенсивности отказов $\lambda(t)$ во времени: 1 – этап приработки; 2 – этап нормальной эксплуатации ($\lambda(t)=const$); 3 – этап интенсивного износа» [2].

А само нарушение бесперебойности ЭС тоже приводит к увеличению потребления ЭЭ – на перезапуск электрооборудования [2].

При этом, затраты на мероприятия по повышению надёжности ЭС – в основном, сопоставляются с ущербом от нарушения бесперебойности ЭС. А при определённых условиях (горные территории) – мероприятие по повышению надёжности ЭС (внедрение собственного источника питания – в виде гидроэлектростанции) приводит не только к повышению надёжности ЭС (ввиду исключения «хрупких» линий электропередач в горных условиях), но и снижает потери ЭЭ при передаче и её себестоимость [3]. В связи с этим, при энергосбережении нужно учитывать не только потери ЭЭ, но и КЭ, и надёжность ЭС.

Поэтому, оптимизация загрузки электрооборудования не совсем эффективна, т.к. влияет только на $\cos\varphi$ (повышая его), но при этом снижает срок службы электрооборудования и не повышает КЭ (кроме снижения потерь напряжения – из-за низкого $\cos\varphi$ (рис. 2)).

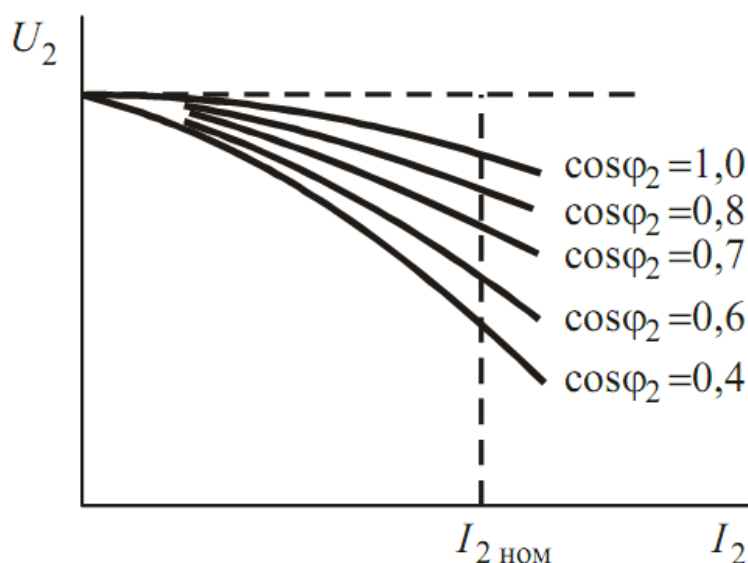


Рисунок 2 – Зависимость потери напряжения в трансформаторе от $\cos\varphi$ на вторичных зажимах [4]

В связи с этим, более значимым мероприятием по повышению $\cos\varphi$ является искусственная компенсация РМ с помощью батарей статических конденсаторов (БСК). Однако эти БСК чувствительны к высшим гармоникам (ВГ) и несимметрии напряжения, и при этом могут их увеличивать. Также при ВГ возможен и резонанс на БСК [3].

Комплексное решение этих проблем можно обеспечить использованием гибридных фильтров ВГ [5]. Именно такие фильтры обеспечивают и

компенсацию РМ, и улучшение КЭ (снижают несинусоидальность и несимметрию напряжения).

Соответственно, именно такой подход необходим к структурному энергосбережению (в виде комплексности решений) – снижение потерь ЭЭ должно происходить не только за счёт снижения удельного расхода ЭЭ (на конечной точке стадии потребления), но и путём улучшения КЭ и повышения надёжности электроснабжения. При этом снижаются финансовые затраты на обслуживание – ввиду исключения ускоренного износа электрооборудования из-за низкого КЭ и нарушения бесперебойности электроснабжения.

Список использованных источников

1. Зайцев В.В., Сайкина Л.Б. Реализация политики энергосбережения в промышленности. // Энергосовет. 2013. № 3(28), май – июнь. С. 63 – 71.
2. Александров Д.С., Щербаков Е.Ф. Надёжность и качество электроснабжения предприятий: учебное пособие.– Ульяновск: УлГТУ, 2010. – 155 с.
3. Дубинин В.Н. О надёжности электроснабжения промышленных предприятий на горных территориях. // Наука, образование, культура и информационно-просветительская деятельность – основы устойчивого развития горных территорий: Материалы VIII Международной научно-практической конференции (Владикавказ, 21–23 октября 2015 г.). [Электронный ресурс] – Владикавказ: Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), 2015. – 730 с. – 1 электрон. опт. диск. С. 307–312.
4. Бурман А.П. Розанов Ю.К. Шакарян Ю.Г. Управление потоками электроэнергии и повышение эффективности электроэнергетических систем. – М.: МЭИ, 2012. – 360 с.
5. Кабышев А.В. Компенсация реактивной мощности в электроустановках промышленных предприятий: учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 234 с.

МОНИТОРИНГ ПОВРЕЖДЕНИЙ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

MONITORING OF DAMAGE TO SOLAR POWER PLANTS

Цыгулёв Н.И., Бабина Л.В., Ахмед М.А., Хлебников В.К., Шелест В.А.

Донской государственный технический университет, Россия, г. Ростов

ncygulev@mail.ru

Cygulyov N.I., Babina L.V., Ahmed M.A., Hlebnikov V.K., Shelest V.A.

Don State Technical University, Russia, Rostov

Аннотация: в статье проведен мониторинг повреждений солнечных электростанций.

Annotation: in the article monitoring of damages of solar power stations.

Ключевые слова: солнечные фотоэлементы, модули, кремний.

Keywords: solar photocells, modules, silicon.

Одной из важнейших характеристик работы солнечных электростанций является надёжность их работы. Анализ показал, что наиболее часто повреждаются солнечные фотоэлементы (СФЭ), поэтому работа посвящена анализу повреждений в этих элементах [1].

Сбой модуля СФЭ проявляется в снижении его отдаваемой мощности, которая не восстанавливается при нормальной работе или создаёт проблему безопасности. Сбой модуля не имеет последствий и не рассматривается как отказ модуля СФЭ. Сбой модуля PV имеет значение для гарантии, когда он возникает в условиях, которые обычно испытывает модуль.

Загрязнение модуля или отказ в работе из-за удара молнии не считаются отказами модуля СФЭ. Проблема загрязнения должна решаться обслуживающим персоналом, а молния является форс-мажорным обстоятельством, на которое модуль не рассчитывается. То же самое относится и к сильной с снеговой нагрузке.

С течением времени могут проявиться и заводские дефекты, которые в начале эксплуатации никак не проявляются. Такие дефекты наиболее часто встречаются в поликристаллических солнечных элементах или кольца страт в монокристаллических солнечных элементах. На рис. 1 стрелками показаны такие дефекты (коричневые пятна). Эти дефекты на солнечных элементах

могут появляться во время осаждения антиотражающего покрытия и не считаются отказами модуля СФЭ[2].

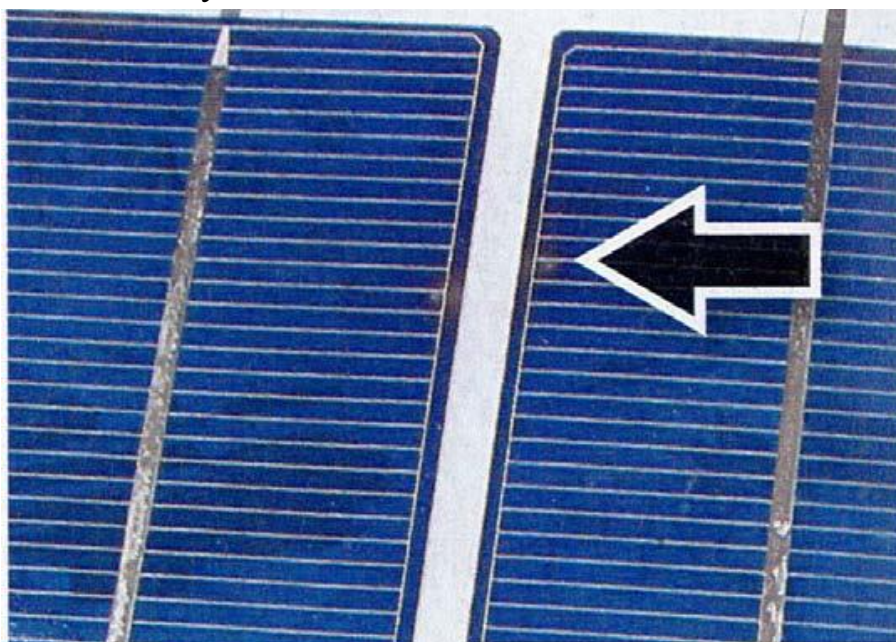


Рисунок 1 – Коричневые метки на солнечном элементе

При боро-кислородной обработке происходит снижение интенсивности света в модулях кристаллического кремния, что приводит к снижению номинальной мощности модуля, однако этот эффект должен учитываться производителем.

Модули на основе аморфного кремния (a-Si) подвергаются первоначальному старению (для повышения времени наработки на отказ), путём облучения светом, что может привести к потере мощности до 10-30% в течение первых месяцев работы на открытом воздухе. Старение может быть временно снижено термическим отжигом в теплые месяцы года. Два противодействующих эффекта, вызванное светом старения и вызванное термическим восстановлением, приводят к сезонным колебаниям производительности 0-15% по сравнению со средним значением, которое зависит от технологии модуля, местных климатических условий и типа интеграции. Наблюдаемое старение обусловлено эффектом Стебелера-Вронского, обнаруженное в 1977 году. Этот эффект связан с фотоиндуцированными дефектными центрами, которые снижают время жизни носителя, и которое может быть частично устранено термическим отжигом при высоких температурах. Модули с одним соединением с более толстыми внутренними слоями более подвержены влиянию по сравнению с технологиями с более тонкими i-образными слоями, такими как модули с несколькими переходами из аморфного кремния и микроморфные (микрорекристаллические /

аморфные) модули. Чем выше скорость старения, тем больше вероятность восстановления.

Наблюдаемая неустойчивость приводит к требованию стабилизации до определения мощности модуля аморфного кремния. Стабилизация должна выполняться в соответствии с процедурой просачивания света. Для аморфных силиконовых модулей освещение света в основном влияет на коэффициент заполнения (и, следовательно, мощность модуля), в меньшей степени на ток короткого замыкания модуля.

Изменение мощности из-за эффекта рассматривается как не отказ модуля, если стабилизированная мощность модуля, предоставленная производителем, выше или равна измеренному стабилизированному значению.

Список использованных источников

1. Цыгулёв Н.И. Начала энергетики. Ростов-на-Дону, ДГТУ, 2013, 305 с.
2. S. Dietrich, M. Pander, M. Ebert, J. Bagdan, Mechanical Assessment of large photovoltaic modules by test and finite element analysis, Proc. 23rd EUPVSEC (WIP, Valencia, Spain, 2008), p. 2889-2892.

**ОСОБЕННОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ВЫСШИХ ГАРМОНИК
В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ**

**PECULIARITIES OF THE HIGHER HARMONIC IN THE ELECTRIC
NETWORKS**

Чумбуридзе Д.С., Гаврина О.А., Маскуров И.В., Тотоев В.Т.
ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет)», г. Владикавказ
Gavrina-Oksana@yandex.ru

Chumburidze D.S., Gavrina O.A., Maskurov I.V., Totoev V.T.
North Caucasian Institute of mining and metallurgy
(State Technological University), Vladikavkaz

Аннотация: При современном развитии технологий силовой электроники становится реальным всевозможные преобразования электрической энергии при мощности нагрузки от нескольких ватт до нескольких десятков мегаватт при помощи силовых ключей-тиристорov, транзисторов с частотой коммутации до нескольких десятков килогерц. При этом доля таких приборов непрерывно растет. Их особенностью является потребление несинусоидального тока и, следовательно, генерация высших гармоник. В статье рассматривается влияние на потребителей токов высших гармоник при наличии в цепи источников несинусоидального напряжения со стороны сети и потребителей несинусоидального тока.

Annotation: With the modern development of power electronics technologies, all possible transformations of electric energy become possible at a load power from several watts to several tens of megawatts with the help of power switches-thyristors, transistors with a switching frequency of up to several tens of kilohertz. At the same time, the share of such devices is continuously growing. Their feature is the consumption of non-sinusoidal current and, consequently, the generation of higher harmonics. The article examines the influence of higher harmonic currents on consumers in the presence of non-sinusoidal voltage on the network side and non-sinusoidal current consumers in the circuit.

Ключевые слова: качество электрической энергии, силовая электроника, схемы замещения.

Keywords: quality of electrical energy, power electronics, replacement circuits.

Искажения напряжения и тока возникают в электрической сети по многим причинам. В зависимости от источника и природы возникновения высших гармоник (ВГ) выбираются способы их компенсации. Область распространения высших гармоник тока и напряжения также влияет на выбор средств борьбы с ними.

Источниками гармоник тока являются различные виды нелинейных нагрузок. Среди них необходимо выделить устройства, преобразующие электрическую энергию, которые построены на силовых полупроводниковых ключах. Приборы на их основе получили широкое распространение в настоящее время в промышленности и в быту.

Наиболее распространенными являются преобразователи или выпрямители. Данные устройства строятся на основе 6-и и 12-и импульсных схем выпрямления. Остальные многоимпульсные схемы выпрямления основаны на параллельном соединении 6-импульсных групп. Следует отметить, что увеличение качества потребляемой электроэнергии с увеличением числа фаз выпрямления, приводит к значительному росту цены изделия и снижению его надежности.

Как правило, тип источников ВГ определяется алгоритмом производственного процесса. В зависимости от вида промышленного производства можно выделить для него доминирующий вид нелинейной нагрузки, генерирующий токи высших гармоник. Так для металлургического завода таким видом потребителя является вентильный преобразователь. Данная нагрузка относится к мощным концентрированным источникам высших гармоник. Суммарная мощность электронной преобразовательной техники достигает на таком производстве 80-90%.

В работах по определению влияния высших гармоник на работу сети принято представлять нелинейную нагрузку источниками тока, которые соединены параллельно и имеют значения амплитуды, соответствующие спектру нелинейной нагрузки.

Однако, при этом начальные фазы этих источников принимаются за 0^0 , т.е. остаются неучтенными энергетические характеристики, а именно – сдвиг фаз между током и напряжением на каждой гармонике. Очевидно, что этот факт, в некоторых случаях, будет иметь большое значение при теоретическом определении влияния высших гармоник на работу электрооборудования.

Как упоминалось ранее, в связи с необходимостью выбора средств компенсации высших гармоник возникает задача определения параметров работы электрической сети.

Рассмотрим возможные варианты расположения источников высших гармоник на основе простейшей однофазной схемы замещения, которая включает источник напряжения, линейную часть нагрузки (ЛН) и нелинейную часть нагрузки (ВП)

Существуют три варианта взаиморасположения источников высших гармоник:

1. Источником гармоник является только ВП.
2. Источником гармоник является только источник питающего напряжения, нелинейная нагрузка отсутствует.
3. Источником высших гармоник является как нагрузка, так и источник питающего напряжения.

Как известно, при расчетах несинусоидальных режимов работы электросети принято заменять источник несинусоидального напряжения совокупностью источников синусоидального напряжения соединенных последовательно, частоты которых соответствуют частотам гармоник, а амплитуды спектру несинусоидального напряжения. Нелинейную нагрузку – совокупностью источников синусоидального тока, частоты и амплитуды которых соответствуют гармоникам потребляемого нелинейной нагрузкой тока. При этом начальные фазы источников тока и напряжения принимаются равными 0^0 .

В этом случае расчетная схема замещения системы электроснабжения примет вид, где совокупностью источников синусоидального напряжения $U^{(1)}, U^{(2)}, U^{(n)}$ моделируется фазное напряжение источника питания, совокупностью источников тока $I^{(1)}, I^{(2)}, I^{(n)}$ моделируется нелинейная нагрузка, ЛН – линейная нагрузка, L_s – индуктивность системы.

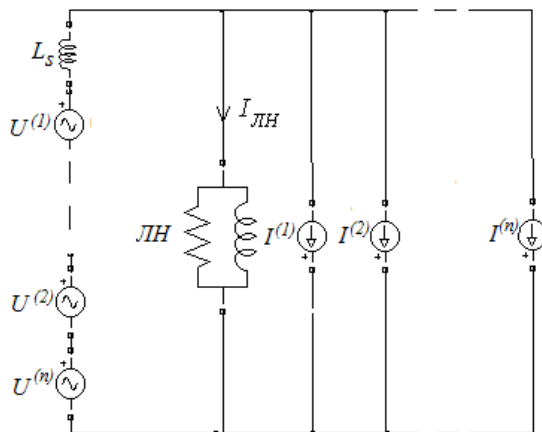


Рисунок 1 – Однофазная схема замещения сети

Величина любого тока, протекающего по элементам СЭС(системы электроснабжения), в том числе и тока $I_{ЛН}$, при несинусоидальном режиме работы электросети определяется выражением:

$$I = \sqrt{I_{(1)}^2 + I_{(2)}^2 + I_{(n)}^2}$$

где I - действующее значение несинусоидального тока, $I_{(1)}$ -действующее значение тока основной гармоники, $I_{(2)}, I_{(n)}$ - действующее значение токов высших гармоник. Составляющие рассматриваемого тока будут определяться по методу наложения на каждой частоте отдельно.

Рассмотрим три варианта схем с источниками ВГ:

В первом варианте взаиморасположения источников высших гармоник на основной частоте расчетная схема будет иметь один источник питающего напряжения и источник тока основной гармоники нелинейной нагрузки. И поэтому на основной гармонике величина угла сдвига фаз будет влиять на расчет цепи. На высших гармониках в цепи будет присутствовать один источник и поэтому, очевидно, величина фазы источника питания не будет влиять на определение параметров цепи;

При втором варианте взаиморасположения источников высших гармоник в рассматриваемой расчетной цепи будет присутствовать один источник питающего напряжения как на основной частоте, так и на высших гармониках, поэтому также как и в первом варианте начальная фаза не будет влиять на определение параметров цепи.

Составляющие тока на каждой гармонике, определяемые источником питания и нелинейной нагрузкой, являются векторами, поэтому их векторная сумма существенно зависит не только от амплитуды векторов, но и от их начальных фаз. Следовательно, и действующее значение определяемого тока будет зависеть от начальных фаз указанных составляющих

В результате, неучет фазы токов на различных гармониках в случае наличия источников ВГ как со стороны питающей сети, так и нагрузки приведет к погрешности расчетов, которая может выходить за пределы погрешности допустимой для инженерных расчетов.

Список использованных источников

1. Жежеленко И. В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий. М.: Энергоатомиздат, 1994.
2. Карташев И. И., Тульский В. Н., Шамонов Р. Г., Шаров Ю. В., Воробьев А. Ю.. Управление качеством электроэнергии / Под ред. Ю.В. Шарова. М.: Издательский дом МЭИ, 2006. 320 с.

3. Клюев Р. В. Исследование высших гармоник токов и напряжений в системе электроснабжения газодувки // Труды 3-го Международного форума «Актуальные проблемы современной науки». Технические науки. Часть 18. Энергетика. Самара: Самарск. гос. техн. ун-т, 2007. С. 14–19.
4. Клюев Р.В. Качество электроэнергии полупроводниковых кремниевых преобразователей при производстве твердых сплавов // ЗБІРНИК ПРАЦЬ «ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ»: VI міжнародна науково-технічна конференція. – Мариуполь: Изд-во ПДТУ, 2008. С. 119–122.
5. Клюев Р. В. Математическая модель расчета высших гармонических составляющих токов и напряжений при работе вентильных преобразователей // Энерго- и ресурсосбережение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Сборник материалов Всероссийской студенческой олимпиады, научно-практической конференции и выставки студентов, аспирантов и молодых ученых, Екатеринбург: Изд-во ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2007. С. 118–120.
6. Клюев Р.В., Васильев Е.И., Чумбурдзе Д.С. Исследование несинусоидальных режимов выпрямительных агрегатов электролизеров при производстве твердых сплавов // Энерго- и ресурсосбережение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Сборник материалов Всероссийской студенческой олимпиады, научно-практической конференции и выставки студентов, аспирантов и молодых ученых, Екатеринбург: Изд-во ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2005. С. 192–195.

УСТРОЙСТВА КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

DEVICES FOR COMPENSATION OF REACTIVE POWER

Чумбуридзе Д.С., Гаврина О.А., Маскуров И.В., Тотоев В.Т.

ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет)», г. Владикавказ

Gavrina-Oksana@yandex.ru

Chumburidze D.S., Gavrina O.A., Maskurov I.V., Totoev V.T.

North Caucasian Institute of mining and metallurgy
(State Technological University), Vladikavkaz

Аннотация: Реактивная мощность относится к техническим потерям в электросетях. В отличие от активной мощности реактивная мощность может генерироваться не только генераторами, но и компенсирующими устройствами - конденсаторами, синхронными компенсаторами или статическими источниками реактивной мощности, которые можно установить на подстанциях электрической сети.

Annotation: Reactive power refers to technical losses in electrical networks. Unlike active power, reactive power can be generated not only by generators, but also by compensating devices - capacitors, synchronous compensators or static reactive power sources, which can be installed at substations of the power grid.

Ключевые слова: компенсация реактивной мощности, корректировкой коэффициента мощности, конденсаторы, синхронные электродвигатели, перегрузка по реактивной мощности, генераторы, статические тиристорные конденсаторы.

Keywords: reactive power compensation, power factor correction, capacitors, synchronous motors, reactive power overload, generators, static thyristor capacitors.

В условиях дефицита энергетических ресурсов, роста стоимости электроэнергии, значительного роста и развития производства и инфраструктуры городов актуальна проблема энергосберегающих технологий транспортировки, потребления электроэнергии. Экономия электроэнергии на предприятиях зависит, прежде всего, от ее эффективного использования при работе отдельных промышленных систем и технологических установок.

Таковыми стандартными системами и установками любых производственных процессов являются системы освещения, электродвигатели технологического оборудования, электронагревательные установки, сварочное оборудование, преобразователи, трансформаторы и др. Основными потребителями электроэнергии на промышленных предприятиях являются такие индуктивные приемники, как асинхронные электродвигатели и трансформаторы. Их работа связана с потреблением реактивной энергии для создания электромагнитных полей. Реактивная энергия не производит полезной работы, а циркулируя между приемником и источником тока, приводит к дополнительной нагрузке линий электропередачи и генераторов и, следовательно, снижает коэффициент мощности сети. Все это увеличивает потери электроэнергии на нагревание кабелей и проводов сети, а также обмоток электрических машин, ведет к необходимости повышения кажущейся мощности генераторов и трансформаторов на станциях, увеличивает потери напряжения, увеличивает колебания напряжения сети, а также влечет за собой неполное использование мощности первичных двигателей. Реактивная мощность является фактором, снижающим качество электроэнергии, приводящим к таким отрицательным явлениям, как увеличение платы поставщику электроэнергии, дополнительные потери в проводниках, вследствие увеличения тока, завышения мощности трансформаторов и сечения кабелей, отклонение напряжения сети от номинала. Передача и потребление реактивной мощности так же сопровождается потерями активной мощности. По оценкам отечественных и ведущих зарубежных специалистов доля энергоресурсов, и в частности, электроэнергии занимает значительную величину в себестоимости продукции. Это достаточно веский аргумент, чтобы со всей серьезностью подойти к анализу и аудиту энергопотребления предприятия и выработке методики компенсации реактивной мощности.

Компенсация реактивной мощности – решение вопроса энергосбережения.

Довольно низкий коэффициент мощности электротехнологических установок (ЭТУ) и тенденции его снижения, а также недостаточная эффективность ранее действующей системы скидок и надбавок и возникающие в связи с этим ущербы обусловили переход от нормирования одинаковых уровней относительного потребления реактивной мощности в узлах к нормированию ее оптимальных значений, обеспечивающих минимум приведенных затрат на производство и распределение электроэнергии. Коснулось пересмотра и понятие коэффициента мощности и что целесообразно пользоваться понятием коэффициента реактивной мощности $\operatorname{tg} \varphi = \frac{Q}{P}$, который

с приближением угла φ к нулю позволяет определить значение реактивной мощности с меньшей погрешностью. Оценивая изменение реактивной мощности коэффициентами $\cos\varphi$ и $\operatorname{tg}\varphi$ в пределах одних значений аргумента ($\cos\varphi = 0,93-0,94$ и $\operatorname{tg}\varphi = 0,39-0,36$) получаем, что оно составляет соответственно 1 и 8 %.

Нормативно-технические документы [1; 2] устанавливают потребление реактивной мощности по кварталам в течение года, времени суток в период максимума и минимума активной нагрузки энергосистемы, регламентируют режимы работы компенсирующих устройств.

Исходные наибольшие расчетные значения активных и реактивных нагрузок предприятия (P_p, Q_p) при естественном коэффициенте мощности определяется методом коэффициента использования. Из-за несовпадения по времени наибольших активной нагрузки энергосистемы и реактивной мощности предприятия производится корректировка найденного значения Q_p . Тогда для суммарной реактивной нагрузки предприятия получаем $Q_{p_1} = \kappa Q_p$, где κ – коэффициент, учитывающий отмеченные несовпадения. Полученные значения расчетных нагрузок предприятия P_p, Q_{p_1} после передачи их в энергосистему становятся исходными для определения экономически оптимальной (входной) реактивной мощности, которая может быть передана предприятию в режимах наибольшей и наименьшей активной нагрузки энергосистемы, обозначаемых соответственно Q_{ε_1} и Q_{ε_2} .

По входной реактивной мощности Q_{ε_1} определяется суммарная мощность КУ предприятия Q_{κ_1} , а в соответствии с заданным значением Q_{ε_2} ее регулируемая часть $Q_{\kappa.рег.}$. Нерегулируемая и регулируемая мощности КУ определяются балансом реактивной мощности на границе электрического раздела предприятия и энергосистемы в периоды наибольшей и наименьшей активной нагрузки согласно схемам на рис. 1 и условиям обеспечения повышения коэффициента мощности от естественного значения до экономически оптимального.

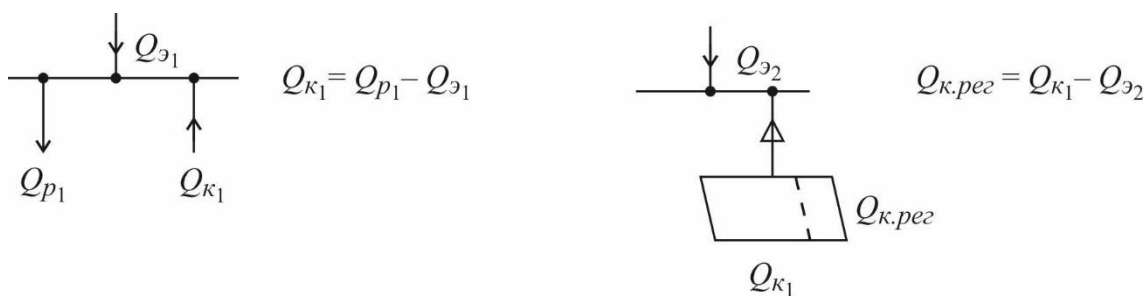


Рисунок 1 – Схемы распределения реактивных мощностей в узле нагрузки в периоды наибольшей и наименьшей активной нагрузки энергосистемы

Список использованных источников

1. Бодрухина С. С. Обеспечение требований к качеству электрической энергии при заключении договоров энергоснабжения: Учебное пособие по курсу «Потребители электроэнергии и их электроснабжение» / Под ред. И. М. Хевсуриани. М.: Изд-во МЭИ, 2001. 36 с.
2. Бодрухина С. С. Обеспечение требований к качеству электрической энергии при заключении договоров энергоснабжения: Учебное пособие по курсу «Потребители электроэнергии и их электроснабжение» / Под ред. И. М. Хевсуриани. М.: Изд-во МЭИ, 2001. 36 с.
3. Васильев И. Е., Ключев Р. В., Васильев Е. И. Определение вклада вносимого индукционными печами в несинусоидальность напряжения в ТОП // Известия Высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Приложение №15. Материалы XXVIII сессии Всероссийского научного семинара Академии наук «Кибернетика электрических систем» РФ по тематике «Электроснабжение промышленных предприятий». Новочеркасск, 2006. С. 139–140.
4. Васильев И. Е., Ключев Р. В., Чумбуридзе Д. С., Кирпичева С. И. Симметрирование однофазных и двухплечевых электротехнологических установок // Тезисы докладов I Всероссийской научной конференции «Перспективы развития горнодобывающего и металлургического комплексов России». Владикавказ, 2002. С. 247–249.
5. Ключев Р. В., Котова О. А. Оценка влияния ВГ на устойчивость СЭС предприятий цветной металлургии // Материалы Всероссийской молодежной научной школы «Эффективная работа над диссертацией». Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального университета, 2012. С. 98–100.
6. Конюхова Е. А. Электроснабжение объектов: Учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования. М.: Издательство «Мастерство», 2002. 320 с.

**АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСТОЧНИКОВ РЕАКТИВНОЙ
МОЩНОСТИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

**ANALYSIS OF USING SOURCES OF REACTIVE POWER IN INDUSTRIAL
ENTERPRISES**

Санакоев Х.К., Техов А.В., Котова О.А.

ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет)», г. Владикавказ,
olg15kotova07@yandex.ru

Sanakoev H.K., Tehov A.V., Kotova O.A.

North Caucasian Institute of mining and metallurgy
(State Technological University), Vladikavkaz

Аннотация: В работе рассматривается использование источников реактивной мощности на промышленных предприятиях. Использование источников реактивной мощности в системах с нелинейной (несинусоидальной) нагрузкой.

Abstract: The paper considers the use of reactive power sources at industrial enterprises. The use of sources of reactive power in a nonlinear (non-sinusoidal) load systems.

Ключевые слова: реактивная мощность, конденсаторные батареи, нелинейная нагрузка, источники реактивной мощности.

Key words: reactive power, capacitor banks, non-linear load, reactive power sources.

Проблема компенсации реактивной энергии и мощности возникла одновременно с применением на практике переменного трехфазного тока. В настоящее время значительно возросла доля нелинейных нагрузок, которые являются потребителями реактивной мощности. Режим реактивной мощности определяет как качество электроэнергии, так и экономичность режимов работы электроснабжения промышленных предприятий. Уровень реактивной мощности влияет на отклонения, колебания, несимметрию напряжения, сказывается на степени искажения кривых токов и напряжения.

Источники реактивной мощности (ИРМ) на промышленных предприятиях предназначены для целенаправленного воздействия на баланс реактивной мощности в электроэнергетической системе. Это воздействие может быть достигнуто изменением генерируемой или потребляемой реактивной мощности. Источником реактивной мощности может быть обязательно регулируемое устройство, мощность которого изменяется вручную или автоматически, дискретно (ступенями), плавно или плавно-ступенчато. Основным параметром регулирования ИРМ является напряжение в точке его подключения или реактивная мощность нагрузки, для компенсации которой он предназначен.

В системах электроснабжения промышленных предприятий ИРМ применяют для решения задач, связанных со снижением потерь активной мощности и электроэнергии, регулирования напряжения в узлах нагрузки, увеличения пропускной способности линий электропередачи, симметрирования режима, а также с целью компенсации реактивной мощности, потребляемой мощной нагрузкой. В системах с нелинейной (несинусоидальной) нагрузкой, генерирующей токи высших гармоник, ИРМ выполняют роль фильтра компенсирующих устройств.

Конденсаторные батареи способны регулировать генерируемую ими мощность только ступенчато. Для их коммутации применяют в сетях до 1000 В – контакторы, а в сетях 6/10 кВ и выше – выключатели. В большинстве системных задач и тем более для систем электроснабжения промышленных предприятий должны применяться ИРМ, способные генерировать реактивную мощность. К таким ИРМ относятся синхронные машины и конденсаторные батареи. Однако, синхронные машины, обладая способностью плавно регулировать реактивную мощность, имеют большую инерционность, которая обусловлена постоянной времени системы возбуждения. Такая инерционность является недостатком синхронных машин. Конденсаторные батареи обладают высоким быстродействием (10–20 мс) при ступенчатом регулировании реактивной мощности.

Решение проблемы – применение комбинированных ИРМ, способных при высоком быстродействии плавно регулировать реактивную мощность. Такие ИРМ обычно состоят из регулируемой ступенчатой конденсаторной батареи и плавно регулируемого реактора, включенных параллельно. В отличие от конденсаторной батареи – устройства прямой компенсации, комбинированные ИРМ являются устройствами косвенной компенсации. Реактор в таком ИРМ выполняет вспомогательную роль, обеспечивая плавность регулирования, а ИРМ - генерирует реактивную мощность. Источники реактивной мощности косвенной компенсации в зависимости от

соотношения установленных мощностей конденсаторов и реакторов могут не только генерировать, но и потреблять реактивную мощность при плавном переходе от одного режима к другому. Однако при относительно большой мощности регулируемых тиристорами реакторов комбинированные ИРМ становятся источниками высших гармоник тока. И это – их недостаток, устранение которого возможно путем установки фильтров высших гармоник.

Применение конденсаторных батарей ограничивается техническими причинами. При наличии в сети на промышленном предприятии высших гармоник тока и напряжения включение конденсаторной батареи может привести к резонансным явлениям на частотах высших гармоник, что ведет к нарушению нормальной работы конденсаторных батарей. Для этого, на промышленных предприятиях необходимо последовательно с конденсаторами включать небольшие реакторы, обеспечивая условия, при которых сопротивление цепи конденсатор – реактор близко к нулю на частоте настройки на компенсируемую гармонику.

Список использованных источников

1. Жежеленко И.В., Саенко Ю.Л. О методах расчёта реактивной мощности при несинусоидальных режимах // Пром. Энергетика, - 1985. -№12. –С. 40-41.
2. Васильев И.Е., Ключев Р.В., Котова О.А., Васильев Е.И. Системный анализ устойчивости работы блока «АД-БСК» в системе электроснабжения предприятий цветной металлургии // Устойчивое развитие горных территорий. 2012. №3 (13). С. 14–20.
3. Васильев И.Е., Ключев Р.В., Васильев Е.И., Котова О.А. Определение фактического вклада потребителя и системы в несинусоидальность напряжения при управлении работой БСК на предприятиях цветной металлургии // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2010. №3. С. 58–63.

**КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ
ОАО «ЭЛЕКТРОЦИНК»**

**COMPLEX ANALYSIS OF ELECTRICITY QUALITY INDICATORS
IN ELECTRICITY SYSTEM OF JSC "EHEKTROCINK"**

Мириков М.М., Гутиев А.Ф., Котова О. А.

ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет)», г. Владикавказ
olg15kotova07@yandex.ru

Mirikov M.M., Gutiev A.F., Kotova O. A.

North Caucasian Institute of mining and metallurgy
(State Technological University), Vladikavkaz

Аннотация: В работе рассматривается анализ показателей качества электроэнергии, методы улучшения показателей качества на предприятиях с нелинейными потребителями электроэнергии.

Abstract: The paper considers the analysis of power quality indicators. Methods for improving quality indicators at enterprises with non-linear electricity consumers are considered.

Ключевые слова: показатели, качество электроэнергии, нелинейные потребители.

Key words: indicators, the quality of electricity, non-linear consumers.

Качественная электрическая энергия — это положительный результат, к которому должны стремиться все субъекты электроэнергетического рынка. Чтобы достичь положительного результата, необходимо проведение исследования потребителей, оказывающих негативное влияние на показатели качества электрической энергии (ПКЭ). Также необходима система управления, ориентированная на выполнение установленных ряде федеральных законов и нормативных документов требований.

На промышленном предприятии цветной металлургии ОАО «Электроцинк» работают нелинейные, несимметричные и резкопеременные потребители. Показатели качества электроэнергии (ПКЭ) на электрически

близких к этим потребителям подстанциях могут не удовлетворять требованиям ГОСТ, что приводит к снижению выработки или браку продукции, уменьшению срока службы или порче технологического оборудования и другим последствиям, приводящим в конечном итоге к экономическим убыткам как виновников искажений ПКЭ, так и смежных с ними потребителей.

Измерение ПКЭ на одной из подстанций предприятия показало наличие во всех фазах 11 и 13 гармоник по напряжению и току. Помимо этих гармоник по напряжению наблюдаются: 5, 11, 13, 17 – во всех фазах и 15-я – в 3-й фазе; по току – 15, 17, 19, 25 – во всех фазах, 3-я – в фазах 1 и 3, 23-я – в фазах 1 и 2.

Коэффициент искажения синусоидальности кривой фазных напряжений k_U равен: $k_{U_1} = 5,28$; $k_{U_2} = 5,53$; $k_{U_3} = 5,11$.

Изменение действующих значений n-ой гармонической составляющей напряжений $U(n)$ и токов $I(n)$ в 1-ой фазе приведено на рисунках. 1, 2.

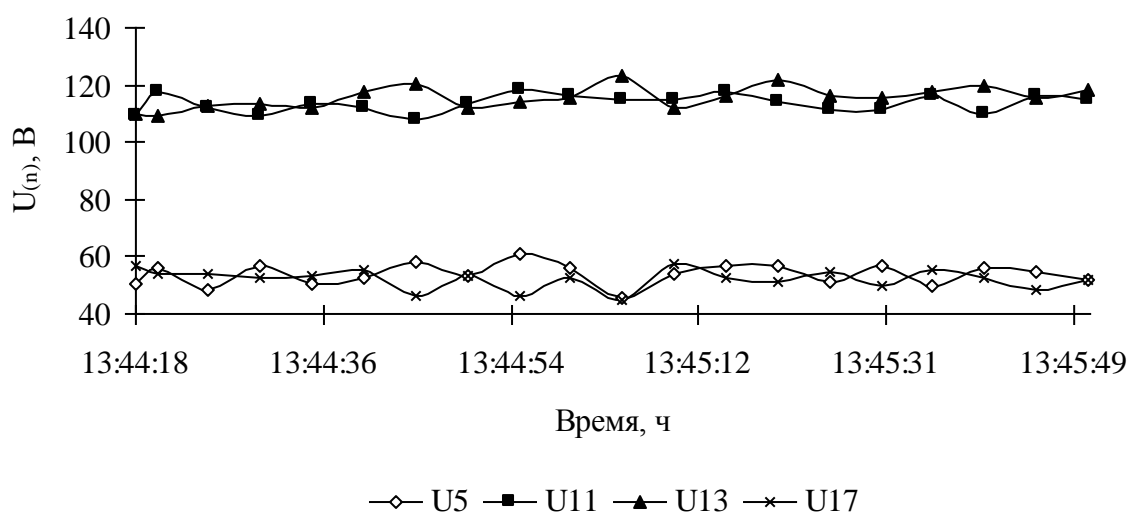


Рисунок 1 – График изменения $U(n)$ во времени

Анализ влияния электроприемников с усложненным режимом электропотребления показал, что ПКЭ ухудшаются с ростом мощности специфических электроприемников и при уменьшении мощности короткого замыкания в точке подключения их к электросети:

- коэффициент несинусоидальности пропорционален суммарной мощности преобразовательных агрегатов и обратно пропорционален мощности короткого замыкания;
- коэффициент несимметрии пропорционален мощности однофазной нагрузке и обратно пропорционален мощности короткого замыкания;

- колебание напряжения пропорционально мощности ударной реактивной нагрузке.

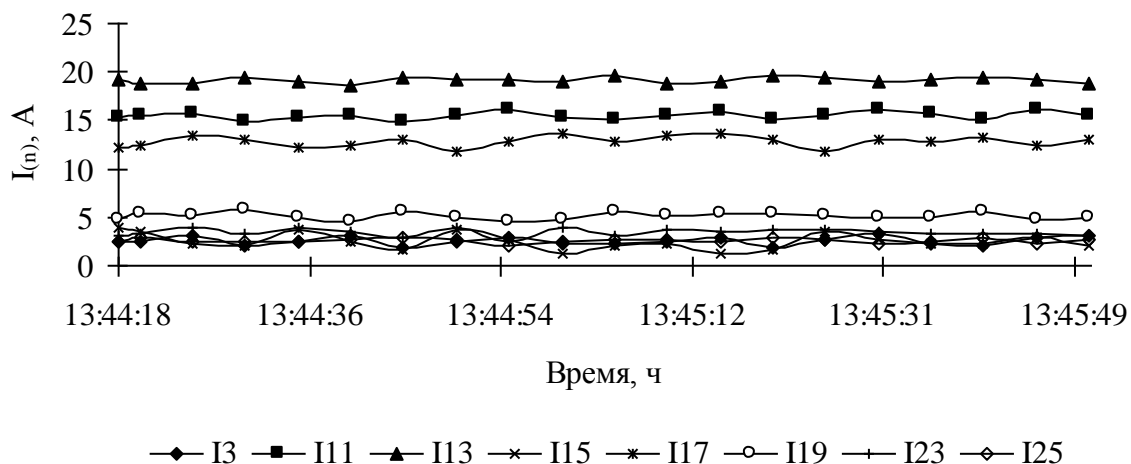


Рисунок 2 – График изменения $I(n)$ во времени

Комплексный анализ ПКЭ на ОАО «Электроцинк» показал, что для улучшения всех показателей качества электроэнергии целесообразно подключение электроприемников с усложненными режимами работ – в точках системы электроснабжения с наибольшим значением мощности короткого замыкания. Применение средств ограничения токов короткого замыкания в сетях, содержащих специфические нагрузки следует производить только в пределах, необходимых для обеспечения надежной работы коммутационных аппаратов и электрооборудования, не создавая больших запасов отключающей способности, термической и динамической стойкости аппаратов.

Список использованных источников

1. Клюев Р.В. Анализ качества электроэнергии на предприятиях по производству свинца и цинка (статья). Актуальные вопросы современной техники и технологии: Сборник докладов XII-й Международной научной конференции (Липецк, 26 июля 2013г.). / Отв. ред. А.В. Горбенко. – Липецк: Издательский центр «Гравис», 2013.
2. Клюев Р.В., Котова О.А., Галкина О.Ю. Методика расчета резонансных режимов в системе электроснабжения напряжением 6 кВ с нелинейной нагрузкой (статья). XXXVII сессия семинара «Кибернетика энергетических систем» по тематике «Электроснабжение» 13-16 октября 2015г. Новочеркасск, 2015.
3. Железко Ю.С. Требования к отклонениям напряжения в точках присоединения потребителей к электрическим сетям общего назначения. Промышленная энергетика, №10, 2001.
4. Карташев И.И., Подольский Д.С. Системный подход к управлению качеством электрической энергии. Электричество, № 5, 2009.
5. Управление качеством / В.П. Мельников, В.П. Смоленцев, А.Г. Схиртладзе; Под ред. В.П. Мельникова. М.: Издательский центр «Академия», 2005.

Содержание

стр.

Краткий обзор представленных на семинар докладов (Клюев Р.В.).	
ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)», г. Владикавказ	6
Алиев А.Я., Моллаева Н.Д. Тенденции развития ветроэнергетики в России. ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный аграрный университет имени М.М. Джамбулатова», г. Махачкала	17
Раздел 1.02 Башков А.А., Колдаев А.И., Любицкий М.В. К вопросу о применении синхронных машин на постоянных магнитах для собственных нужд ГЭС. Невинномысский технологический институт (филиал) СКФУ, г. Невинномысск	23
Кабисов А.А., Гудиев Т.Т., Берко И.А. Исследование и анализ структурной надежности отдельных элементов электроэнергетической системы МРСК Северного Кавказа. ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)», г. Владикавказ	27
Путилин А.С., Шабанов Г.Г. Берко И.А. Использование микропроцессорной релейной защиты на подстанциях ФСК ЕЭС РФ. ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)», г. Владикавказ	33
Бурянина Н.С., Королюк Ю.Ф., Малеева Е.И. Использование четырехфазных линий электропередачи. Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, г. Якутск	43
Рожина М.А., Бурянина Н.С. Емкостной отбор мощности от линий электропередачи 110 кВ и выше для потребителей «малой» мощности, Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова (СВФУ), г. Якутск	46
Лысоконь Э.С., Урумов О.Т., Гаврина О.А. Использование возобновляемых источников энергии для электроснабжения потребителей РСО-Алания. ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)», г. Владикавказ	49
Маркин А.С., Лазариди М.К., Гаврина О.А. Эффективное использование электроэнергии на предприятиях РСО-Алания. ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)», г. Владикавказ	54
Мезин В.Ю., Тотров Б.В., Галкина О.Ю. Методы повышения эффективности работы высокогорных гидроэлектростанций. ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)», г. Владикавказ	59
Агузаров А.В., Урумов О.Т., Галкина О.Ю. Оценки влияния климатических факторов на надежность высоковольтных линий электропередач. ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)», г. Владикавказ	63
Гольчикова Н.Н.¹, Босиков И.И.², Гагоев Х.Б.² Анализ энергосбережения на нефтегазовом предприятии. ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», г. Астрахань ¹ , ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)», г. Владикавказ ²	66
Егорова Е.В.¹, Босиков И.И.², Гиоев С.Э.² Оценка энергоэффективности в нефтегазовой отрасли. ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», г. Астрахань ¹ , ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)», г. Владикавказ ²	72
Ермаков М.А., Галимов В.С., Шевченко Ю.Н., Кишкин А.А., Мелкозеров М.Г. Проектирование паровых микротурбинных установок малой распределенной	

энергетики. Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск	77
Битиев В.Б., Багаев С.А., Ключев Р.В. Вопросы проведения рангового анализа техноценозов в промышленности. ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)», г. Владикавказ	80
Кабисов А.А., Ерофеев М.И., Ключев Р.В. Эффективное функционирование единой промышленно-энергетической системы в горных территориях. ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)», г. Владикавказ	86
Свиридченко В.А., Самойленко Д.В., Колдаев А.И. Применение нечеткой логики при управлении скоростью вращения газотурбинной установки. Невинномысский технологический институт (филиал) СКФУ, г. Невинномысск	89
Корякина М.Л., Королюк Ю.Ф. Анализ цифровых устройств релейной защиты, Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммомова (СВФУ), г. Якутск	92
Магомадов Р.А.-М., Абдулхакимов У.И., Гучигов М.-Э.С. Расчет тепловой и математической модели термоэлектрической системы для теплового воздействия на отдельные зоны руки человека. ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова», г. Грозный	98
Магомадов Рустам А.-М., Абдулхакимов У.И., Магомадов Руслан А.-М., Эдиев Э.А. Динамика потребления электроэнергии в Чеченской республике по основным группам потребителей за период 2012–2016 гг. Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова, г. Грозный	103
Магомедов Ф.М., Меликов И.М., Гасанова Э.С., Магомедова Н.Ф. Основные направления устойчивого развития мировой энергетики. Дагестанский государственный аграрный университет имени М.М. Джамбулатова, г. Махачкала	103
Магомедов Ф.М., Меликов И.М., Гасанова Э.С., Магомедова Н.Ф. Современное состояние и тенденции развития мировой энергетики. Дагестанский государственный аграрный университет им. М. М. Джамбулатова, г. Махачкала	113
Асляхов А.В., Абзгильдин А.О., Хохлов А.П. Повышение эффективности лабораторных исследований за счет автоматизаций на основе программного комплекса LAB VIEW. Нижневартковский государственный университет (НВГУ), г. Нижневартовск	117
Дмитриев С.К., Антропова В.Р., Малышева Н.Н. Особенности моделирования в тренажере по оперативным переключениям «MODUS». Нижневартковский государственный университет (НВГУ), г. Нижневартовск	126
Местников Н. П. Разработка децентрализованной системы электроснабжения малочисленных населенных пунктов республики Саха (Якутия) с использованием гибридных станций с солнечными панелями и суперконденсаторами. Северо-Восточный федеральный университет (СВФУ), г. Якутск	132
Искандарова К. Р., Привалов Е. Е., Афанасьев М. А., Копылова О. С. Анализ эксплуатационных свойств проводникового алюминия. Ставропольский государственный аграрный университет, г. Ставрополь	136
Сардалов Р.Б., Турлуев Р.А.-В., Ельмурзаев А.А., Хаджиев А.А. Повышение энергоэффективности сетей наружного освещения города Грозного. Грозненский государственный нефтяной технический университет им. акад. М.Д. Миллионщикова, г. Грозный	140
Турлуев Р.А.-В., Ельмурзаев А.А., Магомадова М.Х., Черная А.А. Оптимальные решения повышения надежности и качества электроснабжения горных районов Чеченской республики. Грозненский государственный нефтяной технический университет им. акад. М.Д. Миллионщикова, г. Грозный	145

Ходенков А.А., Кирбижекова В.В., Делков А.В., Кузнецов Е.В., Мелкозеров М.Г. Теплотехнический измерительный комплекс для испытаний паросиловых энергоустановок. Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск	150
Цыгулёв Н.И., Бабина Л.В., Ахмед М.А., Шелест В.А., Хлебников В.К. Мониторинг повреждений ветроколеса в условиях горной местности. Донской государственный технический университет Россия, г. Ростов	154
Чайкин Д.Ю., Кирбижекова В.В., Ермиенко И.Ю., Делков А.В., Кузнецов Е.В. Оценка эффективности применения солнечных энергетических установок. Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск	156
Эверстов А.Д., Королюк Ю.Ф. Использование тепловой энергии газовых и нефтяных месторождений для электроснабжения потребителей. Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, г. Якутск	160
Мазур А.Ю., Колдаев А.И., Кадыров М.П. Сравнение эффективности беспроводных систем связи, используемых для построения SMART-сетей. Невинномысский технологический институт (филиал) СКФУ, г. Невинномысск	164
Мезин В.Ю., Кастуев М.К., Галкина О.Ю. Исследование режимов работы малых гидроэлектростанций. ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (ГТУ)», г. Владикавказ	168
Демченко В.А., Загагов С.С., Гаврина Ю.В., Сидоров Д.В. Телемеханические и диспетчерские системы управления СЭС. ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (ГТУ)», г. Владикавказ	172
Карданов И.М., Берко А.А., Сидоров Д.В. Методология проектирования СУ системы электроснабжения и качество переходных процессов в системе электроснабжения. ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)», г. Владикавказ	177
Гассиева О.И., Хузмиев И.К. Формирование гибкой ценовой политики в электроэнергетической сфере как стимул развития возобновляемой энергетики. ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)», г. Владикавказ	183
Дубинин В.Н. О структурности энергосбережения. ФГБОУ ВО Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), г. Владикавказ	188
Цыгулёв Н.И., Бабина Л.В., Ахмед М.А., Хлебников В.К., Шелест В.А. Мониторинг повреждений солнечных электростанций. Донской государственный технический университет, Россия, г. Ростов	192
Чумбуридзе Д.С., Гаврина О.А., Маскуров И.В., Тотоев В.Т. Особенности возникновения высших гармоник в электрических сетях, ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)», г. Владикавказ	195
Чумбуридзе Д.С., Гаврина О.А., Маскуров И.В., Тотоев В.Т. Устройства компенсации реактивной мощности. ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)», г. Владикавказ	200
Санакоев Х.К., Техов А.В., Котова О.А. Анализ использования источников реактивной мощности на промышленных предприятиях. ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)», г. Владикавказ	204
Мириков М.М., Гутиев А.Ф., Котова О. А. Комплексный анализ показателей качества электроэнергии в системе электроснабжения ОАО «Электроцинк». ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)», г. Владикавказ	207