ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЕТЕВАЯ КОМПАНИЯ
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ»

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ
ПАО «ФСК ЕЭС»

СТО 56947007-
29.120.40.262-2018

Руководство по проектированию систем оперативного постоянного тока (СОПТ) ПС ЕНЭС. Типовые проектные решения

Стандарт организации

Дата введения: 18.12.2018

ПАО «ФСК ЕЭС»
2018

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации»; общие положения при разработке и применении стандартов организации – в ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения»; правила построения, изложения, оформления и обозначения национальных стандартов Российской Федерации, общие требования к их содержанию, а также правила оформления и изложения изменений к национальным стандартам Российской Федерации – ГОСТ Р 1.5-2012.

Сведения о стандарте организации

1. РАЗРАБОТАН: ООО «Высоковольтные электрические системы» и ООО Проектно-Инжиниринговая Компания «Реновация Отечественных Систем» (ПИК «РОС»).

2. ВНЕСЁН: Департаментом релейной защиты, метрологии и автоматизированных систем управления технологическими процессами, Департаментом инновационного развития.

3. УТВЕРЖДЁН И ВВЕДЁН В ДЕЙСТВИЕ: Приказом ПАО «ФСК ЕЭС» от 18.12.2018 № 476.

4. ВВЕДЁН ВЗАМЕН: СТО 56947007-29.11.20.40.093-2011 Руководство по проектированию систем оперативного постоянного тока (СОПТ) ПС ЕНЭС. Типовые проектные решения, утвержденного Приказом ОАО «ФСК ЕЭС» от 01.06.2011 № 316 «Об утверждении стандарта организации по проектированию систем оперативного постоянного тока».

Замечания и предложения по стандарту организации следует направлять в Департамент инновационного развития ПАО «ФСК ЕЭС» по адресу: 117630, Москва, ул. Ак. Челомея, д. 5А, электронной почтой по адресу: gost.e-ecolog.ru

Настоящий документ не может быть полностью или частично воспроизведён, тиражирован и распространён в качестве официального издания без разрешения ПАО «ФСК ЕЭС».

Содержание

1 Область применения 5
2 Нормативные ссылки 5
3 Термины и определения, обозначения и сокращения 9
4 Система оперативного постоянного тока и её потребители 22
5 Структура СОПТ 27
6 Типовая структура СОПТ и её модификации 44
7 Описание схем различных структур СОПТ (Приложение А) 45
8 Технические требования к элементам СОПТ 53
9 Задание на проектирование строительной части ПС, с учетом требований СОПТ 72
10 Методика проектирования СОПТ 73
Приложение А. Рисунок А.1. (Типовая схема СОПТ) 80
Приложение А. Рисунок А.2. (СОПТ для ПС с КРУЭ) 81
Приложение А. Рисунок А.3. (СОПТ для ПС с КРУ с ШП) 82
Приложение А. Рисунок А.4. (СОПТ с ВДУ) 83
Приложение А. Рисунок А.5. (СОПТ с хвостовыми элементами АБ) 84
Приложение А. Рисунок А.6. (Схема полной реконструкции СОПТ для действующих ПС) 85
Приложение А. Рисунок А.7.1 Частичная реконструкция СОПТ, необходимая для подключения к ней МП РЗ (одного – двух присоединений) 86
Приложение А. Рисунок А.7.2 Частичная реконструкция СОПТ, необходимая для подключения к ней МП РЗ (трех и более присоединений) 86
Приложение А. Рисунок А.7.3 Частичная реконструкция СОПТ – замена АБ 87
Приложение Б. Газовыделение и требования к вентиляции помещений аккумуляторных батарей.888
Приложение В. Принципы построения устройств РЗА и управления, максимально влияющие на конфигурацию СОПТ. 91
Приложение Г. Технические требования на разработку ЩПТ с повышенной интеграцией элементов модульной конструкции (ЩПТм) 100
Приложение Д. Анализ схем СОПТ существующих ПС с точки зрения их надежности и рекомендации по их реновации. 109
Приложение Е. Выбор АБ при использовании ВДУ. 114
Библиография 131

Введение

Настоящие типовые проектные решения разработаны взамен ранее выпущенных под тем же названием типовых проектных решений, утвержденных приказом ОАО «ФСК ЕЭС» от 01.06.2011 № 316.

В настоящей редакции сохранилась актуальность следующих предпосылок, послуживших причиной разработки предыдущей редакции:

– ряд новых документов [1, 2, 3], регламентирующих различные аспекты построения СОПТ, носят концептуальный характер и не содержат детализации процесса проектирования;

– основные типовые технические решения, приведенные в типовых материалах [4, 5], разработаны в 80-х годах прошлого века и с позиций сегодняшнего дня частично устарели, не в полной мере охватывают современные подходы к проектированию [1, 2];

– в настоящее время, появились новые, значимые для нормальной работы объектов энергетики требованиям к СОПТ, ранее не имеющие значения.

Помимо этого, выпуск настоящей редакции определен:

– необходимостью внести изменения по замечаниям, поступившим на первую редакцию;

– необходимостью выполнить анализ и обобщение большинства, выпущенных начиная с 1990 года и по настоящее время проектных разработок в области систем оперативного постоянного тока, связанных с появлением на рынке современных источников постоянного тока, нового поколения коммутационного оборудования, микропроцессорных систем защиты.

К настоящему времени накоплен достаточный опыт не только проектирования, но и эксплуатации этих устройств, выявивший некоторые ошибки в принятых ранее проектных решениях.

В дополнение к анализу конкретных примеров СОПТ, на уже введенных в работу объектах, в настоящей работе рассмотрены и учтены, все на настоящий момент выпущенные и принятые к руководству нормативные документы (1–10). В части расхождения с этими документами настоящей работы в ней даны дополнительные комментарии и пояснения.

Выпуск настоящей редакции, помимо вышеназванных причин обусловлен также сложившимися к настоящему времени предпосылками для разработки новых перспективных направлений проектирования СОПТ.

В настоящем стандарте приведены типовые технические решения СОПТ для подстанций (ПС) с высшим напряжением от 35 до 750 кВ.

1 Область применения

Настоящий стандарт организации распространяется на системы оперативного постоянного тока (СОПТ) подстанций ЕНЭС. В стандарте представлены руководство по проектированию систем оперативного постоянного тока и типовые проектные решения.

Документ является обязательным при проектировании, комплексном техническом перевооружении и реконструкции СОПТ подстанций ПАО «ФСК ЕЭС».

2 Нормативные ссылки

ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ Пожарная безопасность. Общие требования (с Изменением № 1).

ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов (с Изменением № 1).

ГОСТ 12.2.007.0-75 ССБТ Изделия электротехнические Общие требования безопасности (с Изменениями № 1 – 4).

ГОСТ 12.2.007.6-75 ССБТ Аппараты коммутационные низковольтные. Требования безопасности (с Изменениями № 1 – 4).

ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.

ГОСТ 6827-76 (МЭК 59(1938), СТ СЭВ 780-77) Электрооборудование и приемники электрической энергии. Ряд номинальных токов (с Изменениями № 1 – 2).

ГОСТ 8711-93 (МЭК 51-2-84) Приборы аналоговые показывающие электроизмерительные прямого действия и вспомогательные части к ним. Часть 2 Особые требования к амперметрам и вольтметрам.

ГОСТ 10374-93 (МЭК 51-7-84) Приборы аналоговые показывающие электроизмерительные прямого действия и вспомогательные части к ним. Часть 7. Особые требования к многофункциональным приборам.

ГОСТ 12434-83 Аппараты коммутационные низковольтные Общие технические условия.

ГОСТ 14254-15 (IEC 60529:2013)Степени защиты, обеспечиваемые оболочками. (Код IP).

ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия

эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды (с Изменениями № 1 – 5).

ГОСТ 15543.1-89 Изделия электротехнические и другие технические изделия. Общие требования в части стойкости к климатическим внешним воздействующим факторам (с Изменением № 1).

ГОСТ 16962.2-90 Изделия электротехнические. Методы испытаний на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам (с Изменением № 1).

ГОСТ 17242-86 (СТ СЭВ 3242-81) Предохранители плавкие силовые низковольтные. Общие технические условия.

ГОСТ 17516.1-90 Изделия электротехнические. Общие требования в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам (с Изменениями № 1 – 2).

ГОСТ 18142.1-85 Выпрямители полупроводниковые мощностью свыше 5 кВт. Общие технические условия (с Изменением № 1).

ГОСТ 18311-80 Изделия электротехнические. Термины и определения основных понятий (с Изменениями № 1 – 2).

ГОСТ 18620-86 Изделия электротехнические. Маркировка (с Изменением № 1, с Поправкой).

ГОСТ 19132-86 Зажимы наборные контактные. Общие технические условия.

ГОСТ 21128-83 Системы электроснабжения, сети, источники, преобразователи и приемники электрической энергии. Номинальные напряжения до 1000 В (с Изменением № 1).

ГОСТ 22483-12 (IEC 60228: 2004) Жилы токопроводящие для кабелей, проводов и шнуров (с Поправкой).

ГОСТ 25154-82 Зажимы контактные наборные с плоскими выводами. Конструкция, основные параметры и размеры.

ГОСТ IEC 60227-1-11 Кабели с поливинилхлоридной изоляцией на номинальное напряжение до 450/750 В включительно. Часть 1. Общие требования.

ГОСТ 23706-93 (МЭК 51-6-84) Приборы аналоговые показывающие электроизмерительные прямого действия и вспомогательные части к ним. Часть 6. Особые требования к омметрам (приборам для измерения полного сопротивления) и приборы для измерения активной проводимости.

ГОСТ 24855-81 Преобразователи измерительные тока, напряжения, мощности, частоты, сопротивления аналоговые. Общие технические условия (с Изменением № 1).

ГОСТ 25953-83 Преобразователи электроэнергии полупроводниковые мощностью 5 кВ · А и выше. Параметры.

ГОСТ 26830-86 Преобразователи электроэнергии полупроводниковые силовые мощностью до 5 кВ · А включительно. Общие технические условия.

ГОСТ 29176-91 Короткие замыкания в электроустановках. Методика расчета в установках постоянного тока.

ГОСТ 30804.6.2-13 (IEC 61000-6-2:2005) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электромагнитным помехам технических средств, применяемых в промышленных зонах. Требования и методы испытаний.

ГОСТ 30804.6.4-13 (IEC 61000-6-4:2006) Совместимость технических средств электромагнитная. Электромагнитные помехи от технических средств, применяемых в промышленных зонах. Нормы и методы испытаний.

ГОСТ 31196.2-12 (IEC 60269-2:1986) Предохранители плавкие низковольтные. Часть 2. Дополнительные требования к плавким предохранителям промышленного назначения.

ГОСТ 31196.2.1-12 (IEC 60269-2-1:1987) Предохранители плавкие низковольтные. Часть 2-1. Дополнительные требования к плавким предохранителям промышленного назначения. Разделы I-III.

ГОСТ 32133.2-13 (IEC 62040-2:2005) Совместимость технических средств электромагнитная. Системы бесперебойного питания. Требования и методы испытаний.

ГОСТ IEC 60439-3-12 Устройства комплектные низковольтные распределения и управления. Часть 3. Дополнительные требования к устройствам распределения и управления, предназначенным для эксплуатации в местах, доступных неквалифицированному персоналу, и методы испытаний.

ГОСТ IEC 61140-12 Защита от поражения электрическим током. Общие положения безопасности установок и оборудования (с Поправкой).

ГОСТ Р 50030.2-10 (МЭК 60947-2:2006) Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 2. Автоматические выключатели.

ГОСТ Р 51317.6.5-06 (МЭК 61000-6-5:2001) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электромагнитным помехам

технических средств, применяемых на электростанциях и подстанциях. Требования и методы испытаний.

ГОСТ Р 51317.4.17-00 (МЭК 61000-4-17-99) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к пульсациям напряжения электропитания постоянного тока. Требования и методы испытания.

ГОСТ Р 51317.6.5-06 (МЭК 61000-6-5:2001) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электромагнитным помехам технических средств, применяемых на электростанциях и подстанциях. Требования и методы испытаний.

ГОСТ Р 51321.1-07 (МЭК 60439-1:2004) Устройства комплектные низковольтные распределения и управления. Часть 1. Устройства, испытанные полностью или частично. Общие требования и методы испытаний.

ГОСТ Р 51977-02 Моноблоки аккумуляторные пластмассовые. Технические условия.

ГОСТ Р 52736-07 Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета электродинамического и термического действия тока короткого замыкания.

ГОСТ Р МЭК 60269-1-10 Предохранители низковольтные плавкие. Часть 1. Общие требования.

ГОСТ Р МЭК 60870-5-101-06 Устройства и системы телемеханики. Часть 5. Протоколы передачи. Раздел 101. Обобщающий стандарт по основным функциям телемеханики.

ГОСТ Р МЭК 60870-5-103-05 Устройства и системы телемеханики. Часть 5. Протоколы передачи. Раздел 103. Обобщающий стандарт по информационному интерфейсу для аппаратуры релейной защиты.

ГОСТ Р МЭК 60870-5-104-04 Устройства и системы телемеханики. Часть 5. Протоколы передачи. Раздел 104. Доступ к сети для ГОСТ Р МЭК 870-5-101 с использованием стандартных транспортных профилей.

ГОСТ Р МЭК 60896-11-15 Батареи свинцово-кислотные стационарные. Часть 11. Открытые типы. Общие требования и методы испытаний.

ГОСТ Р МЭК 60896-21-13 Батареи свинцово-кислотные стационарные. Часть 21. Типы с регулирующим клапаном. Методы испытаний.

ГОСТ Р МЭК 60896-22-15 Батареи свинцово-кислотные стационарные. Часть 22. Типы с регулирующим клапаном. Требования.

ГОСТ Р МЭК 60949-09 Расчет термически допустимых токов короткого замыкания с учетом неадиабатического нагрева.

3 Термины и определения, обозначения и сокращения

3.1 В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

Автоматический выключатель - Механический коммутационный аппарат, способный включать, проводить и отключать токи при нормальных условиях цепи, включать и проводить токи в течение определенного промежутка времени и прерывать их при определенных аномальных условиях цепи, например, при коротких замыканиях.

Аккумулятор - Накопитель энергии, допускающий собственный многократный заряд и разряд. Энергия, используемая в аккумуляторах, может быть электрической, механической, тепловой или относиться к любому другому виду энергии. В настоящем стандарте под определением «аккумулятор» понимается накопитель с электрохимическим преобразованием энергии.

Основными его параметрами являются номинальное напряжение ($U_{ном}$), внутреннее сопротивление току разряда ($R_{вн}$) и электрическая емкость (С). В паспортных данных, емкость свинцово - кислотных аккумуляторов, как правило, дается для десятичасового тока разряда (С10).

Аккумуляторная батарея (АБ) - Последовательное соединение аккумуляторов с целью получения их суммарного выходного напряжения. АБ характеризуется условной величиной $U_{номАБ}$.

$U_{номАБ}$ не равняется номинальному напряжению сети $U_{ном}$. АБ используются, как источники питания электроприемников при исчезновении переменного напряжения собственных нужд ПС, а также при необходимости обеспечения питания нагрузок, потребляющих в кратковременном режиме мощность, значительно превышающую возможность зарядного подзарядного

устройства (ЗПУ).

Аккумулятор с регулирующим клапаном	-	Аккумулятор, закрыт в нормальных условиях, но имеет устройство, позволяющее выпускать газ при превышении внутренним давлением заданного значения. В такой аккумулятор в обычных условиях невозможно добавить электролит.
Аккумулятор открытого типа	-	Аккумулятор, в котором газы, выделяющиеся в процессе заряда, могут свободно выходить наружу. Современные аккумуляторы открытого типа для снижения выхода аэрозолей электролита имеют крышку с ввинченной в неё пробкой с фильтром из пористой керамики. В такой аккумулятор возможна доливка дистиллированной воды.
Блок аварийного освещения (БАО)	-	Устройство, предназначенное для питания сети аварийного освещения с не менее чем с двумя взаимно резервируемыми источниками питания и гальванической развязкой этой сети от цепей постоянного тока устройств релейной защиты.
Блок выносных предохранителей (БВП)	-	Распределительное устройство, устанавливаемое в максимальной близости к АБ (на внешней стене помещения АБ) с размещенными в нем предохранителями первого уровня защиты.
Блок формирования нейтрали СОПТ (БФН)	-	Пассивное или активное устройство, снижающее величину напряжения «перекоса полюсов АБ относительно «земли» до значения $0.6U_{ном}$.
Выпрямительное устройство (ВУ)	-	Устройство, обеспечивающее преобразование переменного напряжения в постоянное.
Вольтодобавочное устройство (ВДУ)	-	Стабилизатор постоянного тока повышающего типа, предназначенный для компенсации снижения напряжения на АБ.
Гальваническая связь	-	Связь электрических цепей посредством электрического поля в проводящей среде.

Глубина разряда аккумулятора	-	Показатель, характеризующий соотношение энергии, снятой при разряде аккумулятора к энергии полностью заряженного аккумулятора. Косвенным показателем глубины разряда является величина напряжения между его полюсами, замеренная в режиме разряда на нагрузку определенной величины. Для кислотных аккумуляторов таким показателем может быть так же плотность электролита.
Емкость сети СОПТ относительно земли	-	Суммарная (фарадеевая) емкость полюсов сети СОПТ относительно земли. Параметр способный при значительной своей величине и некоторой не симметрии изоляции полюсов на "землю" привести к излишнему срабатыванию устройств вторичной коммутации при замыкании на "землю" в их цепях.
Зарядное устройство	-	Преобразователь переменного тока в постоянный, обеспечивающий заряд аккумуляторной батареи по заданному закону.
Зарядно-подзарядное устройство (ЗПУ).	-	Преобразователь переменного тока в постоянный, обеспечивающий как заряд аккумуляторной батареи по заданному закону, так и способный поддерживать в автоматическом режиме в заданных пределах значения выходного тока или напряжения по заранее выбранной программе.
Защита от обратного напряжения.	-	Диодный мост, включенный между «плюсом» и «минусом» АБ в обратном направлении и предназначенный для шунтирования ЭДС, возникающих на индуктивностях в цепях АБ при их размыкании. Подключение средней точки диодного моста к «земле», позволяет использовать его так же в качестве защиты от импульсных перенапряжений.
Зонная концепция защиты от перенапряжений	-	Концепция, учитывающая последовательное снижение перенапряжений при переходе от одной зоны молниезащиты в другую. В

		настоящей работе количество зон ограничено до двух – зона подключения МП РЗА и зона подключения ЭлМ РЗА. Названные зоны имеют гальваническую связь только на шинах ЩПТ.
Зона подключения ЭлМ РЗА	-	Секция шин, от которой отходят линии, проложенные в области жесткой (III) и крайне жесткой (IV) степени ЭМО – зона подключения полевых соединений, соединений с высоковольтным оборудованием, соединений с линиями связи и линиями питания электромагнитных устройств РЗА (ШРОТ ЭлМ РЗА, КРУ).
Зона подключения МП РЗА	-	Секция шин, от которой отходят линии, проложенные в области легкой (класс I) или средней (класс II) степени ЭМО – зона подключения линий питания, проложенных внутри помещений РЗА и не связанных с электромеханическими РЗА (ШРОТ МП РЗА).
Компоненты СОПТ	-	Устройства и кабели вторичной коммутации, входящие в состав СОПТ.
Местный щит управления	-	Щит, отдельно стоящий от ЦЩУ, имеющий свою собственную СОПТ, но без помещения под АБ.
Мониторинг - функция	-	Функция непрерывного сбора текущей информации об объекте с последующей её обработкой, хранением в электронных архивах и отображением в удобоваримой форме на экране диспетчера. В функцию мониторинга могут входить диагностика и прогноз состояния оборудования. Дискретность архивов мониторинга – не более 1 с.
Мониторинг - Устройство связи с объектом (УСО)	-	Локальный контроллер (гальванические связи в пределах одного шкафа, щита), выполняющий функции устройства связи с объектом - осуществляющий сбор и преобразование в цифровой код информации об этом объекте.

Мониторинг - Система (СМ)	-	Совокупность локальных УСО, централизованных блоков хранения, обработки и визуализации информации, объединенных единой цифровой сетью и единством решаемых задач.
Моноблок	-	Несколько последовательно включенных и объединенных в одном корпусе аккумуляторов.
Напряжение АБ ($U_{АБ}$)	-	Текущее действующее значение напряжения АБ, величина которого зависит от режима АБ (подзаряд, разряд и тому подобное) и от степени заряженности АБ. Во всех режимах параллельной работы АБ с нагрузкой, $U_{АБ}$ не должно выходить за границы +10 -15 % $U_{ном}$.
Несимметрия емкости полюсов СОПТ относительно "земли"	-	Разница суммарной емкости положительного и суммарной емкости отрицательного полюсов СОПТ относительно "земли". Параметр, влияющий на коэффициент преобразования синфазной помехи в дифференциальную.
Несимметрия сопротивления изоляции полюсов СОПТ относительно "земли"	-	Разница суммарного сопротивления изоляции положительного и суммарного сопротивления изоляции отрицательного полюсов СОПТ относительно "земли". Параметр способный при некоторой своей величине и достаточной суммарной емкости полюсов на "землю" привести к излишнему срабатыванию устройств вторичной коммутации при замыкании на "землю" в их цепях.
Номинальное значение параметра электротехнического изделия	-	Значение параметра, указанное изготовителем, при котором изделие должно работать в течение всего срока эксплуатации. Является исходным для отсчета отклонений.
Нормально допустимое отклонение параметра электротехнического изделия	-	Диапазон значений параметра, в пределах которого изделие может работать в течение всего срока эксплуатации.

Номинальное напряжение аккумулятора ($U_{ном\,А}$)	-	Условный, усредненный параметр напряжения аккумулятора, характеризующий его тип.
Номинальное напряжение АБ ($U_{номАБ}$)	-	Условный, усредненный параметр напряжения АБ, характеризующий тип входящих в неё аккумуляторов и их количество.
Номинальное напряжение СОПТ ($U_{ном}$)	-	Базисное напряжение из стандартизированного ряда напряжений, определяющий уровень изоляции сети и электрооборудования. Для СОПТ $U_{ном}$ принято = 220 В. При дополнительном обосновании допускается использовать $U_{ном}$ =110 В.
Оперативный ток	-	Ток, при помощи которого осуществляется управление и поддержание в работоспособном состоянии высоковольтных коммутационных аппаратов и их приводов, питание устройств защиты, блокировок, автоматики, сигнализации, мониторинга и т.п.
Оперативный ток - постоянный	-	Оперативный ток с постоянной величиной напряжения источников, в составе которых находится накопитель электрической энергии в виде аккумуляторной батареи.
Оперативный ток - переменный	-	Оперативный ток, который с заданной периодичностью изменяется по величине и направлению, источником которого могут быть, установленные на ПС трансформаторы, инверторы или генераторы переменного тока.
Оперативный ток – выпрямленный	-	Оперативный ток с постоянной величиной напряжения источников, в составе которых отсутствуют накопители электрической энергии.
Поддерживающий заряд	-	Заряд АБ напряжением, компенсирующим поляризационный потенциал АБ и её саморазряд (режим подзаряда).
Полюс сети СОПТ	-	Совокупность гальванически связанных между собой проводников и клемм сети СОПТ одинаковой полярности относительно «земли».

Предохранитель	-	Одноразовый защитный, коммутационный электрический аппарат с калиброванной под заданную токо - временную характеристику и определенное значение номинального тока плавкой вставкой. Предохранитель предназначен для выявления и ликвидации аварийного режима путем разрушения электрической цепи (перегорание плавкой вставки).
Предельное допустимое отклонение параметра электротехнического изделия	-	Диапазон значений параметра, при выходе, за пределы которого производитель оборудования не гарантирует его исправную работу.
Пульсация тока	-	Переменная составляющая выпрямленного тока.
Регистрация аварийных событий объекта – система (система РАС).	-	Совокупность локальных блоков РАС, объединенных единой цифровой сетью и подключенных к общему устройству верхнего уровня, позволяющему рассматривать все аварийные события в едином времени и в едином формате отображения информации.
Регистратор аварийных событий – блок (блок РАС)	-	Локальное устройство сбора и хранения в заданном формате аварийной информации, имеющее собственные пусковые органы, энергонезависимую память и выход в локальную цифровую сеть для передачи на верхний уровень данных о произошедших событиях из собственного архива. Дискретность в записи значений мгновенных величин - не менее 1 мс.
Режим работы СОПТ	-	Один из трех возможных режимов работы СОПТ - нормальный, расчетный аварийный, аварийный.
Режим автономный работы СОПТ	-	Один из *расчетных аварийных* режимов СОПТ, при котором питание электроприемников постоянного тока осуществляется только от аккумуляторной

батареи.

Сборка	-	Ряд электрических клемм, объединяющих три или более проводника в общий эквипотенциальный узел.
Секция шин	-	Часть сборных шин распределительного щита, отделенная от другой ее части коммутационным аппаратом.
Сигнализация – функции	-	Функции преобразования информации о ходе процессов или о состоянии объектов в сигналы удобные для восприятия человеком. На подстанциях применяется сигнализация положения коммутационных аппаратов, аварийная сигнализация отключения первичного оборудования устройствами РЗ и ПА и предупредительная сигнализация, выхода текущих параметров вторичных устройств или их положения за заданные пределы.
Сигнализация – локальное устройство	-	Устройство или группа устройств, выполняющих функцию сигнализации в пределах одного терминала или шкафа.
Сигнализация - центральная	-	Цепи вторичной коммутации, объединяющие локальные устройства сигнализации и устройство, к которому все эти цепи подключены для визуального отображения изменения текущих событий в одном месте со звуковым предупреждением. На новых подстанциях устройство центральной сигнализация поставляется в усеченном виде и предназначено для резервирования сигнализации, выведенной в АСУ ТП.
Система мониторинга и сигнализации.	-	Система, объединяющая в себе функции мониторинга и сигнализации.
Система оперативного постоянного тока (СОПТ)	-	Совокупность преобразовательных, накопительных, распределительных устройств и кабельной распределительной сети электрической энергии постоянного тока, которые объединены общей задачей: обеспечить питание постоянным оперативным

		током все подключенные к ним устройства вторичной коммутации, как в нормальном режиме, так и в течение заданного времени при исчезновении напряжения на шинах собственных нужд. СОПТ не может рассматриваться, как отдельная система, а только в составе СОТ и в совокупности с системами релейной защиты, управления и с учетом их особенностей.
Система оперативного тока (СОТ)	-	Совокупность источников электрического тока, а также преобразовательных, накопительных и распределительных устройств и кабельной распределительной сети электрической энергии, которые объединены общей задачей: обеспечить питание собственных нужд энергообъекта постоянным или переменным током. Составной частью СОТ является СОПТ.
СОПТ - централизованная	-	Система питания оперативным постоянным током с общим комплектом преобразователей и накопителей для всех устройства вторичной коммутации всей ПС или её части.
СОПТ - децентрализованная	-	Система питания оперативным постоянным тока, в которой группы или отдельные устройства вторичной коммутации имеют в схеме питания индивидуальные накопители.
Термокомпенсация	-	Автоматическое регулирование величины напряжения поддерживающего заряда в зависимости от температуры аккумулятора.
Толчковая нагрузка	-	Резкое кратковременное (не более 10 с) увеличение тока нагрузки.
Цепи вторичной коммутации (цепи ВК)	-	Совокупность кабелей и проводов, соединяющих устройства управления, автоматики, сигнализации, защиты и измерения электростанции [подстанции].
Уровень защиты	-	Совокупность всех защитных аппаратов, удаленных электрически от АБ или иного источника питания на одно и то же

		количеством защитных аппаратов более высокого уровня.
Уровень защиты - первый	-	Совокупность защитных аппаратов, не имеющих на участке гальванической связи с АБ ни одного защитного аппарата.
Уровень защиты - второй	-	Совокупность защитных аппаратов, имеющих на участке гальванической связи с АБ только защитный аппарат первого уровня.
Уровень защиты - третий	-	Совокупность защитных аппаратов, имеющих на участке гальванической связи с АБ защитный аппарат первого и второго уровня.
Уравнительный заряд	-	Подача повышенного напряжения на уже заряженную АБ с целью выравнивания между собой заряда её отдельных элементов. Для кислотных АБ с жидким электролитом, при этом так же происходит выравнивание плотности электролита в каждом элементе по высоте. Характеризуется повышенным уровнем газообразования.
Ускоренный заряд	-	Заряд АБ повышенным напряжением после её полного или частичного разряда. Выполняется в соответствии с инструкцией завода – изготовителя и позволяющий восстановить не менее 90 процентов ее заряда в течение не более 8 ч.
Устройства вторичной коммутации (УВК)	-	Электрическая часть приводов первичного оборудования, вторичные обмотки первичного оборудования, устройства релейной защиты, автоматики, сигнализации, блокировок, мониторинга или устройства их собственного питания.
Шкаф распределения оперативного тока (ШРОТ)	-	Распределительный шкаф постоянного тока с автоматическими выключателями, с парным количеством секций, имеющих гальваническую связь только с одной АБ.
Шкаф с DC/DC преобразователями	-	Шкаф с гальванической развязкой цепей постоянного тока, распределительным устройством с автоматическими

		выключателями, собственной двухуровневой системой защиты и контролем изоляции.
Шкаф вспомогательного питания и сигнализации (ВПС)	-	Шкаф с DC/DC преобразователями, предназначенный для питания периферийных цепей АСУ ТП, микропроцессорной блокировки и цепей сигнализации зоны "ЭлМ РЗА".
Шкаф резервного питания (РП)	-	Шкаф с DC/DC преобразователями, предназначенный для питания шинки резервного питания.
Шинка резервного питания	-	Шинка питания, предназначенная для поиска фидера с поврежденной изоляцией, путем перевода на неё поочередно всех присоединений, подключенных ко всем ШРОТ и для выделения этого фидера на изолированную работу до момента устранения повреждения персоналом службы РЗА. В нормальном режиме шинка резервного питания гальванически изолирована от цепей АБ.
Щит постоянного тока (ЩПТ)	-	Распределительное устройство постоянного тока, коммутирующее вводы от источников питания и кабельные линии групп электроприемников.
Щит модульный с повышенной степенью интеграции элементов (ЩПТм)	-	ЩПТ, модули которого являются укрупненными готовыми элементами, включающими в себя устройство коммутации и защиты, цепи мониторинга и контроля изоляции. Подключение модулей ко всем внешним силовым, контрольным и цифровым цепям, выполняется при помощи разъемов.
Электроприемники, потребители	-	Аппараты, агрегаты, устройства, потребляющие для своей работы электрическую энергию.

3.2 В настоящем стандарте применены обозначения и сокращения:

АБ	-	аккумуляторная батарея;
АВ	-	автоматический выключатель;

АСУ ТП	-	автоматизированная система управления технологическим процессом;
АПЗЗ	-	устройство автоматического поиска фидера с замыканием на землю;
АПЖТ	-	автоматика пожаротушения;
АРМ	-	автоматизированное рабочее место;
АУВ	-	автоматика управления выключателем;
БАО	-	блок аварийного освещения;
БВП	-	блок выносных предохранителей;
БФН	-	блок формирования нейтрали;
ВВ	-	высоковольтный выключатель;
ВДУ	-	вольтодобавочное устройство;
ВК	-	вторичная коммутация;
ВПС	-	шкаф вспомогательного питания и сигнализации;
ВУ	-	выпрямительное устройство;
ЗПУ	-	зарядно подзарядное устройство;
ИБП	-	источник бесперебойного питания;
КЗ	-	короткое замыкание;
КРУ	-	комплектное распределительное устройство;
КРУЭ	-	комплектное распределительное устройство элегазовое;
МВ	-	высоковольтный масляный выключатель;
МП РЗА	-	микропроцессорные устройства РЗА;
МЩУ	-	местный щит управления;
ОБР	-	оперативная блокировка разъединителей;
ОРУ	-	открытое распределительное устройство;
ПА	-	противоаварийная автоматика;
ППЗЗ	-	переносное устройство поиска замыкания на землю;
ПС	-	подстанция;
ПТК	-	программно-технический комплекс;

ПТЭ	-	правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации;
ПУЭ	-	правила устройства электроустановок;
РАС	-	регистратор аварийных событий;
РЗА	-	релейная защита и автоматика;
РП	-	шкаф резервного питания;
РУПТ	-	распределительное устройство постоянного тока;
РЩ	-	релейный щит;
СОПТ	-	система оперативного постоянного тока;
СОТ	-	система оперативного тока;
ССПТИ	-	система связи передачи технологической информации;
ТМ	-	телемеханика;
ТО и ТУ	-	телеотключение и телеуправление;
УВК	-	устройства вторичной коммутации;
УКИ	-	устройство контроля изоляции;
УСО	-	устройства связи с объектом;
ЦС	-	центральная сигнализация;
ЦЩУ	-	центральный щит управления;
ШАБ	-	шкаф с аккумуляторной батареей;
ШРОТ	-	шкаф распределения оперативного тока;
ЩПТ	-	щит постоянного тока;
ЩПТм	-	ЩПТ с повышенной интеграцией элементов модульной конструкции;
ЩСН	-	щит собственных нужд;
ЭлМ РЗА	-	электромеханические устройства РЗА;
МП РЗА	-	микропроцессорные устройства РЗА;
ЭМО	-	электромагнитная обстановка;
ЭО	-	электромагнит отключения;
ЭУ	-	электромагнит управления;

$U_{АБ}$ - текущее действующее значение напряжения АБ;

$U_{ном}$ - номинальное напряжение сети СОПТ;

$U_{номА}$ - номинальное напряжение аккумулятора;

4 Система оперативного постоянного тока и её потребители

4.1 СОПТ - как система

4.1.1 Система оперативного постоянного тока:

а) является связующим звеном между источниками электрической энергии и различными категориями потребителей оперативного постоянного тока;

б) представляет собой набор схем питания, обеспечивающих разный уровень надежности;

в) обеспечивает питание потребителей наиболее ответственных категорий, как в нормальном режиме, так и при обесточивании собственных нужд ПС;

г) должна иметь структуру (набор компонентов и схем питания), которая учитывает тип ПС (класс напряжения, тип РУ, типов ВВ, тип РЗА, и т.п.);

д) должна иметь структуру, учитывающую принципы построения основных потребителей постоянного оперативного тока (РЗА);

е) интегрируется в АСУ ТП по мониторингу нормального режима и регистрации аварийных сигналов.

4.2 Основные положения, которые необходимо учитывать при разработке СОПТ

4.2.1 Схемы питания и потребители делятся на разные группы по требованию надежности. При проектировании СОПТ не должна рассматриваться, как электроустановка, к которой произвольно, на одинаковых условиях подключаются все потребители постоянного оперативного тока ПС. Состав, как схем питания, так и потребителей оперативного тока весьма неоднороден. В состав СОПТ входят взаимно-зависимые и независимые источники питания и схемы, имеющие разные уровни надежности. Все потребители оперативного тока так же делятся на группы с разными требованиями к надежности их питания. Проектирование СОПТ должно включать в себя решения по их взаимному сочетанию.

4.2.2 Резервирование по питанию должно учитывать аппаратное резервирование питаемых устройств. Основными устройствами, питание которых осуществляется от СОПТ, являются РЗА, ПА и цепи управления ВВ. Все эти устройства имеют собственное аппаратное резервирование, что должно обязательно учитываться при распределении их по секциям ЩПТ, ШРОТ – взаимно резервирующие устройства должны питаться от разных АБ, а при наличии только одной АБ от разных секций ЩПТ.

Полноценное аппаратное резервирование исключает необходимость в организации резерва питания каждого комплекта в отдельности через индивидуальные ключи выбора питания (Приложение В).

Современная ПС подразумевает разделение всех основных вторичных устройств на два взаимно резервируемых комплекса. Применение второй АБ, второго ЩПТ в первую очередь следует рассматривать, как элемент второго (резервного) комплекса защиты присоединения, включающего в себя - второй комплект РЗА, вторые электромагниты отключения, вторые трассы для длинномерных кабелей, вторые ШРОТ (Приложение А). Индивидуальное резервирование по питанию требуется только для ответственных устройств, не имеющих аппаратного дублирования.

4.2.3 Все цепи, подключенные к СОПТ необходимо разделить с точки зрения ЭМО на две зоны:

– цепи, проложенные в области жесткой (III) и крайне жесткой (IV) степени ЭМО. Питание этих цепей осуществляется от зон подключения - «ЭлМ РЗА»;

– цепи, проложенные в области легкой (класс I) или средней (класс II) степени ЭМО. Питание этих цепей осуществляется от зон подключения - «МП РЗА».

Гальваническая связь цепей, принадлежащих к разным зонам, допускается только на шинах ЩПТ в непосредственной близости от АБ (12). Разделение на зоны «МП РЗА» и «ЭлМ РЗА» на головных защитных аппаратах требуется только в случае невозможности размещения АБ на расстоянии от ЩПТ менее 20 м (по длине кабеля).

4.2.4 Гальваническая связь неответственных цепей с цепями РЗА снижает надежность РЗА. Одними из наиболее опасных аварийных режимов СОПТ являются режим замыкания на землю в цепях СОПТ и режим попадания в эти цепи переменного тока 0.4 кВ. Оба режима увеличивают вероятность излишней работы релейной защиты и отключения первичного оборудования. Вероятность возникновения этих режимов возрастает многократно при наличии гальванических связей цепей РЗА с менее ответственными цепями. В настоящей работе рассматривается применение исключительно централизованной СОПТ, для которой разделение потребителей по разным уровням надежности требуется особенно актуально. Проектирование СОПТ должно учитывать, приведенную в настоящей работе, классификацию потребителей по уровням надежности и соответствие им разных схем питания (Таблица 2).

4.2.5 Не допускается объединение под одним головным защитным устройством силовых цепей электромагнитов включения баковых масляных выключателей или электромагнитов включения масляных выключателей КРУ со всеми остальными слаботочными цепями. Для ПС, на которых отсутствуют такие типы выключателей разделение силовых и слаботочных цепей на головных защитных устройствах не требуется.

4.2.6 Схемы питания могут иметь радиальную конфигурацию (ШРОТ), или кольцевую (КРУ или КРУЭ). При любой схеме питания должна обеспечиваться чувствительность, быстродействие и селективность защитных устройств СОПТ с достаточным коэффициентом надежности;

4.2.7 Критериями выбора схемы СОПТ для конкретной ПС являются:

– класс напряжения ПС;

– вид строительства (новая ПС, полная реконструкция, частичная реконструкция);

– тип распределительного устройства (ОРУ или КРУЭ);

– размеры ОРУ и удаленность его от РЩ;

– тип высоковольтных выключателей (масляные, элегазовые, воздушные);

– тип устройств РЗА (электромеханика, микроэлектроника или МП РЗА);

– тип выбранных АБ и ЗПУ.

Каждая из модификаций типовой структуры СОПТ имеет свою область применения. При разработке структуры СОПТ для конкретной ПС требуется выделить её отличительные признаки и по ним выбрать соответствующие технические решения в области СОПТ (раздел «7 Описание схем различных структур СОПТ»).

4.2.8 Проверке качества в ПАО «Россети» или ПАО «ФСК ЕЭС» [20] подлежат следующие устройства, используемые в разрабатываемой СОПТ:

– АБ;

– ЗПУ;

– БВП, ЩПТ, шкафы ВПС, РП (с устройствами перевода) и БАО, ШРОТы;

– аппаратура контроля и управления ЩПТ (мониторинга), включая средства измерения и контроля изоляции.

Устройства СОПТ должны быть представлены на проверку качества шкафами (панелями) и терминалами (УКИ с АПЗЗ, мониторинг).

4.3 Классификация потребителей оперативного тока*

4.3.1 Разные категории потребителей оперативного тока имеют **разные требования к надежности своего питания**. **Не допускается подключение потребителей с разным уровнем этих требований к одной шине СОПТ.**

4.3.2 Разные категории потребителей оперативного тока **сами имеют разный уровень надежности**. **Не допускается подключение потребителей с разным уровнем надежности к одной шине СОПТ.**

Нарушение этих правил влечет за собой:

– либо необходимость поднимать надежность, а значит и стоимость неответственных устройств до уровня РЗА;

– либо приведет к снижению надежности РЗА.

*Примечание. * – для более четкого распределения по схемам питания в классификации учтены потребители не только постоянного оперативного тока, но и переменного.*

4.3.3 Все потребители оперативного тока распределяются по следующим категориям надежности:

4.3.3.1 **Категория потребителей «А»**. Автоматические устройства, потеря питания которых может привести к повреждению первичного оборудования или к человеческим жертвам (РЗ, ПА, АУВ, ТО и ТС, АПЖТ). Данная категория имеет следующие подкатегории:

а) Категория потребителей «А1». Не допускающие потерю питания на время более 50 мс (блоки питания МП РЗА);

б) Категория потребителей «А2». Допускающие потерю питания только при кратковременном отключении для поиска земли (ЭлМ РЗА, входные и выходные цепи МП РЗА).

4.3.3.2 **Категория потребителей «В»**. Автоматизированные устройства, потеря питания которых ведет к увеличению времени ликвидаций аварии (АСУ ТП, ССПТИ, сигнализация, БАО, зависимые привода баковых и т.п.). Данная категория имеет следующие подкатегории:

а) Категория потребителей «В1». Устройства, имеющие собственную высокую надежность (размещенные в помещениях);

б) Категория потребителей «В2». Устройства, с пониженной надежностью (ВПС);

в) Категория потребителей «В3» Устройства с пониженной надежностью (зависимые привода баковых МВ).

4.3.3.3 **Категория потребителей «С»**.** Устройства способные при потере питания выполнить либо ограниченное количество циклов действия, либо имеющие альтернативное управление. Данная категория имеет следующие подкатегории:

а) Категория потребителей «С1». Цепи оперативной блокировки и управления разъединителями (имеется возможность перейти на ручное управление по бланку переключений);

б) Категория потребителей «С2». Устройства, имеющие собственные накопители энергии (двигатели независимых привод ВВ, оперативная связь, охранная и пожарная сигнализация);

в) Категория потребителей «С3». Устройства, имеющие резервное ручное управление (привода разъединителей);

4.3.3.4 **Категория потребителей «D»****. Устройства, имеющие высокую инерцию изменения состояния при потере питания (технологический обогрев);

4.3.3.5 **Категория потребителей «Е»**. Устройства, мощность которых можно значительно уменьшить в аварийном режиме (освещение и т.п.).

4.3.4 Рассмотренные категории потребителей расположены в порядке уменьшения требований к надежности их питания в Таблице 1.

*Примечание.** - устройства, имеющие собственные накопители энергии (электрической, механической, тепловой) не требуют питания от СОПТ.*

Таблица 1. Перечень потребителей СОТ с распределением их по категориям надежности

Категория	Подкатегория	Тип устройства	Сокращенное наименование
A	A1	Блоки питания микропроцессорных терминалов релейной защиты и автоматики, противоаварийной автоматики, автоматики управления выключателем, устройств связи, обеспечивающие передачу сигналов и команд РЗА – телеотключения и телеуправления, автоматики пожаротушения	МП РЗА, ПА, АУВ, ТО и ТУ, АПЖТ
	A1	Шкаф резервного питания	Шкаф РП
	A2	Входные и выходные цепи РЗА	в-РЗА
	A2	Входные и выходные цепи ПА	в-ПА
	A2	Входные и выходные цепи ТО и ТУ	в-ТО и ТУ
	A2	Периферийные цепи АПЖТ	в-АПЖТ
	A2	Существующие электромеханические РЗА	Сущ.ЭлМ РЗА
B	B1	Сервера АСУ ТП (верхний уровень)	Рез. п. - АСУ ТП в-у
	B1	Коммутаторы АСУ ТП (средний уровень), преобразователи аналоговых сигналов	Рез. п. - АСУ ТП с-у, ПАС
	B1	Блоки питания устройств связи с объектом и преобразователей дискретных сигналов (нижний уровень АСУ ТП)	Блоки питания УСО - АСУ ТП н-у, ПДС
	B2	Периферийные цепи устройств связи с объектом и преобразователей дискретных сигналов (нижний уровень АСУ ТП)	периферийные цепи УСО - АСУ ТП н-у, ПДС
	B2	Устройства вспомогательного питания и сигнализации (цепи, объединяющие входные цепи нижнего уровня АСУ ТП, сигнализации присоединения и блокировки разъединителей (только для микропроцессорной ОБР)	ВПС
	B2	Центральная сигнализация	ЦС
	B2	Устройства телемеханики	ТМ
	B2	Блоки аварийного освещения	БАО
	B2	Насосы пожаротушения	н-ПЖТ
	B2	Привода задвижек пожаротушения	з-ПЖТ
	B3	Зависимые привода баковых МВ	прив. бак МВ
C	C1	Цепи ОБР и управления разъединителей (только для ПС на электромеханике)	ОБР
	C2	Охранная и пожарная сигнализация	ОПС
	C2	Двигатели независимых приводов ВВ	прив. ВВ
	C2	Привода автоматических вводных и секционных выключателей 0,4 кВ ЩСН	ВВ и СВ 0.4
	C2	Устройства оперативной связи	Связь
	C3	Привода РПН трансформаторов и автотрансформаторов	РПН
	C3	Привода высоковольтных разъединителей	прив. РЗ
D		Цепи технологического обогрева	Обог.
E		Технологическое освещение	Осв.

5 Структура СОПТ

5.1 Состав СОПТ

5.1.1 Источники питания

а) Преобразователи:

1) зарядно-подзарядные устройства (ЗПУ), предназначенные для преобразования переменного напряжения собственных нужд ПС в стабилизированное постоянное напряжение для питания электроприемников и обеспечения режимов заряда и постоянного подзаряда АБ;

2) постоянного тока в постоянный ток (DC/DC), предназначенные для осуществления гальванической развязки между цепями разного уровня надежности;

3) постоянного тока в переменный ток (DC/AC), предназначенные для получения переменного напряжения с уровнем надежности превышающим надежность питания от ЩСН (в настоящей работе не рассматриваются);

4) вольтодобавочные устройства (ВДУ), предназначенные для компенсации разности напряжений подзаряда и заряда АБ;

5) источники бесперебойного питания (ИБП), имеющие свой внутренний накопитель, предназначенные для преобразования переменного напряжения собственных нужд ПС в стабилизированное переменное напряжение промышленной частоты и используемые для питания удаленной ответственной нагрузки (в настоящей работе не рассматриваются);

6) выпрямительные устройства (ВУ), предназначенные для преобразования переменного напряжения собственных нужд ПС в нестабилизированное постоянное напряжение. ВУ используются для питания цепей электромагнитной оперативной блокировки разъединителей (только для существующих ПС, не прошедших модернизацию).

б) Накопители:

1) аккумуляторные батареи (АБ), предназначенные для обеспечения питания потребителей при исчезновении переменного напряжения собственных нужд ПС, а также для питания нагрузок, потребляющих в кратковременном режиме значительную мощность, превышающую возможность ЗПУ;

2) конденсаторные блоки, предназначенные для питания РЗА в децентрализованной системе питания (в настоящей работе не рассматриваются).

5.1.2 Распределительные устройства постоянного тока (РУПТ):

а) блок выносных предохранителей (БВП), предназначен для распределения по секциям ЩПТ электроэнергии, идущей от АБ и ЗПУ, выполняет функции коммутации и защиты этих цепей (первый уровень защиты – строится на предохранителях);

б) щит постоянного тока (ЩПТ), предназначен для распределения по секциям ШРОТ, шинам КРУ и КРУЭ электроэнергии, идущей от источников и

накопителей, выполняет функции коммутации и защиты этих цепей (второй уровень защиты – строится на предохранителях);

в) шкаф распределения оперативного тока (ШРОТ), предназначен распределения электроэнергии по индивидуальным потребителям, выполняет функции коммутации и защиты их цепей (третий уровень защиты – строится на модульных АВ);

г) общая для всех ячеек КРУ или КРУЭ шина питания с подключенными к ней АВ. Шина организована по кольцевой схеме и предназначена для распределения электроэнергии между ячейками, выполняет функции коммутации и защиты их цепей. В каждой ячейке КРУ, последовательно с АВ дополнительно устанавливаются устройства перевода на шину резервного питания (ЕА), проложенную по всем этим ячейкам;

д) общая для всех панелей РЗА шина питания с подключенными к ней АВ или ПР. Шина организована по кольцевой схеме и предназначена для распределения электроэнергии между устройствами РЗА этих панелей, выполняет функцию коммутации и защиты их цепей (используется только на существующих ПС с ЭлМ РЗА).

5.1.3 Защитные и защитно-коммутационные устройства, входящие в состав РУПТ

а) автоматические выключатели постоянного тока индивидуальных потребителей (SF), выполняющие роль коммутационных и защитных аппаратов третьего уровня;

б) предохранители в составе мультиблоков, оснащенных элементами гашения дуги от тока нагрузки (QSF), выполняющие роль коммутационных и защитных аппаратов первого – второго уровней;

в) защита от обратного напряжения, предназначенная для снижения уровня перенапряжений при коммутации индуктивностей в цепях АБ.

5.1.4 Блок формирования нейтрали, устройства контроля изоляции и устройства поиск места замыкания на землю

а) Блок формирования нейтрали (БФН), предназначенный для выравнивания напряжения полюсов АБ относительно «земли» в нормальном режиме и согласования уставки аварийной сигнализации УКИ с допустимым снижением изоляции;

б) Устройство контроля изоляции (УКИ) с функцией контроля изоляции и сигнализации снижения её сопротивления до заданных уставок;

в) Устройство автоматического поиска фидера с замыканием на землю (АПЗЗ). Контролирует только фидера, отходящие от ЩПТ;

г) Переносное устройство поиска места замыкания на землю (ППЗЗ);

д) Шина резервного питания (ЕА) и подключенные к ней стационарные коммутационные аппараты. Предназначена, для поочередного перевода на неё цепей индивидуальных потребителей с целью выделения их на изолированную работу для поиска фидеров с замыканием на землю и его изоляции от цепей АБ.

5.1.5 Местная сигнализация, входящая в состав шкафов РУПТ и шкафов преобразователей

5.1.6 Блоки аварийной регистрации, входящие в состав системы регистрации аварийных событий (РАС) ПС

5.1.7 Система мониторинга СОПТ, состоящая из блоков мониторинга отдельных шкафов, объединенных единой цифровой связью и подключенная к АСУ ТП ПС по протоколу МЭК 61850-8-1 или по МЭК 60870-5-101, МЭК 60870-5-104

5.1.8 Кабельная распределительная сеть

5.2 Классификация схем питания оперативным током

5.2.1 Схема питания оперативным током должна обеспечить возможность подключения каждого потребителя к нескольким источникам оперативного тока. От надежности этой схемы зависит общая надежность работы потребителя оперативного тока. Все схемы питания оперативным током можно разделить по следующим категориям надежности в порядке её убывания:

5.2.1.1 **Категория питания «А»**. Шины ЩПТ, имеющие питание от двух ЗПУ (подключенных к разным секциям собственных нужд) и от аккумуляторной батареи (накопителя электрической энергии). АБ может подключаться, как напрямую к шинам ЩПТ (ED - Рисунки 1 и 2), (ШУ – см. рисунок А5 приложения А), так и через ВДУ (Рисунок 3). При этом, использование ВДУ требует выполнения следующих условий:

– должна сохраняться гальваническая связь АБ с цепями потребителей;

– ВДУ не должно ограничивать ток КЗ;

– надежность ВДУ должна быть не ниже надежности АБ*.

Примечание. * Надежность схемы складывается из надежности её работы в нормальном и в автономном режимах. ВДУ, как дополнительный элемент, в первом случаи снижает её надежность. Учитывая параллельное соединение трех устройств (ВДУ и шунтирующие его диод D1 и ручной рубильник S…2-3), надежность каждого из которых равна или превышает надежность АБ, можно принять, что это снижение составляет не более чем на 25 %. Во втором случаи надежность схемы будет выше за счет расширения диапазона напряжения работы АБ, при котором потребители будут работать в оптимальном для них режиме. Суммарная надежность схемы, при этом остается, как минимум, неизменной.

Данная категория имеет следующие подкатегории:

а) Категория питания «А1». Питание от шин ЩПТ (ED) или от шинок секций ШРОТ МП РЗА (EF), к которым подключаются потребители, имеющие собственную высокую надежность;

б) Категория питания «А2». Питание от шинок ШРОТ (EC), к которым подключаются потребители только зоны подключения «ЭлМ РЗА», надежность которых снижена тяжелыми условиями эксплуатации (высокая вероятность наличия электромагнитных помех).

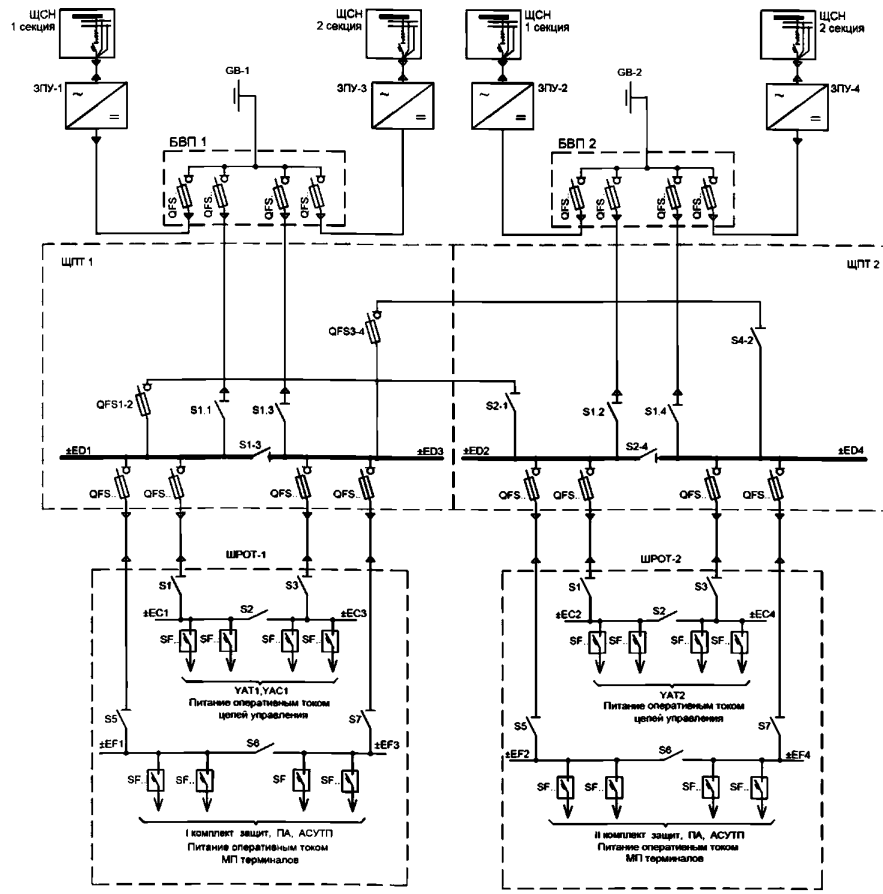


Рисунок 1. АБ подключена «напрямую» к ЩПТ. ЗПУ подключены к ЩПТ через общий с АБ предохранитель. Шины ED и EF - категория питания «А1». Шины EC - категория питания «А2»

Данный вариант используется тогда, когда величины тока от ЗПУ недостаточно для перегорания собственного предохранителя при КЗ в распределительной сети СОПТ.

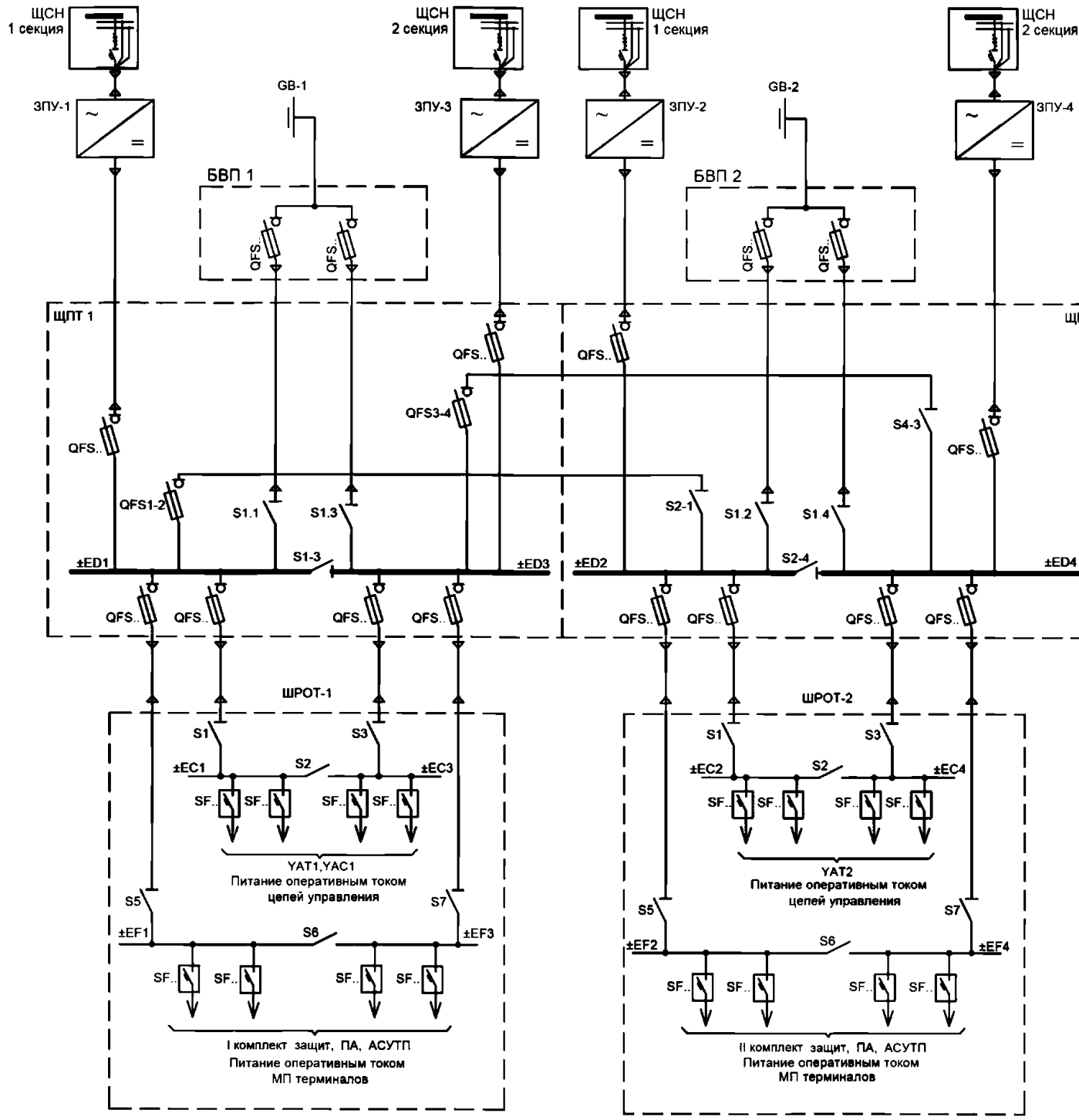


Рисунок 2. АБ подключена «напрямую» к ЩПТ. ЗПУ подключены к ЩПТ через собственные предохранители. Шины ED и EF - категория питания «А1». Шины EC - категория питания «А2»

Данный вариант применим для ЗПУ:
– способных сгенерировать импульс тока, достаточный для перегорания собственного предохранителя при КЗ в распределительной сети СОПТ;
– имеющих внутреннюю защиту минимального напряжения.

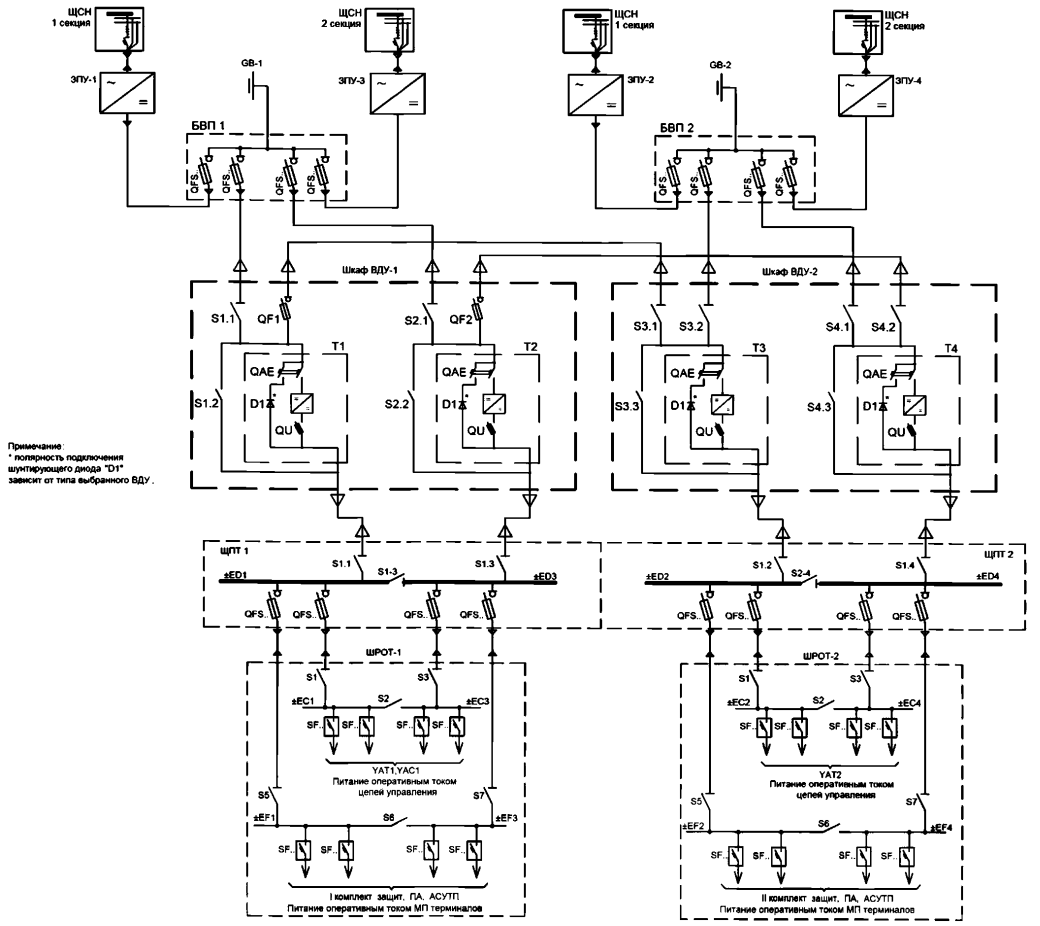


Рисунок 3. Питание устройств через ВДУ. Подключение ЗПУ через ББП. Шины ED и EF - категория питания «А1». Шины ЕС – категория питания «А2»

5.2.1.2 **Категория питания «В»**. Шины, имеющие гальваническую развязку с АБ и ЗПУ, индивидуальные блоки питания - схемное решение, защищающее нагрузку категории «А», от аварийных процессов, происходящих в цепях потребителей, категории «В». Кроме того в данную категорию входит схема питания от единственного источника питания («хвостовые элементы» АБ) Данная категория имеет следующие подкатегории:

а) Категория питания «В1». Питание от шин, подключенных к АБ через DC/DC преобразователи (Рисунок 4). Особенностью данной схемы является наличие двух DC/DC преобразователей, подключенных к разным ЩПТ или разным секциям одного ЩПТ (при наличии только одной АБ) и работающих параллельно по выходу. Этот вариант используется для:

– устройств, которые требуют высокой надежности питания, но сами высокой надежностью не обладают (цепи ВПС, аварийное освещение);

– организации шины резервного питания (ЕА).

б) Категория питания «В2». Питание от шин ИБП (см. рисунок 5). Данное устройство имеет в своем составе АБ более низкого напряжения и преобразователь на выходе, доводящий её напряжение до параметров оперативного тока потребителей. ИБП могут рассматриваться, как источники питания в распределенной СОТ или как основное питание серверов АСУ ТП - в настоящем СТО не рассматривается.

в) Категория питания «В3». Питание от шины ШП ЩПТ, подключенной на сумму основных и «хвостовых» элементов АБ (см. рисунок А5 - приложения А). Особенностью данной схемы питания является то, что ЗПУ в данной схеме не предназначены для питания нагрузки и обеспечивают только токи заряда и подзаряда АБ. Допущена к применению только на существующих ПС с баковыми МВ.

г) Категория питания «В4». Комбинированные блоки питания, подключенные к ТТ и ТН. В этой подкатегории отсутствует накопитель электрической энергии. Однако, по надежности питания собственных потребителей и по отсутствию влияния на работу других потребителей, она соизмерима с другими подкатегориями категории «В». Применяется для небольших ПС до 35 кВ – в настоящем СТО не рассматривается.

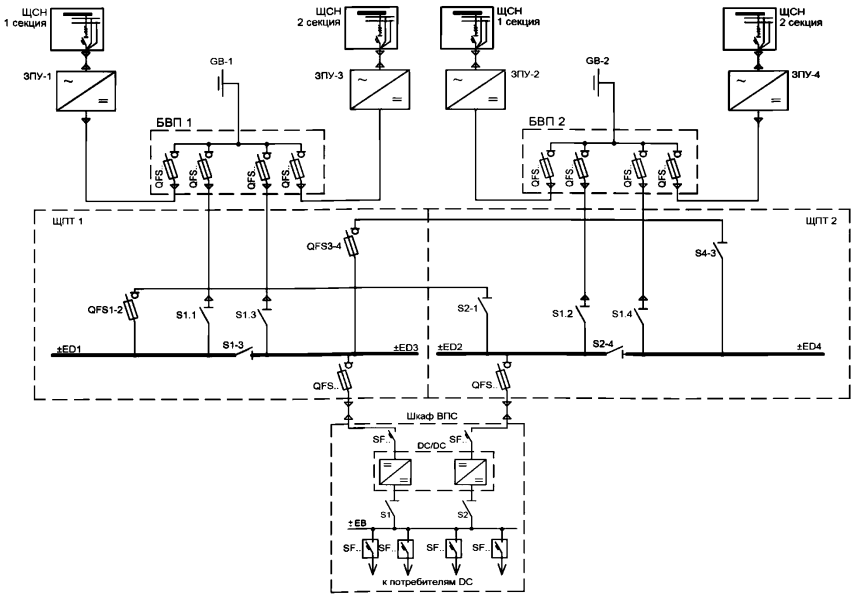


Рисунок 4. Категория питания «В1». Питание устройств от АБ через преобразователи DC/DC

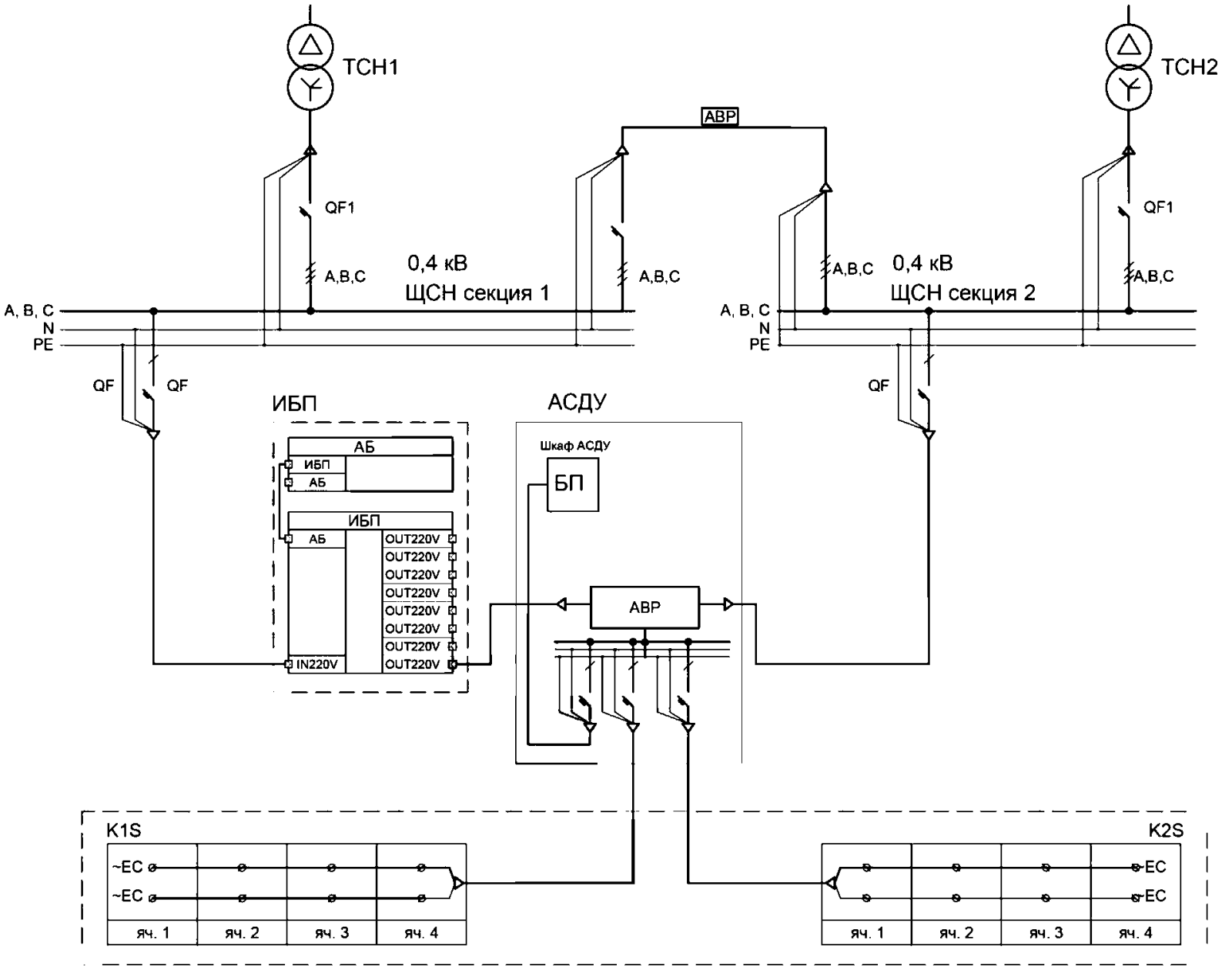


Рисунок 5. Категория питания «В2». Питание устройств переменным током с использованием ИБП

5.2.1.3 **Категория питания «С».** Шины выпрямленного тока (рисунок 6). Шины имеют питание от двух выпрямительных устройств (ВУ), подключенных к разным секциям ЩСН 0,4кВ ПС. Выходы ВУ объединены на параллельную работу. Этот вариант применяется для питания потребителей категории «С1» (ОБР электромагнитная). Особенностью этого варианта является применение ВУ без функции стабилизации выходного напряжения или тока. ВУ такого типа обеспечивают уровень токов КЗ, достаточный для срабатывания АВ, установленных, как в его выходных цепях, так и резервирующих их АВ входных цепей. **Не допускается использовать схемы питания этой категории для потребителей категории «В» (ОБР микропроцессорная, в том числе).** В настоящем СТО не рассматривается.

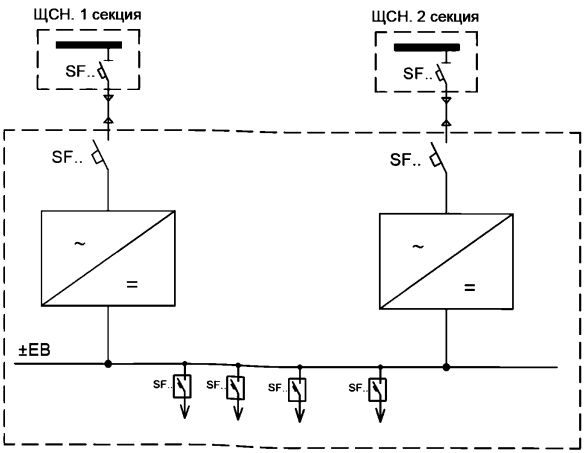


Рисунок 6. Категория питания «С». Организация питания шин выпрямленного тока

5.2.1.4 **Категория питания «D».** Шины ЩСН 0,4кВ ПС, объединенные секционным выключателем, находящимся под АВР (Рисунок 7). Этот вариант используется для питания потребителей категорий С2, С3, D и Е (двигатели независимых приводов ВВ, привода разъединителей, привода автоматических выключателей СН и РПН, технологический обогрев, освещение и тому подобные). Кроме того шины ЩСН используются для питания приводов задвижек и насосов пожаротушения. Низкая надежность питания от ЩСН потребителей категории В2, компенсируется установкой двух насосов, двигатели которых подключаются к разным секциям ЩСН. В настоящем СТО не рассматривается.

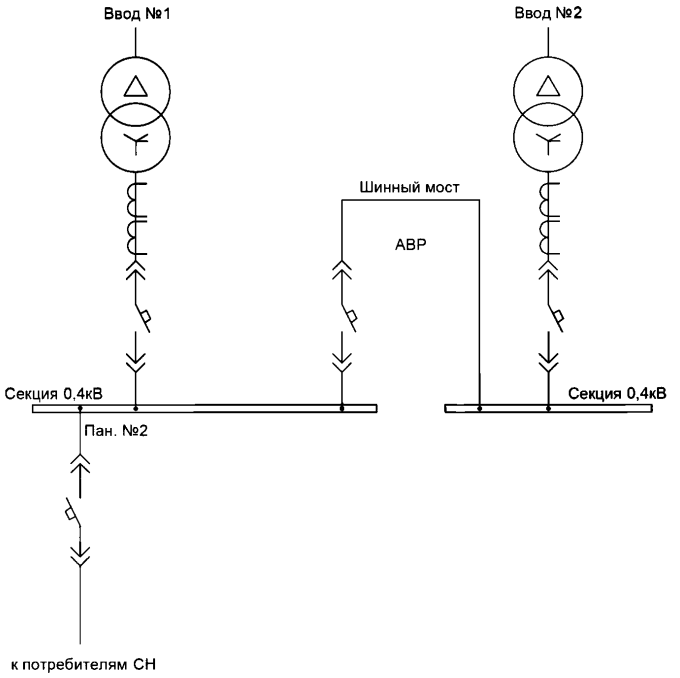


Рисунок 7. Категория питания «D». Питание от разных секций ЩСН 0,4 кВ

5.2.2 В Таблице 2 представлены категории всех схем питания, расположенные в порядке уменьшения их надежности.

Таблица 2. Таблица категорий надежности схем питания и соответствующих им потребителей оперативного тока

Кате-гория	Подкате-гория	Схема питания	Потребители, имеющие питание от данной категории
A	A1	Шины ЩПТ (ED)	A-1 Шины ШРОТ МП РЗА(EF) A-2 Шины ШРОТ ЭлМ РЗА(EC) A-1-Шина ЕС РЗА фидерных ячеек КРУ A-1 Шины КРУЭ A-2 Шина Сущ.ЭлМ РЗА B1- рез. п. АСУ ТП в-у, АСУ ТП с-у, ПАС B-2 БАО (ШАО), шкаф ВПС (EB), шкаф РП (EA)
		АВ ЩПТ	A1 – РЗА вводных ячеек КРУ B1- ЦС
		Шины ШРОТ МП РЗА (EF)	A1- МП РЗА, ПА, АУВ, ТО и ТУ, АПЖТ B-1 Блоки питания УСО-АСУ ТПн-у, ПДС
	A2	Шины ШРОТ ЭлМ РЗА (EC)	A2 – в-РЗА, в-ПА, в-ТО и ТУ, в-АПЖТ
B	B1	Шины шкафа ВПС (EB)	B-2- ВПС, периферийные цепи УСО-АСУ ТПн-у, ПДС
		Шины БАО (ШАО)	Аварийное освещение
		Шины шкафа РП (EA)	A-1, A-2
	B2	Шины ИБП	A1-РЗА ПС до 35 кВ при наличии ТУ
	B3	ЩПТ, шины ШП	B3- прив. бак. МВ
	B4	Комбинированные блоки питания, подключенные к ТТ и ТН	A1-РЗА ПС до 35 кВ в распределенной СОТ
C	C	Шины выпрямленного тока, имеющие питание от двух ВУ	C1- ОБРэм
D	D	Шины ЩСН 0.4 кВ ПС	B-2 н – ПЖТ, з-ПЖТ, ТМ C2 – прив. ВВ, РПН, ОПС, Связь C3 – прив. РЗ D – обог. E – осв.

5.2.3 Распределение при проектировании всех потребителей по схемам питания соответствующей надежности (категории), есть условие необходимое для выбора правильной конфигурации СОПТ.

5.2.4 Определенные требования должны предъявляться и к самим источникам питания – АБ, ЗПУ, ВУ, DC/DC, DC/AC, ИБП, ВДУ. Часть из них рассматривается в СТО ПАО «ФСК ЕЭС» 56947007 29.120.40.216 -2016» [10]. Выбор ВДУ (раздел 8.3), DC/DC (раздел 8.4), АБ при наличии ВДУ (Приложение Е) приведен ниже.

5.2.5 При выборе схемы питания, следует учитывать:

а) способность источника оперативного тока обеспечить величину токов КЗ, достаточную для селективной работы защитных устройств;

б) наличие устройств имеющих толчковый ток, многократно превышающий ток постоянной нагрузки (баковые масляные выключатели и т.п.);

в) наличие нагрузки, требующей стабилизированного напряжения питания (аварийные маслонасосы синхронных компенсаторов, схема управления ВВ с применением синхронизатора фаз и т.п.).

По пункту «а»:

1) Для обеспечения надежного отключения КЗ за DC/DC преобразователем, не имеющим внутренней защиты минимального напряжения, таковую необходимо установить дополнительно (Приложение А. Рисунок А.1). Защита должна быть отстроена по времени и резервировать действие электромагнитных отсечек АВ, установленных за преобразователем.

2) При выборе ЗПУ, не имеющего своей внутренней защиты от снижения выходного напряжения или не рассчитанного на выдачу при КЗ кратковременного импульса тока, достаточного для работы внешних защитных устройств, подключение ЗПУ допускается только за предохранителем АБ (Рисунок 1).

По пункту «б»: Необходимо использовать схему с применением дополнительных элементов АБ (Приложение А. Рисунок А.5);

По пункту «в»: Необходимо использовать схему с применением либо ВДУ (Приложение А, Рисунок А.4) либо использовать индивидуальные DC/DC преобразователи.

5.3 Режимы работы СОПТ

5.3.1 В процессе эксплуатации СОПТ может находиться в одном из трех режимах работы: нормальный, расчетный аварийный, аварийный.

5.3.2 **Нормальный режим.** Основную часть времени СОПТ находится в нормальном режиме работы, при котором АБ полностью заряжена и подключена на шины постоянного тока с параллельно работающим ЗПУ. ЗПУ обеспечивает питание постоянной нагрузки и одновременно подзаряжает АБ, компенсируя ее саморазряд и поддерживая напряжение поляризации АБ заданной величины. Питание импульсной нагрузки обеспечивается АБ.

5.3.2.1 Нормальным режимом является режим питания от шин ЩСН ПС 0.4 кВ, если при этом:

а) напряжение на клеммах электроприемников СОПТ находится в пределах $0.95\text{-}1.05U_{ном}$;

б) отсутствуют повреждения во вторичных цепях;

в) включены и исправны все преобразователи электрической энергии;

г) заряжены до номинальных значений все накопители электрической энергии;

д) отсутствуют электромагнитные помехи выше допустимого уровня [19];

е) температура окружающего воздуха находится в заданных пределах [8];

ж) отсутствуют механические воздействия выше допустимого уровня [8].

5.3.3 **Расчетный аварийный режим СОПТ.** Расчетными аварийными режимами СОПТ являются режимы, при которых СОПТ выполняет свою главную функцию – обеспечивает питание потребителей оперативным током, но при этом возможно наличие одного или нескольких следующих событий:

а) Исчезновение напряжения на шинах ЩСН 0.4 кВ ПС или неисправность всех ЗПУ с сохранением питания от заряженных накопителей электрической энергии (автономный режим);

б) Исчезновение напряжения на одной из секций ЩПТ или ШРОТ СОПТ (режим технического обслуживания);

в) Неисправность либо отключение одного из накопителей электрической энергии (режим параллельной работы ЩПТ 1 и ЩПТ 2);

г) Режим ускоренного заряда;

д) Режим уравнительного заряда;

е) Контрольный разряд АБ;

ж) Неисправность либо отключение одного преобразователя электрической энергии (режим с потерей резервирования – допускается только на время ремонта преобразователя) или всех преобразователей электрической энергии (режим параллельной работы ЩПТ 1 и ЩПТ 2);

з) Снижение напряжения на клеммах приемников СОПТ в пределах $0.8 – 0.95U_{ном}$ (автономный режим);

и) Повышение напряжения на шинках СОПТ в пределах $1.05 – 1.1\ U_{ном}$;

к) Замыкание одного из полюсов СОПТ на землю;

л) КЗ в одной или нескольких точках СОПТ (количество допустимых точек КЗ зависит от типа СОПТ и требований к ней);

м) Попадание на шинки СОПТ напряжения 0.4 кВ промышленной частоты;

н) Техническое обслуживание;

о) Параллельная работа двух ЩПТ.

5.3.3.1 При исчезновении напряжения переменного тока собственных нужд ПС, а также при неисправности ЗПУ СОПТ переходит в **автономный режим работы**. В этом режиме питание постоянной и толчковой нагрузок обеспечивается от АБ. В соответствии с требованиями нормативных документов [1] АБ должна обеспечивать максимальный расчетный толчковый ток после двух часов разряда постоянным током нагрузки. Длительность периода автономной работы АБ на конкретной ПС может быть увеличена. (Его величину необходимо указать в техническом задании. Расчетная длительность режима должна учитывать время прибытия персонала на необслуживаемую ПС, выявление им неисправностей и принятия мер по

восстановлению нормального режима работы АБ [3].) Автономный режим работы АБ является расчетным аварийным режимом.

5.3.3.2 По истечению режима автономной работы ЗПУ должны автоматически перейти в **режим ускоренного заряда**. В режиме ускоренного заряда превышение напряжения на шинах не должно быть более 1.1 $U_{ном}$. При необходимости иметь напряжение выше указанной величины требуется отключение АБ от нагрузки. Режим ускоренного заряда АБ является расчетным аварийным режимом СОПТ.

5.3.3.3 **Режим уравнительного заряда** АБ проводится для получения более однородной плотности электролита по высоте элемента АБ, для устранения разности напряжений между элементами АБ, накапливающейся в процессе эксплуатации и для предотвращения сульфатации электродов. Уравнительный заряд производится повышенным напряжением (более 1.1 $U_{ном}$), уровень которого определяется инструкцией по эксплуатации данного типа АБ. В этом режиме ЩПТ необходимо отключить от своей АБ и перевести питание его секций на питание от секций соседнего ЩПТ. Продолжительность режима уравнительного заряда зависит от состояния АБ и должна быть не менее 6 часов [7]. Режим уравнительного заряда АБ является расчетным аварийным режимом.

5.3.3.4 **Контрольный разряд АБ** выполняется для определения ее фактической емкости. Результаты измерений при контрольных разрядах должны сравниваться с результатами измерений предыдущих разрядов. Значение тока разряда каждый раз должно быть одно и тоже [7]. Для проведения контрольного разряда АБ рекомендуется использовать переносное разрядное сопротивление с контролем тока АБ (например, типа CONBAT, СКР, УР либо подобное), позволяющее проводить этот режим без отключения АБ. В этом случае разряд ведется током потребителей, подключенных к данной АБ, с доведением его величины до заданной путем автоматического регулирования разрядного сопротивления. Альтернативой данному устройству может служить установка обратимых ЗПУ, способных инвертировать постоянный ток в сеть переменного тока. При отсутствии этих устройств и наличии в СОПТ только одной АБ режим контрольного разряда может проводится только при проведении регламентных или ремонтных работ на ПС при отключении всех потребителей. Контрольный разряд является расчетным аварийным режимом СОПТ.

5.3.3.5 **В режиме технического обслуживания** отключается часть потребителей и производится контроль технического состояния оборудования, относящегося к одной из секций шин. Конструктивное исполнение оборудования СОПТ должно обеспечивать возможность безопасного выполнения работ. Режим технического обслуживания не должен выходить за рамки расчетного аварийного режима.

5.3.3.6 **Режим параллельной работы двух ЩПТ.** Этот режим возможен только при наличии на ПС двух комплектов источников питания (двух АБ и двух ЗПУ) при следующих обстоятельствах:

– при неисправности или техническом обслуживании (уравнительного заряда, контрольного разряда) одной АБ;

– при отключении всех ЗПУ одного ЩПТ. При этом сохраняется в работе и первая и вторая АБ.

В этом режиме:

– питание всех потребителей обеспечивается от одного комплекта источников питания через секционные перемычки ЩПТ;

– в работе находится только БФН, УКИ и АПЗЗ ЩПТ донора. БФН и АПЗЗ ЩПТ акцептора включаются только для определения поврежденного фидера своего щита и после отключения БФН чужого.

Режим параллельной работы ЩПТ является расчетным аварийным режимом.

5.3.4 **Аварийный режим СОПТ.** Аварийный режим СОПТ – режим, при котором невозможно выполнение главной функция СОПТ – питание потребителей постоянным оперативным током. Признаком аварийного режима является одно из следующих событий:

а) Потеря всех накопителей СОПТ и всех преобразователей СОПТ;

б) Снижение напряжения питания на зажимах потребителей ниже $0.8U_{ном}$;

в) Превышение напряжения на шинках СОПТ выше 1.1 $U_{ном}$;

г) Потеря всех секций распределительного устройства СОПТ;

д) Появление в цепях СОПТ электромагнитных помех, способных вызвать повреждение или ложную работу устройств;

е) Изменение климатических условий в помещениях, где размещены устройства СОПТ, сверх допустимых пределов;

ж) Наличие механических воздействий на устройства СОПТ или на помещения, в которых они расположены, выше допустимых пределов;

з) Злоумышленное отключение СОПТ.

5.4 Структура СОПТ. Отличительные особенности ПС, влияющие на структуру СОПТ

5.4.1 Структура СОПТ должна учитывать следующие **характерные особенности ПС**:

5.4.1.1 **Класс обмоток высокого напряжения силовых трансформаторов**

Уровень высшего напряжения ПС косвенно является критерием ее значимости и вытекающим из этого требованием к надежности ее собственных нужд. Поэтому, для менее значимых ПС с напряжением 35 - 110 кВ считается достаточным иметь резервирование питания устройств вторичной коммутации от соседних секций одного ЩПТ с одной АБ. Для более ответственных ПС 110 кВ и выше резервное питание должно быть организовано уже от соседнего ЩПТ и второй АБ.

5.4.1.2 **Вид строительства (новая ПС, полная реконструкция, частичная реконструкция)**

Данный факт имеет особое значение для реконструируемых ПС. Структура СОПТ в этом случае зависит от объема конкретной реконструкции, её этапов, наличия резервного места под установку оборудования и тому подобного. При частичной реконструкции ПС реализация типовых решений возможна поэлементно, например:

а) при установке нескольких шкафов с МП РЗА будет достаточно установить для их питания непосредственно на ЩПТ дополнительные автоматические выключатели, подключенные на вновь организованные шинки, имеющие питание от отдельных участковых предохранителей (Приложение А. Рисунок А.7.1). При количестве шкафов МП РЗА более десяти, целесообразно установить дополнительно два ШРОТ, каждый на 2 секции (как минимум). Количество АВ в ШРОТ необходимо выбирать с учетом продолжения реконструкции (Приложение А. Рисунок А.7.2);

б) при реконструкции СОПТ без замены ЩПТ, целесообразно вместо единственного вводного автоматического выключателя установить блок вводных предохранителей (БВП) с организацией индивидуальных линий питания каждой секции ЩПТ (Приложение А. Рисунок А.7.3);

в) в обоснованных случаях (существующая СОПТ сохраняется для питания не реконструируемой части ПС, а для установки новой АБ отсутствует необходимое помещение) допускается размещен новой АБ в термоизолированных контейнерах, оборудованных системами эл/отопления, приточно-вытяжной вентиляцией, рабочим и аварийным освещением и размещенных в непосредственной близости от нового ЩПТ.

5.4.1.3 **Тип распределительного устройства (ОРУ, КРУЭ)**

Особенностью конструкции современных ячеек КРУЭ является:

а) размещение индивидуальных АВ питания оборудования ячеек КРУЭ непосредственно в шкафах вторичной коммутации этих ячеек;

б) две единые шины питания ячейки КРУЭ для всего оборудования ячейки (АУВ, сигнализация, привода выключателей и разъединителей, оперативная блокировка разъединителей);

в) питание всех ячеек КРУЭ по кольцевой схеме от двух единых шин питания, с подключением каждой только к своему ЩПТ;

г) комплектация, по умолчанию, КРУЭ электромагнитной блокировкой разъединителей;

д) требование размещать АБ и ЩПТ непосредственно в том же здании, где находится и КРУЭ;

е) отсутствие необходимости разделения ВК ПС на зоны по электромагнитной совместимости в части КРУЭ.

5.4.1.4 **Размеры ОРУ и удаленность его от релейного щита**

На крупных ПС расстояние (по кабельным каналам) между удаленными ВВ и РЩ может достигать более 250 м. Если при этом на ПС планируется использовать ВВ с ЭУ более 5А, то потеря напряжения в кабелях до них будет превышать 5 % $U_{ном.}$ В автономном режиме СОПТ, эта потеря напряжения в совокупности со снижением напряжения на АБ не позволит обеспечить на

клеммах ЭУ этих ВВ их минимально допустимое напряжения (0.8 U ном). Для недопущения этого события в этом случаи рекомендуется использовать структуру СОПТ с ВДУ. Это техническое решение позволит избежать применения силовых кабелей в цепях управления ВВ и АБ завышенной емкости.

5.4.1.5 **Тип высоковольтных выключателей**

Выключатели, используемые на ПС можно разделить на две следующие группы:

1) с собственным накопителем энергии для операций включения (маломасляные, воздушные и элегазовые) (Приложение А. Рисунок А.1, А.2, А.4);

2) с использованием централизованного накопителя энергии для операции включения (баковые масляные) (Приложение А. Рисунок А.3, А.5).

В первом случае организация отдельных силовых секций ЩПТ не требуется (не обоснованно усложняет его схему).

Во втором случае (при наличии баковых масляных выключателей) необходима установка:

а) отдельных предохранителей в БВП (Приложение А. Рисунок А.3);

б) дополнительных «хвостовых» элементов АБ и отдельных силовых секций в ЩПТ (Приложение А. Рисунок А.5).

Использование силовых цепей требует иметь свои собственные головные защитные устройства по обоим полюсам. Это решение позволяет сохранять в работе устройства защиты и цепи управления выключателем при потере силовых секций.

5.4.1.6 **Тип устройств РЗА – ЭлМ РЗА, МП РЗА**

ПС с МП РЗА требуют выполнения дополнительного комплекса мероприятий:

а) разделение цепей ВК на зоны подключения «МП РЗА» и «ЭлМ РЗА»;

б) размещении АБ в непосредственной близости от ЩПТ;

в) применение кабеля с экраном и устройств заземления экрана [19];

г) установку защиты от обратного тока;

д) использование устройств автоматического поиска кабеля с пониженной изоляцией;

е) использование защитных аппаратов с зависимой выдержкой времени (позволяющих отключать близкие КЗ за время менее 50 мс);

ж) интеграция системы мониторинга ЩПТ в АСУ ТП ПС.

5.4.1.7 **Тип выбранных АБ и ЗПУ**

Допущены к эксплуатации на объектах ПАО «ФСК ЕЭС» следующие типы аккумуляторных батарей:

а) открытые свинцово–кислотные АБ с жидким электролитом, сроком службы не менее 20 лет;

б) герметичные, необслуживаемые свинцово–кислотные АБ типа GEL или AGM, только в составе шкафов с аккумуляторными батареями (ШАБ), сроком службы не менее 12 лет [10, пункт 6.19].

Особенности схем СОПТ с вышеуказанных АБ по пунктам:

а) требуют:

– отдельного помещения для АБ с тамбуром и помещения кислотной;

– вентиляции аккумуляторного помещения с автоматикой и блокировкой;

– блока выносных предохранителей (БВП).

б) дают возможность при реконструкции ПС сохранить на какое-то время существующую СОПТ для питания остающихся в работе выключателей и ЭМ РЗА.

Все ЗПУ можно разделить на две категории по способу их подключения к СОПТ:

а) ЗПУ, у которых величины собственного тока недостаточно для перегорания своего предохранителя при КЗ в распределительной сети СОПТ (см. рисунок 1);

б) ЗПУ, которые способны сгенерировать импульс тока, достаточный для перегорания своего предохранителя при КЗ в распределительной сети СОПТ или имеющих внутреннюю защиту минимального напряжения (Рисунок 2).

6 Типовая структура СОПТ и её модификации

6.1 С учетом выше перечисленных особенностей все ПС можно разделить на группы, которые имеют общую структуру СОПТ. Отличительными признаками этих групп является наличие на ПС:

1) *ОРУ с ЭВ;*
2) *КРУЭ;*
3) *ОРУ с ЭВ и КРУ с электромагнитными приводами (ток привода около 100А);*
4) *Выключателей 220 кВ и выше с пофазным приводом и токами ЭУ более 5А или ОРУ с выключателями, установленными на расстоянии более 500 м от ЦЩУ;*
5) *Баковых МВ 110 кВ и выше (ток привода – 100-700А);*
6) *Первичной реконструкции СОПТ с последующей реконструкцией первичного и вторичного оборудования.*

6.2 Все подстанции одной группы имеют однотипный набор элементов СОПТ. Для построения СОПТ подстанций групп «1» и «2», этот набор будет минимальным. Остальные группы ПС имеют СОПТ, отличающийся от групп «1» и «2», дополнительными элементами.

6.3 Типовая СОПТ. СОПТ для подстанций группы «1» принята за типовую. Типовая СОПТ имеет следующий набор элементов: **АБ, ЗПУ, БВП, ЩПТ, ШРОТ зоны подключения МП РЗА, ШРОТ зоны подключения**

ЭлМ РЗА, шкаф РП, шкаф ВПС, кольцо питания КРУ, БАО (Приложение А. Рисунок А.1).

6.4 СОПТ группы «2» отличается от типовой отсутствием шкафа ВПС и наличием кольца питания КРУЭ (Приложение А. Рисунок А.2).

6.5 СОПТ группы «3» отличается от типовой схемы наличием дополнительных головных предохранителей в БВП, предназначенных для питания силовых цепей электромагнитов включения МВ КРУ (Приложение А. Рисунок А.3).

6.6 СОПТ группы «4» отличается от типовой схемы наличием ВДУ (Приложение А. Рисунок А.4).

6.7 СОПТ группы «5» отличается от типовой схемы наличием «хвостовых элементов» АБ и дополнительных шинок питания на ЩПТ (Приложение А. Рисунок А.5).

6.8 СОПТ группы «6» - разработана для действующих ПС, реконструкция которых начинается с СОПТ. Отличительной особенностью данной СОПТ является одновременное питание от неё существующих ЭлМ РЗА и вновь вводимых в работу МП РЗА. (Приложение А. Рисунок А.6). При этом, в зависимости от индивидуальных особенностей ПС, одна из вышеперечисленных структур СОПТ (1-5) будет дополнять её своими элементами.

6.9 Помимо вышеперечисленных групп в Приложении А на рисунках 7.1 – 7.3 даны наиболее часто встречаемые варианты частичной реконструкции действующих СОПТ.

6.10 Вышеперечисленные модификации типовой структуры СОПТ являются действующими на настоящее время. При разработке перспективных моделей СОПТ предпочтение следует отдавать СОПТ с модульными ЩПТ с повышенной интеграцией элементов (ЩПТм). Образец «Технические требования на разработку ЩПТ с повышенной интеграцией элементов модульной конструкции ЩПТм» дан в Приложении Г, схема СОПТ с ЩПТм приведена в Приложении Г. Рисунок Г.1.

6.11 Типовые проектные решения по СОПТ для небольших ПС без отдельных помещений для АБ (с количеством присоединений по высокому напряжению не более пяти) и СОПТ для МЩУ должны определяться по отдельному документу.

7 Описание схем различных структур СОПТ (Приложение А)

7.1 Типовая структура СОПТ (Приложение А. Рисунок А.1)

7.1.1 Схема СОПТ группы «1» разработана для новых ПС 110 кВ и выше, с ВВ, имеющими ЭО на 1 – 1.5 А, с ОРУ средних размеров, с двумя АБ, размещенными в отдельных помещениях.

7.1.2 Типовая структура СОПТ не требует разделения ЩПТ на силовые секции и на секции для питания РЗА.

7.1.3 Количество элементов АБ принимается в зависимости от напряжения подзаряда выбранного типа аккумулятора (Таблица 3):

Таблица 3. Количество элементов АБ для разных типов аккумуляторов

Тип аккумулятора	Напряжения подзаряда/элемент при температуре 20 °С, В	Общее количество элементов АБ, шт
OCSM	2.25	102
GroE, OPzS, OGi, Vb, OP, БП	2.23	104

7.1.4 Расстановка элементов АБ в аккумуляторном помещении должна быть выполнена с минимальной площадью (минимальной индуктивностью) витка, образуемого соединительными перемычками и проводами АБ.

7.1.5 Для снижения индуктивности кабеля между АБ и ЩПТ устанавливается БВП (пункт 8.5.15.), в котором размещаются шинки GB и предохранители первого уровня. Данное решение позволяет снизить длину участка связи между АБ и ЩПТ, выполненную одножильными кабелями.

7.1.6 Каждая секция ЩПТ и каждый ЗПУ подключаются к БВП через собственную пару предохранителей. Предохранители для подключения переносного разрядно – диагностического устройства (например, типа COMBAT, СКР, УР или другие) могут быть использованы как резервные. Кроме того, в БВП устанавливаются предохранители для защиты цепей блока мониторинга.

7.1.7 В качестве типового решения принят вариант с подключением ЗПУ через БВП. Это обеспечивает гарантированное отключение КЗ током АБ во всех частях СОПТ, гальванически связанных с АБ. Предохранитель ЗПУ, установленный в БВП должен обеспечить защиту АБ только от КЗ в ЗПУ. Его номинал выбирается по току нагрузки ЗПУ. В этом случае допускается использовать ЗПУ без внутренней защиты минимального напряжения или ЗПУ без функции генерации мощного кратковременного импульса при внешнем КЗ. Кроме того, это решение дает возможность произвести уравнительный заряд АБ с переводом всей нагрузки на другой ЩПТ.

7.1.8 Распределительная часть СОПТ с предохранителями второго уровня состоит из двух секций шин (ED) ЩПТ. Каждая из этих секций имеет основное индивидуальное питание от БВП, которое резервируется либо от другой секции своего ЩПТ, либо от соответствующей секций другого ЩПТ.

7.1.9 Все связи между шинами защитных аппаратов разного уровня (БВП, ЩПТ, ШРОТ или КРУ) имеют два коммутационных аппарата – защитный со стороны питания и разъединитель нагрузки со стороны питаемой секции.

7.1.10 Секционные связи второго уровня имеют два коммутационных аппарата с произвольным выбором любого из них в качестве защитного.

7.1.11Секционные связи ШРОТ имеют один разъединитель нагрузки. Не допускается объединять секционной связью цепи разных АБ в одном ШРОТ.

7.1.12 Каждая секция КРУ имеет собственные шины ЕС, объединенные между собой секционной связью с двумя разъединителями нагрузки. Эти шины имеют питание от разных АБ.

7.1.13 РЗА и управление ВВ вводных ячеек КРУ запрещается подключать к шинам ЕС КРУ. Их питание должно быть выполнено от шин ЕС ШРОТ.

7.1.14 Количество ПР в ЩПТ и АВ в ШРОТ рассчитывается с учетом полного развития подстанции и 25 % резерва.

7.1.15 При распределении мест подключения потребителей к СОПТ должны учитываться следующие деления её структуры:

a) По взаимному резервированию:
   a. ЩПТ 1 – питание устройств 1 комплекта (или основного) РЗА, 1 ЭО;
   b. ЩПТ 2 – питание устройств 2 комплекта РЗА (или резервного), 2 ЭО.
b) По степени жесткости ЭМО [17], в которой функционируют кабели, отходящие от шин СОПТ и устройства от них питаемые:
   a. Область легкой (класс I) и средней (класс II) степени ЭМО – зона подключения локальных соединений, проложенных внутри помещений РЗА, не связанных с электромеханическими РЗА (ШРОТ МП РЗА);
   b. Область жесткой (III) и крайне жесткой (IV) степени ЭМО – зона подключения полевых соединений, соединений с высоковольтным оборудованием, соединений с линиями связи и линиями питания электромагнитных устройств РЗА (ШРОТ ЭлМ РЗА, КРУ).
c) По надежности источников оперативного тока:
   a. Шины ШПТ (ED), шины ШРОТ МП РЗА (EF);
   b. Шины ШРОТ ЭлМ РЗА (EC);
   c. Шины шкафа ВПС (EB), шины (EA) шкафа резервного питания (РП), шины БАО (ШАО).

7.1.16 Разделение питания устройств по взаимному резервированию должно быть выполнено таким образом, что при потере одного из ЩПТ терялась только функция ближнего резервирования и сохранялись все основные функции РЗА, находящихся в работе присоединений подстанции. Не допускается для одного устройства подключение к разным ЩПТ цепей его блока питания и его выходных цепей с действием на ЭО. Допускается установка индивидуальных ключей перевода питания с одного ЩПТ на другой только для устройств не имеющих резервных (вторых) комплектов.

7.1.17 Разделение на зону подключения МП РЗА (блоки питания МП РЗА) и зону подключения ЭлМ РЗА (цепи, уходящие на ОРУ) в типовой структуре СОПТ обеспечено выделением для этих целей отдельных ШРОТ или отдельных парные секции ШРОТ. Деление ЩПТ на секции для МП РЗА и для ЭлМ РЗА не требуется.

7.1.18 Питание цепей, уходящих на ОРУ и не задействованных в функции управления ВВ (сигнализация, информационные цепи в АСУ ТП о положении разъединителей и их заземляющих ножей, цепи ОБР), выполнено от шины ЕВ шкафа ВПС. DC/DC преобразователи (пункт 8.4) обеспечивают гальваническое отделение этой шины от шин ЩПТ, имеющих питание от АБ. Количество АВ, подключенных к шине ЕВ, рассчитывается по сумме ячеек высокого, среднего напряжения и секций низкого напряжения ПС с 10 % запасом.

7.1.19 Шкаф РП отличается от шкафа ВПС только мощностью DC/DC преобразователей (пункт 8.4) и количеством АВ. Количество АВ и их номиналы для шкафа РП принимается по количеству групп шкафов с индивидуальными АВ (ШРОТ 1АБ, 2 АБ, КРУ) с резервом не менее 1 АВ.

7.1.20 БАО каждой АБ работает на общую шину ШАО и имеет в своем составе набор устройств, позволяющий оставаться им в работе при отключении БАО другой АБ. Количество АВ и их номиналы определяются потребностью распределительной сети АО.

7.1.21 В типовую структуру СОПТ входит набор устройств, предназначенных для формирования нейтрали СОПТ (БФН), контроля изоляции (УКИ) и поиска места замыканий на землю (АПЗЗ и ППЗЗ) (пункт 8.8).

7.1.22 Набор устройств, предназначенный для поиска мест замыкания на землю в цепях, имеющих гальваническую связь с АБ (фидера отходящие от шин ED, EC, EF), определяется пунктом 8.8.1.

7.1.23 Набор устройств, предназначенный для поиска места замыкания на землю в цепях, работающих под номинальным напряжением СОПТ и не имеющих гальванической связи с АБ (фидера отходящие от шинок ED, ШАО), определяется пунктом 8.8.2.

7.1.24 Место и способ подключения БФН, АПЗЗ, УКИ 1 и 2 должны предусматривать возможность вывода в ремонт любой секции ЩПТ или АБ.

7.1.25 В типовой структуре СОПТ питание аварийного освещения осуществляется только от постоянного тока через DC/DC преобразователи (шины ШАО).

7.1.26 Не допускается перевод на шину ЕА более одного устройства. На все шкафы с ключами перевода должна быть выведена соответствующая сигнализация.

7.2 Структура СОПТ для ПС группы «2» (с КРУЭ) (Приложение А. Рисунок А.2)

7.2.1 Схема СОПТ для ПС с КРУЭ отличается от типовой отсутствием ШРОТ ЭлМ РЗА, шкафа ВПС и наличием колец питания шин КРУЭ, подключенных к ЩПТ.

7.2.2 Парные секции с АВ зоны питания ЭлМ РЗА (питания цепей газовых реле) размещены в ШРОТ МП РЗА.

7.2.3 Особенностью конструкции КРУЭ является разделение всех потребителей оперативного тока (управления выключателем, разъединителем,

цепей ОБР и сигнализации, цепей электроприводов двигателей заводки пружин и приводов разъединителей) на питание только от двух шин - ЕС 11 и ЕС 22. От ЕС 11 выполнено питание 1 ЭО, от ЕС 22 выполнено питание 2 ЭО.

7.2.4 Каждая шина ЕС КРУЭ может питаться от двух секций одной АБ. В нормальном режиме питание осуществляется от одной секции (линия от второй секции находится в резерве). Все связи между шинами ЩПТ и шинами КРУЭ имеют два коммутационных аппарата – защитный со стороны питания и разъединитель нагрузки со стороны питаемой секции.

7.2.5 Для ПС с большим количеством присоединений, с пофазным управлением ЭВ и током ЭУ более 5А рекомендуется выполнять разделение шин ЕС 11 и 22 на отдельные шины, общие для каждой группы из 3 – 4 выключателей. Критерием выбора целесообразности деления шин является допустимая величина потери напряжения от АБ до ЭО.

7.2.6 Поиск индивидуального АВ, за котором возникло замыкание на землю, в КРУЭ выполняется поочередным отключением АВ.

7.2.7 Обязательным условием реализации данной структуры СОПТ является размещение АБ и ЩПТ в общем здании с КРУЭ (пункт 9).

7.2.8 В остальном схема в приложении А. Рисунок А.2, соответствует схеме в приложении А, Рисунок А.1.

7.3 Структура СОПТ для ПС группы «3» (ОРУ с ЭВ и КРУ с электромагнитными приводами, ток привода около 100А) (Приложение А. Рисунок А.3)

7.3.1 Данная структура СОПТ отличается от типовой наличием дополнительных головных предохранителей в БВП, предназначенных для питания силовых цепей электромагнитов включения МВ КРУ.

7.3.2 От каждой АБ питается шина ШП своей секции КРУ.

7.3.3 Связь между шинами БВП и КРУ имеют два коммутационных аппарата – защитный со стороны питания и разъединитель нагрузки со стороны питаемой секции.

7.3.4 Секционная связь шин ШП в КРУ имеет два разъединителя нагрузки.

7.3.5 Поиск индивидуального АВ, за котором возникло замыкание на землю, для ШП выполняется поочередным отключением АВ.

7.3.6 В остальном схема в приложении А. Рисунок А.3, соответствует схеме в Приложении А. Рисунок А.1.

7.4 Структура СОПТ для ПС группы «4» (с выключателями 220 кВ и выше с пофазным приводом, токами приводов более 5А и ОРУ с выключателями, установленными на расстоянии более 250 м от ЦЩУ) (Приложение А. Рисунок А.4)

7.4.1 В автономном режиме к потери напряжения в соединительных проводах (потеря напряжения нормального режима) добавляется снижение напряжения на АБ, получаемое в ходе её разряда. ВДУ позволяет компенсировать это снижение.

7.4.2 Применение ВДУ рекомендуется в следующих случаях:

– при потери напряжения в кабелях, идущих к ЭУ ВВ ОРУ, более 5% (протяженность ОРУ более 250 м (расстояние измеренное по кабельным каналам) и ток ЭУ более 5А);

– при использовании устройств, эксплуатация которых требует более узких, чем 0.85 – 1.1 $U_{ном}$ диапазонов напряжения питания (аварийные маслонасосы синхронных компенсаторов, устройства синхронизации включения – отключения фаз ВВ с моментом прохождения тока этих фаз через ноль и т.п.).

7.4.3 Схема с ВДУ обеспечивает номинальное напряжение на шинах ЩПТ в любом режиме и тем самым гарантирует необходимую надежность электропитания.

7.4.4 При неисправности ВДУ питание потребителей сохраняется по цепи шунтирующих ВДУ диодов (D1).

7.4.5 Мощность ВДУ выбирается из условия обеспечения питания своей и резервируемой секций токами постоянной и толчковой нагрузок.

7.4.6 Нормально все ВДУ должны находиться в работе. Допускается отключение одного из них с переводом питания секции через секционную перемычку. Допускается кратковременное отключение одного ВДУ (при наличии оперативного персонала на ПС) с шунтированием его через байпас.

7.4.7 В нормальном режиме напряжение на выходе ВДУ принимается 1,05 $U_{ном}$ (нормально допустимое напряжение). Количество элементов АБ определяется по напряжению на входе ВДУ. Напряжение на входе ВДУ должно быть меньше напряжения на выходе с учетом коэффициента надежности - 1.02 (напряжение на 2-ух элементах АБ). Напряжение ускоренного заряда не должно превышать 1.1 $U_{ном}$ (предельно допустимое напряжение).

7.4.8 В схеме с ВДУ необходимо подключать ЗПУ только к БВП.

7.4.9 Секционные связи ЩПТ в схеме с ВДУ выполнены таким образом, чтобы при переводе питания на соседнюю АБ, собственные ВДУ оставались в работе.

7.4.10 Выбор емкости АБ при использовании ВДУ выполняется по разрядным характеристикам АБ по патере напряжения только от АБ до ВДУ с учетом его КПД и коэффициента преобразования (Приложение Е).

7.4.11 Применение ВДУ требует дополнительно контроля их исправности и контроля напряжения не только на секциях ЩПТ, но и на АБ.

7.4.12 В остальном схема в приложении А. Рисунок А.4, соответствует схеме в приложении А. Рисунок А.1.

7.5 Структура СОПТ для ПС группы «5» (с баковыми МВ 110 кВ и выше, ток привода 100-700А) (Приложение А. Рисунок А.5)

7.5.1 Данная структура СОПТ имеет деление ЩПТ на силовые секции и на секции для питания РЗА.

7.5.2 Схема с дополнительными хвостовыми элементами АБ допускается к применению только для существующих ПС с баковым МВ.

7.5.3 Применение отдельных ЗПУ для хвостовых элементов исключает неравнозначность заряда основных и дополнительных элементов АБ и применение балластных сопротивлений. ЗПУ в данной схеме подключены на шины ЩПТ и должны соответствовать пункту 8.2.9 для этого подключения.

7.5.4 Суммарная мощность двух ЗПУ для хвостовых элементов одной АБ выбирается из условия обеспечения заряда этой АБ до 90 % номинальной емкости в течение 8 ч.

7.5.5 Силовые цепи ШП имеют собственные защитные устройства, как на «плюсе», так и на «минусе» вторичной коммутации, включая головные защитные устройства.

7.5.6 Полное количество элементов АБ может отличаться от 128. Их величина определяется толчковым током для конкретной ПС.

7.5.7 Контроль средней точки АБ учитывает полное количество элементов.

7.5.8 Применение хвостовых элементов АБ требует контроля за дополнительно устанавливаемым оборудованием (контроль напряжения на шинах ШП, мониторинг работы ЗПУ хвостовых элементов).

7.5.9 Хвостовые элементы АБ не допускается подключать со стороны «+» АБ.

7.5.10 Не требуется установка дополнительных УКИ и БФН для шины «128 элемента». Снижение уровня её изоляции будет фиксироваться УКИ, подключенным к шине «104 элемента» с незначительной погрешностью.

7.5.11 Поиск места замыкания на землю в цепях ШП должен осуществляться отключением коммутационных аппаратов в этих цепях. При этом секционные связи ШП на ЩПТ должны содержать собственные для каждого устройства АПЗЗ дифференциальные ТТ (ТА).

7.5.12 В остальном схема в приложении А. Рисунок А.5, соответствует схеме в Приложении А. Рисунок А.1.

7.5.13 После замены баковых МВ на элегазовые секции ШП должны быть использованы, как дополнительные секции ШУ. Для этого необходимо:

– отключить хвостовые элементы АБ;

– объединить в БВП шину «104 элемент» с шиной «128 элемент»;

– заменить защитные устройства на новые с соответствующими номиналами;

– вывести в резерв ЗПУ хвостовых элементов и переключить контроль средней точки АБ на 52 элемент.

7.5.14 Альтернативой варианту сохранения для новой СОПТ старой, существующей схемы с хвостовыми элементами, является использование (до полной реконструкции ПС) одновременно двух СОПТ:

– существующей - для питания ЭлМ РЗА и управления МВ;

– новой – для питания МП РЗА и управления элегазовыми ВВ.

Реализация этого варианта без строительства еще одного помещения под АБ должна быть выполнена с применением ЩПТ с повышенной интеграцией

элементов модульной конструкции и АБ, размещенной в аккумуляторных шкафах (Приложение Г. Рисунок Г.1).

7.6 Структура СОПТ для ПС группы «6» (для действующих ПС, реконструкция которых начинается с СОПТ) (Приложение А. Рисунок А.6)

7.6.1 Структура СОПТ для ПС группы «6» разработана для действующих ПС, реконструкция которых начинается с замены существующей СОПТ на новую.

7.6.2 Отличительной особенностью данной СОПТ является одновременное питание от неё, как существующих ЭлМ РЗА, так и вновь вводимых в работу МП РЗА. Этот вариант требует установки на ЩПТ дополнительных мультиблоков.

7.6.3 Схема СОПТ в этом случае должна проектироваться с учетом на обозначенную перспективу развития ПС. При этом допускается исключить из первоначальной поставки оборудования часть ШРОТ, неиспользуемых на этом этапе.

7.6.4 ЩПТ данной СОПТ оборудован устройством и шиной мигающего света (ЕР).

7.6.5 В остальном схема в приложении А. Рисунок А.6, соответствует схеме в Приложении А. Рисунок А.1.

7.6.6 При установке на ПС нескольких шкафов с МП терминалами (реконструкция ПС на «обратных концах ВЛ») их питание необходимо выполнить индивидуальными фидерами, идущими от существующего ЩПТ. При этом, если суммарное количество дополнительных устанавливаемых индивидуальных АВ не превышает 10 шт., их установка должна быть выполнена на ЩПТ. При большем количестве АВ должны быть предусмотрены отдельные ШРОТ. Питание МП терминалов от существующих колец ШУ не допускается.

7.7 Частичная реконструкция СОПТ (Приложение А. Рисунок 7.1 – 7.3)

7.7.1 Под частичной реконструкцией СОПТ понимается ряд технических мероприятий, позволяющий либо частично восстановить её проектную надежность, либо повысить её до уровня необходимого для подключения к ней МП терминалов.

7.7.2 На действующих ПС, СОПТ которых выполнена без учета требований по ЭМС, не допускается подключать на общие шинки питания, проложенные вне ЩПТ, вновь устанавливаемые МП терминалы.

7.7.3 При установке на ПС небольшого количества МП терминалов, достаточно для их питания установить в каждой панели ЩПТ по одной дополнительной секции с модульными АВ и предохранители-разъединители, через которые эти секции будут подключены к существующим шинам ЩПТ (Приложение А. Рисунок 7.1).

7.7.4 При реконструкции ПС с установкой значительного количества МП терминалов, на ЩПТ необходимо установить дополнительные предохранители-разъединители и через них выполнить подключение двух, вновь устанавливаемых ШРОТ из расчета – один предохранитель – одна секция ШРОТ (Приложение А, Рисунок 7.2).

7.7.5 При замене старой АБ на новую (без замены ЩПТ) необходимо предусматривать установку БВП вместо вводного АВ (Приложение А, Рисунок 7.3).

8 Технические требования к элементам СОПТ

8.1 Аккумуляторная батарея (АБ)

8.1.1 На ПС ЕНЭС должны использоваться **стационарные свинцово-кислотные АБ открытого типа** (ГОСТ Р МЭК 60896-11-15), с проектным сроком эксплуатации не менее 20 лет.

8.1.2 На ПС ЕНЭС допускается использовать только в составе ШАБ **необслуживаемые, стационарные свинцово-кислотные, герметичные АБ типа GEL или AGM** с проектным сроком эксплуатации не менее 12 лет [10 пункт 6.19].

8.1.3 АБ должна обеспечивать:

– питание всех подключенных к СОПТ потребителей при работе в автономном режиме, в течение расчетного времени, необходимого для восстановления питания потребителей от ЗПУ (не менее 2 ч);

– максимальные расчетные толчковые токи в конце 2-часового разряда током нагрузки.

8.1.4 Емкость АБ должна выбираться:

– по разрядным характеристикам АБ с учетом обеспечения напряжения на клеммах потребителя $0.8U_{ном}$ для линий с максимальной потерей напряжения в соединительных проводах*;

– по кривым коротких разрядов с учетом возможных ограничений по максимальной величине импульсов тока разряда;

– с учетом полного развития ПС (не менее десятилетнего периода после предполагаемого ввода ПС в эксплуатацию) [3];

– с учетом 20 % потери емкости в течение всего срока эксплуатации.

8.1.5 *Емкость АБ при наличии ВДУ выбирается с учетом:

– потери напряжения от АБ до ВДУ;

– коэффициента преобразования ВДУ;

– КПД ВДУ.

8.1.6 Количество элементов АБ должно выбираться с учетом:

– величины напряжений подзаряда:

– не превышения $1.05U_{ном}$ в режиме подзаряда (без ВДУ);

– не превышения 1.05Uном/Кн.р. (при использовании ВДУ), где Кн.р коэффициент надежной работы ВДУ в нормальном режиме. Кн.р = Uвых.вду/Uвх.вду = 1.02.

– величины напряжений ускоренного заряда – не превышения $1.1U_{ном}$ в режиме ускоренного заряда.

8.1.7 Емкость АБ должна проверяться методом контрольного разряда при постоянной величине тока каждый раз одного и того же значения.

8.1.8 Изоляция кабеля, проложенного в помещении аккумуляторной АБ, должна выдерживать соприкосновение с электролитом.

8.1.9 Корпуса аккумуляторов должны изготовляться из ударопрочного материала.

8.1.10 Конструкция аккумуляторной батареи (стеллаж, ШАБ, аккумуляторы, аккумуляторные перемычки и внешние присоединения) должна иметь сейсмическую стойкость, соответствующую географическому расположению подстанции.

8.1.11 При модернизации СОПТ, с заменой АБ, на действующих ПС допускается выполнение АБ с дополнительной («хвостовой») группой элементов и подключением нагрузки как к основной группе элементов, так и на сумму основной и дополнительной групп элементов АБ (приложение А. Рисунок А.5). Во всех остальных случаях, подключать какую-либо нагрузку к части элементов АБ запрещается.

8.1.12 Конструкция аккумулятора открытого типа должна обеспечивать доливку дистиллированной воды в аккумулятор не чаще 1 раз в 3 года и отсутствие таковой для АБ с регулирующим клапаном.

8.1.13 АБ должны поставляться с комплектом документации, содержащей, в том числе, разрядные характеристики, кривые коротких разрядов и инструкцию по эксплуатации. В объем поставки АБ также должны входить стеллажи, комплект штатных межэлементных перемычек с кислотостойкой изоляцией, динамометрический ключ для монтажа АБ, 2-а комплекта вспомогательных средств, минимально необходимых для обслуживания АБ в процессе эксплуатации.

8.1.14 Для свинцовых АБ требуется использовать контроль от обрыва в элементе, например, контроль симметрии АБ.

8.1.15 АБ должны размещаться в разных помещениях. Допускается установка 2-х АБ в одном помещении, при условии их разделения негорючими перегородками класса К0 с пределом огнестойкости не менее EI45.

8.1.16 Аккумуляторное помещение должно быть оборудовано принудительной приточно – вытяжной вентиляцией.

8.1.17 Критериями выбора типа АБ являются:

– величина внутреннего сопротивления АБ (чем меньше внутреннее сопротивление АБ, тем больший толчковый ток она способна обеспечить);

– срок службы АБ;

– скорость деградации АБ с повышением температуры;

– эксплуатационные расходы;

– стоимость АБ.

8.1.18 Выбор параметров АБ дан в [10 и Приложении Е].

8.2 Зарядно-подзарядное устройство (ЗПУ)

8.2.1 Зарядно-подзарядные устройства (ЗПУ) **предназначены** для питания потребителей постоянного тока с одновременным зарядом или подзарядом АБ. В качестве устройства контрольного разряда АБ допускается применять ЗПУ **с функцией инвертирования** постоянного тока в сеть 0.4 кВ СН.

8.2.2 Технические параметры ЗПУ должны полностью **соответствовать типу выбранной АБ** по величине пульсации тока поддерживающего заряда (как правило, не более 5А на 100 Ач емкости АБ), по набору характеристик заряда выбранного типа АБ, по возможности выставить необходимый коэффициент термокомпенсации.

8.2.3 Для каждого ЩПТ с АБ, находящейся в режиме постоянного подзаряда, требуется **100 % резервирование по количеству ЗПУ** (в том числе, при использовании ЗПУ модульного типа).

8.2.4 Мощность двух ЗПУ, работающих параллельно на одну АБ, должна обеспечивать питание всех подключенных к комплекту СОПТ потребителей подстанции с учетом одновременного проведения ускоренного заряда одной АБ до 90 % номинальной ёмкости в течение не более 8 ч.

8.2.5 При выборе ЗПУ по его основным параметрам (мощность, диапазоны регулирования напряжений, точность поддержания напряжения подзаряда, уровень пульсации по току и напряжению, наличие температурной коррекции напряжения) следует руководствоваться методикой выбора элементов СОПТ [8,10]. При этом основные параметры ЗПУ должны соответствовать требованиям выбранной АБ и потребителей, подключенных к СОПТ.

8.2.6 ЗПУ должны обеспечивать заряд АБ [8, 10] в трехступенчатом автоматическом режиме:

– первая ступень – ограничение начального тока заряда на уровне 0,1-0,3 С10;

– вторая ступень – ограничение напряжения заряда(1.1Uном);

– третья ступень – режим стабилизации напряжения с условием термокомпенсации напряжения подзаряда(1.05Uном при температуре 20°С).

8.2.7 Для ЗПУ, предназначенных для работы с АБ типа GEL или AGM, алгоритм заряда в режимах ограничения или стабилизации напряжения, должен включать в себя ограничение по току.

8.2.8 ЗПУ должны обеспечивать автоматическое, многократное повторное включение при восстановлении напряжения переменного тока после его исчезновения.

8.2.9 При подключении ЗПУ на шины ЩПТ через собственный предохранитель допускается использовать один из следующих типов ЗПУ:

– способный при КЗ на генерацию кратковременного токового импульса, достаточного для срабатывания защитных устройств (400 А, 0.5 с);

– имеющий в выходных цепях защиту минимального напряжения с действием на отключение ЗПУ и однократное АПВ.

При подключении ЗПУ к БВП за общим с АБ предохранителем проверка ЗПУ на действие при КЗ не требуется.

8.2.10 ЗПУ должны иметь блокировку, не допускающую проведения режимов уравнительного или ускоренного заряда при отключенной принудительной приточно-вытяжной вентиляции в помещении АБ (только для АБ открытого типа). Для реализации этого требования ЗПУ должно иметь контактный выход для запуска вентиляции и дискретный вход для блокировки работы ЗПУ.

8.2.11 При модернизации СОПТ с АБ, имеющей хвостовые элементы, должны быть предусмотрены отдельные ЗПУ для этой группы или ЗПУ двухканального исполнения (Приложение А, Рисунок А.5);

8.2.12 Для модульных ЩПТ ЗПУ должны поставляться в модульном исполнении, как элементы этих ЩПТ (Приложение Г).

8.2.13 ЗПУ должно укомплектовываться своим блоком мониторинга, который интегрируется в систему мониторинга СОПТ или в АСУ ТП ПС.

8.2.14 Выходные цепи ЗПУ не должны иметь емкостей, включенных между полюсами АБ и «землей».

8.3 Вольтодобавочное устройство (ВДУ) (Приложение А, Рисунок А.4)

8.3.1 ВДУ является преобразователем постоянного напряжения, обеспечивающим стабилизацию выходного напряжения на своем выходе при снижении напряжения на входе. ВДУ не должно ограничивать повышение напряжения. ВДУ предназначено для компенсации снижения напряжения на аккумуляторах при переходе их из режима подзаряда в автономный режим (на 8-10%) и далее в процессе их разряда (до 1.8 В).

8.3.2 ВДУ рекомендуется применяться в следующих случаях:

– при потери напряжения в кабелях, идущих к ЭУ ВВ ОРУ более 5 % (протяженность ОРУ более 250 м, ток ЭУ более 5А);

– при использовании устройств, эксплуатация которых требует более узких, чем 0.85-1.1 $U_{ном}$ диапазонов напряжения питания (аварийные маслонасосы синхронных компенсаторов, устройства синхронизации фаз ВВ и т.п.).

8.3.3 ВДУ не должно ограничивать ток КЗ (в совокупности с шунтирующим его диодом), обеспечивая селективность и чувствительность защит в сети через него питаемой.

8.3.4 ВДУ должны иметь автоматический контроль и внутреннюю защиту каждого из силовых модулей и контроль целостности шунтирующего диода.

8.3.5 При неисправности ВДУ питание потребителей должно обеспечиваться через шунтирующий диод. При этом потеря напряжения на нем не должна превышать 0.75 % $U_{ном}$. Схема с ВДУ должна иметь шунтирующий его рубильник.

8.3.6 Конструкция ВДУ должна быть модульной с минимальным током одного модуля 50-100 А. Регулирование напряжения должно быть общим для всех модулей.

8.3.7 Коэффициент астатизма каждого силового модуля не должен регулироваться в процессе эксплуатации.

Должна обеспечиваться параллельная работа нескольких силовых модулей. При превышении номинальной нагрузки силовой модуль должен перейти в режим стабилизации по току (условие параллельной работы нескольких модулей).

8.3.8 Защита ВДУ от тока КЗ в распределительной сети должна осуществляться предохранителями, установленными только со стороны АБ.

8.3.9 Должна быть предусмотрена индивидуальная защита от внутренних КЗ каждого силового модуля.

8.3.10 В случае перегрузки по току ВДУ снижает уровень выходного напряжения на величину, достаточную для того чтобы открылся p-n переход шунтирующего диода. Токовая защита от перегрузки не требуется.

8.3.11 Гальваническая развязка между входом и выходом ВДУ не требуется.

8.3.12 Нормально ВДУ должно работать в режиме повышения напряжения. Шунтирующий диод должен находиться в «горячем резерве».

8.3.13 Охлаждение силовых модулей должно быть естественное.

8.3.14 Технические параметры ВДУ:

8.3.14.1 Номинальное напряжение – 220, 110 В;

8.3.14.2 Диапазон входного напряжения – 0.7- 1.1 Uном;

8.3.14.3 Диапазон регулирования выходного напряжения 0.8-1.075 U ном;

8.3.14.4 КПД для Uном 220 В не ниже 98.5 %, для $U_{ном}$ 110 В не ниже 97.5 %;

8.3.14.5 Точность поддержания выходного напряжения - ±1 % $U_{ном}$;

8.3.14.6 Коэффициент пульсации номинального выходного напряжения не более – 0.5 % Uном;

8.3.14.7 Длительность переходного процесса при сбросе нагрузки от номинальной до х.х. не более 20 мс;

8.3.14.8 Среднее значение отклонения выходного напряжения при сбросе нагрузки от номинальной до х.х. за время переходного процесса не более – 5 % Uном;

8.3.14.9 Длительность переходного процесса при набросе нагрузки от х.х. до номинальной при минимальном входном напряжении не более - 15 мс;

8.3.14.10 Среднее значение отклонения выходного напряжения при набросе нагрузки от х.х. до номинальной за время переходного процесса при минимальном входном напряжении не более – 10 % $U_{ном}$;

8.3.14.11 Допустимая перегрузка по току (величина выходного напряжения не нормируется) в течение 0.5 с – 15 крат;

8.3.14.12 Допустимая перегрузка по току в режиме стабилизации выходного напряжения в течение 5 с – 2 крат;

8.3.14.13 Диапазон рабочих температур согласно [10].

8.3.15 Для одной АБ необходимо предусматриваться два взаимно резервируемых ВДУ или два силовых модуля ВДУ рассчитанные каждый на полный ток нагрузки АБ.

8.3.16 Компенсация снижения шунтирующего эффекта АБ при наличии в схеме ВДУ осуществляется конденсаторами на его выходе и входе суммарной емкостью несколько десятков тысяч мФ. При этом не допускается включение других емкостей между выходными клеммами ВДУ и «землей». Не допускается использовать конденсаторы со сроком службы менее 25 лет.

8.3.17 Выбор емкости АБ при наличии ВДУ необходимо вести по разрядным характеристикам мощности АБ с учетом сопротивления цепи от АБ до ВДУ и КПД ВДУ.

8.4 Устройства с DC/DC преобразователями

8.4.1 Для снижения вероятности влияния цепей вторичной коммутации с низким уровнем собственной надежности на цепи РЗА необходима гальваническая развязка этих цепей. Для этой цели СОПТ оснащается DC/DC преобразователями.

8.4.2 СОПТ с гальванической развязкой используется только для ПС с МП РЗА.

8.4.3 Схемы с DC/DC преобразователями применяются в следующих устройствах для организации соответствующих шин:

- вспомогательного питания и сигнализации (ВПС) – шина ЕВ;
- резервного питания (РП) – шина ЕА;
- блока аварийного освещения (БАО) – шина ШАО.

8.4.4 Питание каждой из шин ЕВ, ЕА и ШАО должно осуществляться от двух комплектов DC/DC преобразователей, каждый из которых имеет питание от своего ЩПТ и работает на общую шину.

8.4.5 На каждую шину ЕВ, ЕА и ШАО должен быть установлен свой УКИ и БФН.

8.4.6 Все DC/DC преобразователи должны иметь внешнюю или внутреннюю защиту от обратного тока (силовой диод, включенный в прямом направлении), внутреннюю защиту и автоматический контроль каждого из силовых блоков.

8.4.7 Защита от КЗ присоединений, отходящих от шин ЕВ, ЕА или ШАО должна осуществляться:

– электромагнитными элементами модульных АВ. Для этих целей вторичные цепи преобразователей должны быть оснащены конденсаторами емкостью не менее 400 мкФ (внутренними или внешними).

– тепловыми элементами модульных АВ (условие обязательное только для шин ЕВ и ШАО). Для этих целей должны выполняться условия:

- I АВ ном $\leq$ ¼ I DC/DC суммарный;
- I нагрузки суммарный $\leq$ ½ I DC/DC суммарный;

- сечение жил кабелей, отходящих от ≥ 1.5 мм^2;
- длинна кабелей, отходящих ≤ 400 м.

8.4.8 Резервирование АВ может осуществляться:

– внутренней защитой с действием на отключение преобразователя;

– внешней защитой минимального напряжения с выдержкой времени ($U_{ср} = 0{,}8U_{ном}$, $t_{ср} = 10$ с) с действием на независимый расцепитель автоматического выключателя на входе преобразователя.

8.4.9 Количество АВ, подключенных к шинам, выбирается:

– для ЕВ – по количеству первичных присоединений;

– для ЕА – по количеству типов, резервируемых АВ;

– для ШАО – с учетом разбиения суммарной нагрузки на величины номиналов АВ, чувствительных к КЗ по условию пункта 8.4.7.

8.4.9 Мощность каждой группы преобразователей (подключенных к своей АБ), питающих шины ЕВ и ШАО, должна быть рассчитана на суммарную мощность потребителей к ним подключенных.

8.4.10 Мощность каждой группы преобразователей, питающих шины ЕА, должна быть рассчитана на питание самого крупного потребителя к ней подключенного.

8.4.11 Не допускается подключение на шины ЕА одновременно двух и более потребителей.

8.4.12 На первом этапе реконструкции существующих ПС допускается объединение шин ЕА и ЕВ с питанием их от одной общей группы DC/DC преобразователей.

8.5 Распределительные устройства постоянного тока (РУПТ) (щиты, шкафы панели) оперативного тока

8.5.1 РУПТ обеспечивают распределение оперативного тока в соответствии с Таблицей 2.

8.5.2 Конструкция РУПТ должна обеспечивать необходимый уровень собственной надежности при минимальном объеме обслуживания;

8.5.3 РУПТ удовлетворяют требованиям термической и динамической стойкости при близких КЗ в цепях СОПТ в соответствии с [10].

8.5.4 ЩПТ имеют защиту от коммутационных перенапряжений в собственных цепях (защита от обратного напряжения) (Приложение А. Рисунок А.1 – А.6. Элемент «VD1,2»).

8.5.5 РУПТ имеют в своем составе защитные устройства, позволяющие селективно и с необходимым быстродействием локализовать повреждения в цепях ВК [10].

8.5.6 Проводники СОПТ должны удовлетворять требованиям термической стойкости и невозгораемости [10].

8.5.7 При наличии на ПС МВ с электромагнитными приводами включения (токи около 100 А) РУПТ имеют разделение на силовую часть и на цепи РЗА и управления (Приложение А, Рисунок А.3).

8.5.8 РУПТ имеют разделение на зону питания МП РЗА (ШРОТ МП РЗА) и на зону питания ЭлМ РЗА (ШРОТ ЭлМ РЗА и КРУ);

8.5.9 ЩПТ должны быть оснащены устройствам БФН и УКИ в соответствии с разделом 8.8;

8.5.10 ЩПТ должны быть оснащены устройствами АПЗЗ и ППЗЗ в соответствии с разделом 8.8;

8.5.1 РУПТ должны иметь устройства мониторинга положения коммутационных аппаратов и параметров СОПТ (раздел 8.6.);

8.5.12 ЩПТ должны иметь устройства сигнализации положения основных коммутационных аппаратов (вводные и секционные ЩПТ и БВП) и устройства измерения основных параметров СОПТ. ЩПТ и БВП должны иметь местную сигнализацию (без передачи в ССПИ/АСУ ТП) целостности всех предохранителей среднего и верхнего уровня защиты. Допускается объединение в одном устройстве функций мониторинга и функций сигнализации и измерений (раздел 8.6).

8.5.13 На ЩПТ должны быть установлены блоки РАС, интегрируемые в общую систему регистрации аварийных событий ПС (раздел 8.7).

8.5.14 Максимальная независимость питания основных и резервных (первых и вторых) комплектов РЗА обеспечивается:

– подключением их к РУПТ питаемых от разных АБ или через разные секции ЩПТ;

– минимальным количеством устройств, КЗ в которых может вызвать возмущение одновременно в цепях двух АБ (индивидуальные ключи выбора питания, имеющие гальваническую связь с двумя АБ);

– простая и наглядная схема СОПТ, позволяющая оперативному персоналу отслеживать в любой момент времени подключение потребителей к разным АБ (Приложение А).

8.5.15 Блок выносных предохранителей (БВП) должен устанавливаться, как можно ближе к АБ (на внешней стороне стены, общей с помещением АБ). АБ должна подключатся к БВП одножильными кабелями с изоляцией стойкой к контакту с электролитом АБ. Шкаф БВП должен быть разделен на собственные объемы для предохранителей «+», «-» и средней точки. БВП должен подключатся к ЩПТ кабелем с малым индуктивным сопротивлением (четырехжильный кабель).

8.5.16 Межсекционные связи двух ЩПТ разных АБ должны иметь два коммутационных аппарата: первый защитный, второй разделительный. Эти коммутационные аппараты должны быть разнесены по разным шкафам (раздел 7.1).

8.5.17 ШРОТ должен содержать парное количество секций, соединенных между собой рубильником (нормально отключен) и иметь на входе секций рубильники с видимым разрывом. Парные секции ШРОТ не допускается подключать к разным АБ (раздел 7.1).

8.5.18 Электрическое объединение цепей двух разных АБ вне ЩПТ не допускается (угроза появления уравнительного тока по слабым связям). При возможности такого объединения необходимо предусматривать сигнализацию или блокировку возникновения этих связей.

8.5.19 При наличии двух взаимно резервирующих комплектов РЗА не целесообразно иметь резервирование питания для каждого комплекта в отдельности (Приложение В). Резервирование в этом случае оценивается по работе комплектов в целом, а не только по их питанию.

8.5.20 При наличии в составе МП терминала двух гальванически разделенных блоков питания, допускается подключение этого терминала к разным источникам питания.

8.5.21 Не допускается в схемах управления ВВ подключение цепей АВР к оперативному току двух АБ. При необходимости (отсутствует аппаратное резервирование функции, задействованной в работе РЗА) использования АВР, его второй вход должен подключается к общей для всех присоединений резервной шине.

8.5.22 Монтаж кабелей, отходящих от РУ, должен обеспечивать возможность использования токовых клещей устройства ППЗЗ.

8.5.23 В РУПТ должно использоваться оборудование со сроком службы не менее 20 лет.

8.5.24 Оборудование РУПТ должно иметь климатическое исполнение, соответствующее категории размещения УХЛ4.2 по ГОСТ 15543.1.

8.5.25 Оборудование РУПТ должно соответствовать требованиям стойкости к механическим внешним воздействующим факторам по группе М13 ГОСТ 17516.1 и должно иметь сейсмическую стойкость, соответствующую географическому расположению ПС.

8.5.26 Оборудование РУПТ должно иметь сертификат безопасности ТР ТС.

8.5.27 РУПТ в составе СОПТ должны соответствовать требованиям электромагнитной совместимости по ГОСТ Р 51317.6.5, СТО 56947007-29.240.044-2010 и испытаны на помехоустойчивость в соответствии с ГОСТ Р 51317.6.5.

8.5.28 Конструкция РУПТ должна позволять ремонт и замену основных компонентов без отключения всего устройства, с сохранением питания всех основных потребителей.

8.5.29 Конструкция РУПТ должна позволять замену неисправного оборудования без демонтажа исправного и обеспечивать свободный доступ к клеммам для ревизии контактных соединений.

8.5.30 В ЩПТ и БВП должно быть предусмотрено место для хранения запасных плавких вставок.

8.5.31 ЩПТ должен иметь контроль объединения на параллельную работу двух и более фидеров (в составе УКИ, раздел 8.8).

8.5.32 Выбор защитных аппаратов (АВ и Пр), установленных в РУ, определен методикой [10].

8.5.33 Защитные аппараты должны обеспечивать отключение коротких замыканий в любой точке СОПТ, сопровождающихся провалом напряжения на сборках ЩПТ и ШРОТ глубиной более 30 %, со временем, не

превышающим 1 с и глубиной более 60 %, со временем, не превышающим 100 мс [8].

8.5.34 Должно быть обеспечено дальнее резервирование АВ действием Пр 2-го уровня при трехуровневой системе защиты, действием Пр 1-го уровня при двухуровневой системе защиты. Дальнее резервирование Пр не требуется [8].

8.5.35 Для цепей, имеющих гальваническую связь с АБ, для электромагнитных элементов АВ нижнего уровня коэффициенты чувствительности к токам металлического КЗ в конце основной зоны защиты должны быть не менее 2 и к дуговым КЗ в начале защищаемой зоны не менее 1.8 (при максимальном значении коэффициента электромагнитной отсечки ($К_{max\ эо}$) [23].

8.5.36 Для зоны подключения МП РЗА АВ должны проверяться на отстройку от токов включения МП РЗА (≈10 А).

8.5.37 Для зоны подключения ЭлМ РЗА для выполнения условий пункта 8.3.35 необходимо использовать АВ с характеристикой «Z» (Кмах эо=4.5) . Для зоны подключения МП РЗА для выполнения условий пункта 8.3.36 необходимо использовать АВ с характеристикой «К» (Кмин эо=10). Применение АВ с другими характеристиками допускает, если выполняются требования пунктов 8.5.35 и 8.5.36, соответственно.

8.5.38 Для обеспечения необходимой чувствительности Пр второго уровня зоны подключения ЭлМ РЗА количество АВ на каждой её секции должно быть ограничено до 7.

8.5.38 Время отключения предохранителем КЗ в зоне резервирования не должно превышать 10 с, с коэффициентом чувствительности не менее 1.3. При невозможности выполнить это условие, на нижнем уровне необходимо заменить соответствующие АВ на Пр. В этом случае, резервирование сводится к взаимному резервированию Пр одного полюса Пр другого.

8.5.39 Все коммутационные аппараты должны быть выбраны с возможностью коммутации постоянного тока нагрузки [8].

8.5.40 Нормально допустимое отклонение напряжения на клеммах потребителей в режиме постоянного подзаряда АБ не более 5 % от номинального значения [6].

8.5.41 Предельно допустимое отклонение напряжения на шинах питания устройств РЗА не должно превышать 1.1 $U_{ном}$ и снижаться менее 0.8 $U_{ном}$ (0.85 $U_{ном}$ на клеммах АБ) [8], [23].

8.5.42 В перечень РУПТ СОПТ входит шкаф ВПС, предназначенный для питания цепей микропроцессорной оперативной блокировки разъединителей, цепей сигнализации устройств, находящихся на ОРУ, периферийных цепей АСУ ТП (раздел 7.1). Шкафы ВПС обязательны для ПС с уже имеющейся или планируемой к установке АСУ ТП.

8.5.43 На каждом ЩПТ установлены свои БАО, включенные по выходу на параллельную работу. Каждый БАО выбирается на полную нагрузку сети аварийного освещения (раздел 8.4). При выборе осветительных приборов для

аварийного освещения предпочтение должно отдаваться энергосберегающим лампам постоянного тока с повышенной надежностью схемы преобразования.

8.5.44 РУ, от которых выполнено питание МП РЗА (ШРОТ и КРУ) оборудованы резервной шиной питания ЕА. Она предназначена для поиска фидеров с пониженной изоляцией и для выделения на изолированную работу поврежденного фидера (раздел 8.4).

8.5.45 При разработке новых конструкций ЩПТ, предпочтение должно отдаваться модульной конструкции с повышенной интеграцией элементов (Приложение Г).

8.5.46 Приборы и индикаторы, установленные в РУПТ должны соответствовать типовым техническим требованиям к измерениям ПАО «ФСК ЕЭС» [18].

8.6 Система мониторинга СОПТ

8.6.1 Для каждой секции ЩПТ, для каждого шкафа с преобразователями должен быть предусмотрен отдельный блок мониторинга (УСО). Цепи вторичной коммутации, подключаемые к блоку мониторинга не должны выходить за пределы шкафа (кроме цепей, идущих от ШРОТ).

8.6.2 Все блоки мониторинга (УСО) ЩПТ объединяются в единую систему для дальнейшего ввода в ССПИ/АСУ ТП по стандартному протоколу интеграции.

8.6.3 Преимущественное значение имеют стандартные протоколы интеграции, содержащие метки единого времени: IEC 61850-8-1, МЭК 60870-5-101/103/104.

8.6.4 Оборудование мониторинга СОПТ, поддерживающее протоколы, не содержащие метки единого времени (Modbus, Profibus и т. д.) допускается применять только в случае не комплексной реконструкции или в случае интеграции уже установленного оборудования.

8.6.5 Перечень технологических параметров от подсистемы контроля (мониторинга) состояния СОПТ (поставляемой в комплекте оборудования ЩПТ), передаваемый в ПТК АСУ ТП цифровым кодом, дан в Таблице 4.

Таблица 4. Перечень технологических параметров, передаваемый в ПТК АСУ ТП

Наименование сигнала	Тип сигнала *	Характер отображения информации **	Общий/ Индивидуальный ***
Напряжение АБ	ТИ	ОИ	И
Напряжение каждой секции ЩПТ (при условии подключения секции через ВДУ, БУ, DC/DC) (см. Приложение А, Рисунок А.1)	ТИ	ОИ	И
Напряжение полюса секции ЩПТ относительно «земли» (при наличии двух секций, с одной секции контролируется параметр «+» на «землю», с другой «-» на «землю»	ТИ	ОИ	И
Напряжение полюсов относительно «земли» на секциях ВПС и секциях РП	ТИ	ОИ	И
Ток нагрузки АБ	ТИ	ОИ	И
Ток подзаряда АБ	ТИ	ОИ	И
Ток ЗПУ	ТИ	ОИ	И
Сопротивление изоляции полюсов ЩПТ	ТИ	ОИ	И
Отсутствие напряжения на секции ЩПТ	ТС	П1	И
Напряжение СОПТ на секции выше (ниже) допустимого уровня	ТС	П2	И
Повышенный уровень пульсации напряжения СОПТ	ТС	П2	О
Обрыв в цепи АБ (по нарушению симметрии или по другому критерию)	ТС	П2	И
Положение «включено» («отключено») вводных и секционных КА	ТС	ОС	И
Аварийное отключение вводных и секционных КА	ТС	П1	И
Аварийное отключение КА отходящих линий секции (с дискретностью до 1 шкафа)	ТС	П1	О
Предупредительный сигнал снижение изоляции	ТС	П2	И
Аварийный сигнал снижения изоляции	ТС	П2	И
Неисправность устройства контроля изоляции сети	ТС	П1	И
Неисправность питающей сети ЗПУ	ТС	П1	И
Неисправность ЗПУ	ТС	П1	И
Неисправность ВДУ, БУ, DC/DC, DC/AC (при наличии)	ТС	П1	И
Обобщенный сигнал неисправности на ЩПТ	ТС	П1	О
Обобщенный сигнал неисправности в ШРОТ (1-n)	ТС	П1	О
Номер фидера с пониженной изоляцией	ТС	ОС	И

Примечание.

* ТИ – Телеизмерение; ТС – Телесигнализация.

** П1 – Предупредительная звуковая сигнализация без выдержки времени;
П2 – Предупредительная звуковая сигнализация с выдержкой времени;
ОИ – Оперативное измерение;
ОС – Оперативное состояние.

*** О – Обобщенный сигнал. И – Индивидуальный сигнал (устройство, секция, шкаф).

8.7 Блоки аварийной регистрации событий (РАС)

8.7.1 В СОПТ должен быть интегрирован блок (РАС) общеподстанционной системы регистрации аварийных событий, со следующими функциями и возможностями:

– регистрация токов и напряжений любой формы (частота дискретизации 1 мс).

– помимо пуска по команде, блок РАС должен иметь собственные пусковые органы;

– блок РАС должен иметь привязку событий к астрономическому времени, (ведение астрономического времени по сигналу от внешнего источника);

– блок РАС должен иметь несколько измерительных функций («самописец», «измеритель», «регистратор»).

8.7.2 Перечень аналоговых сигналов, заведенных на блоки РАС СОПТ, приведен в Таблице 5*. (*Примечание - Перечень сигналов выполнен для типовой схемы (Приложение А, Рисунок А.1).*

8.7.3 Выбор типа блоков РАС, устанавливаемых на ЩПТ, не входит в объем проекта по ЩПТ и определяется проектом на систему РАС.

Таблица 5. Перечень аналоговых сигналов, заведенных на блоки РАС СОПТ

№ сигнала/ канала п/п	Присоединение	Параметр	Един. измер.	Тип сигнала	Коэфф. трансф.	Макс. значение	Уставки
1	ЩПТ-1 (1 секция)	I сек. 1	А	=	Шунт – 200 А, 75 мВ	4 кА	300 А
2	ЩПТ-1 (2 секция)	I сек. 2	А	=	Шунт – 200 А, 75 мВ	4 кА	300 А
3	ЩПТ-1 (1секция)	U сек. 1 «+» «-»	В	=	Нет	300 В	174, 242 В
4	ЩПТ-1 (2 секция)	U сек. 2 «+» «-»	В	=	Нет	300 В	174, 242В
5	ЩПТ-1 (1секция)	U сек. 1 «+» на зем.	В	=	Нет	300 В	80, 160 В
6	ЩПТ-1 (2секция)	U сек. 2 «-» на зем.	В	=	Нет	300 В	80, 160 В
7	Шкаф РП	$I_{РП}$ 1ввод	А	=	Шунт – 100 А, 75 мВ	100 А	300 А
8	Шкаф РП	$I_{РП}$ 2ввод	А	=	Шунт – 100 А, 75 мВ	100 А	300 А
9	Шкаф РП	$U_{РП}$ «+»,«-»	В	=	Нет	300 В	174, 242 В
10	Шкаф РП	$U_{РП}$ «+» на зем.	В	=	Нет	300 В	80, 160 В
1	ЩПТ-2 (3 секция)	I сек. 3	А	=	Шунт – 200 А, 75 мВ	4 кА	300 А
2	ЩПТ-2 (4 секция)	I сек. 4	А	=	Шунт – 200 А, 75 мВ	4 кА	300 А
3	ЩПТ-2 (3секция)	U сек. 3 «+» «-»	В	=	Нет	300 В	174, 242 В
4	ЩПТ-2 (4 секция)	U сек. 4 «+» «-»	В	=	Нет	300 В	174, 242 В
5	ЩПТ-2 (2секция)	U сек. 3 «+» на зем.	В	=	Нет	300 В	80, 160 В
6	ЩПТ-2 (2секция)	U сек. 4 «-» на зем.	В	=	Нет	300 В	80, 160 В
7	Шкаф ВПС	$I_{ВПС}$ 1ввод	А	=	Шунт – 100А, 75 мВ	100 А	300 А
8	Шкаф ВПС	$I_{ВПС}$ 2ввод	А	=	Шунт – 100А, 75 мВ	100 А	300 А
9	Шкаф ВПС	$U_{ВПС}$ «+»,«-»	В	=	Нет	300 В	174, 242 В
10	Шкаф ВПС	$U_{ВПС}$ «+» на зем.	В	=	Нет	300 В	80, 160 В

8.8 Формирование нейтрали СОПТ, контроль изоляции и поиск места замыкания на землю

8.8.1 В цепях, имеющих гальваническую связь с АБ, для ограничения последствий замыкания на землю и сокращения времени его поиска на ПС необходимо иметь следующие устройства:

- Блок формирования нейтрали (БФН);

- Устройство контроля изоляции полюсов (УКИ) с функциями:
  - замер величины сопротивления изоляции каждого полюса;
  - сигнализация снижения сопротивления изоляции до заданных уставок (предупредительная и аварийная);
  - замер напряжений полюсов АБ относительно земли.
- Устройство автоматического поиска замыкания на землю (АПЗЗ) на фидере, отходящем от ЩПТ;

УКИ и АПЗЗ должны работать без отключения БФН или иметь его в своем составе;

- Шинка резервного питания (ЕА) и стационарные коммутационные аппараты, предназначенные для перевода на неё индивидуальных потребителей;
- Переносное устройство поиска замыкания на землю (ППЗЗ);
- Шлейфы регистратора аварийных событий (РАС), включенные на напряжение каждого полюса АБ относительно земли.

8.8.2 В цепях постоянного тока, работающих под номинальным напряжением СОПТ и не имеющих гальванической связи с АБ, должны быть установлены следующие устройства:

- УКИ с функциями:
  - БФН;
  - сигнализации снижения сопротивления изоляции шинок питания до уставки предупредительного сигнала;
  - замер напряжения шинок питания относительно земли.
- Шлейфы РАС, включенные на напряжение шинок питания относительно земли.

Поиск замыканий на землю в этих цепях должен осуществляться методом кратковременного последовательного отключения всех автоматических выключателей.

8.8.3 Каждая гальванически изолированная часть СОПТ, работающая под её номинальным напряжением, должна иметь собственное УКИ.

8.8.4 В цепях питания устройств мониторинга СОПТ (напряжением 24-48В) никаких устройств, предусмотренных пунктом 8.8.1 и 8.8.2 устанавливать не требуется.

8.8.5 БФН является устройством, симметрично шунтирующим полюса АБ относительно земли сопротивлениями не более 30 кОм.

БФН предназначен:

- в нормальном режиме для уменьшения перекоса напряжений полюсов постоянного тока СОПТ относительно земли;

- в режиме снижения изоляции полюсов для согласования напряжения перекоса с уставкой сигнализации аварийного снижения изоляции УКИ.

Функция БФН может быть заложена как в отдельное устройство, так и в УКИ или АПЗЗ. Не допускается нахождение в работе одновременно двух и более БФН для цепей, гальванически связанных с одной АБ.

8.8.6 УКИ с функцией замера величины сопротивления изоляции должно обеспечивать её замер по каждому полюсу в отдельности в диапазоне от 1 до 1000 кОм при величине суммарной емкости сети в диапазоне от 1 до 200 мкФ. Точность замеров сопротивления изоляции не должна зависеть от емкости сети. УКИ обязательно должно выполнять свои функции при включенном БФН. Работа УКИ не должна создавать перекос напряжения по полюсам более 50 В и увеличение напряжения «минуса» относительно земли более 140 В. Величина тока, инжектируемого УКИ в сеть, не должна быть более 1.8 мА. Устройство должно иметь не менее 2 уставок сигнализации при снижении сопротивления изоляции с диапазоном регулирования от 20 до 100 кОм.

8.8.7 УКИ с функцией сигнализации «снижение изоляции» должно иметь одну уставку 60 кОм.

8.8.8 Поиск места замыкания на землю должен иметь три уровня (Рисунок 8):

- **на первом** - определяются фидера с пониженной изоляцией, отходящие от ЩПТ либо к ШРОТ, либо к секции КРУ, либо к КРУЭ, либо к отдельному устройству. Поиск поврежденного фидера без его отключения осуществляется устройством АПЗЗ, установленным на ЩПТ;
- **на втором** - определяется АВ в цепи питания конкретного устройства, за которым произошло замыкание на землю. Для ШРОТ и КРУ поиск осуществляется при помощи стационарных устройств поочередным ручным переводом всех фидеров (без перерыва их питания или с перерывом не более 10 мсек) на шинку резервного питания ЕА. В КРУЭ поиск ведется методом поочередного кратковременного отключения АВ;
- **третий** – определяется точка замыкания на землю. Поиск осуществляется устройством ППЗЗ.

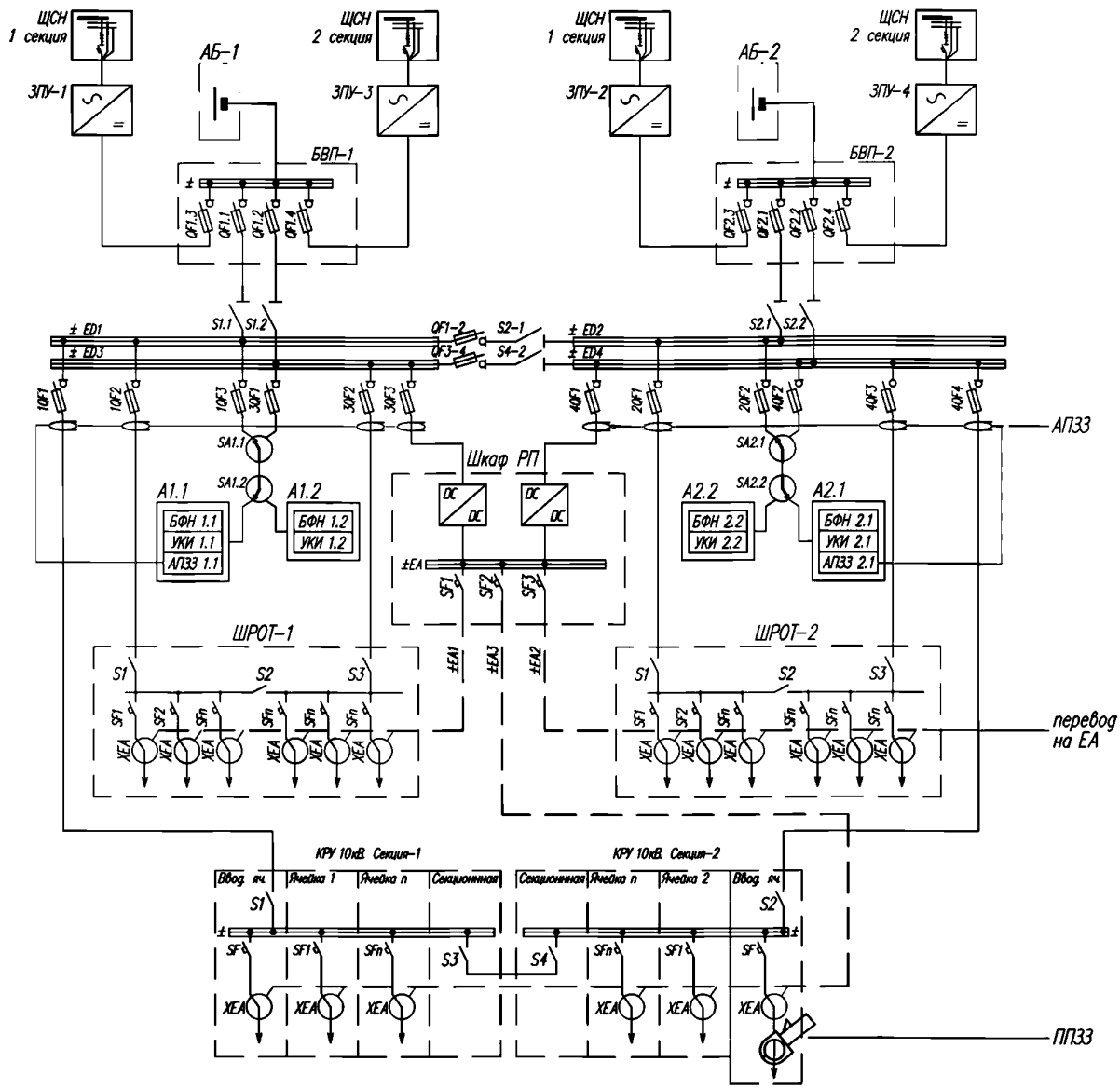


Рисунок 8. Схема комплекса устройств снижения последствий замыканий на землю и поиска места повреждения изоляции

8.8.9 На первом и втором уровнях поиск замыкания на землю должен выполняется оперативным персоналом объекта

8.8.10 На третьем уровне поиск замыкания на землю осуществляется персоналом служб РЗА.

8.8.11 АПЗЗ первого уровня должно обладать следующими характеристиками:

- Иметь функции автоматического (при достижении заданной уставки УКИ) и ручного запуска поиска фидера с пониженной изоляцией;
- Выполнять свои функции при включенном БФН или иметь его в своем составе;
- Иметь функцию замера величины сопротивления изоляции разных фидеров и сигнализацию её снижения ниже заданного уровня;

- Определять поврежденные фидера при многоточечных утечках тока на ««землю»»;
- Устойчиво работать, без снижения чувствительности при емкости сети в диапазоне от 0 до 200 мкФ;
- Поддерживать логику параллельной работы при выводе в ремонт одной из АБ;
- Иметь сигнализацию объединения одноименных полюсов разных фидеров;
- Иметь самодиагностику датчиков тока присоединений;
- Интегрироваться в общую систему мониторинга СОПТ.
- Не должно влиять на работу потребителей постоянного тока;
- Не должно создавать перекос напряжения по полюсам более 50 В и увеличение напряжения «минуса» относительно земли более 140 В;
- Не должно инжектировать в сеть ток величиною более 1.8 мА.

8.8.12 В случае объединения в одном устройстве функций УКИ, АПЗЗ и БФН требуется установка резервного УКИ с функцией БФН. Одновременно допускается подключение к шинам АБ только одного БФН.

8.8.13 Второй уровень поиска места замыканий на землю должен быть организован во всех местах установки индивидуальных АВ (ШРОТ, КРУ), от которых выполнено питание микропроцессорных терминалов РЗА, ПА, АУВ.

8.8.14 Для организации второго уровня поиска места замыканий на землю необходимы:

- Один общий для всех присоединений блок формирования шинки ЕА, который должен состоять из:
- двух DC/DC преобразователей с гальванической развязкой входных и выходных цепей. Каждый преобразователь питается от шин ЩПТ своей АБ. Мощность одного преобразователя выбирается с учетом питания самого мощного потребителя постоянного тока с 20 % запасом. Преобразователь должен иметь внутреннюю защиту от внешних КЗ, селективную с электромагнитной отсечкой внешних АВ;
- УКИ с функцией сигнализации снижения сопротивления изоляции до величины 60 кОм;
- Защиты минимального напряжения с действием на независимые расцепители АВ, которые включены на входе DC/DC преобразователей;
- АВ с независимыми расцепителями, которые включены на входе каждого блока DC/DC преобразователей;
- Общая шинка ЕА, на которую подключены через разъединители и диоды от обратного тока выходы DC/DC преобразователей;
- АВ с электромагнитными расцепителями для питания шинок резервного питания ЕА1, ЕА2 и ЕА3;
- Общая для всей ПС сеть резервных шинок ЕА1, ЕА2 и ЕА3;
- Для каждой АБ - сеть шинок сигнализации замыкания на землю в её цепях (ЕН1АБ и ЕН2АБ);

- Общая для всей ПС шинка сигнализации замыкания на землю в цепях ЕА – (ЕН ЕА);
- Общая для всей ПС шинка сигнализации «На шинку «ЕА» переведено присоединение» - ЕНА;
- Оборудование ШРОТ и ячеек КРУ, которое должно состоять из:
- Коммутационных аппаратов, позволяющих перевести каждое присоединение шкафа на шинку ЕА без потери его питания (набор из 3 клемм, каждая из которых состоит из одного выхода, двух входов и перемыкающего мостика с общим поводком; специальные блоки; ключи с безразрывным переключением) (Рисунок 9). К этим аппаратам и месту их установки должны предъявляться следующие требования:
  - Должны быть включены за автоматическим выключателем;
  - Не должны снижать уровень надежности питания потребителей постоянного тока (например, из-за установки их на двери шкафа);
  - Должны быть установлены в зоне обслуживания оперативного персонала.
  - Должны исключать возможность оперативному персоналу переключиться на шинку ЕА с обратно полярностью или с перерывом питания;
  - Должны размещаться идентично для всех присоединений.
- Визуальной сигнализацией:
  - «земля на ЩПТ 1(2)»;
  - «земля на ЕА»;
  - «На шинку ЕА переведено присоединение».

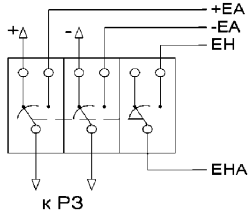


Рисунок 9. Блок клемм для перевода на шинку ЕА

8.8.15 Шинка ЕА, помимо поиска замыкания на землю должна использоваться для выделения на изолированную работу отдельного устройства, в цепях которого обнаружено замыкание на землю.

8.8.16 АВ, через которые проходят цепи к блокам питания микропроцессорных устройств РЗА, ПА или АУВ должны быть помечены красной точкой, предупреждающей оперативный персонал о том, что их кратковременное отключение приведет к длительной потере этих устройств.

Для всех остальных выключателей, не помеченных красной точкой, допускается их кратковременное отключение для поиска замыканий на землю.

8.8.17 В технические требования на КРУ должны входить пункты по организации второго уровня поиска замыканий на землю.

8.8.18 Не допускается использовать для перевода на резервное питание или для поиска мест замыкания на землю коммутационные аппараты, установленные вне ЩПТ, к которым подведены цепи одновременно от двух АБ.

8.8.19 На третьем уровне, для поиска конкретного места снижения сопротивления изоляции на каждой ПС необходимо иметь ППЗЗ, работа которого должна быть согласована с работой АПЗЗ.

8.8.20 Для фиксации момента и характера повреждения изоляции СОПТ должна быть оборудована блоками РАС, шлейфы которых включены на напряжение шинок питания относительно земли. Не допускается использовать для этих целей шлейфы РАС с внутренним сопротивлением менее 1 МОм и более одного шлейфа на один полюс. Рекомендуется подключать к блоку РАС: «плюс относительно земли» - для одной секции ЩПТ и «минус относительно земли» - для другой секции.

9 Задание на проектирование строительной части ПС, с учетом требований СОПТ

9.1 В дополнение к требованиям, указанных в главе 4.4 [6], строительная часть помещений АБ должна удовлетворять следующим:

- наличие общей стены между аккумуляторной и помещением под установку ЩПТ;
- для ПС с КРУЭ аккумуляторная и ЩПТ должны размещаться в общем здании с КРУЭ;
- при наличии на ПС нескольких отдельных зданий для КРУЭ необходимо иметь свою СОПТ для каждого из них;
- для ПС, на которых шкафы РЗА отдельных присоединений вынесены в удаленные от ЦЩУ здания (МЩУ или щитов РЗА), требуется иметь собственные СОПТ для каждого из этих зданий. При количестве шкафов РЗА не более 20, строительство помещений под АБ не требуется. В этом случае, АБ должны устанавливаться в общем ряду панелей этих щитов РЗА в аккумуляторных шкафах.

9.2 В объем задания на проектирования строительной и санитарно-технической части ПС должны входить следующие параметры и положения:

- Площади помещений для АБ и ЩПТ и компоновка в них электротехнического оборудования;
- В компоновку помещения ЩПТ обязательно должны входить: расположение на стене, общей с помещением АБ, навесного шкафа БВП и его габаритные размеры; расположение на этой же стене проходных труб под

кабели, идущие от АБ и их диаметр. Не допускается прокладка в одной трубе кабелей «плюс», «минус» и «средняя точка»;

- объем свежего воздуха для приточно – вытяжной вентиляции необходимой для проведения ускоренного заряда АБ;
- тепловыделение АБ в режиме подзаряда и требования по кондиционированию помещения АБ для поддержания в ней температуры в пределах 20 - 25 °С.

9.3 При реконструкции действующих ПС допускается в обоснованных случаях размещение оборудования СОПТ (только АБ или АБ, ЗПУ, ЩПТ и проч.) в термоизолированных контейнерах, оборудованных системами эл/отопления, приточно-вытяжной вентиляцией, рабочим и аварийным освещением и размещенных в непосредственной близости от существующего РЩ.

10 Методика проектирования СОПТ

10.1 Проектная документация – документация, содержащая текстовые и графические материалы и определяющая инженерно-технические решения для обеспечения строительства или реконструкции объекта. С учетом положений изложенных в настоящей работе, решение задачи разработки проекта по СОПТ должно сводиться к их согласованию с конкретными данными проектируемого объекта. Кроме того, проект по СОПТ должен согласовываться с Техническими требованиями к СОПТ [8] и Методическими указаниями по выбору оборудования [10]. Проект СОПТ должен включать в себя следующие разделы:

- Основные положения.
- Структура СОПТ.
  - Однолинейная схема.
  - Таблица распределения нагрузок по АБ, секциям ЩПТ, секциям ШРОТ.
- Выбор параметров АБ.
  - Расчет постоянной и импульсной нагрузок.
  - Выбор параметров АБ с учетом падения напряжения в соединительных проводах.
- Выбор параметров защитных устройств.
  - Расчет токов КЗ.
  - Выбор параметров защитных устройств. Карта селективности.
  - Проверка кабельной продукции на термическую устойчивость.
- Выбор параметров ЗПУ, ВДУ (при необходимости), DC/DC преобразователей, УКИ, АПЗЗ, ППЗЗ, системы мониторинга, блоков РАС.

- Задание на проектирование строительной части объекта с учетом требований СОПТ.
- Расчет газовыделения. Задание на проектирование вентиляции.
- Спецификации. Требования к оборудованию для конкурсной документации.
- Смета на оборудование.

Объем проектной документации должен соответствовать техническому заданию на проектирование и постановлению правительства [16].

По результатам прохождения Госэкспертизы, при необходимости составляется корректирующая записка.

10.2 **Рабочая документация** - совокупность текстовых и графических документов, обеспечивающих реализацию принятых в утвержденной проектной документации технических решений. Одной из задач, решаемой при разработке рабочей документации, должно быть подтверждение решений, принятых на стадии проекта в соответствии с выбранным по конкурсу оборудованием и в соответствии с конкретными особенностями объекта. Рабочая документация по СОПТ должна включать в себя следующие разделы:

- Основные положения.
- Структура СОПТ.
  - Однолинейная схема.
  - Таблица распределения нагрузок по АБ, секциям ЩПТ, секциям ШРОТ.
- Выбор параметров АБ.
  - Расчет постоянной и импульсной нагрузок.
  - Выбор параметров АБ с учетом падения напряжения в соединительных проводах. Расчет времени работы СОПТ в автономном режиме.
- Выбор параметров защитных устройств.
  - Расчет токов КЗ.
  - Выбор параметров защитных устройств. Проверка защитных устройств на чувствительность и селективность. Карта селективности.
  - Проверка кабельной продукции на термическую устойчивость.
- Корректировка таблиц распределения нагрузок по АБ, секциям ЩПТ, секциям ШРОТ;
- Проверка правильности выбор ЗПУ, ВДУ, DC/DC преобразователей, УКИ, АПЗЗ, ППЗЗ, системы мониторинга, блоков РАС.
- Проверка расчета на газовыделение;
- Принципиальные схемы СОПТ;

- Схемы размещения оборудования в помещениях АБ, ЩПТ, на релейных щитах;
- Схемы подключения НКУ;
- Кабельный журнал;
- Спецификации;
- Сметы на монтажно-наладочные работы.

10.3 **Основные положения.** В объем раздела должны входить следующие исходные данные:

– основные положения настоящей работы (раздел 4.2);

– особенности конкретного объекта (тип и размеры РУ, принятое к установке первичное и вторичное оборудование, дополнительное время автономной работы СОПТ, этапы строительства или реконструкции и т.п.)

– дополнительные требования заказчика (при наличии), которые необходимо учесть в разработке проекта (определенный тип оборудования и т. п.).

10.4 **Структура СОПТ.** На основании исходных данных, технического задания, требований, изложенных в разделах 5.4, 6 и 7 и схем, приведенных в приложении А, должна быть выбрана структурная схема СОПТ. Для удобства пользования настоящей работой, основные особенности ПС и вид строительства, влияющие на выбор схемы СОПТ, сведены в Таблицу 6.

10.5 На основании выбранной структуры СОПТ, количества питаемых от неё устройств нагрузки, их категорийности (раздел 4.3) и требований к РУПТ (раздел 8.5) рассчитывается количество секций и шкафов ЩПТ с отходящими фидерами, количество секций и шкафов ШРОТ для питания МП РЗА и ЭлМ РЗА, количество шкафов ВПС, РП. Заполняется Таблица 7 распределения нагрузок по АБ, секциям ЩПТ, секциям ШРОТ.

Таблица 6. Выбор структуры СОПТ

<table>
<tr><th rowspan="2">Класс U обмоток</th><th colspan="2" rowspan="2">Вид строительства</th><th colspan="2">РУ</th><th colspan="2">Тип ВВ</th><th rowspan="2">Тип РЗА</th><th rowspan="2">Тип АБ</th><th rowspan="2">Схема рис. №</th><th rowspan="2">Примечание</th></tr>
<tr><th>Тип</th><th>Размеры</th><th>Тип накопителя энергии</th><th>количество приводов на ВВ и ток ЭО и ЭВ</th></tr>
<tr><td>35 - 110 кВ</td><td colspan="10">в данном СТО не рассматривается</td></tr>
<tr><td rowspan="11">110-750 кВ</td><td colspan="2" rowspan="2">Новая ПС</td><td rowspan="2">КРУЭ</td><td>малое</td><td rowspan="4">С собственным накопителем энергии</td><td>не имеет значения</td><td rowspan="3">МП РЗА</td><td rowspan="8">Свинцово-кислотная открытого типа</td><td>2</td><td></td></tr>
<tr><td>большое*</td><td>с пофазным приводом и Iэо более 5 А</td><td>2</td><td>с делением шин ЕС 1 и 2 на ЕС 1.1-1.n и ЕС 2.1-2.n по количеству полей в КРУЭ</td></tr>
<tr><td rowspan="2">ОРУ</td><td>малое</td><td>не имеет значения</td><td>1</td><td></td></tr>
<tr><td>большое**</td><td>с пофазным приводом и Iэо более 5 А</td><td>4</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">Полная реконструкция</td><td>С сохранением существующей СОПТ до конца реконструкции</td><td rowspan="3">ОРУ</td><td rowspan="2">малое/ большое</td><td rowspan="2">не имеет значения/ с пофазным приводом и Iэо более 5 А</td><td>1/4</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">С заменой существующей СОПТ</td><td rowspan="2">МП РЗА и ЭлМ РЗА</td><td>6+1 или 6+4</td><td></td></tr>
<tr><td></td><td>С централизованным накопителем энергии (АБ)</td><td>М ВВ 6-10 кВ с I эв> 90 А</td><td>6+3</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="4">Частичная реконструкция</td><td>Для установки МП РЗА менее 10 комплектов</td><td colspan="3" rowspan="3">не имеет значения</td><td>БМ ВВ 110- 220 кВ с I эв > 100 А</td><td>6+5</td><td></td></tr>
<tr><td>Для установки МП РЗА более 10 комплектов</td><td rowspan="2"></td><td>7.1</td><td>Установка на ЩПТ дополнительных секций с АВ</td></tr>
<tr><td>Для повышения надежности СОПТ</td><td>7.2</td><td>Установка дополнительных ШРОТ</td></tr>
<tr><td></td><td>Свинцово-кислотная открытого типа</td><td>7.3</td><td>Без замены ЩПТ - замена АБ и головного АВ (установка БВП с собственными ПР для каждой секции ЩПТ)</td></tr>
</table>

Примечание. * Большое КРУЭ – количество выключателей 5 и более;

**Большое ОРУ – расстояние (по кабельным лоткам) от РЩ до самого от него удаленного выключателя – 250 и более метров.

Таблица 7. Таблица распределения нагрузок по АБ, секциям ЩПТ и ШРОТ

Батарея (GB)№	Секция ЩПТ (ED)	ШРОТ Секция (EC)	ШРОТ Секция (EF)	Шкаф ВПС секция (EB)	Автомат (SF), предохранитель (QSF)		Нагрузка		Присоединение (линия, Тр, шины…)
					№	Характеристика /Ном А,	Наименование	Величина А	
1	1	1			1-7	Z/2-6	…… ……	… …	
1	3	3	-	-	8-14	- "-	- "-- "-- "-- "-- "-		
1	1	5	-	-	15-20	- "-	- "-- "-- "-- "-- "-		
1	3	7	-	-	21-28	- "-	- "-- "-- "-- "-- "-		
1	1	-	1	-	1-30	K/2-6	- "-- "-- "-- "-- "-		
1	3	-	3	-	31-60	- "-	- "-- "-- "-- "-- "-		
1	1	-	-	-	-	gG/16-32	Сервер 1 пит. 1. АСУ ТП		
1	3	-	-	-	-	- "-	Сервер 2 пит. 1. АСУ ТП		
1	1	-	-	-	1-n	C/2-6	КРУ сек 1……		
1	1	-	-	-	1-5	Z,K/2-6	АВ		
1,2	3,4	-	-	-	1-6	C,Z/6-12	БАО 1		
1,2	3,4	-	-	-	1-4	Z/2-6	Шкаф РП		
1, 2	3, 4			1	1-n	Z,K/2-6	……		
2	2	2			29-35	Z/2-6	…… ……	… …	
2	4	4	-	-	36-42	- "-	- "-- "-- "-- "-- "-		
2	2	6	-	-	43-49	- "-	- "-- "-- "-- "-- "-		
2	4	8	-	-	50-56	- "-	- "-- "-- "-- "-- "-		
2	2	-	2	-	61-90	K/2-6	- "-- "-- "-- "-- "-		
2	4	-	4	-	91-120	- "-	- "-- "-- "-- "-- "-		
2	2	-	-	-	-	gG/16-32	Сервер 1 пит. 2. АСУ ТП		
2	4	-	-	-	-	- "-	Сервер 2 пит. 2. АСУ ТП		
2	2	-	-	-	1-n	C/2-6	КРУ сек 1……		
2	2	-	-	-	1-5	Z,K/2-6	АВ		

10.6 **Выбор параметров АБ**

На основании таблицы распределения нагрузок по АБ, секциям ЩПТ и ШРОТ (Таблица 7) выполняется расчет величин постоянной и толчковой нагрузок. При расчете постоянной нагрузки АБ, в том числе, учитывается нагрузка серверов АСУ ТП и аварийного освещения. При расчете максимально возможной толчковой нагрузки учитывается реально возможное количество

одновременно отключаемых выключателей (фаз) с собственными накопителями или ток электромагнита включения одного выключателя без внутреннего накопителя.

10.7 На основании рассчитанных величин нагрузки, требований к АБ (раздел 8.1) и максимально допустимой величине потери напряжения в соединительных проводах (5 %) рассчитывается необходимая емкость АБ, количество её элементов и определяется её тип по методике [10]. При необходимости использовать ВДУ выбор АБ производится по методике, изложенной в Приложении Е.

10.8 **Выбор параметров защитных устройств**

Строится схема замещения распределительной части СОПТ с учетом наиболее длинных кабельных связей и рассчитываются токи КЗ в характерных точках [10].

10.9 Производится выбор защитных аппаратов всех уровней, составляются карты селективности (раздел 8.5) [10].

10.10 Выполняется проверка кабельной продукции на термическую стойкость [10].

10.11 Производится выбор защитных аппаратов подключенных к шинам ЕВ, ЕА и ШАО (раздел 8.4)

10.12 **Выбор параметров ЗПУ, ВДУ (при необходимости), DC/DC преобразователей, УКИ, АПЗЗ, ППЗЗ, системы мониторинга, блоков РАС**

Выполняется выбор параметров оборудования ЗПУ [10], ВДУ (раздел 8.3), DC/DC преобразователей (раздел 8.4).

10.13 Составляются таблицы параметров сигналов, подключаемых к АСУ ТП (раздел 8.6, Таблица 4) и шлейфов блоков РАС (раздел 8.7, Таблица 5).

10.14 На оснований общих требований к УКИ, АПЗЗ и ППЗЗ (раздел 8.8) составляются требования к этим устройствам для проектируемого объекта.

10.15 На основании выполненных расчетов, требований (раздел 8.5) определяется предварительное размещение оборудования по шкафам СОПТ и схема расстановки оборудования в помещениях АБ, ЩПТ и релейного щита.

10.16 **Задание на проектирование строительной части объекта с учетом требований СОПТ**

На основании схем предварительного размещения оборудования, количества кабельной продукции, а так же дополнительных требований к строительной части СОПТ (раздел 9) формируется задание на проектирование строительной части ПС.

10.17 **Расчет газовыделения. Задание на проектирование вентиляции**

Выполняется расчет газовыделения АБ и оформляется требование на проектирование приточной и вытяжной вентиляции (Приложение Б).

10.18 **Спецификации. Требования к оборудованию для конкурсной документации**

На основании раздела 8, выполненной работы и типовых требований к оборудованию [10, 13], разрабатываются спецификации и требование к оборудованию для конкурсной документации.

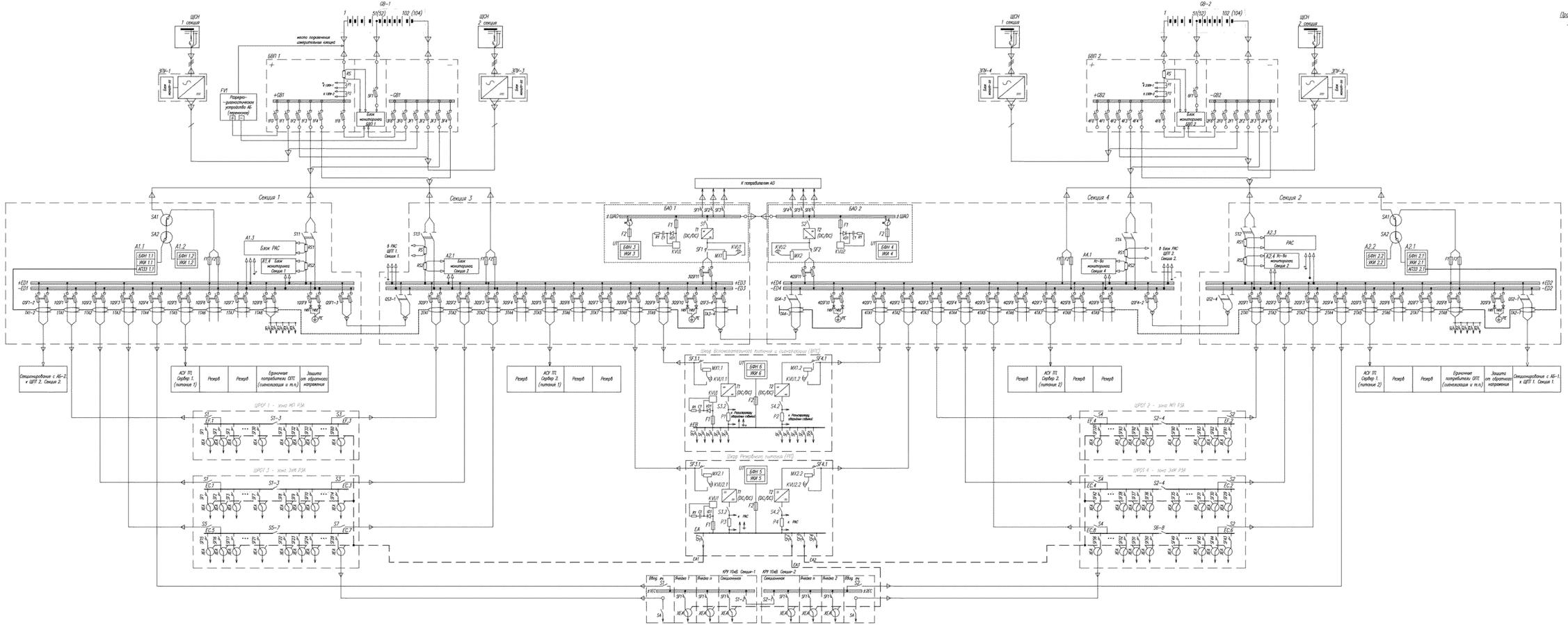
10.19 **Смета на оборудование**

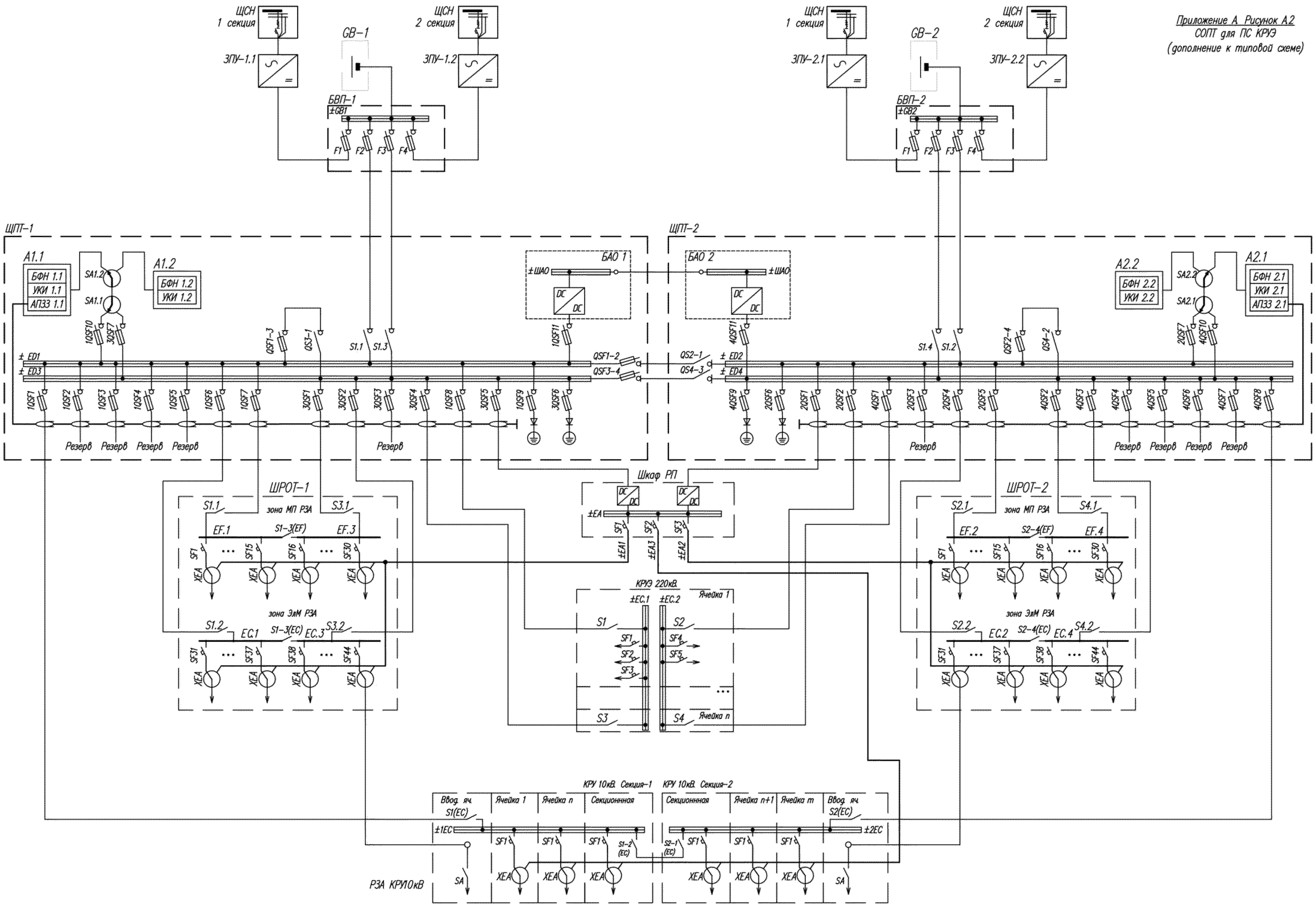
На основании запросов о стоимости оборудования составляются локальные сметы на оборудование.

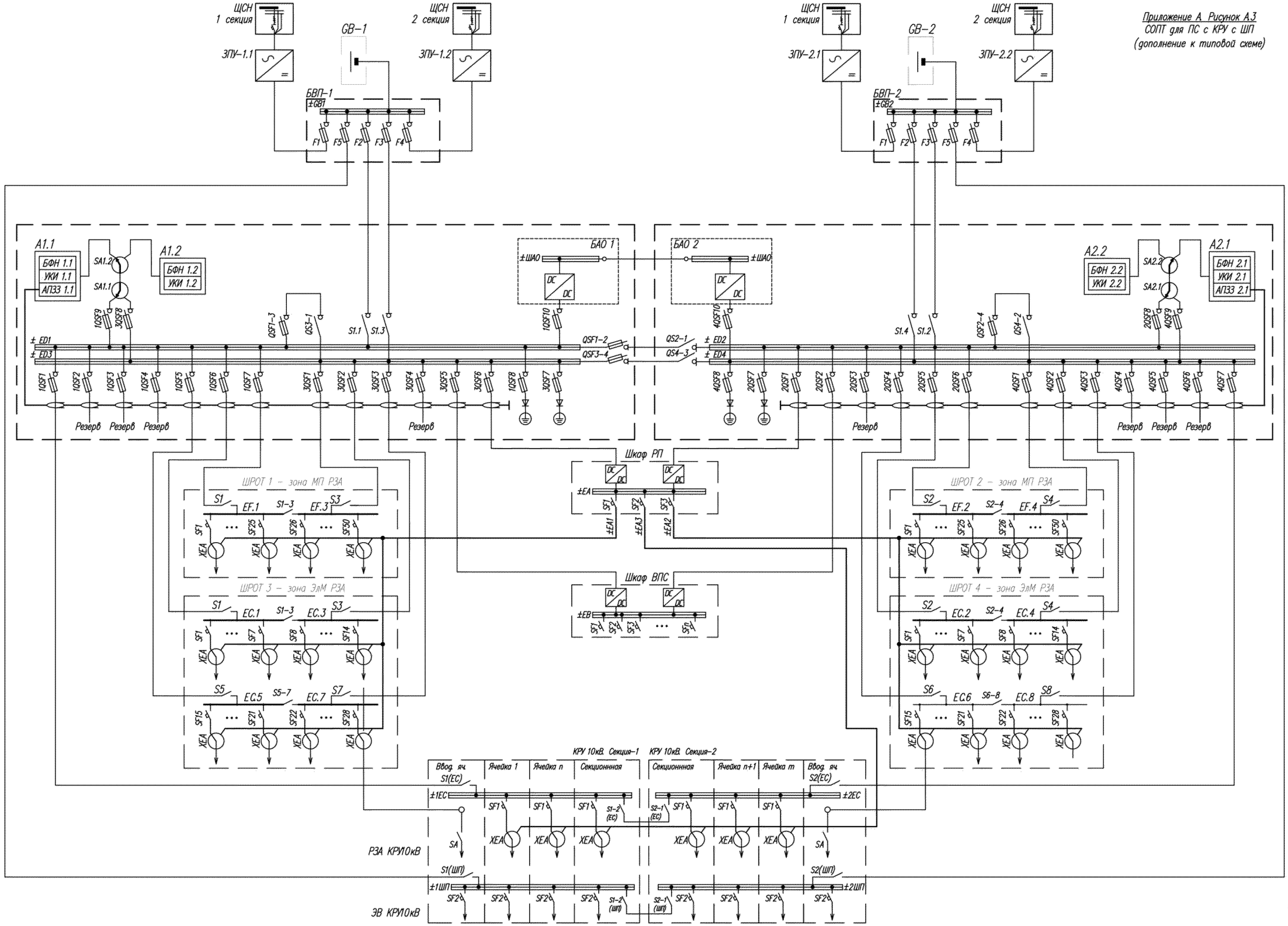
10.20 В разделе «Рабочая документация» выполняются уточняющие расчеты, выполненные в разделе «Проект» с учетом приобретенного оборудования и выполненной строительной части.

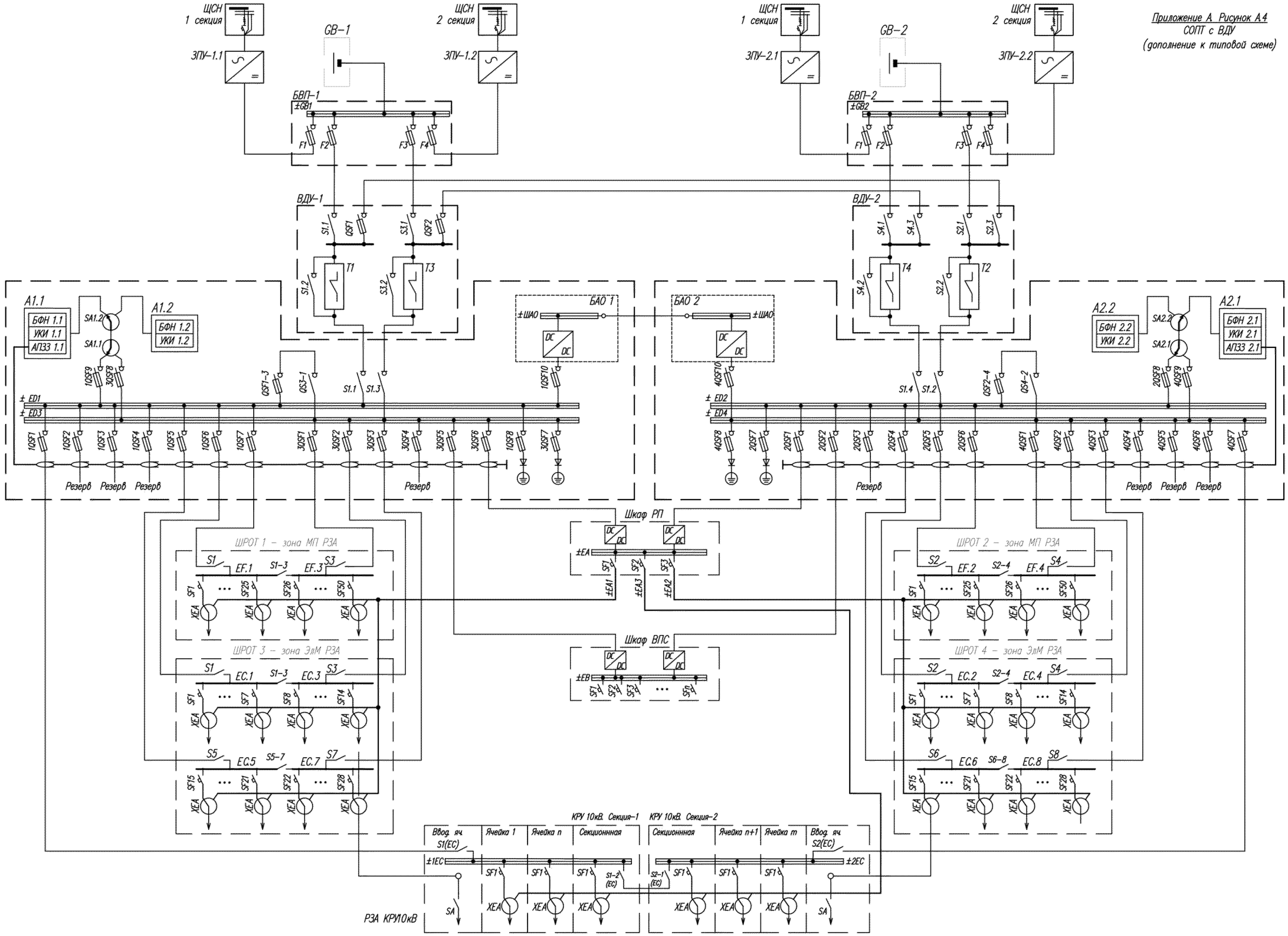
10.21 Помимо пунктов 10.3 – 0.19 на стадии рабочей документации дополняются и разрабатываются:

- Таблица 7. Таблица распределения нагрузок по АБ, секциям ЩПТ и ШРОТ дополняется столбцами:
  - № шкафа на РЩ;
  - марка кабеля и марки жил.
- Схемы подключения НКУ;
- Кабельный журнал;
- Спецификации на кабельную продукцию и материалы;
- Сметы на монтажно-наладочные работы.

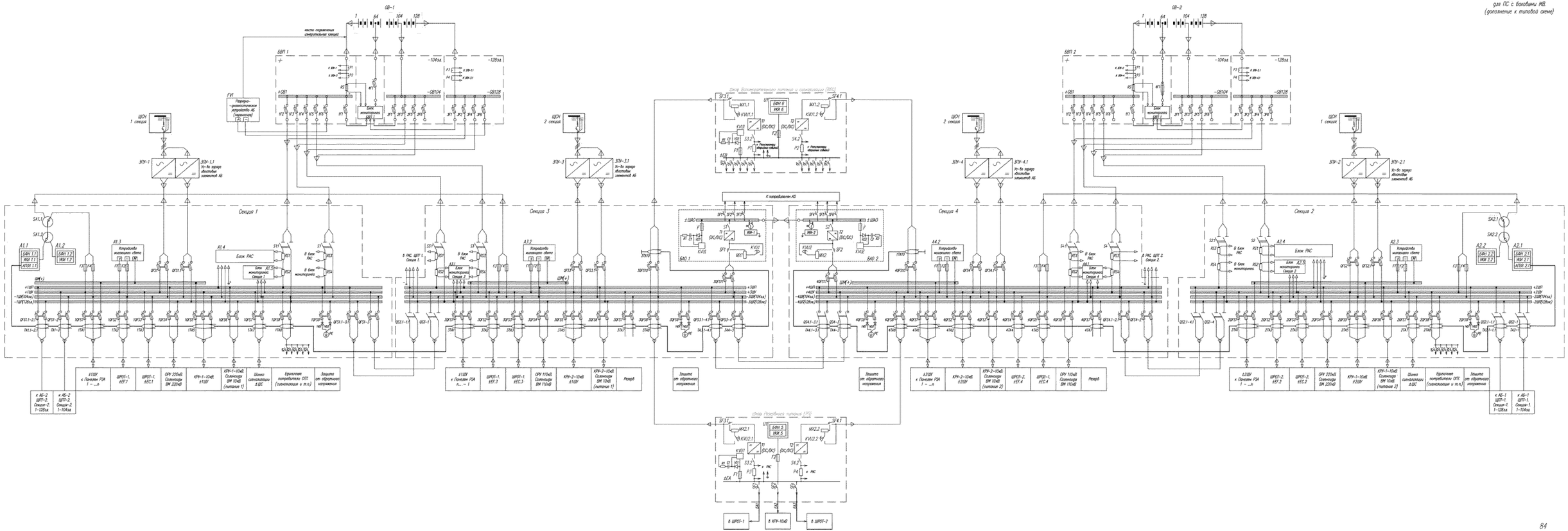

ЩСН 1 секция
ЗПУ-1
ЗПУ-3
ЩСН 2 секция
ЗПУ-4
ЗПУ-2
GB-1
GB-2
51(52)
102 (104)
место подключения измерительных клещей
БВП 1
БВП 2
+GB1
-GB1
+GB2
-GB2
Разрядно-диагностическое устройство АБ (переносное)
Блок мониторинга GB1.1
Блок мониторинга GB2.1
Секция 1
Секция 3
Секция 4
Секция 2
К потребителям АО
БАО 1
БАО 2
Блок РИС
РИС
Шкаф Возмущающего питания и сигнализации (ШВС)
ЩПОТ 1 – зона №1 РЗА
ЩПОТ 2 – зона №1 РЗА
ЩПОТ 3 – зона 3или РЗА
ЩПОТ 4 – зона 3или РЗА
КРУ 10кВ. Секция-1
КРУ 10кВ. Секция-2
Секционная
Ввод
Сигнализация с АБ-2, к ЩПТ 2, Секция 2.
АСУ ТП, Сервер 1, (питание 1)
Резерв
Сигнализация с АБ-1, к ЩПТ 1, Секция 1.
АСУ ТП, Сервер 2, (питание 2)


ЩСН 1 секция
ЩСН 2 секция
ЗПУ-1.1
ЗПУ-1.2
ЗПУ-2.1
ЗПУ-2.2
GB-1
GB-2
БВП-1
±GB1
БВП-2
±GB2
F1
F2
F3
F4
ЩПТ-1
ЩПТ-2
A1.1
БФН 1.1
УКИ 1.1
АПЗЗ 1.1
A1.2
БФН 1.2
УКИ 1.2
A2.2
БФН 2.2
УКИ 2.2
A2.1
БФН 2.1
УКИ 2.1
АПЗЗ 2.1
SA1.2
SA1.1
SA2.2
SA2.1
БАО 1
БАО 2
±ШАО
DC
DC
± ED1
± ED3
± ED2
± ED4
QSF1-2
QSF3-4
QS2-1
QS4-3
QSF1-3
QS3-1
QSF2-4
QS4-2
S1.1
S1.3
S1.4
S1.2
Резерв
Шкаф РП
±EA
±EA1
±EA3
±EA2
ШРОТ-1
ШРОТ-2
зона МП РЗА
зона ЭлМ РЗА
EF.1
S1-3(EF)
EF.3
EF.2
S2-4(EF)
EF.4
EC.1
S1-3(EC)
EC.3
EC.2
S2-4(EC)
EC.4
SF1
SF15
SF16
SF30
SF31
SF37
SF38
SF44
XEA
КРУЭ 220кВ
Ячейка 1
Ячейка n
±EC.1
±EC.2
S1
S2
S3
S4
КРУ 10кВ. Секция-1
КРУ 10кВ. Секция-2
Ввод. яч
Ячейка 1
Ячейка n
Секционнная
Ячейка n+1
Ячейка m
±1EC
±2EC
S1(EC)
S2(EC)
S1-2 (EC)
S2-1 (EC)
РЗА КРУ10кВ
SA

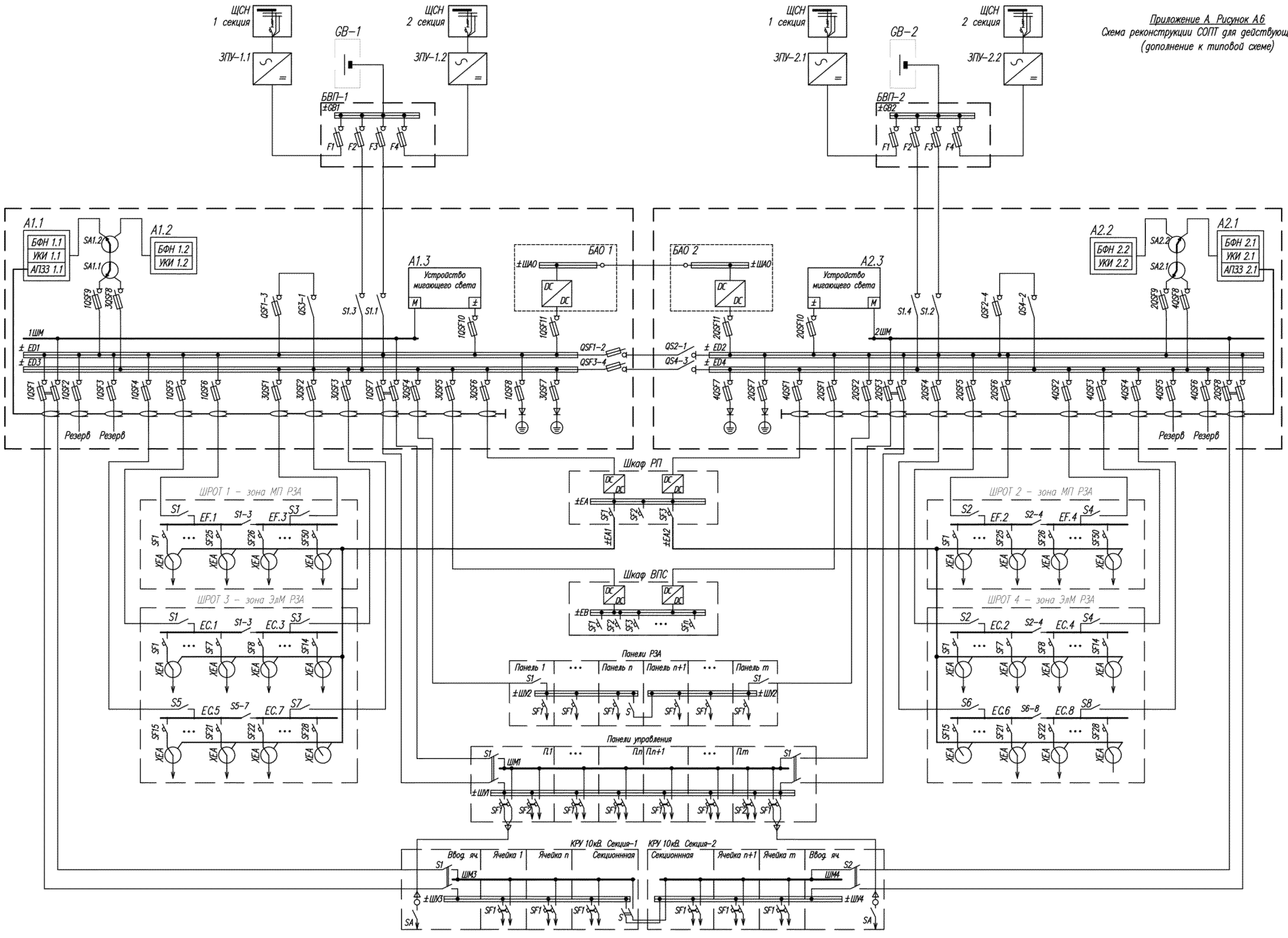

ЩСН 1 секция
ЩСН 2 секция
ЗПУ–1.1
ЗПУ–1.2
GB–1
БВП–1
±GB1
F1
F5
F2
F3
F4
ЗПУ–2.1
ЗПУ–2.2
GB–2
БВП–2
±GB2
A1.1
БФН 1.1
УКИ 1.1
АПЗЗ 1.1
A1.2
БФН 1.2
УКИ 1.2
БАО 1
БАО 2
±ШАО
DC/DC
A2.2
БФН 2.2
УКИ 2.2
A2.1
БФН 2.1
УКИ 2.1
АПЗЗ 2.1
SA1.2
SA1.1
SA2.2
SA2.1
1QSF9
3QSF8
2QSF8
4QSF9
1QSF10
4QSF10
QSF1–3
QS3–1
QSF1–2
QSF3–4
QS2–1
QS4–3
QS2–4
QS4–2
S1.1
S1.3
S1.4
S1.2
± ED1
± ED3
± ED2
± ED4
1QSF1
1QSF2
1QSF3
1QSF4
1QSF5
1QSF6
1QSF7
1QSF8
3QSF1
3QSF2
3QSF3
3QSF4
3QSF5
3QSF6
3QSF7
4QSF8
2QSF7
2QSF1
2QSF2
2QSF3
2QSF4
2QSF5
2QSF6
4QSF1
4QSF2
4QSF3
4QSF4
4QSF5
4QSF6
4QSF7
Резерв
Шкаф РП
±EA
SF1
SF2
SF3
±EA1
±EA3
±EA2
Шкаф ВПС
±EB
SF24
ШРОТ 1 – зона МП РЗА
ШРОТ 2 – зона МП РЗА
ШРОТ 3 – зона ЭлМ РЗА
ШРОТ 4 – зона ЭлМ РЗА
S1
EF.1
S1–3
EF.3
S3
S2
EF.2
S2–4
EF.4
S4
EC.1
EC.3
EC.2
EC.4
S5
EC.5
S5–7
EC.7
S7
S6
EC.6
S6–8
EC.8
S8
SF1
SF25
SF26
SF50
SF7
SF8
SF14
SF15
SF21
SF22
SF28
XEA
КРУ 10кВ. Секция–1
КРУ 10кВ. Секция–2
Ввод. яч.
Ячейка 1
Ячейка n
Секционнная
Ячейка n+1
Ячейка m
S1(EC)
S2(EC)
±1EC
±2EC
SF2
S1–2 (EC)
S2–1 (EC)
SA
РЗА КРУ10кВ
ЭВ КРУ10кВ
S1(ШП)
S2(ШП)
±1ШП
±2ШП
S1–2 (ШП)
S2–1 (ШП)

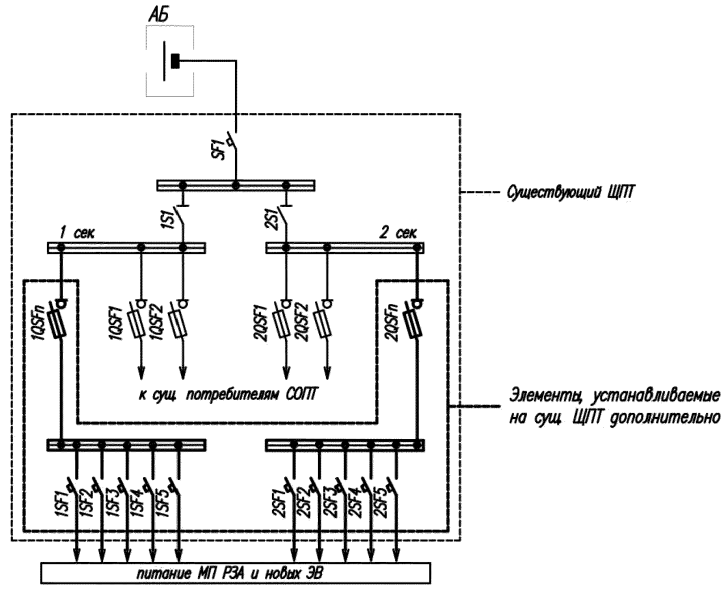

ЩСН 1 секция
ЩСН 2 секция
ЗПУ-1.1
ЗПУ-1.2
ЗПУ-2.1
ЗПУ-2.2
GB-1
GB-2
БВП-1
±GB1
БВП-2
±GB2
F1
F2
F3
F4
ВДУ-1
ВДУ-2
S1.1
QSF1
S3.1
QSF2
S4.1
S4.3
S2.1
S2.3
T1
T3
T4
T2
S1.2
S3.2
S4.2
S2.2
БАО 1
БАО 2
±ШАО
DC
DC
A1.1
БФН 1.1
УКИ 1.1
АПЗЗ 1.1
A1.2
БФН 1.2
УКИ 1.2
SA1.2
SA1.1
A2.2
БФН 2.2
УКИ 2.2
A2.1
БФН 2.1
УКИ 2.1
АПЗЗ 2.1
SA2.2
SA2.1
10SF9
30SF8
10SF10
40SF10
20SF8
40SF9
QSF1-3
QS3-1
S1.1
S1.3
S1.4
S1.2
QSF2-4
QS4-2
± ED1
± ED3
± ED2
± ED4
10SF1
10SF2
10SF3
10SF4
10SF5
10SF6
10SF7
10SF8
30SF7
30SF1
30SF2
30SF3
30SF4
30SF5
30SF6
40SF8
20SF7
20SF1
20SF2
20SF3
20SF4
20SF5
20SF6
40SF1
40SF2
40SF3
40SF4
40SF5
40SF6
40SF7
Резерв
Шкаф РП
±EA
±EA1
±EA3
±EA2
Шкаф ВПС
±EB
ШРОТ 1 – зона МП РЗА
ШРОТ 2 – зона МП РЗА
ШРОТ 3 – зона ЭлМ РЗА
ШРОТ 4 – зона ЭлМ РЗА
S1
EF.1
S1-3
EF.3
S3
S2
EF.2
S2-4
EF.4
S4
EC.1
EC.3
EC.2
EC.4
S5
EC.5
S5-7
EC.7
S7
S6
EC.6
S6-8
EC.8
S8
SF1
SF25
SF26
SF50
SF7
SF8
SF14
SF15
SF21
SF22
SF28
XEA
КРУ 10кВ. Секция-1
КРУ 10кВ. Секция-2
Ввод. яч
S1(EC)
S2(EC)
Ячейка 1
Ячейка n
Секционнная
Ячейка n+1
Ячейка m
±1EC
±2EC
SF1
S1-2 (EC)
S2-1 (EC)
SA
РЗА КРУ10кВ

Приложение А. Рисунок А.5
СОПТ с хвостовыми элементами АБ
для ПС с боковыми МВ
(дополнение к типовой схеме)

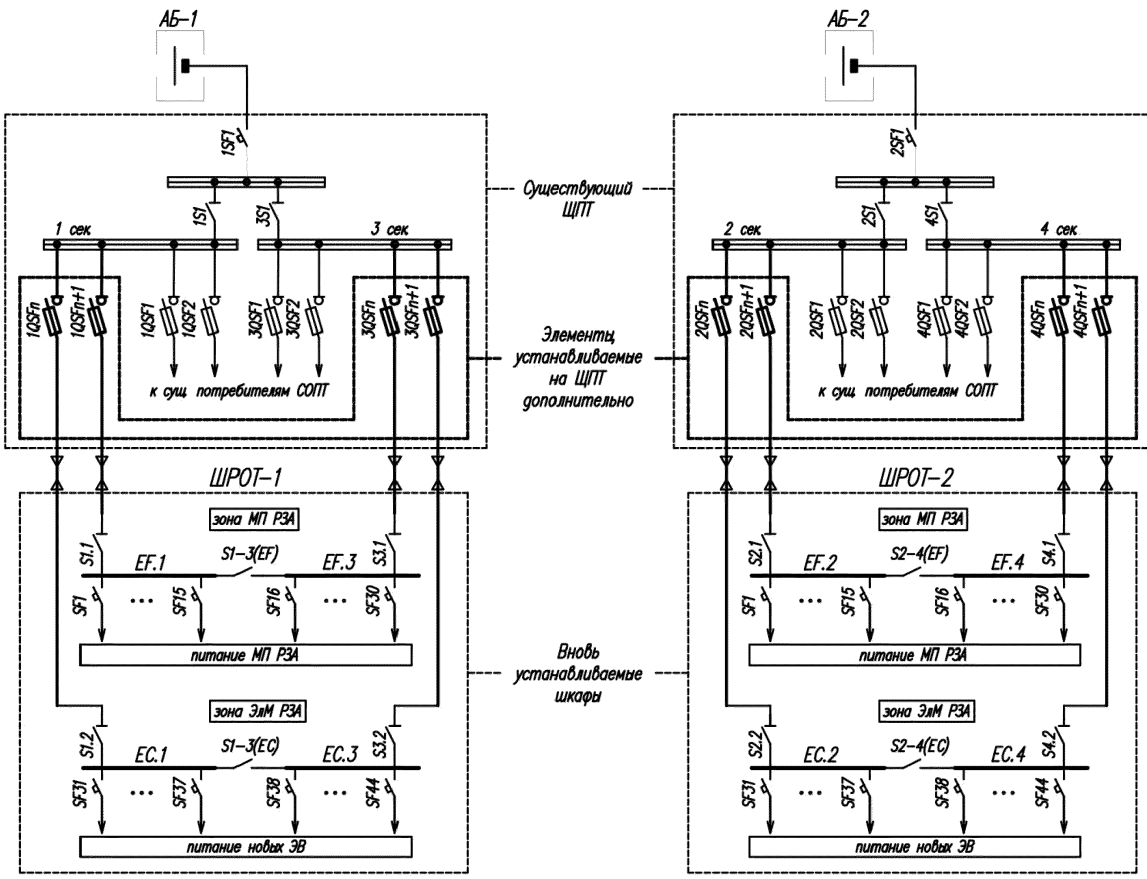


Приложение А Рисунок А.6
Схема реконструкции СОПТ для действующих ПС (дополнение к типовой схеме)

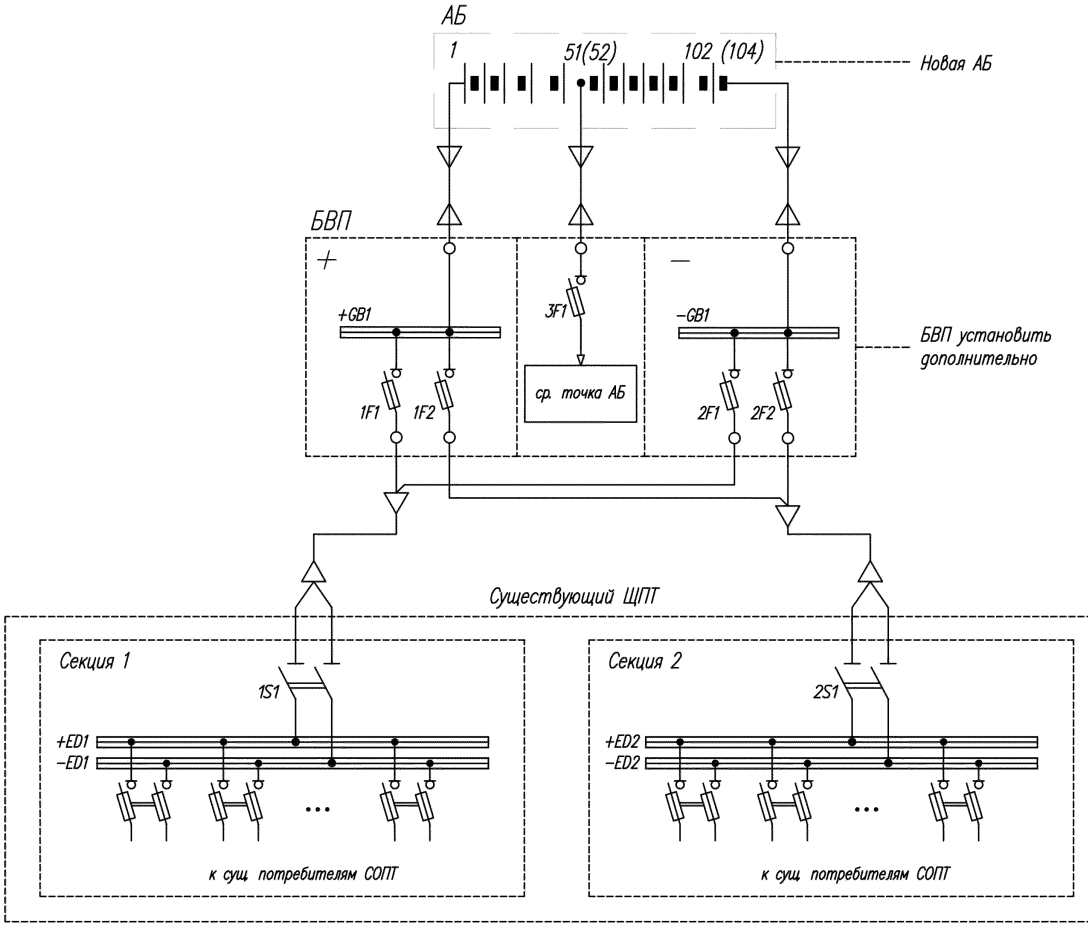




Приложение А Рисунок А7.1
Частичная реконструкция существующих СОПТ –
под установку МП РЗ для одного – двух присоединений



Приложение А Рисунок А7.2
Частичная реконструкция существующих СОПТ –
под установку МП РЗ для количества присоединений более двух



Приложение А Рисунок А7.3
Частичная реконструкция существующих СОПТ – замена АБ.

Приложение Б

Газовыделение и требования к вентиляции помещений аккумуляторных батарей

1. Необходимость применения вентиляции при эксплуатации свинцово-кислотных аккумуляторов обосновывается следующими положениями:

а) вследствие электролитического разложения воды в аккумуляторах (преимущественно в конце заряда) батарея производит смесь газообразных продуктов, основу которых составляют водород и кислород;

б) большое количество газов производится при напряжении заряда аккумуляторов, превышающим напряжение интенсивного газообразования;

в) величина напряжение начала интенсивного газообразования зависит от состава добавок к материалу пластин аккумуляторов и составляет для современных аккумуляторов в среднем 2.4 В на элемент;

г) выделение газов из аккумуляторов может продолжаться так же на протяжении часа после отключения зарядного тока;

д) при наличии источника воспламенения образовавшаяся водородно-воздушная смесь взрывается, если соотношение объема водорода в этой смеси превысит минимальный предел взрыва – 4 % (нижний концентрационный предел распространения пламени – (НКПРП)).

е) приточно-вытяжная вентиляция должна быть рассчитана на доведение возможной концентрации водородно-воздушной смеси до величины, не превышающей 10 % от минимального предела взрыва (0.4 % от общего объема) (СНиП 41-01 «Отопление вентиляция и кондиционирование» п 7.2.5).

2. При протекании избыточного тока силой 1 А, в течение 1 ч, на каждом элементе 0,34 г воды уходит электролиз, при этом выделяется примерно 0,42 л водорода и 0,21 л кислорода (при нормальном атмосферном давлении и температуре 0 °С).

Объем газовыделения АБ рассчитывается по формуле:

$$H = 1,53 \cdot (273 + t) \cdot I \cdot n \cdot 10^{-6} м^3 / ч. \quad (1)$$

где n – количество элементов АБ, шт;

I – величина тока подзаряда АБ, А;

t – фактическая температура электролита в конце заряда АБ, °С.

Значение тока подзаряда I зависит напряжения приложенного к АБ, температуры и количества сурьмы в решетках положительных электродов аккумуляторов. Для аккумуляторов, положительные электроды которых содержат менее 3 % сурьмы (современные классические АБ открытого типа), значения тока, при различных режимах заряда АБ, определяются по графику, показанному на рисунке Б.1.

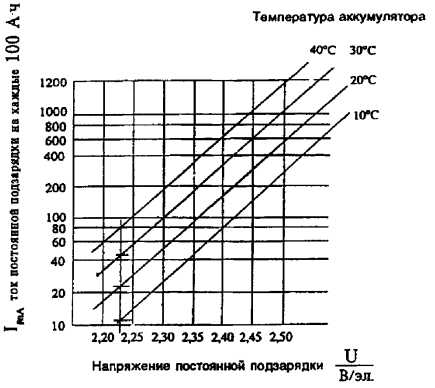


Рисунок Б.1. График зависимости тока от напряжения и температуры подзарядки АБ

При комплектации АБ каталитическими пробками или при использовании герметичных аккумуляторов (с внутренней рекомбинацией кислорода) значения тока для расчета вентиляции уменьшаются в 4 раза. При применении каталитических пробок их эффективность должна проверяться ежегодно (например, по расходу воды).

Для того чтобы содержание водорода в воздухе аккумуляторного помещения не превышало 10 % от НКПРП, на 1 м^3 водорода должно поступать в помещение не менее 250 м^3 воздуха. Отсюда объем обновляемого воздуха должен составить:

$$D = 250 \cdot 1,53 \cdot (273 + t) \cdot I \cdot n \cdot 10^{-6} м^3 / ч. \quad (2)$$

Фактически, учитывая возможность образования воздушных мешков с повышенной концентрацией водорода, объем подаваемого воздуха рассчитывается с учетом коэффициента запаса, равным 2,5:

$$D_{раб} = 2,5 \cdot 382,5 \cdot (273 + t) \cdot I \cdot n \cdot 10^{-6} м^3 / ч. \quad (3)$$

Помещения, контейнеры или шкафы, в которых размещены АБ при эксплуатации, можно рассматривать достаточно вентилируемыми (естественная вентиляция), если ежечасный объем сменяемого воздуха в помещении удовлетворяет выражению (3).

Необходимая кратность обмена воздуха определяется по формуле:

$$K = 96 \frac{(273 + t)}{V} \cdot I \cdot n \cdot 10^{-6}. \quad (4)$$

где V – объем аккумуляторного помещения, м^3.

3. Места для размещения свинцово-кислотных АБ, в том числе выделенные участки производственных помещений, шкафы, контейнеры и отсеки, как правило, должны обеспечивать условия взрывобезопасности и пожаробезопасности при их естественной вентиляции. Циркуляция воздуха в помещениях должна осуществляться через входные и выходные вентиляционные отверстия. Минимальную площадь сечения вентиляционных

отверстий, для смены рассчитанного по выражению (3) объема воздуха без применения принудительной вентиляции, определяют из условия:

$$S \geq 28 \cdot D_{раб} \text{ см}^2. \quad (5)$$

где $D_{раб}$ – объем циркулирующего воздуха, м^3/ч.

При этом минимальная скорость потока воздуха в вентиляционных отверстиях принимается $\geq 0{,}1$ м/с.

4. Если невозможно обеспечить естественную смену воздуха через вентиляционные отверстия, должны быть оборудованы специальные каналы, имеющие на выходе возвышение над крышей здания не менее 2 м. Каналы не должны иметь связи с вытяжными каналами здания, дымоходами и с выходными каналами систем кондиционирования.

5. Если естественной вентиляцией невозможно обеспечить рассчитанный объем смены воздуха, должна быть применена принудительная приточно-вытяжная вентиляция с достаточной производительностью.

6. Воздушный приток, как при естественной, так и принудительной вентиляции должен быть чист, не содержать огнеопасных компонентов, направляться близко к полу и обдувать все элементы батареи. Отток воздуха из помещения должен обеспечиваться с возможно самой высокой части помещения на стороне, противоположной месту притока.

7. Если свободный объем воздуха в помещении V_F превышает более чем в 2,5 раза расчетное значение минимального объема циркуляции $D_{раб}$, места воздушного притока и оттока могут оборудоваться на одной стороне помещения. Свободный объем воздуха V_F определяется из соотношения:

$$V_F = V_1 - V_2 \text{ м}^3. \quad (6)$$

где V1 – общий объем помещения, м^3;

V2 – объем, занимаемый АБ и другим оборудованием в помещении, м^3.

8. Помещения для размещения АБ открытых типов, должны быть обязательно оборудованы приточно-вытяжной вентиляцией и тамбуром.

9. Принудительная вентиляция помещения АБ должна включаться автоматически (сухой контакт) от любого ЗПУ, перешедшего в режим ускоренного или уравнительного заряда. Работа ЗПУ в режиме ускоренного или уравнительного заряда должна блокироваться по сигналу «Неисправность» от контакта устройства управления вентиляцией. Также, должна быть выполнена вентиляция из помещения «кислотной» для удаления паров серной кислоты.

10. Если заряд АБ ведется при напряжении, равном или превышающем напряжение интенсивного газообразования (равном 2,4 В/эл) принудительная вентиляция должна продолжать работу по крайней мере 1 час после отключения АБ от заряда.

11. Если в помещении установлено несколько АБ, требуемый минимальный объем воздухообмена определяется, как сумма минимальных объемов циркулирующего воздуха для каждой батареи.

Приложение В

Принципы построения устройств РЗА и управления, максимально влияющие на конфигурацию СОПТ

1. Из всех потребителей оперативного тока максимально высокие требования по надежности предъявляются к устройствам РЗА. К основным мероприятиям, повышающих их надежность относится совершенствование принципов ближнего и дальнего резервирования.

Ближнее резервирование заключается в применении для защиты одного элемента первичной сети двух и более резервирующих друг друга устройств (комплектов) РЗ. По этому принципу работают: 1 и 2 (основной и резервный) комплекты РЗ АТ и ВЛ 110-750 кВ; 1 и 2 комплекты ДЗШ 110 кВ и выше; резервирование ВВ и цепей его управления действием УРОВ «на себя» и на отключение соседних присоединений и т.п.

Суть дальнего резервирования состоит в том, чтобы РЗ, установленная на каком либо присоединении, имела в своём составе функции, дублирующие РЗ, установленную на последующих присоединениях так, чтобы отключение выполнялось селективно, вне зависимости от места повреждения сети. Для устройств, установленных на одной ПС, по этому принципу работают: РЗ ввода 6-10 кВ резервирует РЗ фидеров 10 кВ; резервные защиты АТ, резервируют защиту шин и защиты отходящих линий 110-750 кВ и т. п.

В части СОПТ, оба эти принципа включают в себя следующие требования:

а) питание резервируемого и резервирующего комплектов РЗА должно быть разнесено по двум максимально независимым источникам питания (при наличии двух АБ - по разным АБ, при наличии одной АБ - по разным секциям ЩПТ);

б) цепи питания взаимно резервирующих устройств должны содержать минимум общих элементов (шкафов, шин, ключей, трасс прокладки кабелей (длинномеров), ЭО…);

в) возмущения (КЗ, перенапряжения…), которые могут возникнуть в цепи питания одного из взаимно резервирующих устройств не должны влиять на работу второго из них;

г) не допускается подключать цепи питания терминалов РЗ и питание ЭО, на которые он действует к разным АБ, шинам ЩПТ.

2. Отличительными особенностями ПС нового поколения, в части резервирования, являются:

– для всех присоединений 110 кВ и выше, наличие двух комплектов РЗ;

– на всех ВВ 110 и выше, наличие двух электромагнитов отключения (ранее таковые имелись только на ВВ 750 кВ);

– на ПС 110 кВ и выше, наличие двух АБ и двух комплектов ШРОТ.

Совокупность этих особенностей, с разделением кабелей, идущих к ЭО1 и ЭО2 ВВ по двум кабельным каналам, делит всю ВК на ПС нового поколения на два независимых взаимно резервируемых комплекса. Глубина их взаимного

резервирования и независимости определяется классом ПС – чем выше напряжение ПС, тем меньше вероятность влияния событий происходящих в одного комплексе на правильную работу другого и тем выше общая надежность энергоснабжения. **На ПС нового поколения резервирование по питанию заменяется аппаратным резервированием.** Это положение требуется учитывать при разработке СОПТ ПС любого класса напряжений.

3. К устройствам ближнего резервирования относится УРОВ, резервирующий работу, как самого ВВ так и цепей ЭО его схемы управления. УРОВ действует на соседние ВВ и по отношению к релейным функциям (отключение КЗ) схемы управления собственного ВВ уже несет туже функцию резервирования, что и вторые комплекты РЗ по отношению к первым комплектам. Из этого следует, что резервировать терминал УРОВ вторым таким же не требуется, как не требуется и установка второго терминала управления. При этом допускается разделение цепей пуска УРОВ от линейных или трансформаторных защит и ДЗШ по разным собственным терминалам УРОВ.

4. Пуск УРОВ каждого ВВ должен осуществляться от каждого комплекта РЗА присоединения и обязательно иметь оперативный ток от общих с этим УРОВом секций ЩПТ и ШРОТ.

5. Помимо действий с выдержкой времени на соседние ВВ, УРОВ имеет действие без выдержки времени на каждый из двух ЭО своего ВВ («действие УРОВ на себя»). При потере одной из АБ теряется питания одного ЭО, подключенного к ней. В этом случае становится бесполезным воздействие на него, как напрямую от РЗ, так и через УРОВ. Сохранение питания терминала УРОВ при этом даст дублирование только выходного контакта терминала РЗ, что не имеет существенного значения для повышения надежности. **Терминал УРОВ может питаться от оперативного тока любой АБ.**

6. Примеры с организацией правильного и не правильного питания элементов схем.

6.1 Не правильно. Установки индивидуальных ключей выбора питания для устройств, имеющих полноценный резерв (Рисунок В. 1.).

Минусом этой схемы является:

– вероятность получить возмущение одновременно на двух взаимно резервирующих комплектах при КЗ в ключе перевода. Эта вероятность достаточно низкая, что бы учитывать её при установке небольшого количества ключей, но при оснащении такими ключами всех индивидуальных потребителей СОПТ её уже никак нельзя игнорировать;

– наличие в одном шкафу оперативного тока от двух АБ. Это может привести при повреждении этого шкафа (протекла крыша и т.п.) к возмущению одновременно на двух АБ;

– сложность контроля фиксации всех присоединений за одной из АБ.

Плюсом этой схемы является возможность сохранение питания при потере только своей секции ШРОТ-1, что представляется исключительно

маловероятным событием, а учитывая то, что и резервирующая её секция и ключ перевода находятся в одном с ней шкафу, то и практически бесполезной.

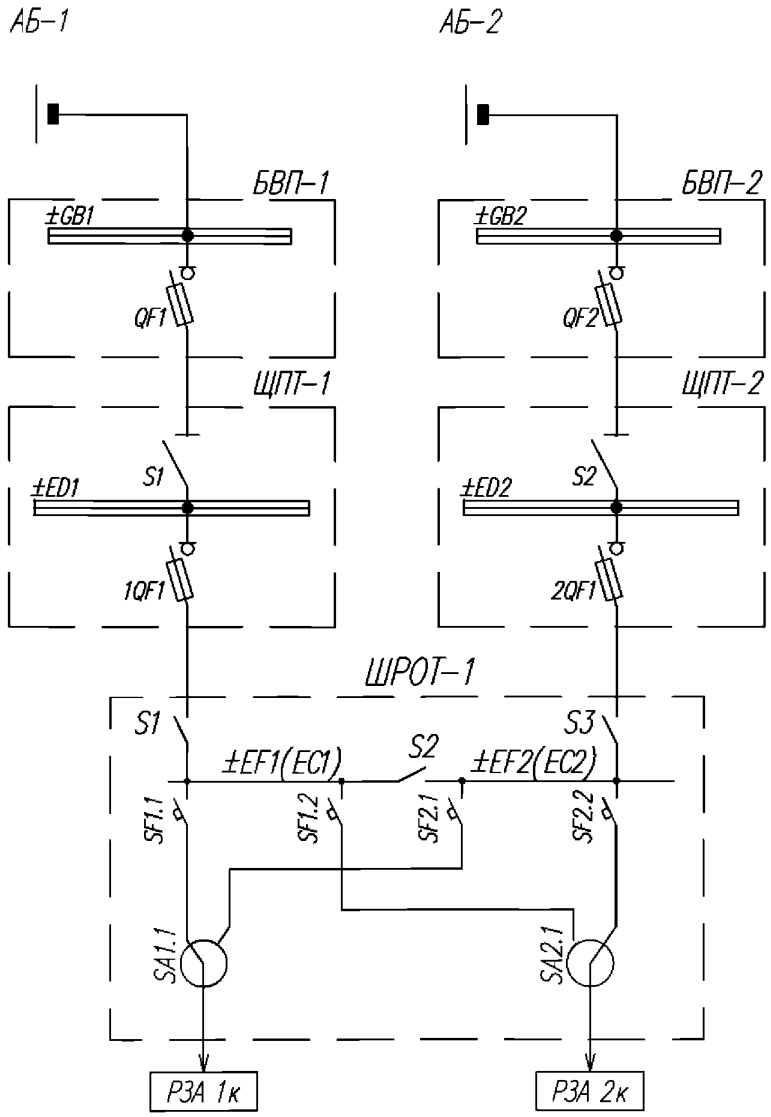


Рисунок В.1. Схема с индивидуальными ключами выбора питания для двух, резервирующих друг друга, комплектов одного присоединения.
(не рекомендуется к применению для ПС с МП РЗА)

6.2 Категорически не правильно. Подключение любого устройства через индивидуальный ключ и через один защитный аппарат, стоящий после него, является грубым нарушением правил проектирования (Рисунок В.2).

Минусом этой схемы, помимо уже перечисленного в предыдущем примере является расширение в несколько раз зоны шин незащищенной индивидуальными защитными аппаратами. В эту зону помимо самих шин в этой схеме входят спуски к ключам, сами ключи и коммутация после них до АВ. КЗ в самих ключах в этом случаи ведет уже не только к возмущению на двух АБ, но и к потери секций ШРОТ.

Мнимым плюсом этой схемы является только экономия на АВ.

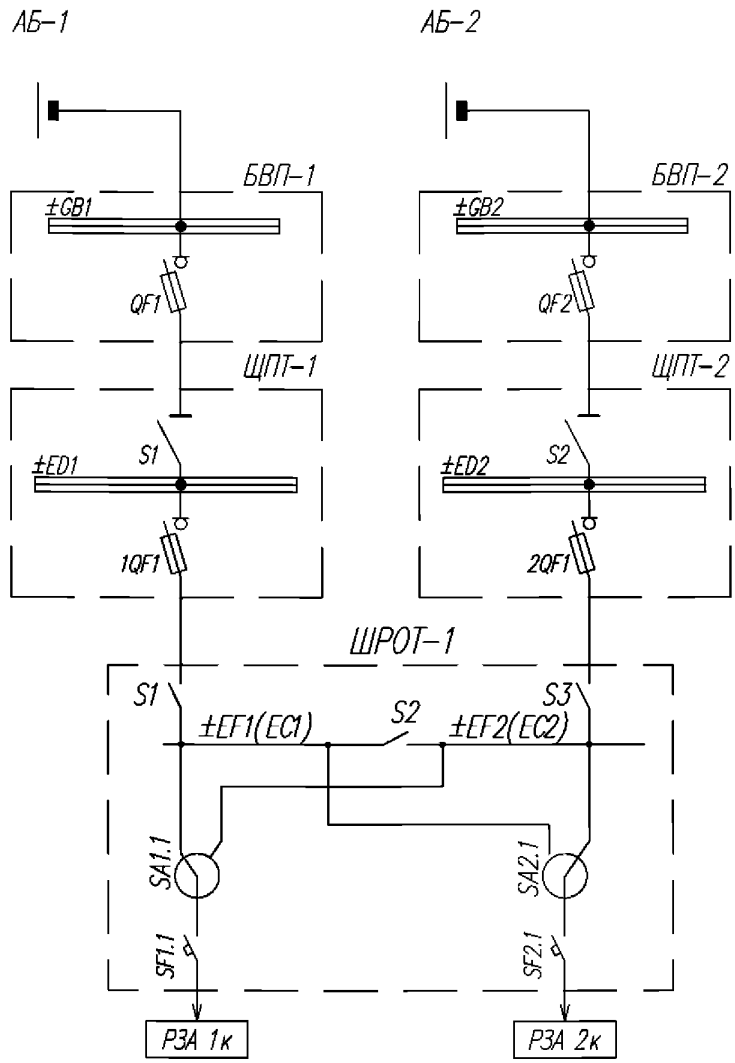


Рисунок В.2. Схема с одним защитным устройством и индивидуальными ключами выбора питания для двух, резервирующих друг друга, комплектов одного присоединения **(запрещается к применению)**

6.3 Правильно. Аппаратное резервирование, без индивидуального резервирования по питанию (Рисунок В.3).

Плюсом этой схемы является:

– максимальная независимость двух комплектов взаимного резервирования;

– простота схемы;

– возможность резервировать питание при любой потере, кроме потери секции ШРОТ;

– возможность не вводить режимные ограничения в работу ПС при любой одной потере вторичного оборудования.

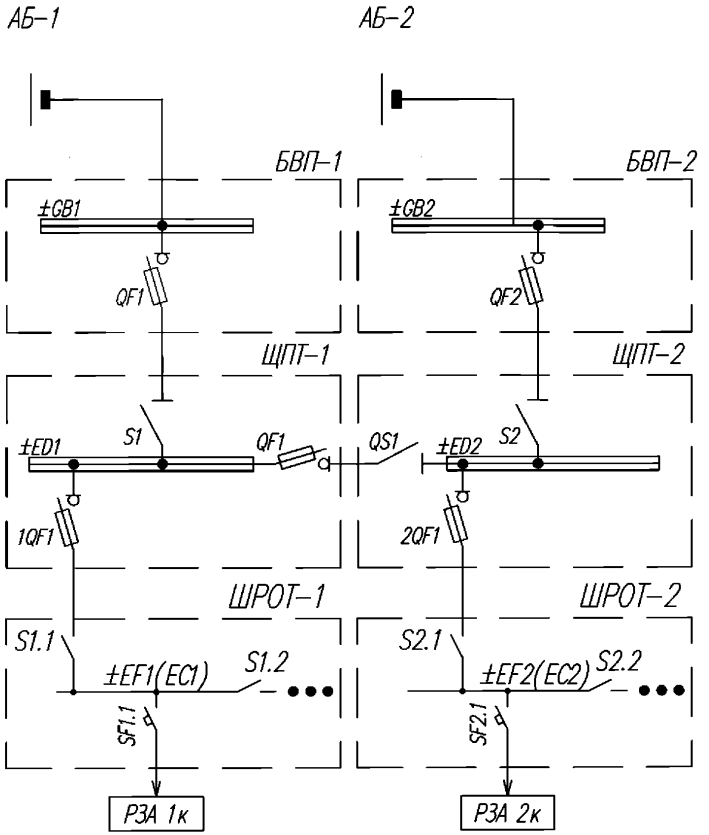


Рисунок В.3. Аппаратное резервирование, без индивидуального резервирования по питанию

6.4 Правильно. Схема с организацией шины резервного питания ЕА (Рисунок В.4.). При наличии большого количества устройств РЗ, не имею аппаратного резервирования, рекомендуется организовать шинку резервного питания, выполняющую роль демпфера между двумя независимыми источниками питания (ЩПТ 1 и ЩПТ 2). В этом случаи КЗ в ключе выбора приведет к возмущению только в цепях одного ЩПТ. Для ПС с полноценным аппаратным резервированием данная схема используется для поиска земли в цепях МП терминалов. В этом случаи все ключи должны быть выбраны для безразрывного переключения с одного источника питания на другой.

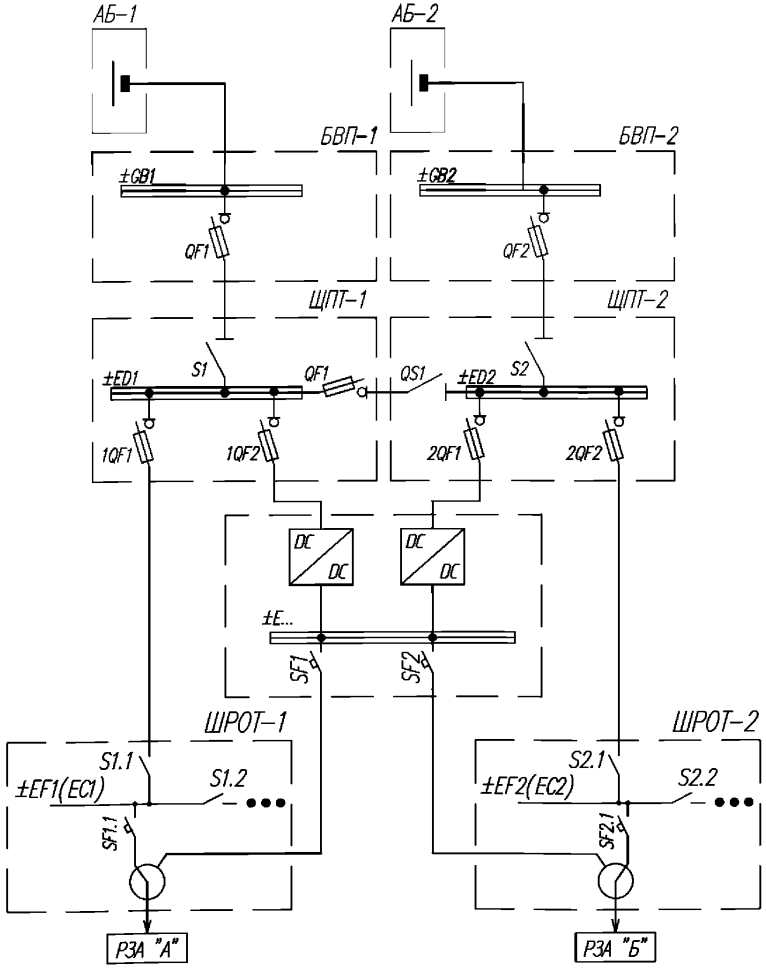


Рисунок В.4. Схема с организацией шины резервного питания ЕА

6.5 Подключение блоков питания терминала и его выходных цепей к СОПТ (Рисунок В.5)

Необходимость разделения питания одного устройства от шинок EC и EF дает возможность сделать это по разному. При этом, если принять схему питания этих цепей от разных секций ЩПТ (рисунок В.5.а.) или от разных АБ, то вероятность потери устройства РЗА возрастает в два раза (потеря любой секции ЩПТ).

Подключение же питания к секциям ШРОТ имеющих питание от одной секции ЩПТ, сохраняет РЗ в работе при потери другой секции ЩПТ (рисунок В.5.б.).

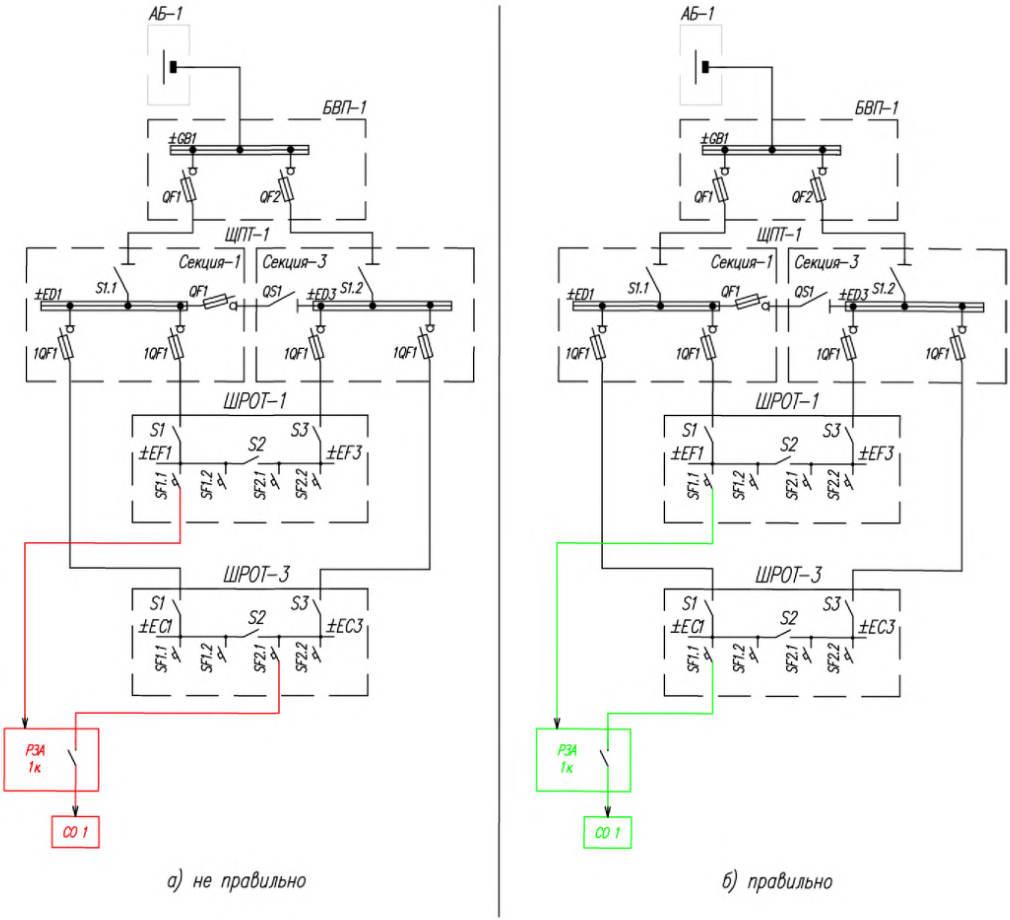


Рисунок В.5. Подключение блоков питания терминала и его выходных цепей к СОПТ

6.6 Питание фидерных и вводных ячеек КРУ (Рисунок В.6).

Защиты секционных и вводных ячеек резервируют защиты фидерных ячеек. При КЗ в объеме фидерной ячейки возможно повреждение шинок оперативного тока КРУ ЕС1. В этом случаи, при питании вводных и секционных ячеек от этих шинок (Рисунок В.6.а), произойдет отказ защит и ВВ этих ячеек.

При подключении цепей управления и защит вводных и секционных ячеек на питание от шин ЩПТ (Рисунок В.6.б) их работоспособность не будет зависеть от исправности шинок КРУ.

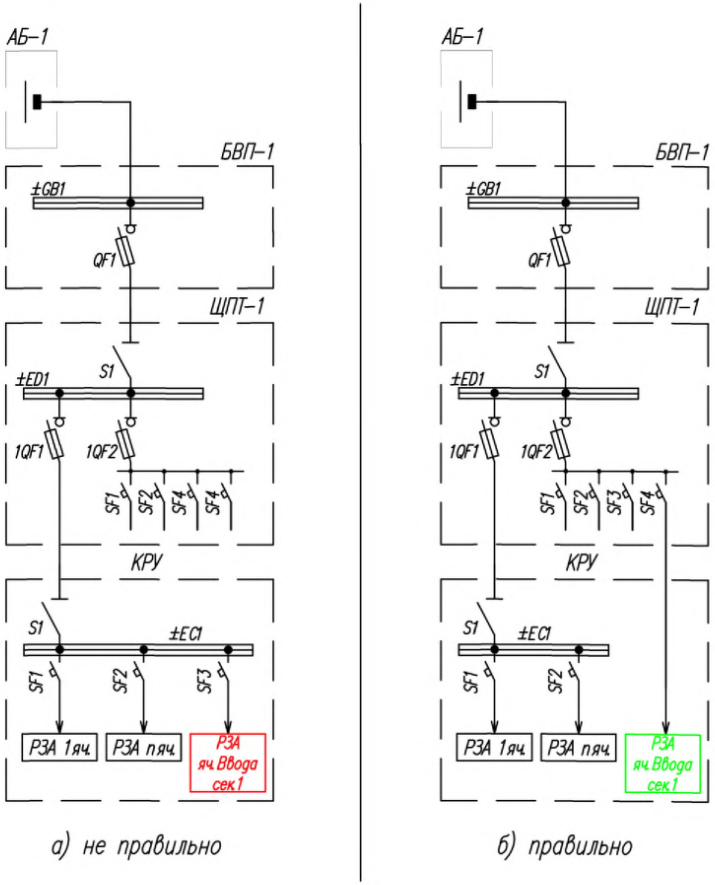


Рисунок В.6. Питание фидерных и вводных ячеек КРУ

7. Исходя из вышеизложенного в Приложении В, можно сформулировать следующие принципы построения СОПТ:

7.1 при наличии двух полноценных комплектов РЗА их питание должно быть разнесено по двум максимально независимым источникам питания (при наличии двух АБ - по разным АБ, при наличии одной АБ - по разным секциям ЩПТ);

7.2 не требуется индивидуальное резервирование питания каждого из двух комплектов РЗА, резервирующих друг друга (резерв осуществляется на уровне самих комплектов);

7.3 схема СОПТ должна предусматривать перевод на резервное питание при следующих потерях: АБ, ЗПУ, секции ЩПТ (включая ее вводной защитный аппарат), питание секции ШРОТ;

7.4 комплект РЗА и ЭО, через который этот комплект действует, должны иметь питание от одной и той же секции ЩПТ;

7.5 «действие УРОВ на себя» является достаточным резервным действием РЗА на отключение. Оно должно обязательно действовать на два ЭО;

7.6 питание терминала УРОВ может осуществляться от любой АБ;

7.7 единственные комплекты защит без выдержки времени с абсолютной селективностью двух параллельных линий должны иметь питание от разных АБ.

Приложение Г

Технические требования на разработку ЩПТ с повышенной интеграцией элементов модульной конструкции (ЩПТм)

Наиболее перспективным направлением в технических решениях по СОПТ является разработка модульных конструкций ЩПТ, позволяющих получить компактные, легко трансформируемые устройства повышенной надежности. Достоинством этих модулей является заводская конструкторская проработка размещения в них и цепей оперативного тока, и цепей мониторинга СОПТ.

1 Цель разработки

- Повышение надежности СОПТ в целом, путем снижения вероятности повреждения ЩПТм и неправильной работы его элементов.
- Упрощение проектирования, монтажа и эксплуатации ЩПТм, путем применения типовых укрупненных модулей.
- Исключение из конкурсных процедур на ЩПТм изделий с низким качеством конструкторской проработки.
- Удешевление конструкции

2 Назначение

2.1 ЩПТм предназначен для:

- приема и распределения электрической энергии постоянного тока от аккумуляторных батарей, а также от выпрямительных устройств;
- защиты питающих и отходящих линий, а также потребителей от перенапряжений и токов короткого замыкания;
- мониторинга состояния сети оперативного постоянного тока.

2.2 ЩПТм используются для эксплуатации в качестве щитов постоянного тока в системах электроснабжения электрических станций, электрических подстанций до 750 кВ и других энергетических объектов.

2.3 ЩПТм может быть подключен к АБ напрямую кабелями (при его размещении в помещении, отделенном от помещения АБ только перегородкой, длина кабеля не более 10м) или через блок выносных предохранителей (БВП).

2.4 ЩПТм работает совместно со шкафами распределения оперативного тока (ШРОТ) или питает распределенные шинки оперативного тока.

2.5 ЩПТм устанавливаются в закрытых сухих, отапливаемых и вентилируемых помещениях при температуре окружающей среды от -20 °С до плюс 40 °С и относительной влажности, не превышающей 50 % при максимальной температуре плюс 40 °С. Допускается влажность 90 % при температуре плюс 20 °С.

2.6 ЩПТм используются для работы в сетях постоянного тока с номинальным напряжением 110/220 В, номинальным током до 250 А, током динамической стойкости до 7.5 кА и током термической стойкости до 5 кА.

2.7 ЩПТм используются для питания как электромеханических, так и микропроцессорных устройств, с разделением их зон на разные объемы.

3 Общие положения

3.1 ЩПТм должны быть выполнены на базе модульной конструкции распределительных шкафов, например, системы TriLine или ей подобной, испытанной в соответствии со стандартом МЭК 61439-1/-2 и предназначенной для всех низковольтных распределительных устройств с номинальным током 100-250 А.

3.2 Все шкафы ЩПТм должны иметь габариты однотипные с габаритами других шкафов РЗА, установленных на данной подстанции.

3.3 Все шкафы ЩПТм должны иметь двухстороннее обслуживание и конструктивно разделяться на две основные равные по габаритам секции: фронтальную и тыльную.

3.4 Каждая из этих секций должна иметь:

- подсекцию коммутационных аппаратов и сборных шин (секций);
- изолированный (закрываемый дверью) кабельный отсек с вертикально установленными на DIN-рейке клеммниками для подключения подводимых кабелей.
- дополнительное крепление для силовых кабелей.

3.5 Подсекция **вводных коммутационных аппаратов (ВКА)** и сборных шин (секций) **фронтальной** секции шкафа, предназначенная для организации ввода от АБ, ЗПУ, резервного ввода, должна иметь:

- шинный отсек;
- отсек коммутационных аппаратов;
- отсек мониторинга и сигнализации;
- отсек защиты сети от импульсных коммутационных перенапряжений с блоком аварийного освещения (БАО) и схемой организации шины мигания «(+) ШМ».

3.6 Подсекция **коммутационных аппаратов отходящих фидеров (КАОФ)** и сборных шин (секций) **тыльной** секции шкафа, предназначенная для организации секций шин управления, питания и сигнализации, должна иметь:

- шинный отсек;
- отсек коммутационных аппаратов.

3.7 Подсекции ВКА и КАОФ объединены общим шинным отсеком.

3.8 Отсек мониторинга и сигнализации должен содержать:

- центральный терминал измерительно-вычислительного комплекса для мониторинга состояния сети оперативного тока;
- автоматизированное рабочее место в составе мониторинга СОПТ (опционально);
- элементы общей световой индикации;
- преобразователи постоянного напряжения в постоянное напряжение (DC/DC), подключенные к сборным шинам, для питания устройств контроля, управления и сигнализации;
- элементы резервного контроля изоляции сети и формирования нейтрали СОПТ.

3.9 В качестве коммутационных аппаратов должны применяться типовые одноразмерные кассеты, включающие в себя устройства подключения к сборным шинам, разъемы мониторинга, устройства мониторинга и сигнализации фидера, выключатели нагрузки с предохранителями.

3.10 Должна быть реализована возможность замены основного установленного на ЩПТм оборудования, без отключения ЩПТм.

3.11 Кассета должна содержать:

- выключатель-предохранитель-разъединитель (ВПР), обеспечивающий разрыв токовой цепи с двух сторон плавкой вставки предохранителя;
- блок контроля состояния выключателя и плавкой вставки предохранителя;
- элементы светодиодной индикации состояния ВПР;
- элементы микропроцессорного распределенного измерительно-вычислительного комплекса мониторинга СОПТ, обеспечивающие автоматический поиск фидеров со сниженной изоляцией;
- элементы светодиодной индикации положения выключателя нагрузки, состояния плавкой вставки предохранителя, наличия напряжения на входе кассеты.

3.12 Кассета коммутационного аппарата должна иметь две пары втычных контактов, первая из которых обеспечивает подключение ВПР к шинам (секциям) шкафа, а вторая к выходным индивидуальным пофидерным ошиновкам.

3.13 Кассеты должны быть рассчитаны на номинальные токи до 160 А, 250 А.

3.14 Кассеты всех номиналов должны иметь ширину и глубину кратные единичному размеру, принятому для конкретного шкафа.

3.15 Кассеты должны свободно вдвигаться в отсек коммутационных аппаратов и шин по направляющим до надежного соединения с шинами секций и индивидуальными ошиновками. Для надежного крепления кассет должно быть предусмотрено их винтовое крепление к каркасу шкафа.

3.16 Пофидерные ошиновки должны быть размещены в пофидерные изоляционные боксы (ПФИБ), которые должны обеспечивать с одной стороны прием контактных пальцев кассеты ВПР, а с другой подключение клеммника кабельного отсека.

3.17 Крепление шин должно осуществляться к каркасу шкафа с помощью изоляционных шинных колодок. Шины по всей длине, кроме мест коммутации, должны быть изолированными или заключены в изолирующие короба.

3.18 Ширина шин секций должна быть единой для всех шкафов. Глубина должна определяться требуемым сечением шин, высота – габаритами подключаемых к ней кассет ВПР.

3.19 В набор типовых кассет должна входить, в том числе, кассета с одним ВПР со своим трансформатором поиска земли и несколькими,

включенными через ВПР, модульными автоматическими выключателями со своими ПФИБ.

3.20 Один шкаф ЩПТм должен содержать две секции, подключаемые к одной АБ.

3.21 Установленные в шкафу ЩПТм разъединители должны быть сертифицированы для работы в цепях постоянного тока.

3.22 Кабельный отсек шкафа должен быть разделен на отсеки для входных и выходных кабелей.

3.23 Шкаф должен содержать отсек для запасных плавких вставок.

4. Требования к электрическим параметрам

4.1 Номинальное напряжение постоянного тока главных цепей, предназначенных для передачи электрической энергии – 110/220 В.

4.2 Номинальный ток главных сборных шин должен быть не менее 250 А.

4.3 Номинальный ток вспомогательных сборных шин должен быть не менее 100 А.

4.4 Номинальный ток каждой цепи (линии питания, ввода аккумуляторной батареи, ввода выпрямителя), подключенной к сборным шинам, должен соответствовать диапазону 16-250 А.

4.5 Ток электродинамической стойкости сборных шин должен быть не менее 7.5 кА.

4.6 Ток термической стойкости сборных шин должен быть не менее 5 кА.

4.7 Устройства питания пульсирующим током шины мигания («(+) ШМ»), к которой подключаются внешние потребители, должны обеспечивать пульсацию напряжения +220 В с частотой 1 Гц. Выходной ток устройства должен быть не менее 2 А. Устройство питания пульсирующим током, шина мигания и кассеты с ВПР на три предохранителя, поставляются только для подстанций со щитом управления (без АСУ ТП).

4.8 Устройство для защиты от импульсных коммутационных перенапряжений должно состоять из диодов класса не ниже 12, подключенных встречно к шинам щита и на общую заземленную точку. Номинальный ток диодов не менее 200 А. Также для защиты от перенапряжений могут использоваться модульные устройства варисторного типа. Все устройства защиты от импульсных перенапряжений должны подключаться к шинам ЩПТм через предохранитель или через автоматический выключатель с тепловым расцепителем. Запрещается присоединение этих устройств к шинам ЩПТм через автоматический выключатель с электромагнитным расцепителем. При использовании устройств защиты от импульсных перенапряжений обязательно применение сигнализации их неисправности.

5 Основные параметры и характеристики

5.1 Степень разделения шкафа на функциональные отсеки должна быть не менее 4b по ГОСТ Р 51321.1 (МЭК 60439-1:2004).

5.2 В шкафах должен быть предусмотрен естественный вид охлаждения.

5.3 Степень защиты от прикосновения к токоведущим частям, попаданию твердых тел и жидкости должна быть не менее – IP31 по ГОСТ 14254 (МЭК 60529-89).

5.4 Основные и вспомогательные токоведущие цепи должны быть изолированы от металлических не токоведущих частей.

5.5 Сопротивление изоляции должно быть не менее 1000 Ом на 1 В номинального напряжения этих цепей.

5.6 Изоляция главных цепей и вспомогательных цепей, присоединенных непосредственно к главным цепям, должна выдерживать испытательное напряжение переменного тока частотой от 45 до 62 Гц с действующим значением:

5.6.1 1000 В – для номинального напряжения изоляции до 60 В включительно;

5.6.2 2000 В – для номинального напряжения изоляции от 60 В до 300 В.

5.6.3 ЩПТ должен соответствовать требованиям для группы условий эксплуатации по воздействию механических факторов М13 по ГОСТ 17516.1.

5.7 Органы управления выключателей – разъединителей – предохранителей должны иметь возможность механической блокировки от неправильных действий персонала.

5.8 Все шины должны иметь соответствующую цветовую маркировку: положительная - красная и отрицательная — синяя.

5.9 Функциональные блоки должны иметь конструктивные элементы или соответствующие надписи, предотвращающие неправильную установку и включение. Маркировка установленной аппаратуры должна совпадать с обозначениями электрической схемы, которая прилагается к щиту.

5.10 Соединения сборных шин разных шкафов ЩПТм между собой должны осуществляться кабельными перемычками необходимого сечения.

5.11 Все металлические детали как наружные, так и установленные внутри шкафа, подверженные коррозии, должны иметь антикоррозионные покрытия. Покрытия должны быть устойчивы к условиям эксплуатации и хранения. Электрохимические разнородные металлические материалы, применяемые для изготовления соприкасающихся между собой сборочных единиц и деталей, должны исключать возможность возникновения электрохимической коррозии.

5.12 Крепежные изделия для разборных соединений должны иметь антикоррозийное покрытие. Неразборные контактные соединения должны выполняться пайкой, сваркой или прессовкой.

5.13 В шкафы ШПТм должен быть предусмотрен нижний подвод внешних кабелей.

5.14 Для подключения внешних силовых кабелей в кабельном отсеке должны быть установлены ряды силовых зажимов. Конструкция зажимов должна допускать присоединение внешних проводников любым способом (винтами, соединителями и т. д.), гарантирующим необходимое контактное

нажатие, соответствующее номинальному току. Зажимы, в зависимости от их номинального тока, должны позволять присоединение к ним проводников и кабелей с сечениями, приведенными в ГОСТ 19132, ГОСТ 25154. Места, предназначенные для подсоединения внешних кабелей, должны быть доступны и удобны для разделки и подсоединения к зажимам.

5.15 В кабельном отсеке должны быть установлены кабельные зажимы для надежной механической фиксации внешних силовых кабелей к корпусу шкафа.

5.16 Таблички и надписи:

- на лицевой панели каждого шкафа (в указанном на чертеже месте) устанавливается табличка предприятия - изготовителя со стойкой маркировкой, с заводскими данными и обозначением шкафа в соответствии с ГОСТ 18620.
- позиционные обозначения аппаратов в соответствии с принципиальной схемой выполняются при помощи стойкой маркировки и размещаются на специальном отведенном месте на корпусе аппарата или рядом с аппаратами;
- Превышение температуры для элементов шкафов при температуре окружающего воздуха плюс 35 °С не должно быть выше значений, приведенных в Таблице Г.1.

Таблица Г.1

Составные элементы, комплектующие части шкафа	**Предельные значения превышения температуры**
Зажимы для внешних изолированных проводников	70 °С
Шины и проводники, втычные контакты выдвижных или съемных частей, соединяющихся шинами	Ограничено: – предельной допустимой температурой для изоляционных материалов, находящихся в контакте с проводником; – воздействием температуры проводника на части, к которым он присоединен
Органы ручного управления: –из изоляционного материала; – из металла;	 25 °С 15 °С
Доступные металлические оболочки и внешние металлические части шкафа	30 °С

5.17 АРМ оператора СОПТ, должно быть выполнено на базе сенсорной ЖК-панели измерительно-вычислительного комплекса.

5.18 На экранах АРМ должно отображаться следующее:

- схема СОПТ;
- положение коммутационной аппаратуры и состояние защитных предохранителей;

- все текущие числовые значения параметров сети, измеренные ИВК;
- цветовые пиктограммы сигналов выхода параметров сети за пределы зоны нормальной работы.

5.19 На лицевой панели отсека мониторинга и сигнализации должны быть предусмотрены сигнальные лампы неисправности сети, неисправности оборудования ЩПТм, наличии земли в сети и кнопка их квитирования. Также должна быть предусмотрена светодиодная лампа «Общая неисправность шкафа».

5.20 В отсеке мониторинга и сигнализации должна быть установлена резервная схема контроля сопротивления изоляции сети и блок низкоомного (20 кОм) формирования нейтрали СОПТ.

5.21 На информационную панель ЩПТ (отсек мониторинга) должны выводиться параметры состояния элементов АБ и элементов ЗПУ.

5.22 Информация, отображаемая на ЖК-панели ЩПТм должна передаваться в систему сбора и регистрации высшего уровня по протоколу ГОСТ Р МЭК 60870-5-104 или МЭК 61850-8-1.

5.23 Аппаратура ЩПТм должна соответствовать требованиям методических указаний по обеспечению электромагнитной совместимости на объектах электросетевого хозяйства. Стандарт организации СТО 56947007-29.240.044-2010.

5.24 Уровни установки аппаратов и измерительных приборов должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 51321.1 и ПУЭ.

5.25 Органы управления аппаратов частого ручного оперативного управления (кнопки, переключатели и т.п.) должны быть установлены в зоне 800-1600 мм от уровня пола. Прочие органы оперативного управления аппаратами (автоматических выключателей, рубильников и силовых переключателей) должны быть установлены в зоне 400-2000 мм от уровня пола.

5.26 Дроссели, трансформаторы, реакторы, резисторы, разрядники, сирены и другие элементы, не требующие постоянного контроля и обслуживания, должны быть установлены на высоте ниже 400 мм и выше 2000 мм.

5.27 Шкала каждого измерительного прибора должна находиться на высоте от уровня пола:

– при работе стоя – от 1000 до 1800 мм;

– при работе сидя – от 700 до 1400 мм.

Цифровые показывающие приборы должны находиться на высоте от уровня пола:

– при работе стоя – от 1000 до 2000 мм;

– при работе сидя – от 700 до 1600 мм.

5.28 Измерительные приборы, которые не предназначены для точного измерения и являются индикаторами, устанавливают на высоте до 2200 мм.

6 Требования к надежности ЩПТм

Должны быть обеспечены следующие показатели надежности:

– гарантийный срок эксплуатации, с даты ввода в эксплуатацию - не менее 3 лет;

– средний срок службы - 25 лет при условии замены аппаратуры с меньшим сроком службы;

– наработка на отказ - не менее 125 000 часов;

– среднее время восстановления работоспособного состояния с использованием запасных частей – 1 час.

7 Требования к документации ЩПТм

7.1 В комплекте с оборудованием должна быть предоставлена техническая документация на русском языке.

7.2 Состав и содержание технической документации должны обеспечивать решение задач:

– технического обслуживания в целом и отдельных компонентов СОПТ, в том числе по периодичности, видам, объемам, методикам и трудозатратам;

– быть достаточным для разработки эксплуатационных инструкций.

7.3 Для измерительных приборов и измерительных систем в составе оборудования СОПТ, должны быть представлены:

– копии свидетельств об утверждении типа средств измерений с указанием регистрационного номера в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений;

– копии свидетельств о поверке средств измерений с указанием даты очередной поверки;

– методики поверки;

– копии описания типа.

8 Требования к комплектации ЩПТм

В комплект поставки должны входить:

– разборные шкафы с комплектующими изделиями в соответствии с заданием на изготовление;

– крепежные элементы для сочленения частей шкафа и сборных шин;

– комплект запасных частей, включающий комплект измерительных приборов и основных кассет, и двойной набор предохранителей всех номиналов;

– схема электрическая принципиальная;

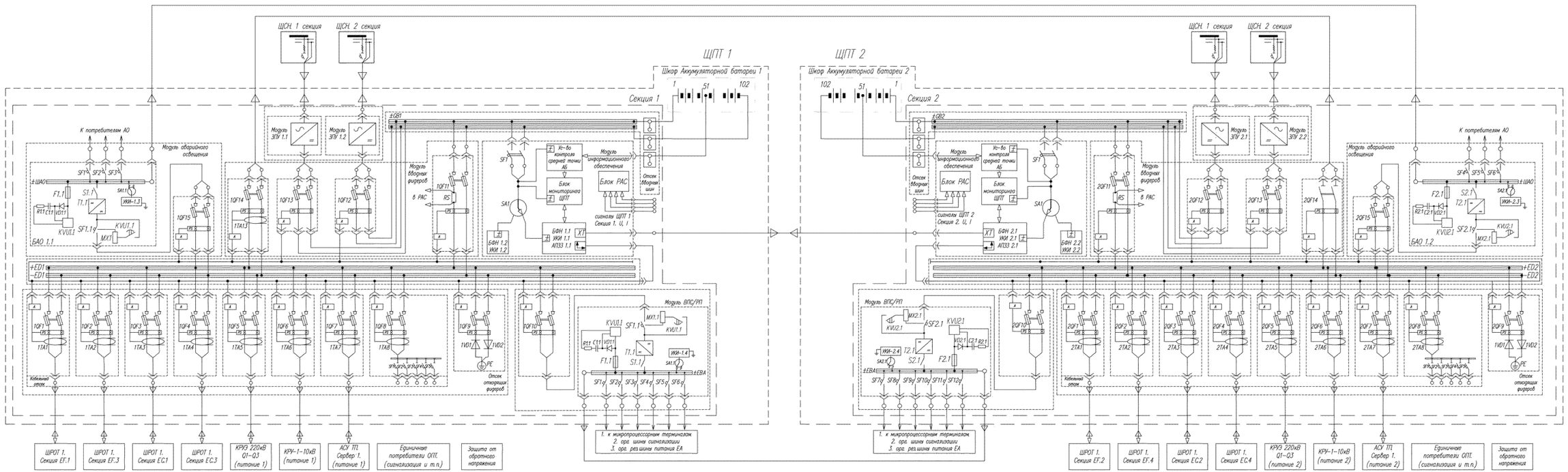
– спецификация;

– техническое описание и инструкция по эксплуатации и монтажу;

– техническое описание и инструкции по эксплуатации на комплектующие изделия, которые требуют наладки на объекте;

– паспорт;

– протоколы заводских испытаний.


ЩСН 1 секция
ЩСН 2 секция
ЩПТ 1
ЩПТ 2
Шкаф Аккумуляторной батареи 1
Шкаф Аккумуляторной батареи 2
Секция 1
Секция 2
К потребителям АО
Модуль аварийного освещения
Модуль ЗПУ 1.1
Модуль ЗПУ 1.2
Модуль ЗПУ 2.1
Модуль ЗПУ 2.2
Модуль вводных фидеров
Модуль ВПС/РП
Модуль информационного обеспечения
Блок РАС
Блок мониторинга ЩПТ
Ус-во контроля средней точки АБ
Отсек вводных шин
БАО 1.1
БАО 1.2
Кабельный отсек
Отсек отходящих фидеров
ШРОТ 1. Секция ЕГ.1
ШРОТ 1. Секция ЕГ.3
ШРОТ 1. Секция ЕС.1
ШРОТ 1. Секция ЕС.3
КРУЭ 220кВ О1–О3 (питание 1)
КРУ–1–10кВ (питание 1)
АСУ ТП. Сервер 1. (питание 1)
Единичные потребители ОПТ. (сигнализация и т.п.)
Защита от обратного напряжения
ШРОТ 1. Секция ЕГ.2
ШРОТ 1. Секция ЕГ.4
ШРОТ 1. Секция ЕС.2
ШРОТ 1. Секция ЕС.4
КРУЭ 220кВ О1–О3 (питание 2)
КРУ–1–10кВ (питание 2)
АСУ ТП. Сервер 1. (питание 2)
Единичные потребители ОПТ. (сигнализация и т.п.)
Защита от обратного напряжения

Приложение Д

Анализ схем СОПТ существующих ПС с точки зрения их надежности и рекомендации по их реновации

А. СОПТ с АБ без дополнительных элементов, размещенной в аккумуляторной.

Особенности схемы СОПТ:

- Наличие одной АБ открытого типа. Выход из аккумуляторной выполнен через проходную доску. Подключение к ЩПТ выполнено через один головной защитный аппарат и разветвление из двух силовых рубильников на две секции.
- На каждую секцию ЩПТ подключено своё ЗПУ. Оба ЗПУ нормально включены, причем нагрузку несет только одно из них, так как их характеристики не позволяют им работать параллельно. Второе ЗПУ находится в горячем резерве.
- Питание выполнено по кольцевой схеме. Кольца питания обязательно должны быть разомкнуты.
- В качестве индивидуальных защитных аппаратов используются предохранители или автоматические выключатели типа АП 50МТ, размещенные на собственной панели РЗА или панели управления.
- На ПС имеются две системы шин управления (ШУ). К 1 ШУ подключены цепи управления выключателями и основные защиты, к 2 ШУ – резервные защиты и УРОВ;
- Во всех СОПТ имеется контроль изоляции и сигнализация снижения уровня изоляции ниже 20 кОм (оперативный ток 220 В). Схема сигнализации снижения уровня изоляции выполняет так же функцию низкоомного шунтирования полюсов АБ (БФН);

Слабые места:

- Использование АБ открытого типа СК и СН без герметизирующих крышек ведет к повышенному испарению электролита, что требует более частого контроля за его уровнем и более частого долива (в сравнении с АБ, которые их имеют). Помещения с такими АБ подвержены интенсивной коррозии, требуют наличия вентиляции для удаления паров электролита.
- Проходные доски могут давать трудно контролируемое снижение изоляции СОПТ и являются сложно ремонтируемыми элементами.
- Головной защитный аппарат размещен на ЩПТ. Для снижения вероятности возникновения КЗ на незащищенном участке между АБ и ЩПТ должен быть использован одножильный бронированный кабель, имеющий повышенную индуктивность. Повышенное сопротивление для электромагнитных помех между АБ и ЩПТ снижает шунтирующий эффект АБ. Это ограничивает применение микропроцессорных устройств, увеличивая вероятность их неправильной работы.

- Отсутствие резерва у головного защитного аппарата крайне затрудняет его проверку. В результате надежность его работы на большинстве ПС находится на недопустимо низком уровне. Автоматические выключатели типа АВМ 4 и ВА3793 сами по себе имеют низкую надежность.
- ЗПУ типа ВАЗП 220/380 (другие устаревшие ЗПУ) имеют низкую надежность.
- ЩПТ выполнен методом навесного монтажа, имеет множественное пересечение проводников, не изолированные шины, доступен для проникновения влаги, пыли, мелких животных – имеет низкую надежность.

Основные направления реновации:

- Замена АБ на современные батареи открытого типа, с герметизированной крышкой сроком службы не менее 20 лет;
- Отказ от применения проходной доски и жестких шин в аккумуляторной. Замена их на одножильный кабель с кислотостойкой изоляцией, который прокладывается до БВП через отверстия в стене, индивидуальные для каждого полюса.
- Замена вводных малонадежных автоматических выключателей на предохранители, при условии, что величины номинальных токов этих предохранителей менее 200 – 250 А (применение предохранителей с токами более указанных затрудняет их согласование по селективности и поэтому требует применение автоматических выключателей с независимой токо-временной характеристикой).
- Установка на стене общей с помещением АБ блока выносных предохранителей (БВП). Разделение его на объемы под предохранители, отдельно для «+», «-» и средней точки. Данное решение позволит выполнить прокладку от БВП до ЩПТ многожильным кабелем с низким индуктивным сопротивлением.
- Установка в БВП собственных предохранителей для каждой секции ЩПТ и установка на ЩПТ секционных рубильников. Данное решение позволит выводить в техническое обслуживание любой элемент СОПТ;
- Для исключения ошибок при реконструкции действующего ЩПТ рекомендуется на первом этапе (в дополнение к существующей СОПТ) установить второй компактный ЩПТ модульной конструкции (ЩПТм) с ШАБ. Все вновь устанавливаемые МП РЗА и элегазовые ВВ подключать к ЩПТм.
- При невозможности реализации этого варианта, реконструкцию СОПТ рекомендуется начинать с установки БВП. При этом БВП выбирается с дополнительными парами предохранителей. Это позволит подключить к ним дополнительные ШРОТ для питания МП РЗА с максимальным разделением по помехозащищенности этих устройств с существующими цепями ВК.
- Замена морально и физически устаревших ЗПУ на современные с микропроцессорной системой управления, имеющих повышенную надежность, большую наработку на отказ, небольшие пульсации (менее 0,5 %) и возможностью интегрирования их в систему АСУ ТП.

- Замена устаревших конструкций ЩПТ с навесным монтажом на ЩПТ модульной конструкции с встроенными устройствами мониторинга, регистрации и поиска земли;
- Применение устройств мониторинга СОПТ.

Б. СОПТ с АБ с дополнительными элементами для ПС с баковыми МВ 110 – 500 кВ

Особенности схемы СОПТ:

- Все перечисленные выше в п. А. особенности относятся и к данному типу СОПТ.
- Нагрузка, питаемая от СОПТ делится на два типа:
  - Постоянная нагрузка (десятки ампер) с питанием от 102 – 108 элемента АБ;
  - Импульсная нагрузка (сотни ампер) с питанием от 118 – 128 элемента АБ.
- В режиме постоянного подзаряда ЗПУ может быть подключено на:
  - 102 – 108 элемент. В этом случае дополнительные элементы имеют свой подзарядный блок;
  - 118 – 128 элемент. Дополнительные элементы имеют свое нагрузочное сопротивление.
- Подзарядный блок может быть:
  - Мощностью достаточной только для подзаряда. На этот случай предусмотрены дополнительные коммутационные аппараты для подключения основного ЗПУ на полное количество элементов;
  - Мощностью достаточной для ускоренного заряда.
- ЩПТ имеет силовые шины (ШП) и шины управления (ШУ), подключаемые к ШП через дополнительный уровень защиты, предназначенный для резервирования защит фидеров, отходящих от ШУ. Данный уровень защит устанавливается по причине невозможности резервирования этих фидеров головными автоматами.

Слабые места:

- Все перечисленные выше в п. А. слабые места относятся и к данному типу СОПТ;
- Общий для ШП и ШУ головной автомат, значительно снижает надежность ШУ (при неисправности в цепях ШП, имеющих низкую надежность, теряются шины ШУ, требующее максимальный уровень надежности).
- Установка дополнительного уровня защиты (автоматический выключатель для питания ШУ) снижает селективность защитных устройств;
- При снижении емкости АБ оперативный персонал вынужденно замыкает кольцо ШП на ОРУ (для увеличивая сечение кабеля, снижения падение напряжения от АБ до соленоидов и возможности включения выключателей). Данная операция может привести к неселективной работе головного автомата и потере СОПТ полностью.

Основные направления реновации:

- Все перечисленные выше в п. А. направления реновации относятся и к данному типу СОПТ.
- Импульсная нагрузка относится к соленоидам включения, потеря которых не сказывается на работе защит ПС. Для разделения цепей, имеющих разные требования по надежности питания, необходима установка своих головных защитных устройств для ШП и ШУ.
- Для упрощения схемы предлагается устанавливать ЗПУ для хвостовых элементов мощностью достаточной и для ускоренного заряда.

В. СОПТ с АБ, размещенной в ШАБ.

Особенности схемы СОПТ:

- СОПТ имеет одну АБ открытого или с регулирующим клапаном, номинального напряжения 110 – 220 В. АБ установлена в помещении релейного щита в шкафу. ЩПТ и ЗПУ (в зависимости от емкости АБ) могут быть размещены в этом же шкафу или в рядом стоящем. Секция ЩПТ подключена к АБ через один защитный аппарат и имеет несколько защитных аппаратов, питающих индивидуальных потребителей.
- Защита СОПТ выполняется двух уровневой (головной защитный и индивидуальные аппараты) на предохранителях или на автоматических выключателях с время зависимыми характеристиками;
- Схема имеет одно или два ЗПУ (в зависимости от требований к надежности для конкретной ПС) с мощностью достаточной для выполнения ускоренного и уравнительного заряда.
- Сигнализация снижения уровня изоляции выполняет так же функцию низкоомного шунтирования полюсов АБ (БФН).
- Для повышения надежности конкретной ПС устанавливаются СОПТ с двумя ЩПТ.

Слабые места:

- Применение СОПТ с одной секцией и двух уровневой защитой может привести к потере всего оперативного тока, при КЗ на отходящем фидере и отказе его автоматического выключателя;
- Герметичные свинцовые АБ имеют срок службы 5 – 12 лет, который сокращается в два раза при повышении температуры в помещении относительно нормы (20 ^{0}C) на каждые 10 ^{0}C.
- Использование одного ЗПУ увеличивает вероятность потери оперативного тока и должно учитывать вероятность повреждения первичного оборудования.
- Использование АБ с количеством элементов, рассчитанных на номинальное напряжение оперативного тока, для ПС с малым его потреблением утяжеляет СОПТ.

Основные направления реновации:

- Установка двух секций ЩПТ с подключением их к АБ через собственные защитные аппараты.

- Разделение по разным секциям СОПТ питания РЗА отходящих фидеров КРУ 6 – 20 кВ и РЗА вводных (секционных) выключателей этих КРУ.
- Распределение защит и управления по двум секциям ЩПТ с учетом резервирования (МТЗ и дуговая защиты, управление отходящего фидера и управление вышестоящего выключателя, управление выключателем и его УРОВ и тому подобное).
- Замена морально и физически устаревших ЗПУ на современные с микропроцессорной системой управления, имеющих повышенную надежность, большую наработку на отказ, небольшие пульсации (менее 0,5 %) и возможностью интегрирования их в систему АСУ ТП.
- Замена устаревших конструкций ЩПТ с навесным монтажом на ЩПТ модульной конструкции с встроенными устройствами мониторинга, регистрации и поиска земли.
- Применение устройств мониторинга СОПТ.
- Использование СОПТ с двумя ЩПТ.
- Замена АБ с количеством элементов, рассчитанных на номинальное напряжение оперативного тока, на ИБП с номинальным напряжением АБ 6-12 В.
- Применение для одной АБ двух ЗПУ, способных нести всю нагрузку СОПТ.

Приложение Е

Выбор АБ при использовании ВДУ

1. Особенности выбора АБ при использовании ВДУ:

а. Не требуется учитывать потерю напряжения в соединительных проводах;

б. Снижение напряжения на АБ при стабилизированном напряжении на шинах ЩПТ, к которым подключена нагрузка, компенсируется при помощи ВДУ увеличением тока АБ. Коэффициент увеличения тока обратно пропорционален величине снижения напряжения АБ и меняется от 1.07 вначале разряда, до 1.3 в его конце. На увеличение коэффициента тока также влияет КПД ВДУ (Ккпд = 0.98 – 0.99). Среднее значение коэффициента увеличения тока (Кув.ток), равное полусумме значений в начале и в конце разряда, зависит от времени разряда АБ и коэффициента надежности (Кн = 1,05), учитывающего погрешности вычислений и различную крутизну разрядных характеристик для разных типов АБ. При 2 часовом разряде Кув.тока =1.2, при получасовом разряде Кув.тока = 1.25.

в. Минимальное значение напряжения разряда для длительно протекающих токов сохраняется, как для СОПТ без ВДУ – 1.8 В на элемент.

Для толчковых токов это напряжение ограничено (Рисунок Е.1):

- минимальным рабочим напряжением ВДУ 0.75 $U_{ном}$, что составляет при 102 элементах 1.62 В на элемент;
- минимальным напряжением, обозначенным семейством разрядных характеристик АБ.

г. ВДУ является стабилизатором напряжения и мощности.

2. Наиболее простым и наглядным методом выбора ёмкости АБ является метод с использованием разрядных характеристик АБ, предоставляемых её поставщиком (Рисунок Е.5 – Е11) [25]. Этот метод применим, как при наличии ВДУ, так и без него – разница заключается в наборе исходных данных (Таблица Е.1) и наборе необходимых вычислений.

3. Методика выбора АБ при наличии ВДУ дана в Таблице Е.2. В этой же таблице отдельным столбцом дан пример выбора АБ.

4. Учитывая дополнительное снижение напряжения на АБ в момент прохождения толчкового тока, величину минимального напряжения (Uмин) в конце разряда постоянным током разряда (Iпт.р) необходимо увеличить. Это увеличение пропорционально отношению величин толчкового тока разряда (Iт.р) к Iпт.р При этом, при Iт.р = 0, Uмин сохраняет свое значение, принятое по пункту 1.в. (1.8 В), а при значении отношении Iт.р / Iпт.р.=1, Uмин = 1.86 (Рисунок Е.2). Кроме того, значение Uмин зависит от типа выбранной АБ (GroE100, OPzS100). Для других АБ, имеющих более пологие разрядные характеристики (GroE25, OPzS50, 70) Uмин необходимо увеличить с 1.86 до 1.88, а для более крутых (OCSM), снизить до 1.83.

Таблица Е.1. Набор исходных данных для выбора АБ

№	Параметр	Значение		Примечания	Пример ПС 500 кВ, полуторная схема, 5 полей по 3 выключателя
		с ВДУ	без ВДУ		
1	Набор разрядных характеристик АБ	Да	Да	Данные завода изготовителя	Принимаем исходя из величины токов разряда АБ (толчковых и установившихся) АБ типа – GroE 100
2	Параметры аккумулятора (U подз, U ускор.зар,	Да	Да	Данные завода изготовителя	U подз = 2.23 В U ускор.зар = 2.34 – 2.4 В
2	Величины нагрузок	Да	Да	индивидуальные для каждой ПС	∑Iпт.нг = 150 А ∑Iвр.нг = 50 А Iт.р = 5.5 А (одного ЭО)
3	Нормально допустимое отклонение напряжение (максимум) на клеммах нагрузки	1.05 $U_{ном}$	1.05 $U_{ном}$ / Кн.р.	Используется для выбора количества элементов АБ с К н.р. = 1.02 (коэффициент надежной работы ВДУ в нормальном режиме)	231 В / 1.02 = 227 В Кн.р. - обеспечивает возможность контроля исправности ВДУ в нормальном режиме и определяется как отношение Uвых/Uвх для ВДУ в нормальном режиме
4	Предельно допустимое отклонение напряжения (максимум) на клеммах нагрузки	1.1 $U_{ном}$	1.1 $U_{ном}$	Используется для выбора напряжения ускоренного заряда	242 В

5	Предельно допустимое отклонение напряжения (минимум) на клеммах нагрузки	Нет	0.85 $U_{ном}$	УТСП компенсирует снижение Uаб	–
	Потеря напряжения в соединительных проводах	Нет	Да	Нет необходимости	–
6	Предельно допустимое отклонение напряжения (минимум) на зажимах АБ	0.8 $U_{ном}$	0.8 $U_{ном}$	Для 2 часового тока разряда является граничной величиной, при которой не происходит деградация АБ	176 В для 2 часового разряда и снятии 100 % емкости с пластины
7	КПД ВДУ	Да	Нет		0.98
8	Необходимый запас по емкости, учитывающий её старение, %.	20	20		20 %
9	Допустимое конечное напряжение на элементе АБ, В	1.7 – 1.8	1.8	Определяется Uмин.вхВДУ = 0.75Uн = 165 В, но не ниже допустимого напряжения на элемент по монограмме разрядных характеристик (зависит от типа АБ)	Ломаная красная линия на разрядной характеристике АБ типа GroE 100. Uэл = 165 / 102 = 1.62 В (Рисунок Е.1)

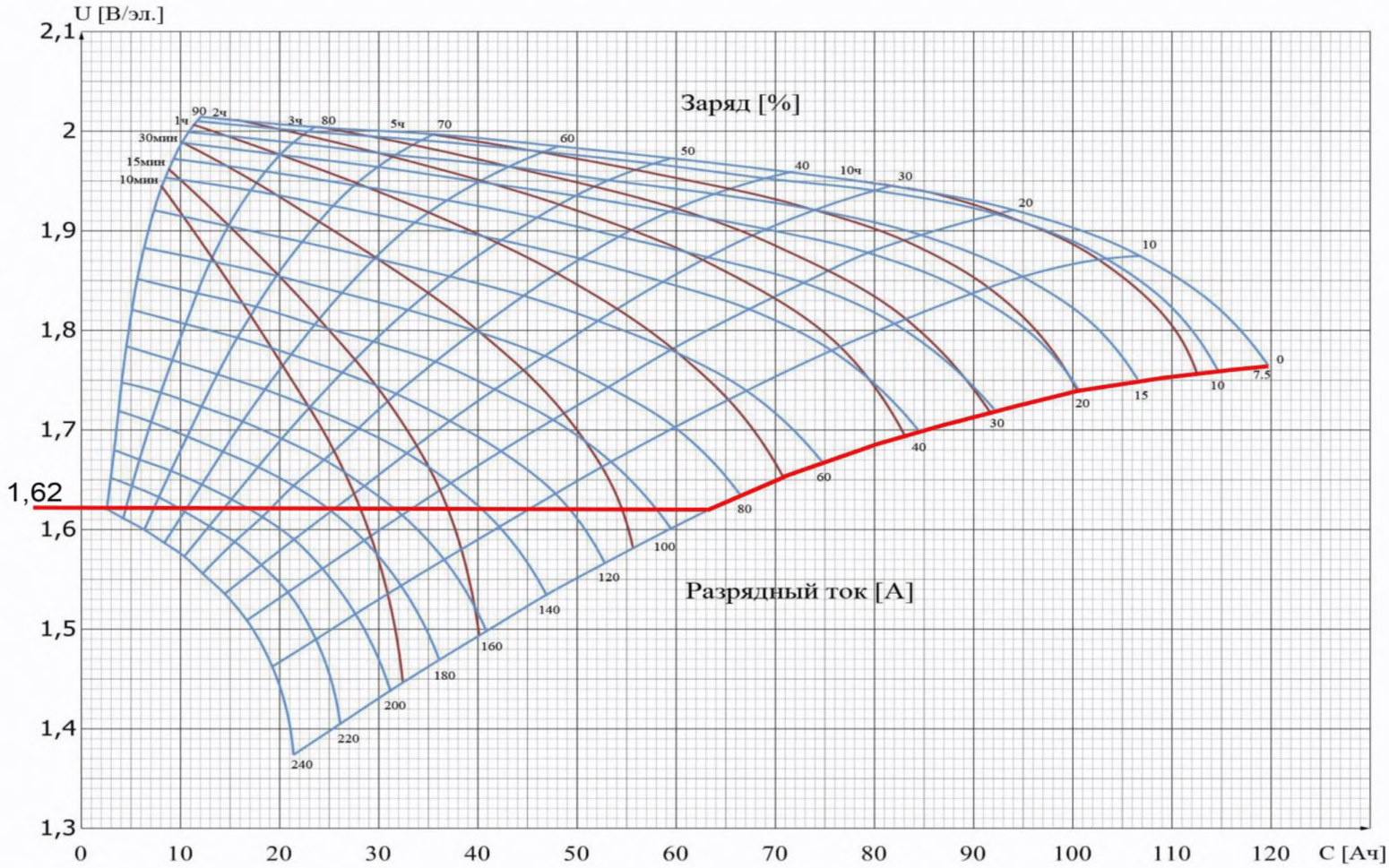


Рисунок Е.1. Разрядные характеристики АБ типа GroE 100. Допустимое конечное напряжение на элементе АБ при наличии ВДУ (красная линия)

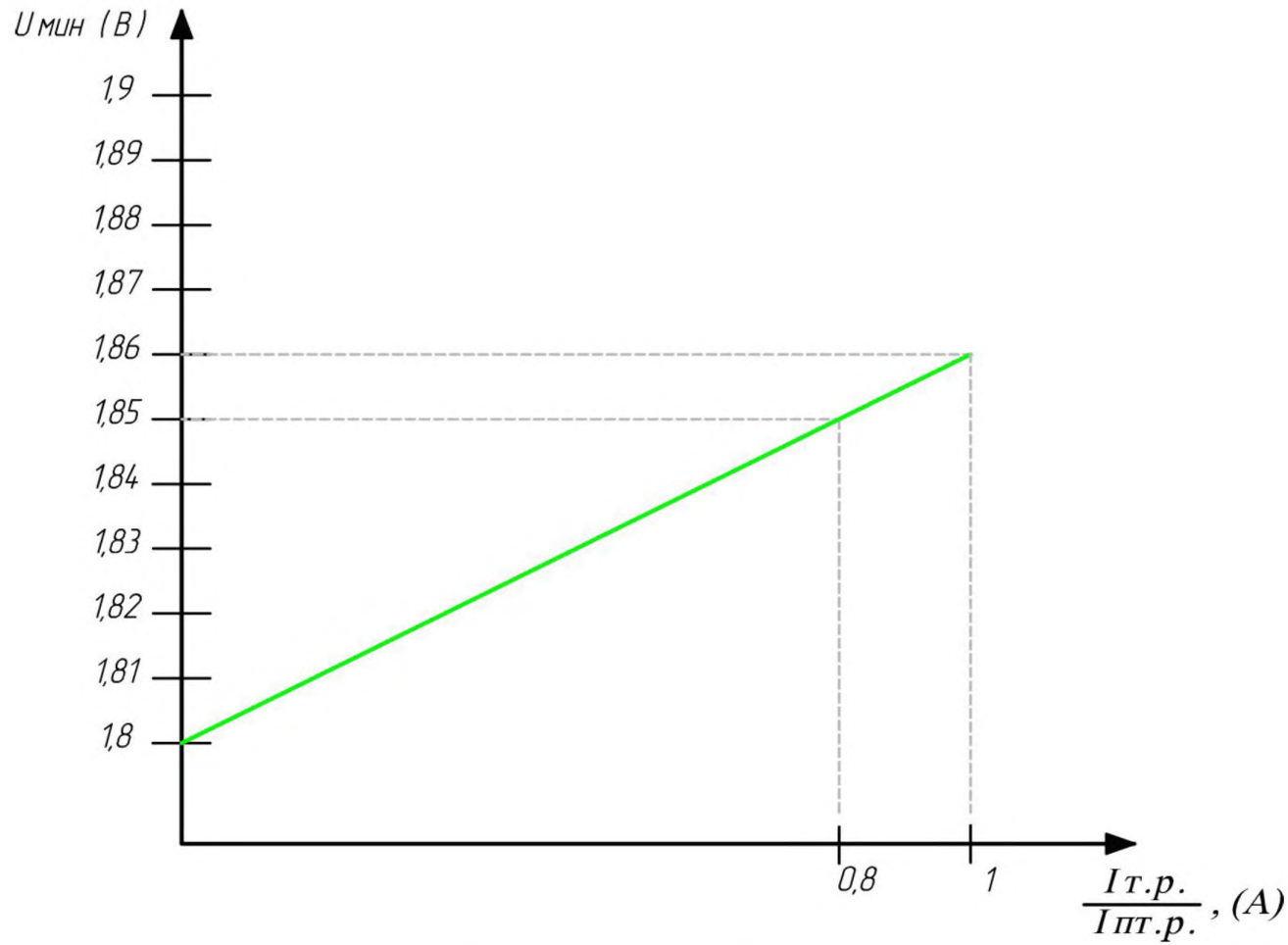


Рисунок Е.2. Uмин = f(Iт.р / Iпт.р)

Таблица Е.2 Выбор АБ

№	Искомый параметр	Расчетная формула	Примечание	Пример
1	Суммарный ток постоянного разряда – Iпт.р	Iпт.р = ∑Iпт.нг + ∑Iвр.нг	∑Iпт.нг – сумма постоянных нагрузок АБ; ∑I вр.нг – сумма временных нагрузок АБ - для КРУЭ не учитывает токи двигателей заводки пружин	Iпт.р = 150 + 50 = 200 А
2	Суммарный толчковый ток разряда – Iт.р	Iт.р = ∑Iт.нг	∑Iт.нг – сумма толчковых нагрузок АБ для ПС без МВ – ∑ I эо всех фаз, 1 и 2 ЭО, при КЗ при котором отключается максимальное количество выключателей; Для КРУЭ – тоже, плюс токи всех фаз двигателей заводки пружины одного элегазового выключателя для ПС с МВ – ток всех фаз соленоида включения одного МВ	Расчетным режим (максимальный толчковый ток) – КЗ на СШ 500 кВ при ремонте одной АБ Iт.р = Iэо х 3 х 2 х 5 = 5.5 х 3 х 2 х 5 = 165 А, где 5.5 – ток одного ЭО; 3 – количество фаз; 2 – количество ЭО одной фазы; 5 – количество одновременно отключаемых ВВ
3	Суммарный ток разряда Iр	Iр = Iпт.р + Iт.р		Iр = 200 +165 = 365 А

4	Суммарный ток постоянного разряда с учетом ВДУ– Iпт.р.вду	Iпт.р.вду = Кув.тока х Iпт.р	Кув.тока = 1.2 – 1.25 - коэффициент, учитывающий преобразования тока в ВДУ и его КПД	Iпт.р.вду = 1.2 х 200 = 240 А
5	Суммарный ток разряда – Iр.вду	Iр.вду = Кув.тока х Iр	Кув.тока = 1.2 – для двух часового разряда (1.25 – для 0.5 часового разряда)	Iр.вду = 1.2 х 365 = 438 А
6	График нагрузки и токовая разрядная характеристика АБ (работа СОПТ в автономном режиме)	I = f(t)	Величина тока АБ увеличивается обратно пропорционально снижению напряжения на АБ	Рисунок Е.3 1- график нагрузки – зеленая; 2- график разряда АБ – розовая; 3- график разряда АБ с учетом Кнд – красная
7	Емкость, снимаемая с АБ – Q	Q = Iпт.р.вду х t	t – время работы в автономном режиме (2 часа)	Q = 240 х 2 = 480 Ач
8	Количество элементов в АБ -N	n = 1.05 $U_{ном}$ / Кн.р х 2.23 (2.25)	2.23 – напряжение подзаряда одного элемента АБ типа GroE, OPzS (2.25 – OCSM)	n = 1.05 х 220 / 1.02 х 2.23 = 101.8 Принимаем 102
9	Емкость, снимаемая с 1 пластины – Qпл, Ач	Qпл – определяется по разрядным характеристикам	Абсцисса точки пересечения линии двухчасового разряда и прямой минимально допустимого напряжения на элементе Uмин.э = 1.8 В	Рисунок Е.4, Точка 1 Qпл = 75 Ач
10	Количество пластин – n пл	n пл = Q / Qпл	n пл округляем в большую сторону	n пл = 480 / 75 = 6.4 Принимаем n=7

11	Токи на 1 пластину I пл.пт и I пл.р, А	I пл.пт = Iпт.р.вду/ n Iпл.р = Iр.вду/ n	Рассчитываются токи и строятся графики разряда при полученных токах	Рисунок Е.4, черные кривые: I пл.пт = 240 / 7 = 34 А; I пл.р = 438 / 7 = 66 А
12	Емкость, снимаемая с 1 пластины за время t – Qпл, Ач	Qпл = I пл.пт x t		Qпл = 34 x 2 = 68 Ач
13	Напряжение на одну пластину в конце разряда током Iпл.пт.вду – Uпл.пт, В	Uпл. пт – определяется по разрядным характеристикам.	Ордината точки пересечения разрядной характеристики Iпл.пт и вертикали Qпл.	Рисунок Е.4, Точка 2 Uпл.пт =1.85 В (значение соответствует рисунку Е.2)
14	Напряжение на одну пластину в конце разряда током Iпт.р.вду – Uпл.р, В	Uпл.р – определяется по разрядным характеристикам.	Ордината точки пересечения разрядной характеристики при I пл.р и вертикали Qпл. Полученная точка должна находиться выше ломанной кривой (Рисунок Е.1) Если полученная точка 3, окажется ниже, расчет повторить с большим количеством пластин Q_{10C} – емкость при десяти часовом разряде АБ	Рисунок Е.4, Точка 3 Uпл.пт = 1.7 В Полученная точка находится выше ломанной кривой (Рисунок Е.1) – выбранная АБ соответствует заданным условиям Без учета старения получаем Q_{10C} = 100 x 7 = 700 Ач
15	Емкости АБ с учетом её старения – Qаб, Ач	Qаб = Q_{10C} x 1.2		Qаб = 700 x 1.2 = 840 Ач Принимаем АБ – 9GroE900

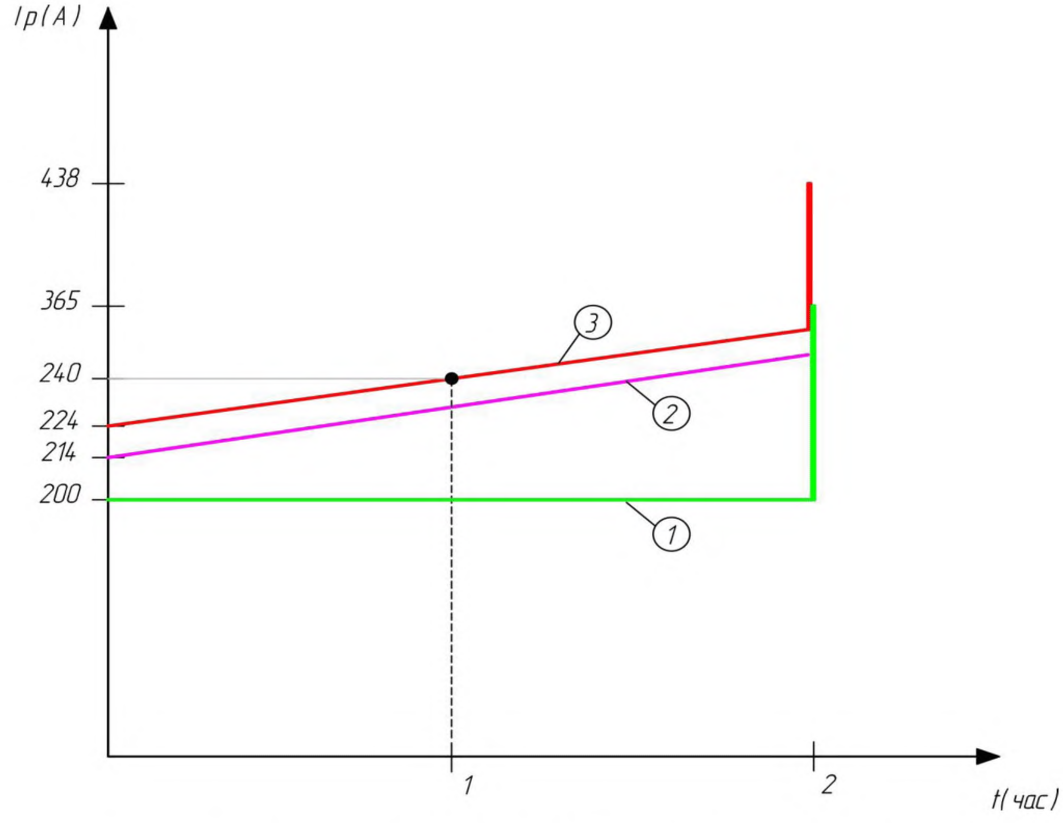


Рисунок Е.3. График нагрузки и графики разряда АБ при работе СОПТ в автономном режиме

1- график нагрузки;
2- график разряда АБ;
3- график разряда АБ с учетом Кнад=1.05.

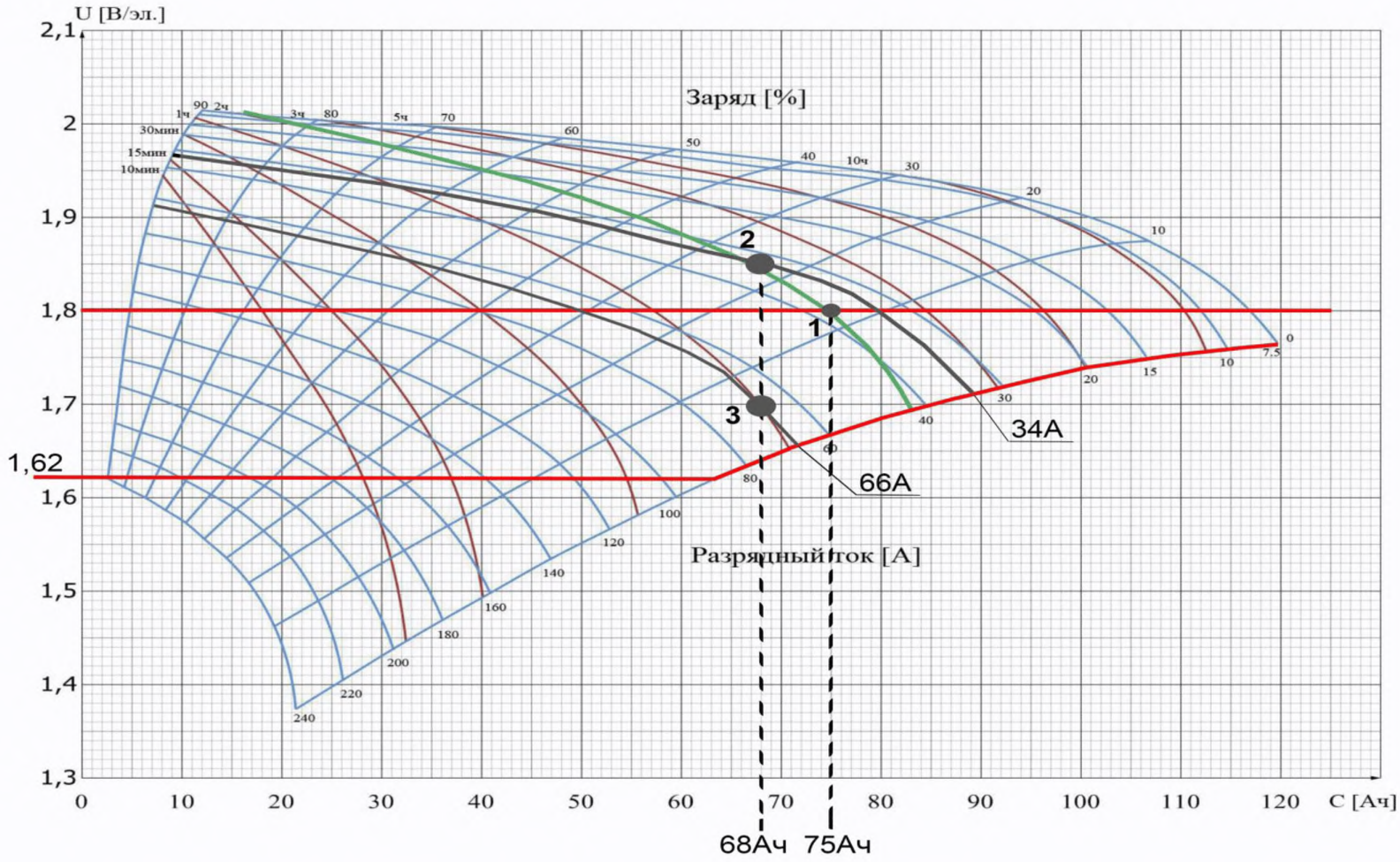


Рисунок Е.4. Разрядные характеристики АБ типа GroE 100. График изменения напряжения на АБ в соответствии с графиком нагрузки

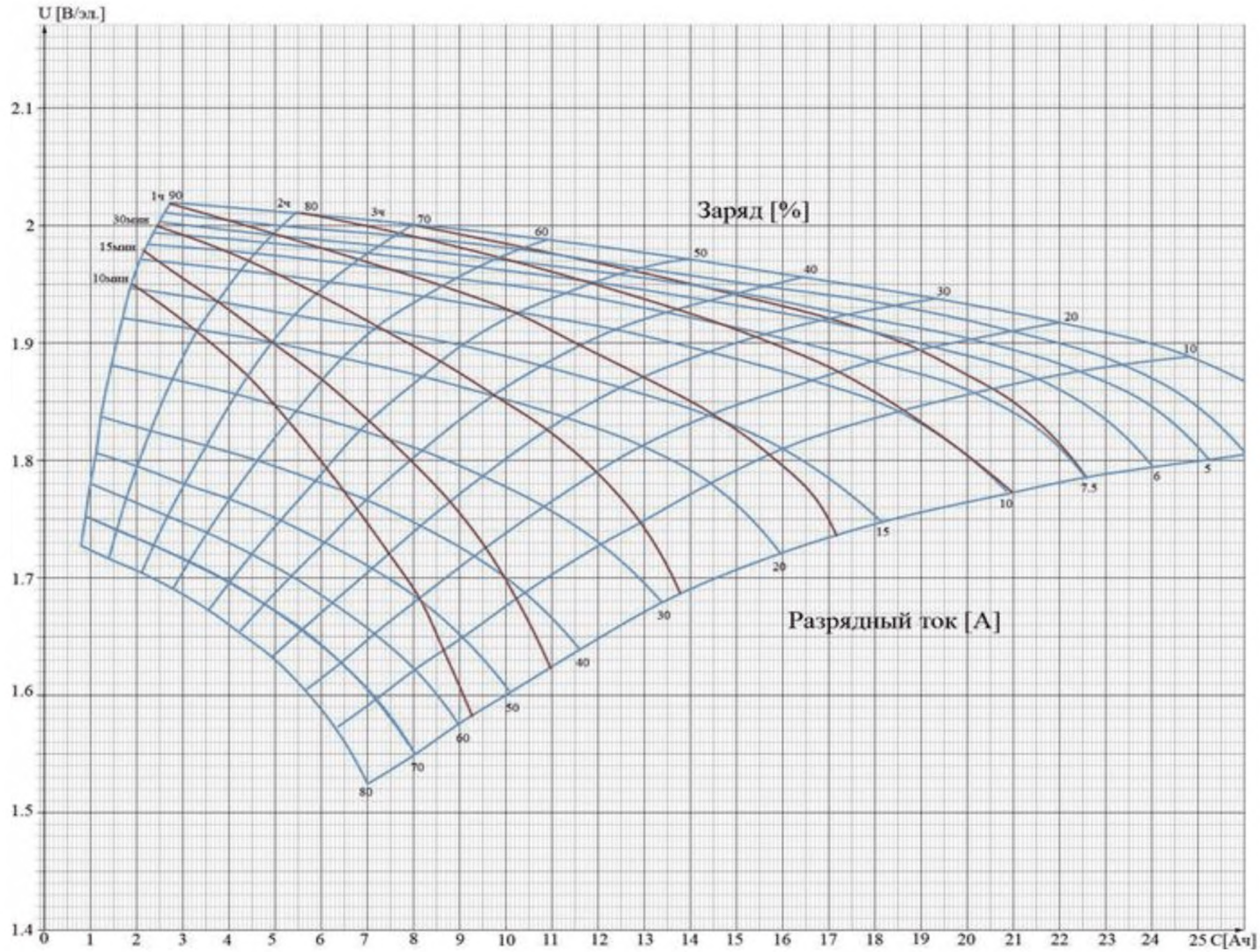


Рисунок Е.5. Разрядные характеристики АБ типа GroE 25

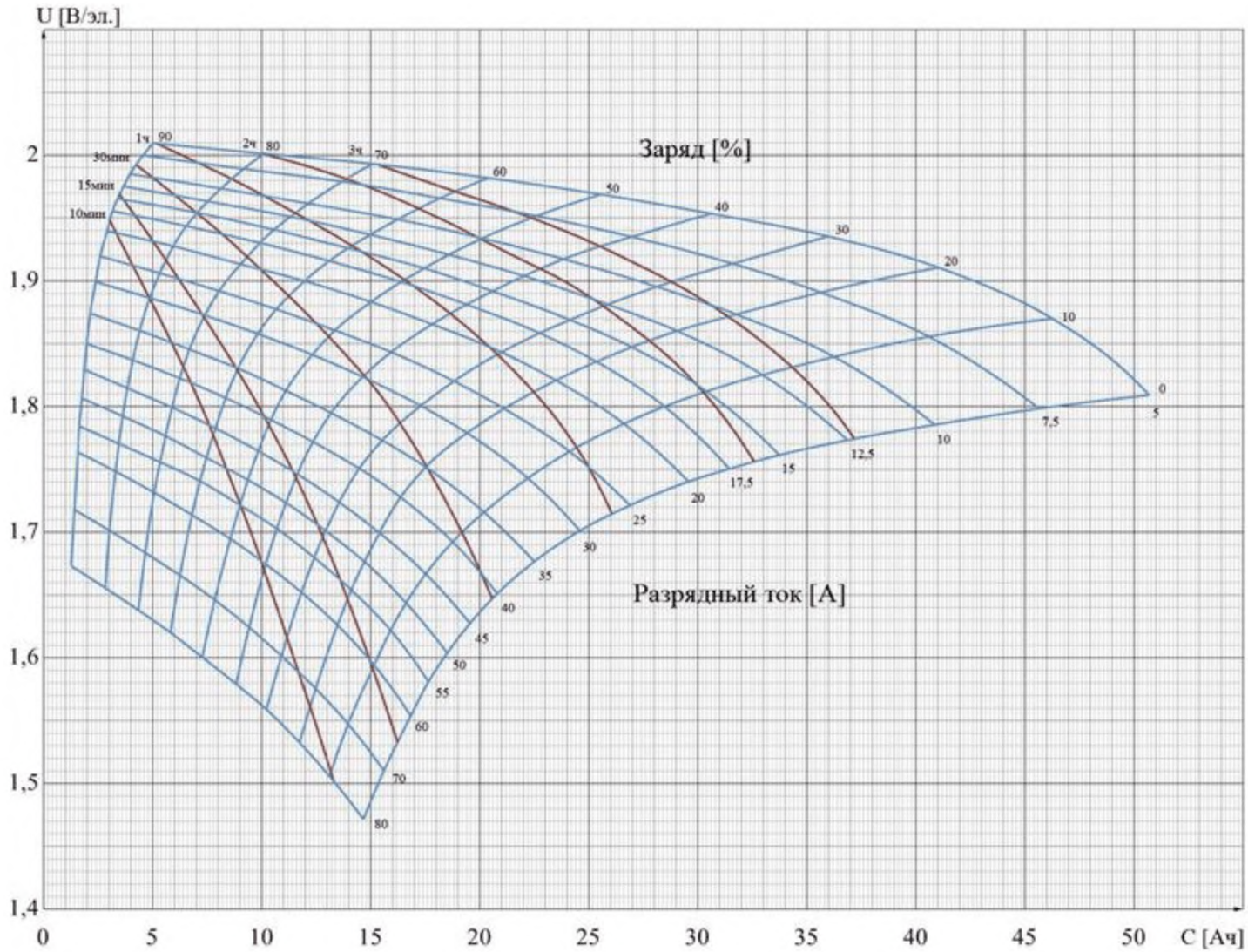


Рисунок Е.6. Разрядные характеристики АБ типа OPzS 50

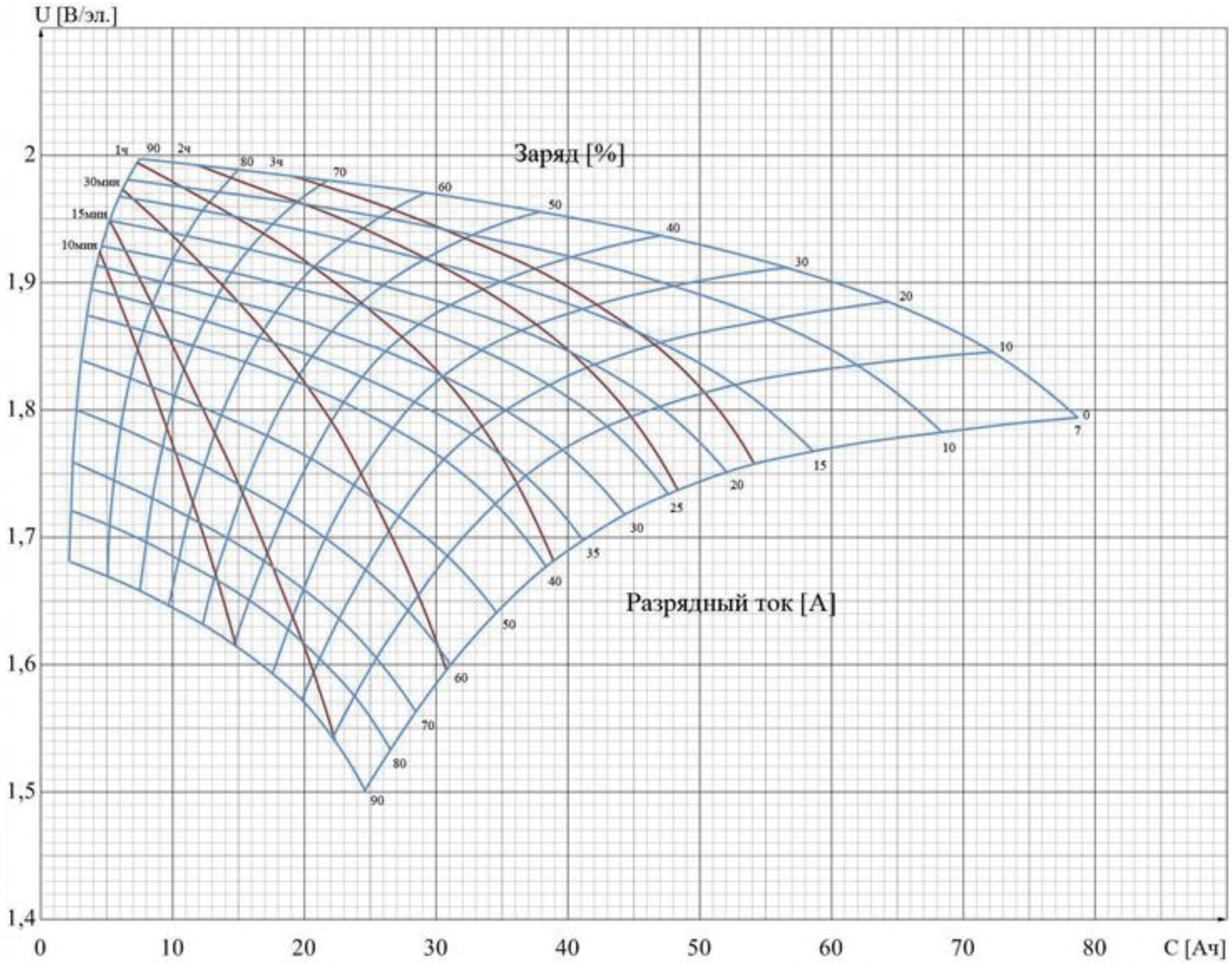


Рисунок Е.7. Разрядные характеристики АБ типа OPzS 70

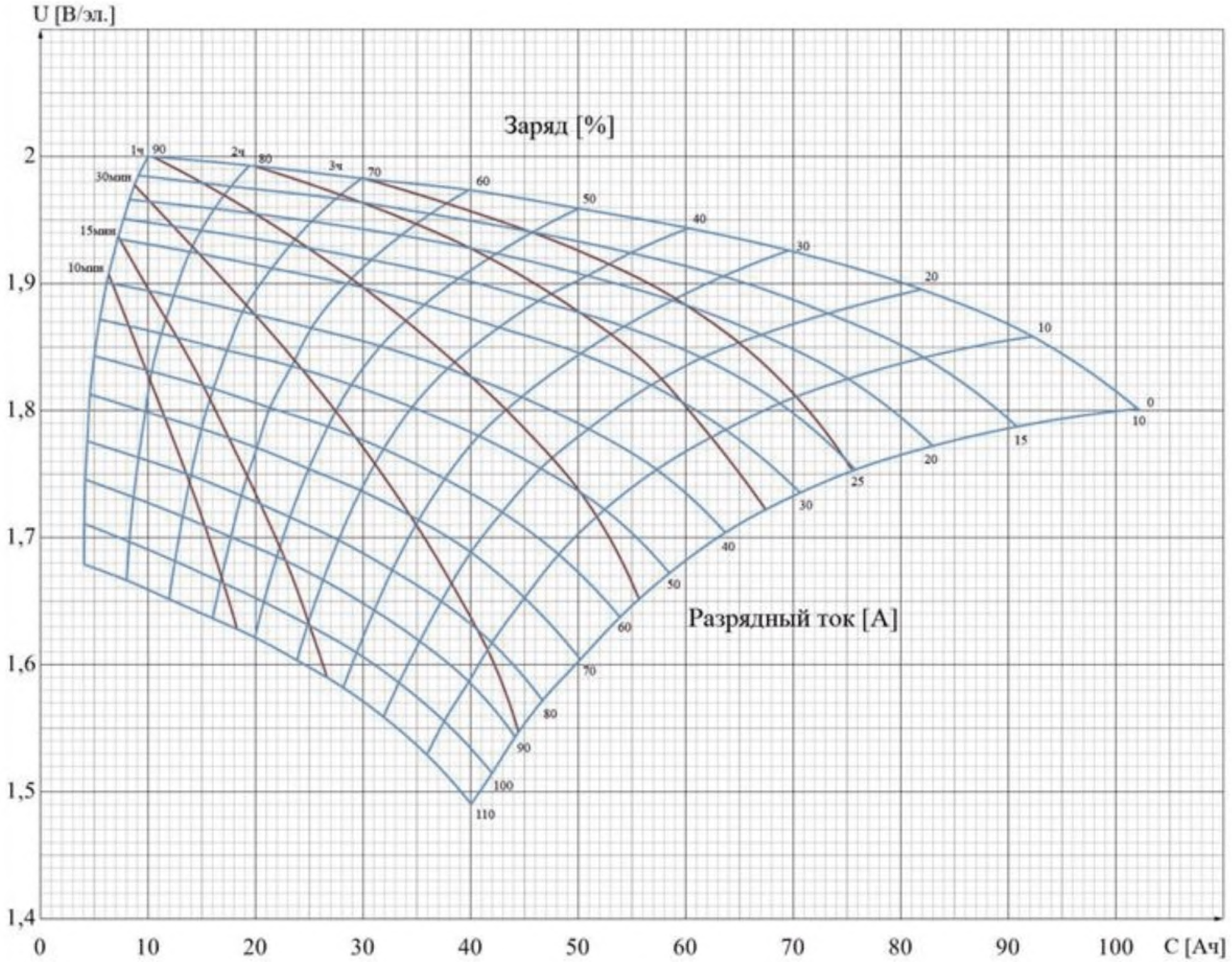


Рисунок Е.8. Разрядные характеристики АБ типа OPzS 100

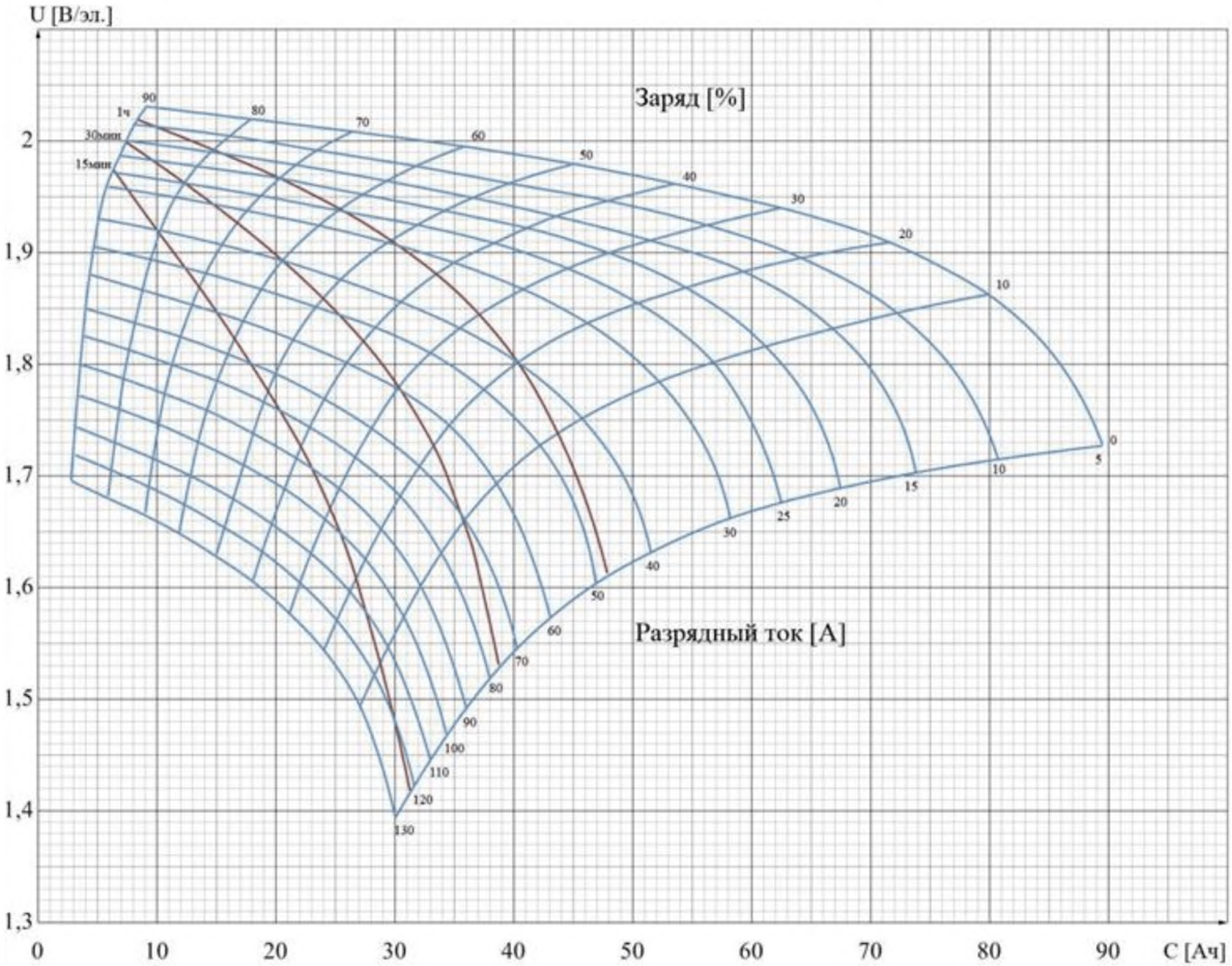


Рисунок Е.9. Разрядные характеристики АБ типа OCSM 80

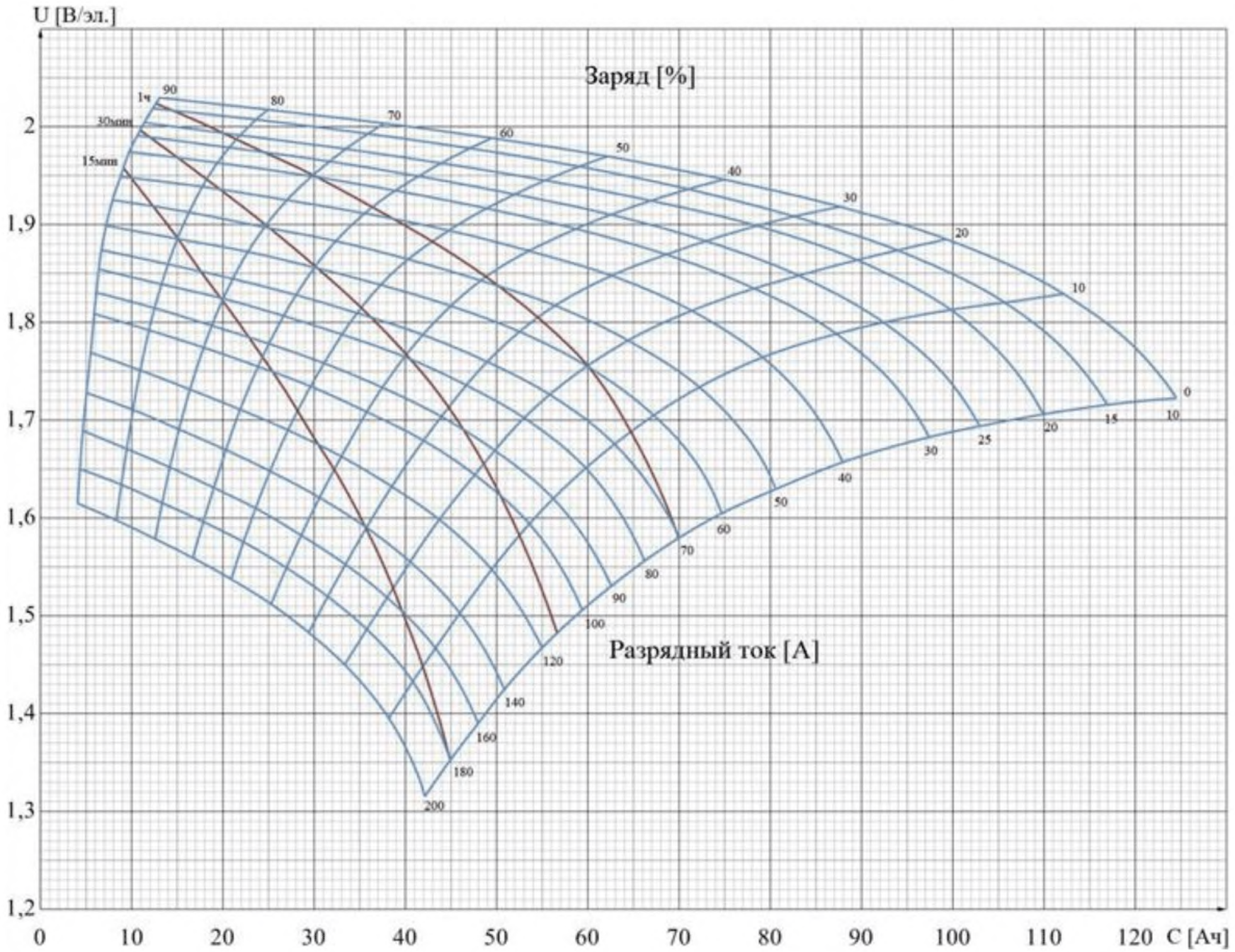


Рисунок Е.10. Разрядные характеристики АБ типа OCSM 115

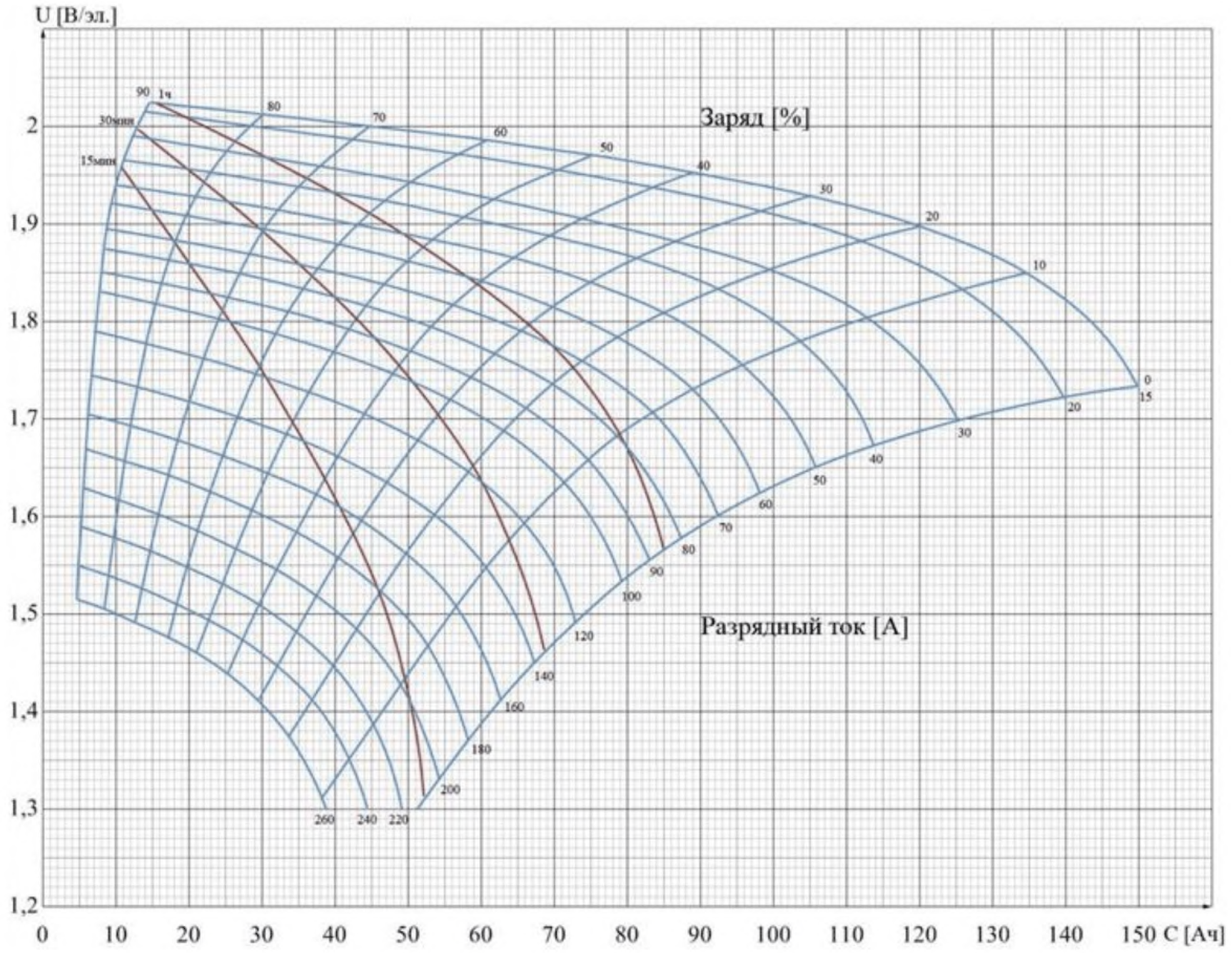


Рисунок Е.11. Разрядные характеристики АБ типа OCSM 145

Библиография

1. СТО 56947007-29.240.10.248-2017 Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ (НТП ПС), ПАО «ФСК ЕЭС».
2. Рекомендации по технологическому проектированию подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ. Приказ Минэнерго России от 30.06.03 № 288.
3. Положение ОАО «Россети» о Единой технической политике в электросетевом комплексе. Одобрена Советом директоров ОАО «Россети» (протокол от 23.10.2013 № 138). Одобрена и введена в действие Советом директоров ОАО «ФСК ЕЭС» (протокол от 27.12.2013 № 208), 2013.
4. Типовые материалы «Схемы и панели постоянного тока для подстанций напряжением до 750 кВ № 12982ТМ».
5. Типовой проект № 407-01-137 Схемы и панели постоянного тока для подстанций напряжением до 500 кВ.
6. Правила устройства электроустановок. Все действующие главы ПУЭ 6 и 7 изданий.
7. СО 153-34.20.501-03 Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. Приказ Министерства энергетики Российской Федерации от 19.06.2003 № 229.
8. СТО 56947007-29.120.40.041-2010 Системы оперативного постоянного тока подстанций. Технические требования (с изменениями от 14.12.2012, 28.01.2015), ОАО «ФСК ЕЭС».
9. СТО 56947007-29.120.40.102-2011 Методические указания по инженерным расчетам в системах оперативного постоянного тока для предотвращения неправильной работы дискретных входов микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики, при замыканиях на землю в цепях оперативного постоянного тока подстанций ЕНЭС, ОАО «ФСК ЕЭС».
10. СТО 56947007 29.120.40.216-2016 Методические указания по выбору оборудования СОПТ, ПАО «ФСК ЕЭС».
11. Антонов Л. Е. Обоснование выбора решения по организации оперативного постоянного тока на примере выпущенных проектов. Журнал «Энергоэксперт» № 2, 2009.

12. Антонов Л.Е. и др. Электромагнитные помехи в сети оперативного постоянного тока. Влияние аккумуляторной батареи. Журнал «Новости Электротехники» № 2 и 3, 2015.

13. СТО 56947007-29.240.90.183-2014 Аккумуляторы и аккумуляторные установки большой мощности. Типовые технические требования, ОАО «ФСК ЕЭС».

14. Хрюкин Н.С. Вентиляция и отопление аккумуляторных помещений. - М.: Энергия, 1979.

15. Устинов П.И. Стационарные аккумуляторные установки. – М.: Энергия, 1970.

16. Постановление Правительства РФ от 16.02.2008 № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» (в редакции от 12.11.2016, 28.01.2017).

17. СО 34.35.311-04 Методические указания по определению электромагнитных обстановок и совместимости на электрических станциях и подстанциях.

18. СТО 56947007-29.240.01.195-2014 Типовые технические требования к измерениям, средствам измерений и их метрологическому обеспечению, ОАО «ФСК ЕЭС».

19. СТО 56947007-29.240.044-2010 Методические указания по обеспечению электромагнитной совместимости на объектах электросетевого хозяйства, ОАО «ФСК ЕЭС».

20. СТО 56947007-29.240.01.251-2017 Состав документации для проверки качества оборудования, материалов и систем. Типовые технические требования, ПАО «ФСК ЕЭС».

21. Руководящие указания по организации системы оперативного постоянного тока на подстанциях 110 кВ и выше. Этап I. Расчеты по выбору параметров аккумуляторных батарей для ПС 110 - 220 кВ с одной аккумуляторной батареей. Полные схемы щитов постоянного тока. № 83тм – т1. ОАО «Институт «ЭСП». Москва, 1998.

22. Руководящие указания по организации системы оперативного постоянного тока на подстанциях 110 кВ и выше. Этап II. Расчеты системы оперативного постоянного тока для ПС 110 - 220 кВ. № 83тм - т2. ОАО «Институт «ЭСП». Москва, 1998.

23. Руководящие указания по организации системы оперативного постоянного тока на подстанциях 110 кВ и выше. Этап III. Расчеты по выбору параметров аккумуляторных батарей для ПС 330 кВ и выше с двумя аккумуляторными батареями. Полные схемы щитов

постоянного тока. № 83тм – т3. ОАО «Институт «ЭСП». Москва, 1999.

24. Руководящие указания по организации системы оперативного постоянного тока на подстанциях 110 кВ и выше. Этап 4. Расчеты системы оперативного постоянного тока для ПС 330 кВ и выше. № 83тм – т4. ОАО «Институт «ЭСП». Москва, 1999.

25. Методика расчета и выбора аккумуляторных батарей серии Classic GroE и Classic OCSM для применения в энергетике. Москва, 2005.

26. СНиП 41-01-03 Отопление, вентиляция и кондиционирование.

27. МЭК 61850-8-1(2011) Сети связи и системы автоматизации энергосистем общего пользования. Часть 8-1. Схема распределения особой услуги связи (SCSM). Схема распределения для производственной системы модульной конструкции MMS (ISO 9506-1 и ISO 9506-2) и по ISO/IEC 8802-3 (IEC 61850-8-1(2011) Communication networks and systems for power utility automation - Part 8-1: Specific communication service mapping (SCSM) - Mappings to MMS (ISO 9506-1 and ISO 9506-2) and to ISO/IEC 8802-3).

28. МЭК 61439-1(2011) Аппаратура коммутационная и механизмы управления низковольтные комплектные. Часть 1. Общие правила (IEC 61439-1(2011) Low-voltage switchgear and controlgear assemblies - Part 1: General rules).

29. МЭК 61439-2(2011) Устройства распределения и управления комплектные низковольтные. Часть 2. Силовые комплектные устройства распределения и управления (IEC 61439-2(2011) Low-voltage switchgear and controlgear assemblies - Part 2: Power switchgear and controlgear assemblies).

gost.e-ecolog.ru