

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический
университет»

**РЕКОНСТРУКЦИЯ СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНОГО
ПОСТОЯННОГО ТОКА ПОДСТАНЦИИ НАПРЯЖЕНИЕМ 110/35/6 кВ**

Выпускная квалификационная работа
по направлению подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по
отраслям)
профилю подготовки «Энергетика»
специализации «Управление производством: электроснабжение,
электромеханика и автоматика»

Идентификационный код ВКР: 174

Екатеринбург 2018

Министерство образования и науки Российской Федерации Федеральное
государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
«Российский государственный профессионально-педагогический
университет»
Институт инженерно-педагогического образования
Кафедра энергетики и транспорта

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:

Заведующий кафедрой ЭТ

_____ А.О. Прокубовская

« _____ » _____ 2018 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

РЕКОНСТРУКЦИЯ СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНОГО ПОСТОЯННОГО ТОКА ПОДСТАНЦИИ НАПРЯЖЕНИЕМ 110/35/6 кВ

Исполнитель:

студент группы УПЭ-401

(подпись)

Е.И. Забузов

Руководитель:

ст. преподаватель кафедры ЭТ

(подпись)

И.М. Морозова

Нормоконтролер:

ст. преподаватель кафедры ЭТ

(подпись)

Т.В. Лискова

Екатеринбург 2018

АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа содержит 61 листов печатного текста, 18 формул, 4 таблицы, 4 рисунков.

Ключевые слова: ЭЛЕКТРОХОЗЯЙСТВО, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ, ПОНИЗИТЕЛЬНАЯ ПОДСТАНЦИЯ, ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ, ТРАНСФОРМАТОР, ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ, ОПЕРАТИВНЫЕ ТОКИ, ПОСТОЯННЫЕ ТОКИ.

Забузов Е.И. Реконструкция системы оперативного постоянного тока подстанции напряжением 110/35/6 кВ: выпускная квалификационная работа / Е. И. Забузов; Рос. гос. проф.-пед. ун-т, Ин-т инж.-пед. образования, Каф. энергетики и транспорта. – Екатеринбург, 2018. – 54 с.

Краткая характеристика содержания ВКР:

1. Тема выпускной квалификационной работы «Реконструкция системы оперативного постоянного тока подстанции напряжением 110/35/6 кВ».

2. Цель работы: выполнить проект реконструкции системы оперативного постоянного тока.

3. В ходе выполнения выпускной квалификационной работы выполнен расчёт и выбор оборудования оперативного постоянного тока. Произведен анализ текущего состояния оборудования системы оперативного постоянного тока. Проведен расчёт и выбор аккумуляторной батареи. Проведён расчёт и выбор зарядно-выпрямительных устройств. Щит постоянного тока адаптирован к новому оборудованию. Составлена схема собственных нужд ТП. Выполнена экспертиза проекта на соответствие требованиям.

4. Составленный проект может быть использован в проектной и эксплуатационной практике, при реконструкции подстанции.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	6
1 Характеристика объекта.....	8
1.1 О предприятии.....	8
1.2 История предприятия	10
1.3 О системе оперативного постоянного тока.....	13
1.4 Исходные данные.....	23
1.5 Состояние системы оперативного постоянного тока.....	24
1.5.1 Аккумуляторная батарея.....	24
1.5.2 Щит постоянного тока.....	25
1.5.3 Выпрямительные подзарядные агрегаты	26
2 Разработка проекта реконструкции.....	27
1.1 Расчёт и выбор оборудования.....	27
1.1.1 Расчёт и выбор аккумуляторной батареи.....	27
1.1.2 Расчёт и выбор зарядно-выпрямительных устройств.....	32
1.1.3 Расчёт и выбор щита постоянного тока.....	40
3 Методическая часть	43
Введение.....	43
Заключение	52
Список использованных источников	53
Приложение А	56
Приложение Б.....	59
Приложение В	60

ВВЕДЕНИЕ

Развитие электрических сетей на Урале обусловлено созданием большого количества крупных электростанций и топливно-энергетической базы с расширением выработки угля в регионе по единому плану развития энергетики ГОЭЛРО. Так же на развитие мощной энергетики оказала влияние эвакуация крупных заводов и предприятий, производящих как станки, так и военную продукцию в годы Великой Отечественной войны, которые необходимо было бесперебойно снабжать качественной электроэнергией.

В последние десятилетия средства выработки электрической энергии усиленно развиваются. Связанно это в первую очередь с ростом потребности в электрической энергии для крупных и мелких потребителей от различных заводов, предприятий и производство обычных людей.

В следствие развития выработки энергии возникла высокая потребность в сетях передачи. Передача электрической энергии на генераторных мощностях (10-20 кВ) по техническим и экономическим причинам невозможна и осуществляется путём сооружения линий электропередачи (ЛЭП) с последующим преобразованием напряжения в большую и меньшую сторону с помощью трансформаторных подстанций.

Так же следует учитывать пагубное воздействие заменяемого оборудования на человека и экологию в случае неправильной его утилизации.

Объектом исследования является подстанция напряжением 110/35/6 кВ.

Предметом исследования является оборудование системы оперативного постоянного тока понизительной подстанции напряжением 110/10/6 кВ.

Цель работы: выполнить проект реконструкции системы оперативного постоянного тока.

Задачи работы:

- проанализировать установленное оборудование;
- произвести расчёт и выбор аккумуляторных батарей;
- произвести расчёт и выбор электрооборудования собственных нужд постоянного тока;
- составить схему собственных нужд постоянного тока.

Грамотное проектирование частей оперативного постоянного тока собственных нужд является важной задачей, так как последующее её исполнение напрямую повлияет на качество регулирования и безопасность работы подстанции. В связи с этим необходимо учесть множество факторов, влияющих на быстродействие и стабильность работы данной системы.

Работа оперативного персонала подстанции многогранна и ответственна, она требует знаний конструкции и различных режимов работы, а также правил эксплуатации всего комплекса оборудования подстанции. Современное оборудование сложно по конструкции и оснащено множеством вспомогательных механизмов, устройствами релейной защиты и различной автоматикой, поэтому его обслуживание может быть доверено только высококвалифицированному специалисту. Поэтому в методической части работы будут разработаны средства контроля для оперативного персонала станции.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА

1.1 О предприятии

АО «Екатеринбургская электросетевая компания» (АО «ЕЭСК») осуществляет передачу электроэнергии и технологическое присоединение потребителей на территории города Екатеринбурга. Компания выполняет комплекс работ по оперативному управлению и техническому обслуживанию электросетевого комплекса, включая срочный и плановый ремонт, локализацию и ликвидацию технологических нарушений, модернизацию и реконструкцию объектов распределительной сети, а также строительство новых энергетических объектов – кабельных и воздушных линий, распределительных и трансформаторных пунктов, подстанций 110-220 кВ. Компания занимает третье место в России по объёму электросетевого хозяйства после сетевых компаний Москвы и Санкт-Петербурга.

АО «ЕЭСК» - дочернее общество ОАО «МРСК Урала». 24 июня 2016 года решением Годового общего собрания акционеров компании полномочия единоличного исполнительного органа АО «ЕЭСК» переданы ОАО «МРСК Урала». Стратегическими целями данного управленческого решения об изменении системы управления АО «ЕЭСК» являются: повышение эффективности функционирования всего сетевого комплекса Свердловской области, включая Екатеринбург, интеграция планов развития предприятий, входящих в состав ОАО «МРСК Урала», а также улучшение управляемости электросетевыми объектами в зоне ответственности энергетических компаний. ОАО «МРСК Урала» осуществляет контроль над реализацией основных функций компании по передаче электроэнергии и технологическому присоединению новых потребителей, а также представляет интересы АО «ЕЭСК» при взаимодействии с юридическими лицами и органами государственной власти.

АО «ЕЭСК» сегодня – это:

- воздушные линии электропередачи напряжением 0,4-220кВ общей протяженностью 2090км;
- кабельные линии электропередачи напряжением 0,4-110кВ общей протяженностью 4 302 км;
- 2334 трансформаторных и распределительных пунктов 6-20/0,4кВ;
- 70 электроподстанций 35-220кВ общей установленной мощностью 4362 МВА.

АО «ЕЭСК» оказывает следующие виды услуг:

1. Передача и распределение электрической энергии.
2. Присоединение к электрическим сетям.
3. Проведение испытаний и измерений энергоустановок, а также контроль за их безопасным использованием.
4. Сбор, передача и обработка технологической информации, включая данные измерений и учета.
5. Оперативно-технологическое управление и соблюдение режимов энергосбережения и энергопотребления.
6. Проведение технического обслуживания, диагностики, ремонта электрических сетей, средств измерений и учета, оборудования релейной защиты и противоаварийной автоматики и иных средств электросетевого учета.
7. Развитие электрических сетей и иных объектов электросетевого хозяйства, включая проектирование, инженерные изыскания, строительство и реконструкцию, техническое перевооружение, монтаж и наладку.

Важную роль в процессе технологического присоединения играет служба развития электрических сетей. Задачей подразделения является обеспечение планомерного развития районов электрических сетей с учетом подключения новых потребителей. Ежедневными обязанностями инженеров службы перспективного развития является подготовка технических условий,

заданий на проектирование, рассмотрение проектной документации и составление заключений по предоставленным проектам.

1.2 История предприятия

История ОАО «Екатеринбургская электросетевая компания» начинается 1 ноября 1934 года. В 30-е годы XX века велась тотальная электрификация Свердловска, в связи со строительством промышленных гигантов – заводов Уралмаш, Эльмаш. Увеличивалась численность населения города. Время поставило задачи развития электрических сетей и управления все усложняющимся электрохозяйством одного из крупнейших городов СССР. С целью решения данных задач и на основании Приказа Главэнерго СССР № IV от 25.10.1934 был создан городской сетевой район с непосредственным подчинением Уральскому районному управлению энергетического хозяйства (Уралэнерго). Так с 1 ноября 1934 года Свердловские городские электрические сети (СГЭС) начали свое официальное существование как самостоятельное предприятие.

В военные годы в связи с эвакуацией на Урал большого количества промышленных предприятий резко выросла нагрузка на электрические сети, главными потребителями которой стали военные заводы. Чтобы потребители работали без простоев СГЭС в кратчайшие сроки более чем в два раза увеличили мощность подстанций. Были доработаны подстанции «Сибирская», «Центральная», введена в действие подстанция «Уктус», вводились новые линии 6кВ. Возникший размах энергопотребления определили соответствующие изменения управления энергетическим хозяйством региона.

В 1942 году Уралэнерго было разделено на три региональных управления: Свердловэнерго, Челябинэнерго, Молотэнерго (Пермэнерго).

Свердловские электрические сети вошли в состав Свердловэнерго и оставались его подразделением до 2001 года.

В послевоенный период произошел перевод электрических сетей напряжения 220/127В на 380/220В из-за возрастающих потребностей в объемах потребления энергии. Так же были введены в работу кабельные линии с напряжением 35кВ «Сибирская – Центральная», «Центральная – Северная»; включены подстанции 35кВ «Западная», «Бархотка». В итоге к 1956 году у предприятия было уже пять подстанций с общей мощностью 77 МВт (мВА).

В 60-е годы компания начинает к строительство более надежных и мощных подстанций 110 кВ. К 1966 году из 16 действующих подстанций 10 были с напряжением 110 кВ, среди них «Братская», «Дальняя», «Весна», «Узловая», «Уктусская», «Нагорная».

23 мая 1966 года, в соответствии с указом Президиума Верховного Совета СССР, 22 декабря был утвержден в качестве профессионального праздника энергетиков. Интересно, что день энергетика празднуется 22 декабря - в самый короткий световой день в году, в день, когда электроэнергия особенно нужна.

В 70-е годы была введена в эксплуатацию подстанция «Искра», напряжением 220Кв, с двумя автотрансформаторами мощностью 240МВт каждый. В 77 году закончено строительство подстанции 110кВ «Новая». К середине 70-х предприятие имело в своём распоряжении 37 подстанций 220-110-6-0,4кВ, 750 км ВЛ, 1100км кабельных линий, 729 ТП и РП. Численность персонала достигала 480 человек.

В 80-е годы было построено административное здание с общим диспетчерским пунктом управления (ОПУ) на базе подстанции «Новая». В этот период продолжается интенсивное строительство энергообъектов. Вначале 90-х на балансе предприятия насчитывалось 50 подстанций 220-110-

35кВ, протяженность кабельных линий – 1897 км, численность персонала более 570 человек.

В 90-е годы происходят преобразования внутри энергетической системы, и в системе управления отдельных энергетических предприятий. В феврале 1993 года учреждено ОАО «Свердловэнерго». В 1995 году во главе компании встал Семериков Александр Сергеевич.

В 1998 году сформирован Северный район электрических сетей. Была изменена работа отдела сбыта электрической энергии, создана общая компьютерная сеть предприятия.

2000-е годы запомнились запуском реформы электроэнергетики, цели и задачи которой были заданы постановлением Правительства РФ от 11 июля 2001 года № 526 «О реформировании электроэнергетики Российской Федерации». Значимым событием в жизни предприятия стало учреждение на базе имущества СТЭС открытого акционерного общества «Екатеринбургская электросетевая компания». Коллектив, начав работать в ОАО «ЕЭСК», старался сохранить лучшие традиции городских электрических сетей. 30 ноября 2001 года был образован Восточный район электрических сетей, а 30 апреля 2002 года - Юго-Западный РЭС.

В ходе реформы энергетики существенно изменилась структура отрасли - произошло разделение естественно-монопольных функций, к которым относятся передача электроэнергии, оперативно-диспетчерское управление и потенциально конкурентные функции, включающие производство, сбыт электроэнергии, ремонт и сервис. Эти изменения не обошли стороной ни одно предприятие энергетической отрасли, в том числе и ЕЭСК.

С одной стороны, ход реформы определил образование новых структур в системе управления энергетикой региона, что привело к изменению акционеров ОАО «ЕЭСК». Так, в 2005 году решением РАО было сформировано открытое акционерное общество «Межрегиональная

распределительная сетевая компания Урала и Волги» (ОАО «МРСК Урала и Волги»), которое стало правопреемником ОАО «Свердловэнерго» (акционера ОАО «ЕЭСК» с 2001 по 2005 год). В августе 2007 года ОАО «МРСК Урала и Волги» было преобразовано в ОАО «МРСК Урала», в его состав на сегодняшний день входят филиалы – Челябинэнерго, Свердловэнерго, Пермэнерго и дочерние зависимые общества – ОАО «Курганэнерго» и ОАО «Екатеринбургская электросетевая компания».

С другой стороны, и внутри Компании произошли значительные изменения. В период с 2004 по 2008 год в рамках реформирования российской энергетической системы из состава ОАО «Екатеринбургская электросетевая компания» в самостоятельный бизнес были выделены следующие виды деятельности с образованием отдельных предприятий: монтаж, наладка, ремонт электрооборудования, сбыт электрической энергии, наладка и обслуживание систем релейной защиты автоматики.

На сегодняшний день в Компании трудятся более 500 человек.

1.3 О системе оперативного постоянного тока

Система оперативного постоянного тока (далее СОПТ) — электроустановка, которая обеспечивает автономное питание электроприемников постоянного тока для подстанций, в течение нескольких часов. Оперативный постоянный ток применяется на подстанциях (далее ПС) напряжением 35–750 кВ, для непрерывной работы терминалов релейной защиты и автоматики (РЗА), АСУТП и цепей управления коммутационными аппаратами, сигнализации. Источником постоянного тока служат зарядно-подзарядные выпрямительные устройства (далее ЗПУ), работающие в буфере с аккумуляторной батареей (далее АБ) в режиме непрерывного заряда. Рекомендуется проектировать СОПТ на напряжение 220 В.

Аккумуляторные батареи являются наиболее надежным источником питания вторичных устройств, так как они обеспечивают автономное питание оперативных цепей при исчезновении напряжения переменного тока. В аварийном режиме батареи принимают нагрузку всех электроприемников постоянного тока, обеспечивая действие РЗА, а также возможность включения и отключения выключателей. Предельная продолжительность аварийного режима принимается равной 0,5–2,0 ч, необходимого для ликвидации аварии. В России на электростанциях и ПС преимущественно используют свинцово-кислотные аккумуляторы, которые подразделяются на 2 типа:

- открытого типа — газы, выделяющиеся при заряде, выходят наружу, доливка электролита возможна;
- закрытого типа — при заряде, возможно, выпускать газ при превышенном давлении внутри АБ, доливка электролита невозможна.

По типу используемых положительных электродов аккумуляторы подразделяются:

- с поверхностными электродами (электродами Планте), называемыми GroE;
- с плоскими намазанными электродами, технология OP;
- с решетчатыми намазными электродами, технология OGi;
- с панцирным (трубчатыми) электродами, технология OPzS.

По типу электролитов:

- жидкий электролит, классическая технология;
- загущенный желеобразный электролит (гелиевый), технология GEL;
- абсорбированный электролит, технология AGM.

Проектный срок службы АБ должен быть не менее 20 лет, значительно на срок службы аккумуляторов влияют:

- температура окружающей среды;
- напряжение поддерживающего заряда;
- пульсации тока в режиме поддерживающего заряда;
- соблюдение правил ввода АБ в эксплуатацию.

Основными требованиями к аккумуляторным батареям относят:

- ёмкость АБ должна выбираться с учетом ограничения по глубине разряда аккумуляторов, а также с учетом возможных ограничений по импульсам тока разряда;

- АБ должна иметь датчик температуры;
- аккумуляторы должны иметь фильтр — пробки, обеспечивающие снижение испарений электролита и позволять производить доливку дистиллированной воды не чаще, чем один раз в 3 года.;

- размещение АБ и ЩПТ должно обеспечивать применение соединяющего их кабеля минимальной длины, как правило, не более 20 м;

- присоединение АБ к защитным аппаратам первого уровня должно осуществляться медными одножильными гибкими (многопроволочными) кабелями с кислотостойкой изоляцией;

- суммарная индуктивность цепей, соединяющих АБ и ЩПТ, должна обеспечивать значение постоянной времени, не более 5 мс;

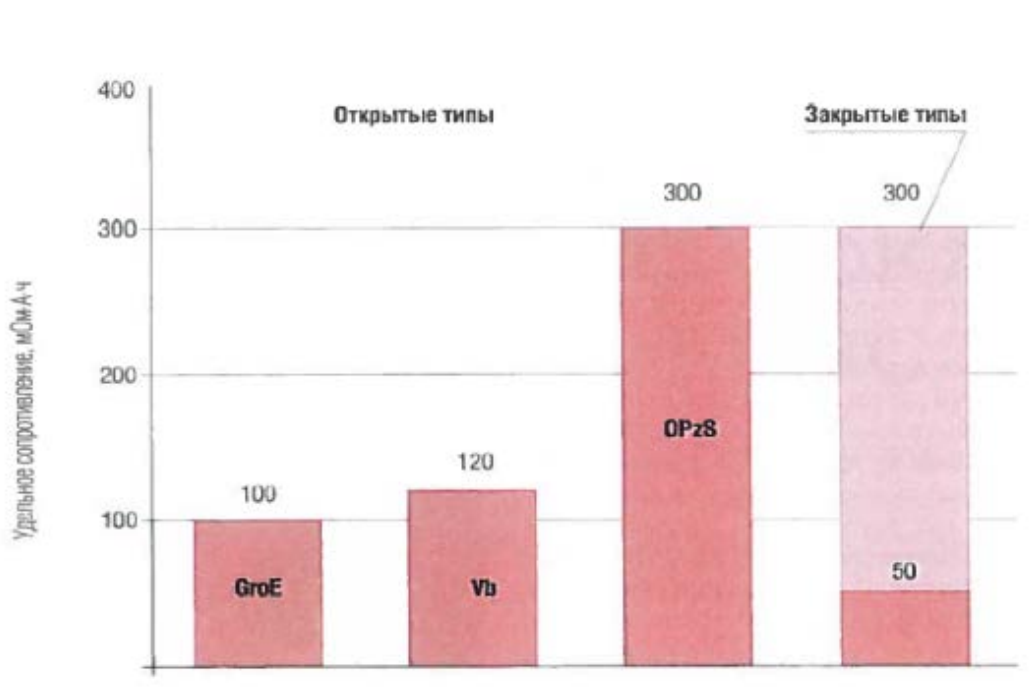
- корпуса аккумуляторов должны изготавливаться из ударопрочного материала, не поддерживающего горения;

- АБ должны размещаться в разных помещениях. Допускается установка 2-х АБ в одном помещении, при условии их разделения негорючими перегородками;

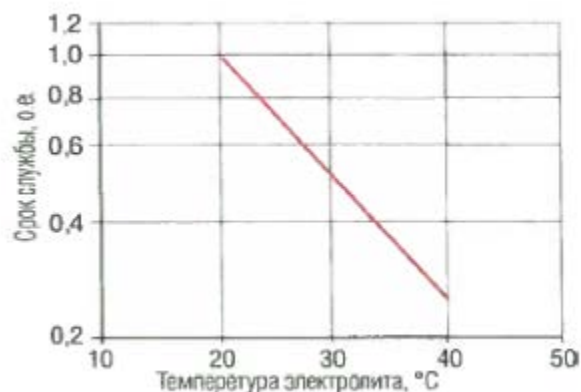
- аккумуляторное помещение должно быть оборудовано принудительной приточно-вытяжной вентиляцией.

В настоящее время запрещается использовать аккумуляторы закрытых типов с гелевым электролитом, технология GEL, кроме их использования в

ШОТ. Также запрещается подключать какую-либо нагрузку к части элементов АБ. При этом стоит отметить, что выбор АБ не должен исходить только из емкостной характеристики, всегда стоит помнить об особенностях разрядных характеристик, внутреннего сопротивления аккумулятора и



ограничений по условиям эксплуатации.



К примеру, установка более дешевой АБ «OPzS» может сократить расходы при строительстве ПС, но учитывая внутренне сопротивление, которое в 1,5–2 раза больше чем у других фирм, срок службы «OPzS» уменьшается в 2–3 раза (рисунок 1, 2, 3).

Рисунок 1 – Удельное внутреннее сопротивление аккумуляторов

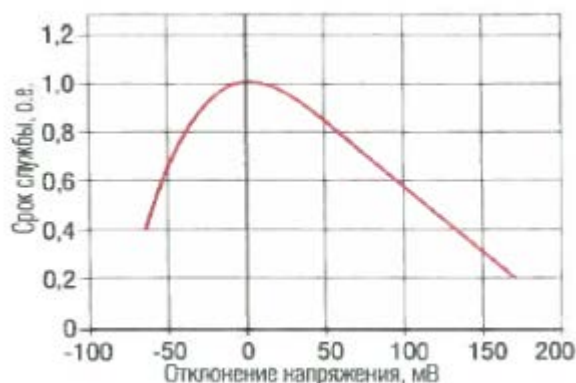


Рисунок 2 – Зависимость срока службы аккумулятора от температуры электролита

Рисунок 3 – Зависимость срока службы аккумулятора от напряжения поддерживающего заряда

Современные АБ системы оперативного постоянного тока предъявляют весьма жесткие требования к зарядно-подзарядным устройствам (далее ЗПУ):

- стабильность напряжения в режиме непрерывного подзаряда должна быть не хуже $\pm 1\%$. Также должна производиться корректировка заряда, зависящая от температуры АБ;
- переменная составляющая выпрямленного тока не должна превышать $0,25\%$, а в ряде случаев и $0,1\%$ для аккумуляторных батарей закрытого типа;
- на начальной стадии заряда разряженной аккумуляторной батареи необходимо обеспечить ограничение зарядного тока на уровне $(0,1-0,3) \cdot C_{10}$, где C_{10} – ёмкость 10 часового разряда батареи;
- обеспечивать свободный переход от одного уровня нагрузки к другому без колебаний и провалов выходного напряжения;
- ограничение тока короткого замыкания. При возникновении короткого замыкания на стороне постоянного тока ЗПУ должно переводиться в режим ограничения тока. Отключение ЗПУ должно производиться с выдержкой времени около $0,5$ с.

Для увеличения срока службы АБ необходимо следить за работой ЗПУ на протяжении всего срока эксплуатации, особое внимание уделяется одновременным снабжением питания аппаратуры и осуществлением состояния полного заряда аккумуляторной батареи. При возникновении чрезвычайной ситуации либо короткого замыкания огромное значение имеет готовность АБ принять нагрузку вторичных цепей. Поэтому для увеличения надежности АБ ставится по 2 зарядных устройства на одну батарею и отдельный щит постоянного тока (ЩПТ).

ЗПУ должно иметь опции автоматического контроля цепи заряда и самодиагностики аккумуляторной батареи, автоматический ввод резерва при потере источника переменного тока и температурной коррекции подзарядного напряжения. Так же ЗПУ осуществляет компьютерный контроль и управление режимами, входит в систему АСУ ТП. С учетом этих требований разработаны серии ЗПУ с микропроцессорным управлением. В существующих аналогах обычно имеется две структуры ЗПУ:

- моноблочная структура – при возникновении неисправности в одной из стоек выводится полностью из работы;
- блочная структура – вся система разбита на несколько параллельно работающих блоков. При отказе одного из них (или нескольких) вся система остается работоспособной.

По исполнению блочной структуры подразделяются на две разновидности:

- блочно-иерархическая (с сосредоточенным интеллектом);
- блочно-роевая (с распределенным интеллектом).

В блочно-иерархической структуре значительно надежнее моноблочной, но и она содержит ряд недостатков. Во-первых, при повреждении главного блока функции управления системой должен взять другой блок. Смена главного блока многократно усложняет алгоритм управления всей системой в целом. Во-вторых, работа в электромагнитной

среде, с сильными электромагнитными полями и возмущениями, неминуемо приводит к помехам. Вероятность одновременного сбоя в их работе и «зависания» резко возрастает, что приводит к отказу всей системы.

Выходом из положения является использование оптоволоконных линий связи. Но это приводит к существенному усложнению всей системы, со всеми вытекающими из этого последствиями.

Наиболее надежной является блочно-роевая структура, где каждый блок работает независимо от остальных, отсутствуют физические информационные связи. В этом случае отсутствует единый управляющий и координирующий центр. Программа управляет блоками поровну. При этом появляется возможность использовать простые процессоры с жесткой логикой, которые гарантируют от сбоев посредством простых алгоритмов. В таком случае отказ всей системы из-за электромагнитных помех практически равняется нулю. При отказе одного блока, вся система будет продолжать устойчиво работать дальше. Разработать и создать систему с блочно-роевой структурой значительно сложнее, чем блочно-иерархическую, но надежность системы значительно выше. Для подключения источников питания (АБ и ЗУ) и распределения электроэнергии по группам электроприемников СОПТ используют щит постоянного тока (ЩПТ). В состав щита серии ШНЭ8700 входят:

- шкафы ввода;
- шкафы секционирования;
- шкафы отходящих линий;
- шкафы аварийного освещения;
- шкафы автоматики и управления.

Несмотря на относительно небольшие размеры ЩПТ выполняет множество функций:

- ввод выпрямительных устройств и электроэнергии от АБ с необходимым уровнем напряжения и мощности;

- выдача нагрузки потребителям;
- селективная защита вводов и отходящих линий от токов перегрузки и КЗ;
- резервирование системы распределения электроэнергии путем секционирования шин;
- бесперебойное питание цепей аварийного освещения;
- защита от перенапряжений в системе оперативного постоянного тока;
- организация налаженной работы цепей управления, сигнализации и контроля;
- непрерывный автоматический контроль напряжения на шинах ЩПТ с формированием сигнала о его отклонении от номинального значения;
- непрерывный автоматический контроль сопротивления изоляции сети постоянного тока относительно земли с формированием сигнала о падении сопротивления изоляции ниже допустимого уровня.
- непрерывный автоматический контроль уровня пульсации на каждой секции ЩПТ с формированием сигнала при увеличении уровня пульсации выше заданной нормы;
- формирование обобщенного аварийного сигнала при срабатывании защиты и при отсутствии питания цепей защиты;
- местная и дистанционная сигнализации;
- регистрация аналоговых и дискретных сигналов аварийных событий в системе оперативного постоянного тока;
- возможность передачи информации о состоянии каждого щита постоянного тока и выпрямительных устройств АСУ ТП;
- измерение аналоговыми или цифровыми приборами основных параметров АБ.

Основные требования к ЩПТ:

- количество ЩПТ на ПС должно быть равно числу АБ;
- размещение коммутационных и защитных аппаратов, устройств контроля изоляции, устройств мониторинга, устройств защиты от перенапряжений, устройств регистрации аварийных событий, местной сигнализации, рядов клемм для присоединения кабельных линий в пределах каждого ЩПТ;

- должен иметь секции шин или сборки с отдельными цепями ввода питания для кабельных линий, питающих микропроцессорные терминалы и цепи, не выходящие за пределы ОПУ, релейного щита и секции шин или сборки с отдельными цепями ввода питания для кабельных линий.

Для более безопасного использования в работе ЩПТ на все дверцы камер обязательно устанавливаются замки, внутри щита должно быть предусмотрено место для предохранителей. Разрешается установка «мигающего плюса» для удобства использования и контроля СОПТ.

Причиной повреждения изоляции могут быть как термические, так и динамические воздействия. Под действием внешнего электрического или магнитного поля, агрессивной окружающей среды, переходных коммутационных процессов происходит перенапряжение в цепях, которое в свою очередь может вызвать ложное срабатывание МПРЗА. Одним из наиболее опасных источников перенапряжений, возникающих в СОПТ, являются электромагнитные приводы выключателей. В процессе включения через катушку соленоида может протекать 440 А. Для защиты от перенапряжений в установках постоянного тока успешно применялись выпрямительные кремневые диоды с номинальным током 50А. После для предотвращения выхода диодов из строя стали применять более мощные диоды на номинальный ток 160 и 200 А. Диоды устанавливаются в ЩПТ между полюсами аккумуляторной батареи и землей (Рисунок 4).

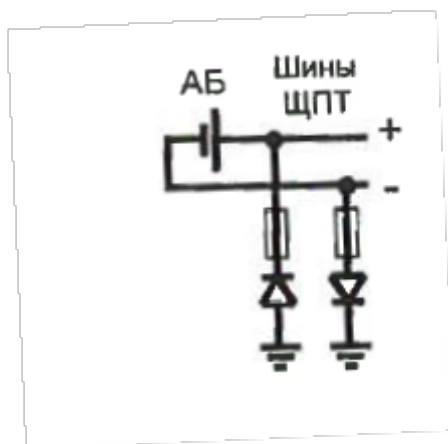


Рисунок 4 – Установка защитных кремниевых диодов в старых щитах постоянного тока

При таком подключении любое внешнее напряжение относительно земли, приложенное к одному полюсу установки, срезается, либо до нулевого значения, либо до напряжения аккумуляторной батареи. Следовательно, для защиты от перенапряжений могут использоваться обычные силовые диоды. Из представленного рисунка видно, что диоды не позволяют напряжениям полюсов сети СОПТ относительно земли возрастать выше уровня напряжения АБ. Стоит заметить, что рассеиваемая энергия может составлять до 50 КА при импульсе до 10 мс.

СОПТ являются частью энергосистемы отвечающей за нагрузку в цепях постоянного тока. Огромное значение на корректную работу подстанции в аварийных режимах и не только играет правильное функционирование аккумуляторных батарей и зарядно подзарядных устройств. Щиты постоянного тока отвечают за самоконтроль системы и защиту аппаратуры вторичных цепей. При проектировании необходимо полагаться на нормативные ссылки и технические требования системы оперативного постоянного тока.

1.4 Исходные данные

Подстанция «Северная», напряжением 110/35/6 кВ расположена на территории Железнодорожного района города Екатеринбурга и обеспечивает его бесперебойным питанием на протяжении последних 70-ти лет и за всё это время серьёзной замены оборудования на новое не происходило.

Становится очевидной необходимость реконструкции подстанции в связи с сильным износом её оборудования. Она так же постепенно перестаёт соответствовать постоянно возрастающим стандартам качества, предъявляемым к электрической энергии. Это понимает и совет директоров компании «ЕЭСК», поэтому на 2018 год запланирована крупная реконструкция нескольких подстанций на территории города, включая подстанцию «Северная», на эти цели выделены порядка 203 миллионов рублей.

В плане по реконструкции подстанции среди прочего указана реконструкция системы оперативного постоянного тока, набор этих факторов и стал основанием для данной выпускной квалификационной работы.

В выпускной квалификационной работе требуется рассчитать и спроектировать систему оперативного постоянного тока для подстанции 110/35/6 кВ, это связано с тем, что

Существующая система оперативного постоянного тока (СОПТ) имеет аккумуляторную батарею (АБ) типа СК-14 состоящую из 66 элементов, подзарядные устройства (ЗВУ) типа ВУК 140/66 (2 шт.).

Питание шинок питания (ШП), шинок управления и сигнализации (ШУ) осуществляется от существующей СОПТ.

Нагрузка системы постоянного тока может быть разделена на три вида:

- постоянная – соответствует току, потребляемому с шин постоянного тока в нормальном режиме и остающемуся неизменным в течение всего аварийного режима;

- временная – соответствует току потребителей, подключаемых к АБ при исчезновении переменного тока, и характеризует установившийся аварийный режим;

- кратковременная – длительностью не более 5 секунд, характеризуется потребляемым от АБ током в переходном (толчковом) аварийном режиме.

Длительность исчезновения переменного тока – не более 2 часов.

В течение этого времени в установившемся аварийном режиме нагрузка равна сумме постоянной и временной нагрузок.

В соответствии с данными, предоставленными эксплуатационным персоналом подстанции, постоянная нагрузка системы постоянного тока составляет 5А, временная – 13А.

Кратковременная нагрузка системы постоянного тока составляет 448 А (определяется током соленоидов высоковольтных выключателей).

1.5 Состояние системы оперативного постоянного тока

1.5.1 Аккумуляторная батарея

Аккумуляторная батарея типа СК-14 (66 элементов) отработала установленные сроки службы и нуждается в замене. Пластиковые элементы конструкции аккумуляторов (держатели и сепарация) утратили механическую прочность. Дальнейшая эксплуатация этой АБ возможна только в ограниченный период времени при условии выполнения профилактических и восстановительных ремонтов с постоянным техническим обслуживанием и контролем основных параметров.

Сульфатация отрицательных пластин – видимая. Уровень шлама свидетельствует и о значительной сульфатации положительных пластин. Данные признаки указывают на возможное значительное снижение ёмкости

АБ. Поскольку ремонт активной части АБ невозможен (в связи с прекращением производства АБ типа СК в 2004 году), АБ следует заменить на современную, малообслуживаемую свинцовую.

При замене следует:

- изменить схему включения (питание шин управления от 54 элемента, питание шин питания от 66 элемента);
- применить современные изолированные межэлементные и межрядные электрические соединения);
- заменить стеллажи АБ, конструктивно соответствующей заменяющей АБ;
- произвести ремонт пола помещения перед размещением новой АБ.

1.5.2 Щит постоянного тока

Щит собран из типовых панелей ПСН, устаревшей конструкции, с набором устаревшей, не выпускаемой промышленностью в настоящее время, аппаратуры. Имеется большое количество пакетных выключателей и переключателей серии ПВ и ПП, предохранителей типа ПН-2 и НПП-60 с изношенными контактами. Дефекты контактов, обусловленные ослаблением стальной кольцевой пружины на контактной стойке предохранителя или рубильника, или ослабевшей затяжкой болта электрического зажима, проявляют себя лишь при протекании токов по величине соизмеримых со значениями тока короткого замыкания.

Такие дефекты являются причиной снижения на 25% и более величины тока короткого замыкания, определяемой экспериментально по отношению к расчётному значению. Высока вероятность возникновения замыканий из-за ухудшения изоляции. Срок эксплуатации щита постоянного тока перешагнул за критическую черту 20-25 лет. Вероятность деградационных отказов, обусловленных естественными процессами старения, изнашивания, коррозии

и усталости при соблюдении всех установленных правил и норм эксплуатации значительно увеличилась.

В связи с приведёнными выше аргументами рекомендуется реконструкция ЩПТ с заменой панелей, шин, коммутационной аппаратуры и измерительных приборов.

1.5.3 Выпрямительные подзарядные агрегаты

Выпрямительные подзарядные агрегаты типа ВУК 140/66 отработали установленные сроки и выработали свой ресурс. Отмечается неустойчивая работа систем управления подзарядными агрегатами (повышенная пульсация выходного зарядного тока), неудовлетворительное состояние выработавшего свой ресурс магнитного усилителя и дискретных элементов схемы управления (высыхание электролитических конденсаторов, нарушение контактов в проводящем слое переменных резисторов). Рекомендуется замена ВУК 140/66 на устройства, удовлетворяющие современным требованиям и условиям эксплуатации современных аккумуляторных батарей.

2 РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА РЕКОНСТРУКЦИИ

1.1 Расчёт и выбор оборудования

1.1.1 Расчёт и выбор аккумуляторной батареи

Основными требованиями, предъявляемыми к АБ, служащей источником энергии на подстанциях, являются:

- высокая надёжность;
- низкое удельное внутреннее сопротивление, что обусловлено высокой интенсивностью аварийного разряда и значительными толчками тока;
- длительный срок службы (не менее 20 лет);
- малая обслуживаемость.

Для расчёта аккумуляторной батареи воспользуемся таблицей исходных данных (таблица 1).

Таблица 1 — Исходные данные для расчёта

Наименование	Значение
1	2
Номинальное напряжение на шинах ЩПТ, В	110
Максимально допустимое напряжение на ШУ в нормальном режиме, В	116
Минимально допустимое напряжение на ШУ в нормальном режиме, В	104
Максимально допустимое напряжение на ШУ в аварийном (послеаварийном) режиме, В	121
Минимально допустимое напряжение на ШУ в аварийном (послеаварийном) режиме, В	93
Максимально допустимое напряжение на ШП в нормальном режиме, В	142
Минимально допустимое напряжение на клеммах ЭП силовых цепей в нормальном режиме, В	93
Максимально допустимое напряжение на ШП в аварийном (послеаварийном) режиме, В	142
Минимально допустимое напряжение на клеммах ЭП силовых цепей в аварийном (послеаварийном) режиме, В	93
Максимальный ток, потребляемый постоянной нагрузкой в нормальном режиме, А	5

Окончание таблицы 1	
1	2
Максимальный ток, потребляемый постоянной нагрузкой в аварийном режиме, А	18
Максимальный ток толчковой нагрузки, А	488
Продолжительность толчковой нагрузки, сек	0,6
Нормируемая продолжительность аварийного режима, ч	2
Количество элементов в АБ, шт	68
Номер элемента, от которого запитана постоянная нагрузка (ШУ)	60
Номер элемента, от которого запитана нагрузка силовых цепей (ШП)	68
Максимальная температура в летний период, град С	+30
Минимальная температура в зимний период, град С	+10

Ёмкость аккумуляторной батареи определяется исходя из тока, характера нагрузки и времени резервирования.

Расчёт ёмкости выполняется по разрядным таблицам для конечного напряжения разряда, соответствующего исходным данным, времени аварийного режима и приведённого установившегося тока аварийного режима $I_{уст1}$.

$$I_{уст1} = I_{уст} / 0,8 / T_k, \quad (1)$$

где $I_{уст}$ – установившийся ток в аварийном режиме, А;

0,8 – коэффициент ёмкости батареи в конце срока службы (80% от номинальной);

T_k – температурный коэффициент ёмкости, зависящий от минимально возможной температуры в помещении, для +10 град. CT_k соответствует 0,9.

$$I_{уст1} = 18 / 0,8 / 0,9 = 25,0 \text{ А}. \quad (2)$$

Расчёт ёмкости необходимо выполнить по разрядным таблицам для максимального тока разряда, конечного напряжения и эквивалентного времени аварийного режима t_1 :

$$t_1 = \frac{I_{уст} * t_{авар}}{I_{уст} + I_{кон}}, \quad (3)$$

где $t_{авар}$ – нормируемая продолжительность аварийного режима – 120 минут (2 часа);

$I_{\text{кон}}$ – толчковая нагрузка в конце аварийного режима, А.

$$t_1 = \frac{25,0 \cdot 120}{18 + 488} = 5,9 \text{ мин.} \quad (4)$$

Предварительно выбирается АБ типа 15GROE375, для продолжительности аварийного режима 2ч ток разряда составит 540А при напряжении 2-вольтового блока 1,8 В.

Напряжение ускоренного заряда для аккумулятора типа 15GROE375 составляет 2,3 В/эл.

Выбираем количество элементов в батарее исходя из максимально допустимого напряжения для цепей управления:

$$n = \frac{U_{\text{max}}}{U_3} = \frac{121\text{В}}{2,3\text{В}} \approx 53\text{эл}, \quad (5)$$

где U_{max} – максимально допустимого напряжения на шине управления, В;

U_3 – напряжение ускоренного заряда аккумулятора, В.

Таким образом для питания цепей управления выбираем 54 элемента.

Длина кабельной линии от ЩПТ до АБ составляет 40 м (с учётом кабеля, проложенного в аккумуляторной), сечение кабеля -1*185 мм².

Рассчитаем сопротивление кабеля:

$$R = \rho * \frac{L}{S}, \quad (6)$$

где R – сопротивление кабеля, Ом;

$\rho = 0.0175 \frac{\text{Ом} \cdot \text{кВ} \cdot \text{мм}}{\text{м}}$ – удельное сопротивление меди;

L –длина кабельной линии, мм².

$$R = 0,0175 * \frac{40}{120} = 0,0058 \text{ Ом.} \quad (7)$$

Максимальный ток потребления от АБ:

$$I_{\text{макс.}} = 18 + 488 = 506 \text{ А.} \quad (8)$$

Падение напряжения в кабеле:

$$dU_1 = 506 * 0,0058 = 2,95 \text{ В.} \quad (9)$$

Напряжение на ШУ при этом в конце аварийного режима составит:

$$U_{\text{шу}} = U_{\text{эл}} * N_{\text{эл}} - dU_1, \quad (10)$$

где $U_{\text{эл}}$ – напряжение элемента в конце аварийного режима (батарея разряжена), В;

$N_{\text{эл}}$ – количество элементов в «основной» части батареи, шт.

$$U_{\text{шу}} = 1,8 * 54 - 2,95 = 94,25 \text{ В}. \quad (11)$$

$U_{\text{шу}}$ больше минимального допустимого напряжения (93 В), что удовлетворяет техническим требованиям.

Длина алюминиевого кабеля от ЩПТ до наиболее удалённого провода соленоида выключателя 110 кВ составляет:

АВВГ-3х150 кВ.мм. – 150 м;

АВРГ-3х120 кВ.мм. – 50 м;

Рассчитаем сопротивление линии:

$$R = \rho * 2 * \left(\frac{L_1}{S_1} + \frac{L_2}{S_2} \right), \quad (12)$$

где R – сопротивление линии, Ом;

$\rho = 0,0281 \frac{\text{Ом*кВ.мм}}{\text{м}}$ – удельное сопротивление алюминия;

L_1 – длина кабеля АВВГ-3х150 кВ.мм., м;

S_1 – площадь сечения кабеля АВВГ-3х150 кВ.мм., м²;

L_2 – длина кабеля АВРГ-3х120 кВ.мм., м;

S_2 – площадь сечения кабеля АВРГ-3х120 кВ.мм., м²;

Максимальный толчковый ток привода выключателя составляет $I_{\text{кон.}} = 244 \text{ А}$ (для одного эл. магнита).

Падение напряжения в линии ЩПТ-ОРУ 110 кВ:

$$dU_2 = 244 * 0,0796 = 19,42 \text{ В}. \quad (13)$$

Падение напряжения в кабелях АБ-ЩПТ:

$$dU_3 = 2 * dU_1 = 2 * 2,95 = 5,9 \text{ В}. \quad (14)$$

Напряжение на клеммах наиболее удалённого привода соленоида выключателя 110 кВ в конце аварийного режима должно составлять 93 В:

$$U_{\text{сол.}} = U_{\text{эл.}} * N_{\text{эл.}} - dU_2 - dU_3 = 1,8 * N_{\text{эл.}} = 19,42 - 5,9 = 93 \text{ В}, (15)$$

где $U_{\text{эл.}}$ – напряжение элемента в конце аварийного режима (батарея разряжена), В;

$N_{\text{эл.}}$ – количество элементов в батарее («основная» + «хвостовая» части), шт.

Выражаем $N_{\text{эл}}$ из формулы (15), и получаем:

$$N_{\text{эл.}} = \frac{U_{\text{сол.}} + dU_2 + dU_3}{1,8} = \frac{93 + 19,42 + 5,9}{1,8} = 66 \text{ эл.} \quad (16)$$

Выбираем батарею на 66 элементов.

Ток $I_{\text{АВ}} = 18 \text{ А}$ за время 2 часа заданного аварийного режима с учётом снижения ёмкости до 80% в конце срока эксплуатации, с учётом падения напряжения на внутреннем сопротивлении АБ при толчке тока $I_{\text{толч}} = 488 \text{ А}$ и требуемого диапазона допустимых напряжений на соленоидах высоковольтных выключателей, а так же минимально допустимой кратковременной просадки напряжения на ШУ обеспечивает АБ типа 15 GroE 375 (ёмкостью 375 А*ч) с характеристиками, приведёнными в таблице 2.

Таблица 2 — Технические характеристики аккумуляторных батарей

Производитель	Тип элемента	Ёмкость, А/ч	Внутреннее сопротивление при 20С, мОм	Ток короткого замыкания, А	Размеры элемента			Вес элемента, кг
					Длина, мм	Ширина, мм	Высота, мм	
Норреке	15GroE 375	375	0,256	8050	184	340	410	56,9
FIAMM		375	0,255	7940	182	340	415	56,7
Тангстоун		375	0,253	8018	182	338	411	56,9

В связи с незначительными различиями в характеристиках аккумуляторных батарей различных производителей и курсом нашей страны на импортозамещение мной было принято решение выбрать батареи российского производителя Тангстоун линейки ШТАРК.

Выбранная АБ удовлетворяет следующим требованиям:

- напряжение не менее $0,9 U_{ном}$ (99 В при $U_{ном} = 110$ В) на шинах ОПТ, питающих устройства РЗА и Т;
- напряжение не менее $0,85 U_{ном}$ (93 В при $U_{ном} = 110$ В) на шинах силовых цепей;
- однократное включение выключателей МКП-110 и ВМП-10 в начале и конце нормируемого двухчасового аварийного разряда АБ, и в конце последующего дополнительного разряда суммарным током постоянной нагрузки (оперативный ток), оперативных цепей защит и аварийного освещения.
- напряжение не менее чем минимально допустимого по ТЗ и опросным листам на электромагнитах выключения выключателей при работе в любом режиме;
- аккумуляторная батарея устанавливается в существующем помещении (после ремонта) на новых стеллажах.

1.1.2 Расчёт и выбор зарядно-выпрямительных устройств

Для заряда АБ используются два ЗВУ, работающих в 100%-ом резерве в параллельном режиме. При выборе ЗВУ учитывалось следующее:

- каждое ЗВУ должно обеспечивать заряд АБ способом, рекомендованным руководством по эксплуатации;
- одновременно с зарядом АБ каждое ЗВУ должно обеспечивать питание ШУ. Ток потребления ШУ в нормальном режиме работы составляет $I_{ШУнорм.} = 5$ А;
- ЗВУ должны обеспечить режим параллельной работы;
- выбранные ЗВУ должны обеспечивать стабилизацию напряжения не хуже $\pm 0.5\%$.

Условие выбора ЗВУ:

$$I_{зв.} \geq I_{нагр.норм.} \geq I_{зар.аб.}, \quad (17)$$

где $I_{зв.у.}$ – номинальный ток ЗВУ;

$I_{нагр.норм.}$ – максимальный ток, потребляемый постоянной нагрузкой в нормальном режиме;

$I_{зар.аб.}$ – ток заряда аккумуляторной батареи.

Для заряда АБ типа 15GROE375 производитель рекомендует заряд током, не превышающим $(0,1 - 0,3) * C10$. Таким образом:

$$I_{зв.у.} \geq 5 + 0,2 * C10 = 5 + 0,2 * 375 = 80 \text{ А.} \quad (18)$$

Выбирается ЗВУ с номинальным током 80 А.

При работе ЗВУ должна обеспечиваться температурная компенсация напряжения заряда АБ с целью увеличения её срока службы.

В соответствии с этими требованиями используются два, работающие в параллель, ЗВУ типа ВЗП-110/48-80/40 УХЛ4 с техническими характеристиками, приведёнными в таблице 3.

ВЗП создаются по специальному ТУ (ТУ 3415-004-12930684-2006), поэтому разница между характеристиками устройств различных компаний – минимальна. Исходя из этих данных, и консультации с оперативно-ремонтным персоналом РЭС, обслуживающим подобные установки различных производителей на протяжении 10 лет, было принято решение выбрать ВЗП производства ЗАО «Конвертор», так как они более надёжны, и качественнее собраны.

Таблица 3 – Основные технические характеристики зарядно-подзарядного выпрямителя

Наименование характеристики	ВЗП-110/48-80/40 УХЛ4	
	Канал 1	Канал 2
1	2	3
Входные параметры		
Число фаз питающей сети	3	
Номинальное линейное напряжение, В	380	
Допустимый диапазон напряжения переменного тока, при котором обеспечивается питание нагрузок от ВЗП, В	323-418	
Номинальная частота переменного напряжения, Гц	50	
Допустимый диапазон изменения частоты напряжения на входе переменного тока, Гц	47,5-52,5	
Коэффициент небаланса линейных напряжений, не	4	

более, %		
Окончание таблицы 3		
1	2	3
Коэффициент мощности при номинальных входных и выходных параметрах, не менее	0,82	
Выходные параметры		
Номинальное напряжение на выходе постоянного тока, В	110	48
Номинальный тока на выходе постоянного тока, А	80	40
Диапазон регулирования напряжения на выходе постоянного тока	$(0,1-1,2) U_{ном.}$	
Точность стабилизации напряжения, не более, %	$\pm 0,5$	
Диапазон рабочих токов в режиме стабилизации напряжения	$(0,05-1) I_{ном.}$	
Точность стабилизации тока на выходе, не более, %	± 1	
Величина пульсаций напряжения на выходах постоянного тока в номинальном режиме:		
• при работе на активную нагрузку, не более, %	0,5	
• при работе на АБ, не более, %.	0,2	
Диапазон регулирования уставки по току, с точностью $\pm 5\%$ в режиме разряда батареи (инвертирования)	$(0,1-1) I_{ном}$	
Коэффициент полезного действия, типовой, %	87-94	78
Режим работы	Продолжительный	
Общие параметры		
Охлаждение	Воздушное, естественное	
Обслуживание	С передней стороны	
Степень защиты по ГОСТ 14254-96	IP20, IP21	
Вид системы заземления	TN-C	
Наработка на отказ, не менее, ч	300 000	
Срок службы ЗУ, лет	20	

Основные режимы работы ВЗП

ВЗП обеспечивает следующие основные режимы работы:

- использование в качестве стабилизированного источника постоянного напряжения при работе без АБ;
- буферный режим работы с одновременным зарядом АБ и питанием потребителей постоянного тока (когда АБ и потребители постоянного тока подключены параллельно к шинам постоянного тока);
- контрольный заряд и разряд АБ с подсчётом полученной и отданной ёмкости ($A \cdot ч$);
- режимы ускоренного и выравнивающего заряда.

При работе в качестве стабилизированного источника питания (без АБ) ВЗП обеспечивает стабилизацию выходного напряжения и ограничение выходного тока.

В буферном режиме работы, когда АБ заряжена, ВЗП работает в режиме стабилизации выходного напряжения (режим содержания АБ). Если АБ разряжена, ВЗП обеспечивает ограничение выходного тока и, если подключен внешний блок контроля АБ, обеспечивается стабилизация тока заряда АБ. В процессе заряда напряжение на АБ растёт. После достижения напряжения стабилизации ВЗП автоматически переключается в режим стабилизации напряжения.

Ускоренный, выравнивающий и контрольный заряд аккумуляторных батарей

Работа ВЗП в режиме ускоренного заряда имеет две ступени:

- первая ступень – заряд стабилизированным током (рекомендуемые пределы $0,1C_{10} - 0,3C_{10}$). При достижении АБ заданного значения напряжения ускоренного заряда осуществляется автоматический переход ко второй ступени;
- вторая ступень – заряд стабилизированным напряжением подзаряда (содержания). Зарядный ток при этом уменьшается.

В общем случае значения параметров (максимально допустимые ток, напряжение заряда и время заряда) могут быть произвольными, в пределах допустимых значений для применяемой АБ. Измерения параметров производятся элементами управления ВЗП при работе в режиме задания уставок.

Ускоренный заряд можно прекратить досрочно, вызвав служебное меню и выбрав кадр управления ускоренным зарядом.

Работа ВЗП в режиме выравнивающего заряда используется для выравнивания напряжения на аккумуляторах АБ при профилактических работах в процессе технического обслуживания.

Заряд АБ в этом режиме производится стабилизированным током заряда, величина которого составляет 5% номинальной ёмкости аккумуляторной батареи в режиме 16-часового разряда, до максимально допустимого напряжения заряда. Время заряда (установленное на предприятии изготовителе) составляет 48 часов.

При достижении на батарее величины напряжения, соответствующей уставке напряжения выравнивающего заряда, на зажимы платы дистанционного управления поступает сигнал для включения вентиляции в помещении АБ. При поступлении сигнала, подтверждающего включение вентиляции, выравнивающий заряд продолжается. При отсутствии подтверждающего сигнала ВЗП автоматически переключается в режим содержания АБ.

По истечении заданного времени заряда ВЗП автоматически переходит в режим подзаряда АБ. Сигнал для включения вентиляции в помещении АБ снимается.

Значение величины ёмкости, полученной АБ при заряде, записывается в энергонезависимую память и доступно для просмотра и обнуления в соответствующем кадре служебного меню.

Работа ВЗП в режиме контрольного заряда используется для определения ёмкости, которую батарея может получить, после контрольного разряда. Данный режим используется при профилактических работах в процессе технического обслуживания. Заряд АБ в этом режиме производится током заряда, максимальная величина которого должна быть численно равна 10% номинальной ёмкости аккумуляторной батареи в режиме 10-часового разряда.

Заряд продолжается до достижения величины тока содержания АБ.

При достижении напряжения содержания ВЗП автоматически переходит в режим подзаряда АБ.

Значение величины ёмкости, полученной АБ при заряде, записывается в энергонезависимую память и доступно для просмотра и обнуления в соответствующем кадре служебного меню.

Контрольный заряд можно прекратить досрочно, вызвав служебное меню и выбрав кадр управления контрольным зарядом.

Режим инвертирования

В этом режиме производится разряд АБ стабилизированным током. Рекомендуемая величина входного тока инвертора при работе ВЗП в режиме инвертирования с рекуперацией энергии должна находиться в пределах от 0,1 до 1,0 I_n .

Контрольный разряд проводится до снижения напряжения на АБ до заданного минимально допустимого значения. Контрольный разряд можно прекратить досрочно отключением ВЗП. Уставки регулируются.

Значение величины ёмкости, отданной АБ при разряде, записывается в энергонезависимую память и доступно для просмотра и обнуления в соответствующем кадре служебного меню.

В аварийных режимах при достижении током, потребляемым инвертором от АБ, величины, 1,15 I_n ВЗП отключается от аккумуляторной батареи отключением выходного автоматического выключателя.

Режим работы с температурой коррекцией напряжения содержания (подзаряда) аккумуляторной батареи

При включении режима температурной коррекции выходного напряжения, микроконтроллер производит перерасчёт всех установленных значений напряжений (в том числе и значений порогов срабатывания защит от повышения/понижения напряжения АБ) на настоящее значение температуры воздуха, окружающего АБ. При отключении температурной коррекции производится возврат величин уставок к значениям, установленным для температуры 20°C.

ВЗП имеет следующие виды защит (индивидуально по каналам):

- от КЗ на стороне переменного тока (обеспечивается автоматическими выключателями с характеристикой D, кратность по току 10-20 I_n);
- от КЗ на стороне постоянного тока (обеспечивается автоматическими выключателями);
- защиту аккумуляторной батареи от глубокого разряда в режиме инвертора;
- от перенапряжений;
- от недопустимых перегрузок;
- от понижения напряжения сети;
- защита сети от радиопомех;
- гальваническая изоляция выходных цепей и АБ от питающей сети.

При этом во время перегрузки ВЗП обеспечивает ограничение тока на выходе в пределах 1-1,05 I_n .

При коротком замыкании в нагрузке производится блокировка управляемого выпрямителя путём снятия импульсов управления. При этом на панели управления загорается индикатор «Общая неисправность» и на ЖКИ высвечивается кадр «КЗ нагрузки». Также выдаётся сигнал «Предупреждение» на клеммы дистанционной сигнализации. Повторное включение ВЗП осуществляется после исчезновения режима КЗ.

ВЗП обеспечивает следующие функции контроля и управления (индивидуально по каналам):

- отображение на буквенно-цифровом дисплее состояния ВЗП, фактических параметров, уставок, дополнительной служебной информации и выдачу визуальной и звуковой сигнализации о состоянии и режимах работы;
- программное изменение величины уставок (установленных значений);

- контроль параметров напряжения питающей сети (снижение, пропадание и перекос фаз) и автоматическое управление выключением/отключением в зависимости от качества сети;
- регулировку и стабилизацию напряжения на выходе при изменении нагрузки и напряжения выходной сети;
- регулировку и стабилизацию тока заряда аккумуляторной батареи в режиме выпрямителя;
- регулировку и стабилизацию тока разряда аккумуляторной батареи в режиме инвертора;
- контроль и сигнализацию о недопустимом повышении и понижении напряжения на АБ;
- контроль температуры окружающей среды аккумуляторной батареи и требуемую температурную коррекцию выходного напряжения (при наличии термодатчика);
- работу в режиме ускоренного заряда батареи с подсчётом ёмкости в ампер-часах;
- работу в режиме выравнивающего заряда батареи на установленный интервал времени;
- работу в режиме контрольного заряда батареи с подсчётом ёмкости в ампер-часах;
- контрольный разряд АБ в режиме инвертирования с подсчётом ёмкости в ампер-часах;
- контроль целостности цепи АБ (отсутствие внешних и внутренних обрывов);
- сеточную защиту силового блока от перегрузки по току и короткого замыкания в режиме выпрямителя;
- защиту силового блока при опрокидывании в режим инвертора;

- IR – компенсацию напряжения подзаряда (при наличии внешнего блока контроля АБ);
- возможность передачи информации о состоянии ВЗП на ПЭВМ и управления включением и отключением ВЗП с ПЭВМ по интерфейсу RS485.

1.1.3 Расчёт и выбор щита постоянного тока

В соответствии с ТЗ проводится реконструкция щита постоянного тока с заменой устаревшего оборудования на новое, с применением предохранителей-выключателей-рубильников (ПВР), автоматов и других коммутационных аппаратов, удовлетворяющих условиям токов КЗ, селективности, чувствительности, цифровых щитовых приборов и устройства контроля изоляции. ЩПТ будет состоять из шкафов ввода и секционирования верхнего уровня (ШВС) и двух шкафов отходящих линий среднего уровня (ШОЛ) соответственно. И систем шин, от которых запитываются отдельные электроприёмники постоянного тока. Полюса первичных шин ЩПТ разделены на две секции, размещённые в разных объёмах шкафов. Секции жёстко соединены между собой болтовыми соединениями.

Шины жёстко закреплены на изоляторах, что исключает их замыкание между собой.

Нагрузки системы оперативного постоянного тока разделены на 2 группы.

Первая группа «±EY» - группа силовых электроприёмников (соленоиды выключателей 110 и 10 кВ и аварийное освещение). Шины запитываются от всех элементов АБ («+1» - «-66»).

Вторая группа «±ES» - группа слаботочных электроприёмников (устройство РЗА, цепи управления и т.д.). Шины запитываются от основной группы элементов АБ («+1»-«-54»).

Шинки каждой группы имеют независимое присоединение к аккумуляторной батарее через свои защитные аппараты.

В качестве защитных аппаратов на ЩПТ используются ВА55-41 с полупроводниковыми расцепителями МРТ6. Установленные ВА55-41 выбраны с условием обеспечения селективности срабатывания при токах короткого замыкания.

ВА55-41 используются с дополнительными контактами. Контроль над работой ВА55-41 осуществляется по сигнальным цепям с оповещением, как местным, так и в систему АСУ.

Группы шин 1 и 2 секций, расположенные в шкафу ШВС служат для питания соответствующих шин в секционных шкафах (ШОЛ) и соединяются с ними межшкафными перемычками.

Соответствующие шины 1 и 2 секций могут электрически объединяться между собой с помощью двух выключателей-разъединителей, расположенных в шкафу ШВС.

В шкафах ЩПТ установлены реле контроля пульсаций, минимального и максимального напряжений АБ.

В обеих секциях шин ЩПТ применено устройство мигающего света, устройства контроля изоляции, контроля уровня напряжения.

Питание электроприёмников постоянного тока осуществляется от соответствующих групп шин 1 и 2 секции, расположенных в шкафах ШОЛ.

При наступлении аварийного события (аварийное отключение АВ, перегорание плавкой вставки, выход параметров за установленные пределы, аварийное снижение сопротивления изоляции) система мониторинга включает местную аварийную сигнализацию (световую и звуковую) и выдаёт общий сигнал аварии на пульт оператора.

Конструктивные решения по шкафам ЩПТ соответствуют современным международным стандартам, предусматривающим использование универсальной DIN-рейки, перфорированных шин и термоусадочной изоляции.

3 МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Введение

Система проверки знаний по специальности среднего профессионального образования 13.02.03 Электрические станции, сети и системы. ПМ.02 Эксплуатация электрооборудования электрических станций, сетей и систем. МДК.02.01. Техническая эксплуатация электрооборудования электрических станций, сетей и систем. Данная система проверки знаний предназначена для контроля обучения будущего оперативного персонала, в ходе которого обучающимся рассказывают о частях оперативного тока подстанций, объясняют их назначение и процессы, происходящие при переключениях.

Система предполагает проверку знаний путём выполнения тестирования по теме «Выполнение оперативных переключений в схемах электрических соединений станций и подстанций».

Дидактический тест содержит 22 тестовых задания.

Время, отводимое для выполнения теста – 45 минут.

Проверка тестового задания осуществляется с помощью утверждённого ключа.

Оценка тестовых заданий производится в соответствии с утверждёнными критериями:

Вопросам с одним правильным ответом присваивается 1 балл, с несколькими правильными ответами (при условии, что отмечены все правильные ответы) – 2 балла, задания на установление правильной последовательности оцениваются в 4 балла (при условии, что отмечены все правильные ответы).

Таким образом обучающиеся могут набрать 42 балла, оценка выставляется в соответствии со следующей таблицей:

Таблица 4 – Критерии оценивания результатов теста

№	Процент правильных ответов	Оценка по общепринятой шкале
1	38 – 42б (90-100%)	отлично
2	25 – 37б (60-89%)	хорошо
3	12 – 24б (30-59%)	удовлетворительно
4	0 – 12б (0-29%)	неудовлетворительно

Инструкция к тесту, бланк ответов и ключ находятся в приложениях Б, В, Г.

Дидактический тест

для проведения контрольного тестирования обучающихся по теме:
«Выполнение оперативных переключений в схемах электрических
соединений станций и подстанций»

МДК.02.01. Техническая эксплуатация электрооборудования
электрических станций, сетей и систем

Для заданий 1-10 выберите один правильный вариант ответа

1. ОПЕРАТИВНЫЙ ПОСТОЯННЫЙ ТОК ПРИМЕНЯЕТСЯ НА
ПОДСТАНЦИЯХ НАПРЯЖЕНИЕМ _____.

- a) 0.4 – 10 кВ;
- b) менее 35 кВ;
- c) 35-750 кВ;
- d) 0.4-750 кВ.

2. ОПЕРАТИВНЫЙ ПОСТОЯННЫЙ ТОК ПРИМЕНЯЕТСЯ НА
ПОДСТАНЦИЯХ ДЛЯ БЕСПРЕРЫВНОЙ РАБОТЫ _____.

- a) терминалов релейной защиты и автоматики (РЗА);
- b) питания трансформаторов собственных нужд (ТСН);
- c) силовых шин трансформаторов переменного тока.

3. НАИБОЛЕЕ НАДЁЖНЫМ ИСТОЧНИКОМ ПИТАНИЯ
ВТОРИЧНЫХ УСТРОЙСТВ ЯВЛЯЮТСЯ _____.

- a) аккумуляторные батареи;
- b) трансформаторы собственных нужд;
- c) терминалы релейной защиты и автоматики;
- d) токоведущие части трансформаторов.

4. АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ ОБЕСПЕЧИВАЮТ АВТОНОМНОЕ ПИТАНИЕ _____ ЦЕПЕЙ ПРИ ИСЧЕЗНОВЕНИИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА.

- a) силовых;
- b) оперативных;
- c) вспомогательных;
- d) контактных.

5. ПРЕДЕЛЬНАЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ АВАРИЙНОГО РЕЖИМА РАВНА _____.

- a) 5-10 минут;
- b) 0.5-2.0 часа;
- c) 0.5-1.0 часа;
- d) 0.5-1.5 часа.

6. ОГРАНИЧЕНИЕ ЗАРЯДНОГО ТОКА НА НАЧАЛЬНОЙ СТАДИИ ЗАРЯДА НЕОБХОДИМО ПОДДЕРЖИВАТЬ НА УРОВНЕ _____. ГДЕ C_{10} – ЕМКОСТЬ 10-ТИ ЧАСОВОГО ЗАРЯДА БАТАРЕИ.

- a) $(0.1-0.3) \cdot C_{10}$;
- b) $(0.5-0.7) \cdot C_{10}$;
- c) $(0.5-1.0) \cdot C_{10}$;
- d) не имеет значения.

7. В РОССИИ ПРЕИМУЩЕСТВЕННО ИСПОЛЬЗУЮТСЯ _____ АККУМУЛЯТОРЫ.

- a) щелочные;
- b) литий-ионные;
- c) никелево-железные;
- d) свинцово-кислотные.

8. АККУМУЛЯТОРЫ ПОДРАЗДЕЛЯЮТСЯ НА _____.

- a) открытые и закрытые;
- b) открытые и комбинированные;
- c) закрытые и комбинированные;
- d) комбинированные и смежные.

9. ДОЛИВКА ДИСТИЛЛИРОВАННОЙ ВОДЫ В АККУМУЛЯТОР ДОЛЖНА ПРОИЗВОДИТЬСЯ НЕ ЧАЩЕ, ЧЕМ _____.

- a) 1 раз в 3 года;
- b) 1 раз в 5 лет;
- c) 3 раза за срок эксплуатации;
- d) 5 раз за срок эксплуатации.

10. ОТКЛЮЧЕНИЕ ЗАРЯДНО-ПОДЗАРЯДНОГО УСТРОЙСТВА (ЗПУ) ДОЛЖНО ПРОИЗВОДИТЬСЯ С ВЫДЕРЖКОЙ ПО ВРЕМЕНИ _____.

- a) около 1 секунды;
- b) около 0.1 секунды;
- c) около 0.3 секунд;
- d) около 0.5 секунд.

В заданиях 11-18 выберите несколько правильных вариантов ответа (2 и более)

11. В АНАЛОГАХ ЗАРЯДНО-ПОДЗАРЯДНЫХ УСТРОЙСТВ (ЗПУ) С МИКРОПРОЦЕССОРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ ОБЫЧНО ИМЕЮТСЯ СЛЕДУЮЩИЕ СТРУКТУРЫ _____.

- a) моноблочная;
- b) мультиблочная;
- c) одинарная;

- d) блочная;
- e) двойная.

12. АККУМУЛЯТОРЫ ПОДРАЗДЕЛЯЮТСЯ НА АККУМУЛЯТОРЫ
С _____ ЭЛЕКТРОЛИТОМ.

- a) жидким;
- b) гелиевым;
- c) газо-гелиевым;
- d) водо-соляным;
- e) абсорбированным;
- f) замещённым.

13. НА СРОК СЛУЖБЫ АККУМУЛЯТОРА ВЛИЯЮТ
_____.

- a) температура окружающей среды;
- b) выгорание электролита;
- c) пульсация тока в режиме поддерживающего заряда;
- d) ионизация воздуха в помещении АБ;
- e) напряжение поддерживающего заряда;
- f) продолжительность аварийных режимов.

14. ПО ИСПОЛНЕНИЮ БЛОЧНЫЕ СТРУКТУРЫ
ПОДРАЗДЕЛЯЮТСЯ НА СЛЕДУЮЩИЕ РАЗНОВИДНОСТИ
_____.

- a) блочно-роевая;
- b) блочно-составная;
- c) блочно-узловая;
- d) блочно-иерархическая;
- e) блочно-поточная.

15. В СОСТАВ ШТП СОПТ ВХОДЯТ _____.

- a) шкафы ввода;
- b) шкафы секционирования;
- c) шкафы отходящих линий;
- d) шкафы аварийного освещения;
- e) шкафы автоматики и управления.

16. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ МОЖЕТ НАХОДИТЬСЯ В СЛЕДУЮЩИХ ОПЕРАТИВНЫХ СОСТОЯНИЯХ _____.

- a) ремонт;
- b) замена;
- c) работа;
- d) резерв;
- e) обслуживание;
- f) фазировка.

17. ОПЕРАТИВНЫЙ ПЕРСОНАЛ ОСУЩЕСТВЛЯЕТ _____.

- a) управление;
- b) осмотр;
- c) оперативные переключения;
- d) подготовку рабочего места;
- e) допуск и надзор за работающими;
- f) выполнение работ в порядке текущей эксплуатации.

18. К ОПЕРАТИВНОМУ ПЕРСОНАЛУ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ, ПОДСТАНЦИЙ, ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ И ЭНЕРГОСИСТЕМ ОТНОСЯТСЯ _____.

- a) начальники смен электрических цехов электростанций;
- b) ремонтный персонал;
- c) диспетчер энергосистемы

- d) начальники смен энергоблоков;
- e) дежурные электромонтеры электростанций;
- f) дежурные электромонтеры подстанций;
- g) персонал оперативно-выездных бригад;

Установите правильную последовательность действий.

19. В МОМЕНТ ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИЙНОЙ СИТУАЦИИ ОПЕРАТИВНОМУ ПЕРСОНАЛУ СЛЕДУЕТ _____.

a) Привести в положение соответствия ключи управления (КУ) коммутационной аппаратурой, сигнальные лампы которых указывают на несоответствие положений аппарата и его ключей управления.

b) Сообщить диспетчеру в оперативном управлении (или ведении) которого находится оборудование, о возникновении аварийной ситуации, получить разрешение и осмотреть реле на панелях РЗА.

c) Установить место аварии (РУ, помещение, ячейку) по участковой сигнализации, сигнализации положения выключателей, показаниям КИП (контрольно – измерительные приборы).

d) Прекратить воздействие звукового сигнала и записать время начала аварии

e) Осмотреть световые табло на панели щита управления.

20. ПОРЯДОК ОТКЛЮЧЕНИЯ ЛИНИИ, ИМЕЮЩЕЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ, ЛИНЕЙНЫЕ И ШИННЫЕ РАЗЪЕДИНИТЕЛИ _____.

- a) отключение выключателей;
- b) отключение шинных разъединителей;
- c) отключение линейных разъединителей;
- d) проверка напряжения на линии.

21. ПОРЯДОК ВЫВОДА В РЕМОНТ СИСТЕМЫ СБОРНЫХ ШИН

- a) на ключе управления ШСВ вывешивается запрещающий плакат;
- b) отключаются разъединители;
- c) проверяется отключенное положение ШСВ;
- d) запирается дверь шкафа с предохранителями и выключателями и вывешивается запрещающий плакат;
- e) отключается трансформатор напряжения;
- f) проверяется отсутствие напряжения на токоведущих частях;
- g) запираются на замок приводы разъединителей.

22. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЕРАТИВНЫХ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЙ

- a) зачитывается содержание операции;
- b) запись о выполнении операции зачёркивается;
- c) операция выполняется;
- d) проверяется по надписи наименование оборудования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С приходом 21 века технологии выработки электроэнергии практически не совершенствовались, совершенствовались лишь устройства её передачи и сети, по которым она велась. Сети стали более надёжными, как в плане бесперебойности поставок электроэнергии, так и в плане качества энергии.

Подстанция, по части которой я разработал проект реконструкции эксплуатируется без остановок и замены оборудования уже порядка 70 лет, поэтому местами сильно износилось и грозит аварийными ситуациями для сетей.

В результате выпускной квалификационной работы выполнен проект реконструкции системы оперативного постоянного тока подстанции, напряжением 110/35/6 кВ.

В ходе работы был произведён выбор аккумуляторной батареи, оборудования щита постоянного тока и выпрямительных подзарядных агрегатов.

В результате расчётов и в соответствии с опросными листами, заполненными начальником РЭС, для установки было выбрано следующее оборудование:

- блок аккумуляторных батарей АБ 15GROE375, емкостью 375 А/ч;
- два зарядно-выпрямительных устройства ВЗП-110/48-80/40 УХЛ4, работающие в параллель;
- описано подключение щита постоянного тока к аккумуляторной батарее;
- составлена схема собственных нужд постоянного тока (приложение А).

Составленный проект может быть использован в проектной и эксплуатационной практике, при реконструкции подстанции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Быстрицкий Г.Ф. / Общая энергетика. Учебник. - Москва: Кнорус. 2016. – 243 с.
2. Гайсаров Р.В., Лисовская И.Т. Выбор электрической аппаратуры, токоведущих частей и изоляторов: Учебное пособие к курсовому и дипломному проектированию. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2002. – 59 с.
3. Герасименко А.А. / Передача и распределение электрической энергии (для бакалавров). – Москва: Кнорус. 2014. – 156 с.
4. Горюнов С. С. Системы оперативного постоянного тока для ПС 110 — 220 кВ / Современные тенденции технических наук: материалы V Междунар. науч. конф. (г. Казань, май 2017 г.). — Казань: Бук, 2017.
5. ГОСТ 12.1.004-91. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
6. ГОСТ 12.2.007.0-75 ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности.
7. ГОСТ 22789-94. Устройства комплектные низковольтные. Общие технические требования методы испытаний.
8. ГОСТ 29176-91. Короткие замыкания в электроустановках. Методика расчёта в электроустановках постоянного тока.
9. ГОСТ Р 50571.18-2000 (МЭК 60364-4-442-93). Требования по обеспечению безопасности. Защита от перенапряжений. Защита электроустановок до 1 кВ от перенапряжений, вызванных замыканиями на землю в электроустановках выше 1кВ.
10. ГОСТ Р 50571.19-2000 (МЭК 60364-4-443-95). Требования по обеспечению безопасности. Защита от перенапряжений. Защита электроустановок от грозовых и коммутационных перенапряжений.
11. ГОСТ Р 50571.20-2000 (МЭК 60364-4-444-96). Требования по обеспечению безопасности. Защита от перенапряжений. Защита

электроустановок от перенапряжений, вызванных электромагнитными воздействиями.

12. ГОСТ Р МЭК 60896-2-99. Свинцово-кислотные стационарные батареи. Общие требования, методы испытаний.

13. Гринберг-Басин М.М. Тяговые подстанции: Пособие по дипломному проектированию: Учебное пособие для техникума ж.д. трансп. – Москва: Транспорт, 1986. – 168 с.

14. И.А. Баумштейн., С.А. Баженов. Справочник по электрическим установкам высокого напряжения. 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Энергоатомиздат, 1989. – 768 с.

15. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий. – Москва: Интермет Инжиниринг. 2014. – 627 с.

16. Методические указания по расчёту защит в системе постоянного тока тепловых электростанций и подстанций МУ 34-70-035-83.

17. Неклепаев Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Энергоатомиздат, 1986. – 640 с.

18. Объём и нормы испытаний электрооборудования. РД 34.45-51.300-97.

19. Петров Е.Б. Электрические подстанции: Методическое пособие по дипломному и курсовому проектированию. – Москва: Учебно-методический центр МПС России, 2004.-289 с.

20. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации СО 153-34.20.501-2003.

21. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей Энергосервис Москва 2003

22. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Седьмое издание, дополненное с исправлениями.

23. Рожкова Л.Д. Электрооборудование электрических станций и подстанций: учебник для студ. сред. проф. Образования / Л.Д.Рожкова, Л.К.Карнеева, Т.В.Чиркова. – 5-е изд., стер. – Москва: Издательский центр «Академия», 2008. – 448с.
24. Руководящие указания по расчёту токов короткого замыкания и выбору электрооборудования. - Москва: НЦ ЭНАС, 2000. – 800 с.
25. Сборник методических пособий по контролю состояния электрооборудования под ред. Когана Ф.Л. – Москва: ЗАО «Энергосервис», 2001. – 496с.
26. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Технология энергосбережения: Учебник. – Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2006. – 352с.
27. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: В 2 т. Т.1. Электроснабжение/Под общ. ред. А.А.Федорова. – Москва: Энергоатомиздат, 2012. – 568 с.: ил.
28. Типовой проект №12372гм. Разработка модернизированных схем и НКУ генерирования и распределения постоянного тока для ПС.
29. Филатов А.А. Обслуживание электрических подстанций оперативным персоналом – Москва: Энергоатомиздат, 1990 – 304с.: ил.
30. Шеховцов В.П. Справочное пособие по электрооборудованию Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2009. – 136 с.
31. Эрганова Н.Е. Методика профессионального обучения: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Н.Е. Эрганова. – 2-е изд., стер. – Москва: Издательский центр «Академия», 2008. – 160с.
32. Ю.В. Кузнецов, С.В. Федорова. Энергосберегающие технологии и мероприятия в системах энергоснабжения. Учебное пособие. Екатеринбург: УРО РАН, 2008. 356с.

Форм. зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.		
	ВЗП1	ВЗП-110/48-80/40 – УХЛ4	Выпрямитель зарядно-подзарядный Номинальное выходное напряжение «Канал 1» - «Канал 2» - 48В, с номинальным выходным «Канал 1» - 80А, «Канал 2» - 40А	2шт т			
	АБ		Аккумулятор 15GroE375 (375 Ач, dc) – 66шт	1шт т			
			<u>Щит постоянного тока (ЩПТ)</u>				
	FU1	UT4-HESI	3 клеммы с держателем предохранителя UT4-HESI + 3 предохранителя 5*20 2А	1шт т	Phoenix Contact		
	FU2-FU7	UT4-HESI	2 клеммы с держателем предохранителя UT4-HESI + 2 предохранителя 5*20 2А	2шт т	Phoenix Contact		
	QF1-QF4, QF7-QF11	ВА 55-41-45-1100-20УХЛ4	Выключатель постоянного тока 2-х полюсный In=250А с полупроводниковым МРТ6, с доп контактами	9шт т			
	QF5, QF13	LPN-DC-40C-2	Выключатель постоянного тока 2-х полюсный In=40А, характеристика «С»	1шт т	QEZ		
	QF6, QF12	LST-DC-100C-2	Выключатель постоянного тока 2-х полюсный In=100А, характеристика «С»	2шт т	QEZ		
Из	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.	Бабузов						
Пров.							
Н.контр							
УТВ.							
Система оперативного постоянного тока					Лит.	Лист	Листов
						2.1	1
					ФГАОУ ВО РГППУ, Институт ИПО, УПЭ-401		

Форм	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
		S1-S4	INV250 4P Schneider	Выключатель-разъединитель Interpact INV 4-х полюсный, 250А с доп. контактами QF («включено/отключено»)	9ш Т	Schnider Electric
		S26-S30				
		S5-S8	INV400 3P Schneider	Выключатель-разъединитель Interpact INV 3-х полюсный, 400А с доп. контактами QF («включено/отключено»)	6ш Т	Schnider Electric
		S19, S20				
		S9, S12	OT160E4C	Реверсивный рубильник 4-х полюсный, 160А с доп. контактами	2ш Т	ABB
		S10, S11	OT400E4C	Реверсивный рубильник 4-х полюсный, 400А с доп. контактами	2ш Т	ABB
		S24, S25	OT400E3C	Реверсивный рубильник 3-х полюсный, 400А с доп. контактами	2ш Т	ABB
		S26, S27	OT63E3C	Реверсивный рубильник 3-х полюсный, 63А с доп. контактами	2ш Т	ABB
		S13, S15 S21, S22	INV63 4P Schneider	Выключатель-разъединитель Interpact INV 4-х полюсный, 63А с доп. контактами QF («включено/отключено»)	4ш Т	Schnider Electric
		S14, S16 S17, S18	INV63 3P Schneider	Выключатель-разъединитель Interpact INV 3-х полюсный, 63А с доп. контактами QF («включено/отключено»)	4ш Т	Schnider Electric
						Лист
						2.2
Из	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

ИНСТРУКЦИЯ

по выполнению дидактического теста

по теме «Выполнение оперативных переключений в схемах электрических соединений станций и подстанций»

МДК.02.01. Техническая эксплуатация электрооборудования электрических станций, сетей и систем.

Уважаемые студенты!

Вашему вниманию представляется дидактический тест для проведения контрольного опроса. Вы должны выполнить предложенные вам тестовые задания за 45 минут и внести ответы в бланк ответа.

Предварительно вам необходимо заполнить справочные позиции бланка.

При внесении в бланк ответов на тестовые задания вы должны соблюдать правила заполнения бланка ответов в зависимости от вида тестового задания.

При выполнении заданий с формулировкой «Выберите один правильный вариант ответа.» вы должны выбрать один правильный ответ из предложенных и проставить его номер в соответствующую позицию в бланке ответа.

При выполнении заданий с формулировкой «Выберите несколько правильных вариантов ответа» вы должны выбрать несколько правильных ответов (не менее 2-х) из предложенных и проставить их номера в соответствующую позицию в бланке ответа.

При выполнении заданий с формулировкой «Установите правильную последовательность» необходимо расставить предложенные позиции в нужной последовательности и отразить её в бланке ответа.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

БЛАНК ОТВЕТА

на дидактический тест

для проведения контрольного опроса обучающихся по теме
«Выполнение оперативных переключений в схемах электрических
соединений станций и подстанций»

МДК.02.01. Техническая эксплуатация электрооборудования электрических
станций, сетей и систем.

ФИО студента _____

Группа _____

Дата _____

Ответы:

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____
6. _____
7. _____
8. _____
9. _____
10. _____
11. _____
12. _____
13. _____
14. _____
15. _____
16. _____
17. _____
18. _____
19. 1.____ 2.____ 3.____ 4.____ 5.____
20. 1.____ 2.____ 3.____ 4.____
21. 1.____ 2.____ 3.____ 4.____ 5.____ 6.____ 7.____
22. 1.____ 2.____ 3.____ 4.____

Подпись студента _____

Оценка _____

Проверил _____

(должность)

(подпись)

(ФИО)

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

КЛЮЧ ОТВЕТОВ

для дидактического теста

для проведения контрольного опроса обучающихся по теме
«Выполнение оперативных переключений в схемах электрических
соединений станций и подстанций»

МДК.02.01. Техническая эксплуатация электрооборудования
электрических станций, сетей и систем.

Ответы:

1. c
2. a
3. a
4. b
5. b
6. a
7. d
8. a
9. a
10. d
11. a, d
12. a, b, e
13. a, c, e
14. a, d
15. a, b, c, d, e
16. a, c, d
17. a, b, c, d, e, f
18. a, d, e, f, g
19. 1.d 2.c 3.e 4.a 5.b
20. 1.a 2.d 3.c 4.b
21. 1.a 2.c 3.b 4.e 5.d 6.g 7.f
22. 1.d 2.a 3.c 4.b