Приложение 1
к приказу ПАО «РусГидро»
от 17.08.2023 № 579

ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ФЕДЕРАЛЬНАЯ ГИДРОГЕНЕРИРУЮЩАЯ КОМПАНИЯ-РУСГИДРО»
(ПАО «РУСГИДРО»)

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ. СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНОГО ПОСТОЯННОГО ТОКА. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ, ТИПОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

СТО РусГидро 02.02.105-2022

Издание официальное

Москва – 2022

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а общие положения при разработке и применении стандарта организации – ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения».

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН	Департаментом технического регулирования ПАО «РусГидро»
2 ВНЕСЕН	Департаментом технического регулирования в соответствии с рекомендацией Рабочей группы по техническому регулированию ОАО «РусГидро» (протокол от 08.11.2012 № 57), Комиссии по техническому регулированию ПАО «РусГидро» (протокол от 06.06.2022 № 20)
3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ	Приказом ПАО «РусГидро» от 17.08.2023 № 579
4 ВВЕДЕН ВЗАМЕН	СТО РусГидро 02.02.105-2013 «Гидроэлектростанции. Системы оперативного постоянного тока. Технические требования, типовые технические решения»

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения ПАО «РусГидро»

Содержание

Введение IV
1. Область применения 1
2. Нормативные ссылки 2
3. Термины и определения 4
4. Сокращения 7
5. Общие положения 8
6. Состав и режимы работы системы оперативного постоянного тока 9
7. Принципы построения и требования к схемам СОПТ 11
8. Аккумуляторные батареи 14
   8.1. Требования к аккумуляторным батареям 14
   8.2. Выбор ёмкости и количества элементов аккумуляторной батареи 16
9. Зарядно-подзарядные устройства 18
10. Устройства стабилизации напряжения 18
11. Агрегаты бесперебойного питания 19
12. Преобразователи напряжения DC/DC 20
13. Распределительные щиты и шкафы системы оперативного постоянного тока 20
14. Системы мониторинга 21
15. Защитные и коммутационные аппараты 24
   15.1. Методика расчёта токов короткого замыкания 24
   15.2. Требования к защитным и коммутационным аппаратам 25
   15.3. Выбор защитных и коммутационных аппаратов 27
16. Силовые и контрольные кабели 30
17. Требования к вентиляции и отоплению 31
   17.1. Аккумуляторные помещения 31
   17.2. Помещения щитов постоянного тока 32
18. Пожарная безопасность помещений систем оперативного постоянного тока 32
   18.1. Требования к обеспечению пожарной безопасности помещений СОПТ 32
   18.2. Требования к расчетам по обоснованию категорий помещений 33
   18.3. Требования к электротехнической части помещений щитов постоянного тока 34
   18.4. Требования к электротехнической части помещений аккумуляторных батарей 34
   18.5. Требования к автоматической пожарной защите 35
   18.6. Объемно-планировочные и конструктивные требования 35
19. Состав проектной документации и объем приемо-сдаточных испытаний 35
   19.1. Требования к разделам проектной документации по СОПТ 35
   19.2. Требования к объему работ по наладке, испытаниям при вводе оборудования СОПТ в эксплуатацию 36
Приложение А. (рекомендуемое) Типовые схемные решения СОПТ 40

Приложение Б. (справочное) Классификация аккумуляторных батарей, основные характеристики 60
Приложение В. (рекомендуемое) Пример выбора аккумуляторных батарей 63
Приложение Г. (справочное) Режимы заряда 76
Приложение Д. (обязательное) Методика расчёта тока короткого замыкания 77
Приложение Е. (рекомендуемое) Пример расчета токов короткого замыкания, потерь напряжения и выбора защитной аппаратуры 98
Приложение Ж. (рекомендуемое) Примеры выбора защитной аппаратуры и кабелей 109
Приложение И. (рекомендуемое) Определение потерь напряжения в сети СОПТ 126
Приложение К. (обязательное) Вентиляция помещений аккумуляторной... 129
Приложение Л. (рекомендуемое) Примеры расчетов определения категории помещений СОПТ по взрывопожарной и пожарной опасности 138
Библиография 144

Введение

Стандарт организации ПАО «РусГидро» «Гидроэлектростанции. Системы оперативного постоянного тока. Технические требования, типовые технические решения» (далее – Стандарт) разработан в соответствии с требованиями Федерального закона от 27.12.2002 № 184-ФЗ «О техническом регулировании».

Стандарт является нормативным техническим документом, устанавливающим основные правила, нормы и требования, относящиеся к проектированию систем оперативного постоянного тока гидроэлектростанций при новом строительстве, реконструкции и модернизации этих систем.

Применение настоящего Стандарта совместно с другими стандартами ПАО «РусГидро» позволит обеспечить выполнение обязательных требований, установленных законодательством в области безопасной эксплуатации гидроэлектростанций, повысить защищённость ГЭС от аварий посредством повышения надежности и работоспособности систем оперативного электроснабжения систем и агрегатов технологического управления ГЭС в нормальных и аварийных режимах.

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ ПАО «РусГидро»

ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ. СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНОГО ПОСТОЯННОГО ТОКА. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ, ТИПОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

1. Область применения

1.1 Стандарт устанавливает требования к процессам выбора оборудования, схемам и компоновкам вновь создаваемых, реконструируемых и модернизируемых систем оперативного постоянного тока ГЭС (в том числе малых ГЭС) и ГАЭС.

1.2 Стандарт предназначен для обязательного применения в ПАО «РусГидро». Подконтрольные организации ПАО «РусГидро» применяют требования Стандарта после его утверждения в установленном порядке в качестве локального нормативного документа подконтрольной организации ПАО «РусГидро».

1.3 Требования Стандарта обязательны для выполнения сторонними организациями и физическими лицами, выполняющими работы (оказывающими услуги) в области его применения по договорам с ПАО «РусГидро» и (или) с его филиалами, подконтрольными организациями, если такое обязательство закреплено в заключаемых с ними договорах.

1.4 Обязательность применения требований и норм Стандарта ограничена их деятельностью на объектах, расположенных в Российской Федерации, владельцами или инвесторами (застройщиками) которых являются ПАО «РусГидро» и (или) его подконтрольные организации.

1.5 Применение требований Стандарта для целей зарубежной экономической деятельности определяется соответствующим международным соглашением.

1.6 При расхождении требований Стандарта с требованиями локальных нормативных актов и иных документов ПАО «РусГидро», выпущенных до его утверждения, следует руководствоваться требованиями Стандарта.

1.7 При введении в действие (внесении изменений) в нормативные правовые и (или) нормативные технические акты, а также при внесении организацией-изготовителем оборудования изменений в конструкторскую документацию, требования которых отличаются от приведенных в Стандарте, следует руководствоваться требованиями вновь введенных (измененных) документов до внесения в Стандарт соответствующих изменений.

2. Нормативные ссылки

В Стандарте использованы ссылки на следующие нормативные правовые акты, стандарты:

Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (далее – 123-ФЗ);

Федеральный закон от 27.12.2002 № 184-ФЗ «О техническом регулировании» (далее – 184-ФЗ);

Постановление Правительства Российской Федерации от 16.02.2008№ 87 «О составе разделов проектной документации и требования к их содержанию» (далее – Постановление № 87);

Постановление Правительства РФ от 16.09.2020 № 1479 «Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации» (далее – Постановление № 1479);

Приказ Минэнерго России от 04.10.2022 № 1070 «Об утверждении Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации и о внесении изменений в приказы Минэнерго России от 13 сентября 2018 г. № 757, от 12 июля 2018 г. № 548» (далее – приказ Минэнерго № 1040);

СП 1.13130.2020. Свод правил. Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы, утв. приказом МЧС России от 19.03.2020 № 194;

СП 2.13130.2020. Свод правил. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты, утв. приказом МЧС России от 12.03.2020 № 151;

СП 3.13130.2009. Свод правил. Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности, утв. приказом МЧС России от 25.03.2009 № 173;

СП 4.13130.2013. Свод правил. Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям, утв. приказом МЧС России от 24.04.2013 № 288;

СП 6.13130.2021. Свод правил. Системы противопожарной защиты. Электроустановки низковольтные. Требования пожарной безопасности, утв. приказом МЧС России от 06.04.2021 № 200;

СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности, утв. приказом МЧС России от 25.03.2009 № 182;

СП 56.13330.2021. Свод правил. Производственные здания. СНиП 31-03-2001, утв. приказом Минстроя России от 27.12.2021 № 1024/пр;

СП 60.13330.2020. Свод правил. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. СНиП 41-01-2003, утв. приказом Минстроя России от 30.12.2020 № 921/пр;

СП 484.1311500.2020. Свод правил. Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования, утв. приказом МЧС России от 31.07.2020 № 582;

СП 485.1311500.2020. Свод правил. Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования, утв. приказом МЧС России от 31.08.2020 № 628;

ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования, утв. Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 14.06.1991 № 875;

ГОСТ 12.1.044-89 Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения, утв. Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 12.12.1989 № 3683;

ГОСТ 12.2.033-78 Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования, утв. постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 26.04.1978 № 1100;

ГОСТ Р 12.3.047-2012 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля, утв. приказом Росстандарта России от 27.12.2012 № 1971-ст;

ГОСТ 15543.1-89 Изделия электротехнические и другие технические изделия. Общие требования в части стойкости к климатическим внешним воздействующим факторам, утв. Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 14.07.1989 № 2381;

ГОСТ 17516.1-90 Изделия электротехнические. Общие требования в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам, утв. Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 23.05.1990 № 1265;

ГОСТ 17703-72 Аппараты электрические коммутационные. Основные понятия. Термины и определения, утв. Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 10.05.1972 № 936;

ГОСТ 18311-80 Изделия электротехнические. Термины и определения основных понятий, утв. Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 30.12.1980 № 6180;

ГОСТ 28934-91 Совместимость технических средств электромагнитная. Содержание раздела технического задания в части электромагнитной совместимости, утв. Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 14.03.1991 № 260;

ГОСТ 29176-91 Короткие замыкания в электроустановках. Методика расчета в электроустановках постоянного тока, утв. Постановлением Комитета стандартизации и метрологии СССР от 19.12.1991 № 2000;

ГОСТ Р МЭК 60896-11-2015 Батареи свинцово-кислотные стационарные. Часть 11. Открытые типы. Общие требования и методы испытаний, утв. Приказом Росстандарта от 20.11.2015 № 1927-ст;

Методические указания по технологическому проектированию гидроэлектростанций и гидроаккумулирующих электростанций, утв. приказом Минэнерго России от 16.08.2019 № 857;

СТО 17330282.27.140.020-2008 Системы питания собственных нужд ГЭС. Условия создания. Нормы и требования;

СТО РусГидро 01.01.78-2012 Гидроэлектростанции. Нормы технологического проектирования.

Примечание - при пользовании Стандартом целесообразно проверить действие ссылочных документов в информационной системе общего пользования – на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет, или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. СТО ПАО «РусГидро» – по официальному регулярно обновляемому перечню документов, регулирующих вопросы осуществления производственной (технологической) деятельности ПАО «РусГидро» (утв. приказом ПАО «РусГидро» от 10.09.2019 № 730). Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании Стандартом следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3. Термины и определения

В настоящем Стандарте используются термины ГОСТ 18311, ГОСТ 17703, СТО 17330282.27.140.020-2008, а также следующие термины и определения:

3.1. **агрегат бесперебойного питания:** Комплекс устройств, осуществляющих преобразование параметров электроэнергии и

переключение питания потребителей с основных источников на резервные без перерыва питания.

3.2. **аккумулятор:** Химический источник электрической энергии, предназначенный для многократного разряда за счет восстановления емкости путем заряда электрическим током.

3.3. **аккумуляторная батарея:** Два или более аккумуляторов, соединённые в электрическую цепь.

3.4. **аккумулятор закрытого типа (герметичный):** Аккумулятор, имеющий герметично закрытый корпус, оборудованный предохранительным клапаном, не пропускающий газы в аккумулятор, но позволяющий газам, образующимся внутри корпуса аккумулятора, проникать наружу, при превышении заданного внутреннего давления.

3.5. **аккумулятор открытого типа:** Аккумулятор, в котором газообразные продукты электролиза во время заряда не удерживаются в корпусе аккумулятора и его внутренний объём сообщается с атмосферой.

3.6. **вентиляция:** Обмен воздуха в помещениях для удаления избытков теплоты, влаги, вредных и других веществ с целью обеспечения допустимых метеорологических условий и чистоты воздуха в обслуживаемой или рабочей зоне.

3.7. **взрывоопасная смесь:** Смесь воздуха или окислителя с горючими газами, парами легковоспламеняющихся жидкостей, горючими пылями или волокнами, которая при определенной концентрации и возникновении источника инициирования взрыва способна взорваться.

3.8. **внутреннее сопротивление аккумулятора:** Сопротивление в режиме разряда, полностью заряженного аккумулятора при температуре 20°С.

3.9. **время отключения защитного электрического аппарата:** Интервал времени с момента подачи команды на отключение защитного аппарата до момента прекращения протекания тока во всех полюсах аппарата.

3.10. **выключатель коммутационный электрический, выключатель:** Аппарат, имеющий два рабочих положения или состояния, предназначенный для включения и отключения электрической цепи.

3.11. **зарядно-подзарядное устройство:** Устройство, обеспечивающее режимы заряда и подзаряда аккумуляторных батарей.

3.12. **конвертор DC/DC:** Преобразователь постоянного напряжения в постоянное с иным значением напряжения.

3.13. **кондиционирование воздуха:** Автоматическое поддержание в закрытых помещениях всех или отдельных параметров воздуха (температуры, относительной влажности, чистоты, скорости движения) с целью обеспечения оптимальных метеорологических условий, благоприятных для самочувствия

людей, ведения технологического процесса, обеспечения сохранности ценностей.

3.14. **короткое замыкание дуговое:** Короткое замыкание между полюсами через сопротивление дугового промежутка.

3.15. **короткое замыкание металлическое:** Короткое замыкание между полюсами при нулевом сопротивлении в месте контакта.

3.16. **коэффициент пульсации:** Величина равная отношению наибольшего значения переменной составляющей пульсирующего напряжения к его постоянной составляющей.

3.17. **мониторинг щита постоянного тока:** Система наблюдения, контроля, сигнализации, регистрации

3.18. **нагрузка системы оперативного постоянного тока временная:** Нагрузка, соответствующая току потребителей, подключаемых к аккумуляторной батарее при аварийном исчезновении переменного напряжения в системе собственных нужд станции, и характеризующая установившийся режим аварийного разряда.

3.19. **нагрузка системы оперативного постоянного тока толчковая:** Нагрузка длительностью не более 1 с, соответствующая увеличению тока временной нагрузки.

3.20. **нагрузка системы оперативного постоянного тока постоянная:** Нагрузка, соответствующая току, потребляемому в нормальном режиме, и остающаяся неизменной в течение всего аварийного разряда АБ.

3.21. **постоянный подзаряд:** Подзаряд аккумуляторной батареи при постоянном стабилизированном напряжении, рекомендованном производителем аккумуляторной батареи, обеспечивающим компенсацию потерь ёмкости, вследствие саморазряда или кратковременных разрядов, и не ограниченный во времени.

3.22. **предохранитель:** Однополюсный защитный электрический аппарат, предназначенный для отключения электрической цепи, вследствие разрушения специально предусмотренных для этого плавких элементов под действием тока, превышающего определённое значение.

3.23. **расцепитель защитного электрического аппарата максимальный:** Расцепитель, вызывающий срабатывание защитного аппарата при значениях воздействующей величины (тока) больших определённого значения.

3.24. **режим аварийного разряда аккумуляторной батареи:** Режим обеспечения питания потребителей СОПТ при аварийном исчезновении переменного напряжения в системе собственных нужд станции.

3.25. **система оперативного постоянного тока:** Совокупность источников питания, коммутационных и защитных электрических аппаратов, электрических цепей и потребителей постоянного тока (систем управления, защиты, автоматики и сигнализации электростанций).

3.26. **уравнительный (выравнивающий) заряд:** Заряд, при котором обеспечивается выравнивание степени заряженности элементов аккумуляторной батареи.

3.27. **ускоренный заряд:** Заряд, производимый после аварийного разряда АБ с целью восстановления ёмкости до 90% номинальной за время не более 8 часов током, не превышающим установленного производителем аккумулятора значения. При этом напряжение на аккумуляторе может достигать значения 2.5-2.7 В на элемент.

3.28. **устройство контроля изоляции:** Устройство, осуществляющее постоянный контроль значения сопротивления изоляции относительно земли или корпуса токоведущей системы.

3.29. **щит постоянного тока распределительный:** Распределительные шкафы, объединенные системой сборных шин, с вмонтированными устройствами управления, защиты и сигнализации, а также распределительных цепей для питания потребителей СОПТ.

4. Сокращения

АБ	–	аккумуляторная батарея
АБП	–	агрегат бесперебойного питания
АВР	–	аварийное включение резерва
АСУ ТП ГЭС	–	автоматизированные системы управления технологическими процессами на ГЭС
ВУ	–	верхний уровень АСУ ТП
ГАЭС	–	гидроаккумулирующая электростанция
ГТС	–	гидротехническое сооружение
ГЭС	–	гидроэлектростанция
КЗ	–	короткое замыкание
ОРУ	–	открытое распределительное устройство
РУСН	–	распределительное устройство собственных нужд
СДТУ	–	система диспетчерского и технологического управления
СН	–	собственные нужды
СОПТ	–	система оперативного постоянного тока
ТСПД	–	технологическая сеть передачи данных
ШРОТ	–	шкаф распределения оперативного тока

ШУОТ	–	шкаф управления оперативным током
ЩПТ	–	щит постоянного тока

5. Общие положения

5.1. СОПТ должна обеспечивать бесперебойное рабочее и резервное электропитание потребителей постоянного тока, размещаемых в здании ГЭС, на ГТС и на площадках распределительных устройств. При проектировании систем должны быть выполнены требования приказа Минэнерго № 1040, Стандарта, а также: СП 56.13330.2021, СП 60.13330.2020, ГОСТ Р 12.3.047, СТО 17330282.27.140.020-2008, СТО РусГидро 01.01.78-2012, правил [1].

5.2. В СОПТ должна применяться система заземления IT.

5.3. Номинальное значение напряжения СОПТ ГЭС и ГАЭС должно составлять 220 В.

5.4. Напряжение на шинах ЩПТ в нормальных условиях эксплуатации допускается поддерживать на 5% выше номинального напряжения.

5.5. Предельно допустимый разброс напряжений на клеммах потребителей постоянного тока минус 20% - плюс 5% от номинального значения, в том числе при аварийных разрядах АБ и ускоренных и уравнительных зарядах АБ.

5.6. Емкость каждой аккумуляторной батареи должна обеспечивать питание подключенной нагрузки к ЩПТ в течении одного часа.

Пример представлен на структурной схеме системы оперативного постоянного тока (схема-1 СОПТ), приведенной на рисунке А9 Приложения А: ёмкость АБ-1 (АБ-2) для питания потребителей ЩПТ-1 (ЩПТ-2) должна обеспечивать питание подключенной нагрузки в течении одного часа.

5.7. Должна быть обеспечена работа СОПТ в режиме аварийного разряда, состоящего из длительной аварийной суммарной нагрузки СОПТ не менее 30 минут при питании от каждой (одной) из взаиморезервированных АБ. Взаиморезервирование АБ выполняется на период вывода смежной АБ из работы вследствие неисправности, либо для проведения технического обслуживания.

Пример представлен на структурной схеме системы оперативного постоянного тока (схема-1 СОПТ), приведенной на рисунке А9 Приложения А: в случае вывода АБ-1 (АБ-2) из работы для проведения технического обслуживания, нагрузка ЩПТ-1 (ЩПТ-2) подключается к ЩПТ-2 (ЩПТ-1). При этом емкость АБ-2 (АБ-1) должна обеспечивать питание суммарной нагрузки СОПТ (ЩПТ-1, ЩПТ-2) в течении не менее 30 минут.

5.8. Срок службы оборудования, используемого в СОПТ, должен быть не менее чем 20 лет, за исключением АБ, применяемых в ШУОТ, для которых допустимо снижение срока службы оборудования до 10 лет.

5.9. Оборудование СОПТ должно иметь климатическое исполнение, соответствующее категории размещения по ГОСТ 15543.1.

5.10. Оборудование СОПТ должно соответствовать требованиям стойкости к механическим внешним воздействующим факторам по ГОСТ 17516.1, для группы соответствующей месту размещения, и должно иметь сейсмическую стойкость, соответствующую географическому положению станции.

5.11. Оборудование СОПТ должно соответствовать требованиям электромагнитной совместимости по параметрам, числовые значения которых устанавливаются техническим заданием на проектирование в соответствии с ГОСТ 28934.

6. Состав и режимы работы системы оперативного постоянного тока

6.1. Система оперативного постоянного тока включает следующие оборудование и устройства:

- аккумуляторные батареи;
- устройства заряда-подзаряда;
- устройства стабилизации напряжения;
- преобразователи напряжения;
- распределительные щиты и панели с защитной и коммутационной аппаратурой;
- устройства контроля и автоматики;
- силовые и контрольные кабели.

6.2. Нагрузки системы оперативного постоянного тока могут быть отнесены к трем видам:

- постоянная – соответствует току, потребляемому в нормальном режиме работы, и остающаяся неизменной в течение режима аварийного разряда;
- временная – соответствует току, потребляемому при аварийном исчезновении переменного напряжения в системе собственных нужд станции, и характеризует установившийся режим аварийного разряда;
- толчковая – нормируется кратковременным увеличением тока потребителей на величину 70А длительностью до 1 с. Превышение

установленных значений тока и длительности толчковой нагрузки допускается при обосновании, выполняемом при разработке проекта СОПТ.

Классификация потребителей постоянного тока по виду нагрузки, приведена в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Классификация потребителей постоянного тока

Постоянная нагрузка	Временная нагрузка	Толчковая нагрузка
Устройства управления, сигнализации, логической блокировки и релейной защиты Устройства противоаварийной автоматики и приводы коммутационных аппаратов (электродвигательные и магнитные) Устройства связи, обеспечивающие передачу сигналов РЗА и ПА Аварийное эвакуационное освещение	САУ ГА, ГРАМ, СВ, ГРНРМ, шкафы контроллеров верхнего и нижнего уровней управления подсистем АСУ ТП, цепи управления аварийного золотника АРЗ водоприёмника Начальное возбуждение гидрогенераторов Светильники аварийного освещения АБ, релейных щитов, пультов управления, насосных пожаротушения, осушения проточной части, дренажных Оборудование средств диспетчерского и технологического управления, в том числе оборудование ТСПД и ВУ АСУ ТП при выполнении функции СДТУ	Включение и отключение приводов выключателей Срабатывание устройств РЗА и ПА

6.3. Возможны следующие режимы работы системы постоянного тока:

Нормальный – режим обеспечения питания потребителей СОПТ при нормальном режиме работы системы собственных нужд переменного тока станции и исправности зарядно-подзарядных устройств и цепей их питания. Аккумуляторные батареи работают в режиме постоянного подзаряда.

Аварийный – режим, возникающий при нарушении нормального режима работы всей или части СОПТ, связанный с повреждением оборудования СОПТ, ухудшением качества электроснабжения или перерывом электроснабжения потребителей СОПТ.

Режим аварийного разряда – режим обеспечения питания потребителей СОПТ при аварийном исчезновении переменного напряжения в системе собственных нужд переменного тока станции. Режим аварийного разряда является расчётным при обосновании конфигурации схемы и выборе технических характеристик оборудования СОПТ.

6.4. В нормальном режиме питание сети аварийно-эвакуационного освещения осуществляется от общестанционных секций РУСН-0,4 кВ, а при аварийном исчезновении напряжения в сети СН переменного тока станции (в режиме аварийного разряда) питание сети аварийно-эвакуационного освещения переводится действием АВР на питание от стационарных аккумуляторных батарей СОПТ, обеспечивая минимальную требуемую освещенность в течение режима аварийного получасового разряда.

При проектировании должны быть учтены требования СТО 01.01.78-2012 и СТО 17330282.27.140.020-2008.

6.5. При выборе емкости батарей СОПТ длительность исчезновения переменного напряжения в системе СН ГЭС должна приниматься в соответствии с п. 5.6, 5.7.

7. Принципы построения и требования к схемам СОПТ

7.1. Построение схемы электрических соединений СОПТ осуществляется в комплексе с компоновкой электрооборудования, выбором источников питания, защитной аппаратуры и кабелей с учетом конфигурации существующих (при реконструкции) либо проектируемых кабельных трасс.

Конфигурация схемы электрических соединений проектируемой либо реконструируемой СОПТ определяется следующими требованиями:

- обеспечение требуемого уровня напряжений у потребителей как в нормальном режиме работы, так и в режиме аварийного разряда;
- возможность выполнения селективной защиты питания потребителей СОПТ от металлических и дуговых КЗ;
- обеспечение возможности нормальной эксплуатации и технического обслуживания аккумуляторных батарей и цепей вводов рабочего и резервного питания ЩПТ без потери питания потребителей СОПТ;
- обеспечение возможности проведения ремонтных и регламентных работ без ограничения режимов работы основного оборудования;
- при реконструкции СОПТ схема электрических соединений и применяемое оборудование должны обеспечить возможность поэтапной реконструкции без ограничения режимов работы основного оборудования;
- схема электрических соединений СОПТ должна быть проста и наглядна.

7.2. При поэтапной реконструкции необходимо выделять в составе СОПТ:

- аккумуляторную батарею;
- панель ввода питания (необходимость применения обосновывается проектом);

- устройства заряда-подзаряда;
- устройства стабилизации (необходимость применения обосновывается проектом);
- панель распределения и (или) ШРОТы;
- панель аварийного освещения.

Принципиальные схемы типовых панелей ввода питания приведены в Приложении А.

7.3. Панель ввода рабочего питания устанавливается в непосредственной близости от аккумуляторной батареи на расстоянии, как правило, не более 20 м.

Панель ввода питания является функциональным узлом, обеспечивающим питание как вновь устанавливаемые распределительные щиты, так и существующие ЩПТ, что позволяет осуществлять поэтапную реконструкцию СОПТ без ограничения режимов работы основного оборудования.

В том случае, если проектируемый либо реконструируемый ЩПТ может быть размещен в непосредственной близости от АБ и использование стабилизатора в цепи ввода питания не предусматривается, панель ввода питания конструктивно является частью ЩПТ и может быть выполнена по схемам 1 и 2, представленным на рисунках А.1, А.2 (приложение А).

7.4. Варианты схем распределительных панелей ЩПТ приведены на рисунках А.3, А4 (приложение А). В распределительных панелях устанавливаются защитные и коммутационные аппараты цепей питания потребителей СОПТ, а также следующие устройства:

- устройство контроля напряжения;
- устройство контроля положения коммутационных аппаратов;
- устройство мигающего света (при необходимости);
- устройство контроля изоляции;
- устройство защиты от перенапряжений.

Для защиты от перенапряжений используются силовые диоды класса 10 и выше с номинальным током 200 А и более. Защитный аппарат в цепи защиты от перенапряжений должен иметь номинальный ток не менее 100 А.

Состав оборудования, устанавливаемого в распределительных панелях, может отличаться от приведенного на рисунках А.3, А.4 (приложение А) в зависимости от состава потребителей и конфигурации схемы генерирования СОПТ.

При проектировании новых объектов и реконструкции существующих следует располагать распределительные панели ЩПТ в ряду с панелями ввода

питания, зарядно-подзарядными агрегатами и устройствами стабилизации в непосредственной близости от аккумуляторных батарей.

В том случае, если по каким-то причинам такая компоновка неосуществима, возможна компоновка распределительных панелей в виде отдельного функционального узла. При этом следует размещать распределительные панели как можно ближе к панели ввода питания.

7.5. Питание мощных электромагнитов (100 А и более) выключателей должно осуществляться от шкафов питания, размещаемых в непосредственной близости от выключателей. Шкафы питания должны быть подключены к разным секциям одного ЩПТ, либо к разным ЩПТ в зависимости от схемы организации СОПТ.

Варианты схем питания распределительных шкафов приведены на рисунке А.5 (приложение А).

Вариант 1 питания предусматривает установку индивидуального шкафа для каждого выключателя.

В варианте 2 схемы предусматривается установка групповых шкафов для трёх выключателей. Этот вариант схемы позволяет сократить количество кабельных перемычек и коммутационных аппаратов, уменьшив при этом потери напряжения на переходных контактах коммутационных аппаратов.

Выбор варианта схемы питания электромагнитов выключателей производится на основании расчета уровней остаточных напряжений на электромагнитах включения в конце режима аварийного разряда.

В том случае, если применение первого варианта схемы не обеспечивает требуемого уровня напряжений вследствие больших потерь напряжения в кабельных перемычках и переходных контактах коммутационных аппаратов, следует использовать вариант 2 схемы питания.

7.6. Питание сети аварийного освещения осуществляется от панели аварийного освещения, схема которой приведена на рисунке А.6 (приложение А).

В нормальном режиме питание панели аварийного освещения осуществляется от общестанционных собственных нужд.

При аварийном исчезновении напряжения в сети СН переменного тока (в режиме аварийного разряда) питание сети аварийного освещения переводится действием АВР на питание от ЩПТ.

Для исключения значительных толчковых нагрузок на аккумуляторные батареи в первый момент возникновения режима аварийного разряда в цепь включения аварийного освещения вводится задержка времени включения порядка 5 с.

Использование светильников аварийно-эвакуационного освещения со встроенными герметичными аккумуляторами допускается в качестве дополнительных источников аварийно-эвакуационного освещения.

7.7. Применение преобразователей DC/DC (необходимость, количество, питаемая нагрузка) определяется проектом. Количество DC/DC преобразователей, их мощность и схема подключения нагрузки зависят от количества, мощности и компоновки потребителей.

Преобразователи должны располагаться в непосредственной близости от подключенных к ним потребителей.

Преобразователи, питающие основные и резервные комплекты устройств, должны питаться от разных полусекций одного ЩПТ или от разных ЩПТ в зависимости от схемы СОПТ.

На рисунке А.7 (приложение А) приведены варианты схем включения DC/DC преобразователей.

На рисунке А.8 (приложение А) приведены варианты схем включения DC/DC преобразователей в цепях питания оперативной блокировки (резервный источник питания).

В цепях нагрузки преобразователе должны применяться системы контроля и сигнализации, аналогичные применяемым в ЩПТ и шкафах распределения.

7.8. Не допускается применение диодов в цепях вводов рабочего и резервного питания для исключения объединения батарей или секций ЩПТ.

7.9. Варианты однолинейных схем построения СОПТ представлены на рисунках А.9 - А.14 (приложение А).

7.10. Сопротивление изоляции электрических цепей различного назначения относительно заземляемых элементов должно быть не менее 10 Мом.

8. Аккумуляторные батареи

8.1. Требования к аккумуляторным батареям

8.1.1. Основными требованиями, предъявляемыми к аккумуляторным батареям, являются высокая надёжность и способность аккумуляторной батареи обеспечивать требуемую разрядную ёмкость и достаточный уровень напряжения у потребителей (не менее 0,8 $U_{ном}$) в течение всего срока эксплуатации, а также длительный (не менее 20 лет) срок службы. Для батарей, применяемых в СОПТ на базе шкафов ШУОТ, допускается снижение срока эксплуатации до 10 лет.

8.1.2. На ГЭС должны использоваться стационарные мало обслуживаемые свинцово-кислотные аккумуляторы вентилируемого типа по ГОСТ Р МЭК 60896-11.

На ГЭС рекомендуется применять АБ с пластинами большой поверхности типа GroE, имеющие срок эксплуатации не менее 25 лет, малое внутреннее сопротивление и большие значения допустимого тока разряда как при продолжительных разрядах, так и при толчковых нагрузках.

8.1.3. Если токи аварийного разряда невелики и отсутствует значительная толчковая нагрузка допустимо применять батареи типа OPzS, OCSM. Для СОПТ, выполненных на базе шкафов ШУОТ рекомендуется применение малообслуживаемых АБ типа OPzS блочного исполнения и располагаемых в отдельном шкафу, оборудованном системой термоконтроля и подсоединённом к вытяжной вентиляции. В случае невозможности выполнения вентиляции допустимо использование герметизированных необслуживаемых аккумуляторов VRLA. При этом, предпочтение следует отдавать аккумуляторам, выполненным по технологии dryfit.

Классификация аккумуляторных батарей и их основные характеристики приведены в приложении Б.

8.1.4. Требуемое количество аккумуляторных батарей определяется:

– количеством и мощностью потребителей СОПТ;

– компоновкой потребителей СОПТ;

– возможностью выполнения селективной защиты цепей питания потребителей СОПТ от металлических и дуговых коротких замыканий;

– возможностью обеспечения требуемого уровня напряжений у потребителей в нормальном и аварийных режимах;

– требованием обеспечения возможности нормальной эксплуатации АБ и цепей ввода рабочего и резервного питания щита постоянного тока.

Режим нормальной эксплуатации подразумевает возможность организации регламентных и ремонтных работ по обслуживанию АБ и цепей вводов рабочего и резервного питания ЩПТ без потери или снижения надёжности питания потребителей СОПТ. Для обеспечения такого режима необходимо не менее двух аккумуляторных батарей, работающих в режиме взаиморезервирования, при котором в случае вывода на ремонт или обслуживание одной из батарей, оставшаяся в работе батарея должна обеспечить питание потребителей СОПТ как в нормальном режиме, так и в режиме аварийного разряда.

8.1.5. На ГЭС установленной мощностью менее 50 МВт следует отдавать предпочтение установке одной АБ. Установка большего количества АБ должно быть обоснована при разработке проектной документации.

Компоновка систем оперативного постоянного тока и мощность потребителей должна исключать большую протяженность цепей и повышенные толчковые токи. В целях уменьшения протяженности цепей постоянного тока следует рассматривать возможность применения ШУОТ.

8.1.6. В том случае, если для питания части нагрузки СОПТ используются системы питания на базе шкафов ШУОТ или аналогичных со встроенными АБ блочного типа для резервирования питания этих систем должны, по возможности, использоваться основные стационарные батареи. При этом режим взаиморезервирования не предусматривается. При нецелесообразности резервирования от основных стационарных батарей (большие расстояния) устанавливаются два ШУОТ со встроенными АБ блочного типа и организовывается режим взаиморезервирования. Для питания потребителей СОПТ, расположенных по территории распределительных устройств высокого напряжения предусматривается не менее двух АБ, работающих в режиме взаиморезервирования. Для РУ, расположенных вблизи либо примыкающих к главному корпусу ГЭС, питание потребителей СОПТ может осуществляться от АБ, расположенной в главном корпусе, при соответствующем расчётном обосновании возможности защиты цепей питания СОПТ от металлических и дуговых КЗ с обеспечением условий селективной работы защит и защитных аппаратов, а также возможности обеспечения требуемого уровня напряжений на потребителях СОПТ в нормальном и аварийных режимах.

8.1.7. Аккумуляторы, как правило, должны поставляться сухозаряженными в комплекте с электролитом.

8.1.8. Для реконструируемых ГЭС и ГАЭС допускается размещение двух АБ в одном помещении при условии выполнения мероприятий по взрывозащищенности и пожарозащищенности. В строящихся и проектируемых ГЭС и ГАЭС необходимо размещать каждую АБ в отдельном помещении.

8.2. **Выбор ёмкости и количества элементов аккумуляторной батареи**

8.2.1. Расчётным режимом для выбора ёмкости АБ является режим аварийного разряда. Этот режим может возникнуть в любой момент и в том случае, если режим аварийного разряда совпал по времени с проведением ремонтных или регламентных работ на одной из АБ либо в цепях ввода рабочего питания ЩПТ; питание потребителей СОПТ должно осуществляться от резервирующей АБ с использованием цепей взаиморезервирования.

8.2.2. Установившееся значение суммы токов постоянной и временной нагрузки режима аварийного разряда является расчётным для выбора разрядной ёмкости. Выбор ёмкости в этом случае производится по разрядным характеристикам, предоставляемым в виде таблиц либо графиков в составе документации на АБ. Разрядные характеристики позволяют определить необходимую ёмкость АБ по известному току разряда, по времени разряда и допустимому конечному напряжению на элементе АБ. В качестве времени разряда принимается допустимое время режима аварийного разряда (0,5 ч с учетом взаиморезервирования), а в качестве тока разряда значение установившегося тока режима аварийного разряда с учётом взаиморезервирования.

8.2.3. При выборе ёмкости батареи следует учитывать снижение фактической разрядной емкости в конце срока эксплуатации на величину, указанную заводом-изготовителем в документации на АБ.

8.2.4. Ёмкость считается достаточной в том случае, если за допустимое время разряда током аварийного разряда напряжение на элементах АБ снизится до значения 1,8 В на элемент. В случае использования в цепи ввода питания ЩПТ стабилизатора напряжения допустимо снижение напряжения до значения 1,75 В на элемент.

8.2.5. Выбранная по разрядной ёмкости АБ должна быть проверена на способность обеспечения требуемого уровня напряжения у потребителей 0,8 $U_{ном}$ (176 В).

В том случае, если требуемый уровень напряжения не обеспечивается, необходимо либо применить АБ большей ёмкости, имеющей меньшее внутреннее сопротивление, либо уменьшить потери напряжения в цепи питания потребителей, увеличив сечение кабелей. Оптимальный вариант в этом случае требует расчётного обоснования.

8.2.6. Определение требуемого количества элементов АБ производится исходя из значения напряжения поддерживающего заряда (указывается производителем). Значение напряжения поддерживающего заряда для аккумуляторов типа GroE, OGi, OPzS – 2,23 В на элемент, а для аккумуляторов типа OCSM – 2,25 В на элемент.

Напряжение поддерживающего заряда аккумуляторов типа VRLA обычно составляет 2,27 В на элемент, однако для отдельных типов производителем может указываться другое значение напряжения, которым и следует руководствоваться при выборе количества элементов батареи. При напряжении поддерживающего заряда 2,23 В на элемент и максимально допустимом напряжении на шинах ЩПТ при работе АБ в режиме постоянного подзаряда +5% $U_{ном}$ = 231 В необходимо 104 рабочих элемента АБ. При других

значениях требуемого поддерживающего напряжения количество элементов будет другим. Методика и пример выбора ёмкости АБ приведены в приложении В.

9. Зарядно-подзарядные устройства

9.1. Зарядно-подзарядные устройства предназначены для:

- обеспечения подзаряда аккумуляторной батареи при постоянном стабилизированном напряжении поддерживающего заряда, рекомендованном производителем аккумуляторной батареи, обеспечивающим компенсацию потерь ёмкости, вследствие саморазряда или кратковременных разрядов. При нормальном режиме работы СОПТ зарядно-подзарядные устройства обеспечивают питание постоянной нагрузки СОПТ;
- обеспечение заряда АБ любым из разрешенных производителем аккумуляторов способом, включая уравнительный и ускоренный заряд (варианты методов заряда АБ приведены в приложении Г).

9.2. Количество зарядно-подзарядных и подзарядных агрегатов определяется количеством АБ и их компоновкой.

Питание зарядно-подзарядных и подзарядных устройств должно осуществляться от общестанционных секций РУСН – 0,4 кВ. Зарядно-подзарядные и подзарядные устройства должны автоматически включаться в случае восстановления питания со стороны переменного напряжения и продолжать работу в изначально установленном режиме.

Питание взаиморезервирующих зарядно - подзарядных устройств необходимо осуществлять от разных секций ЩСН 0,4 кВ.

9.3. Зарядно-подзарядные устройства должны обеспечивать точность стабилизации выходного напряжения в режиме поддерживающего заряда не хуже ±1% и обеспечивать термокомпенсацию напряжения поддерживающего заряда.

9.4. Уровень пульсаций на активной нагрузке без АБ должен быть не более ±0,5% во всем диапазоне допустимых нагрузок.

9.5. Зарядно-подзарядные устройства должны иметь блокировку включения режима заряда АБ при отключенной приточно-вытяжной вентиляции помещения аккумуляторной батареи.

10. Устройства стабилизации напряжения

10.1. При невозможности обеспечения требуемого уровня напряжения у потребителей в режиме аварийного разряда допускается применение

стабилизаторов напряжения. Схема подключения стабилизаторов приведена в приложении А.

Особенности выбора аккумуляторных батарей и расчётов значений токов короткого замыкания и потерь напряжения в сети при использовании в цепи ввода рабочего питания ЩПТ стабилизаторов приведены в приложениях В, Д, Е, И.

11. Агрегаты бесперебойного питания

11.1. Количество и мощность АБП, используемых для питания оборудования СДТУ/АСУТП зависит от количества, компоновки и мощности потребителей, требующих гарантированного и помехозащищенного питания и определяется при разработке проектной документации.

11.2. При известной полной мощности нагрузки переменного тока $S_{нагр}$ (кВт) активная составляющая нагрузки АБП на стороне переменного тока 380/220 В:

$$P_{нагр}= S_{нагр}\cdot\cos\varphi,\ кВт \qquad (11.1)$$

11.3. Значение тока нагрузки на стороне постоянного тока инвертора АБП:

$$I_{нагр}=\frac{P_{нагр}}{\eta\cdot U},\ А \qquad (11.2)$$

где η – коэффициент полезного действия инвертора АБП;

U=220 В – фазное напряжение на выходе инвертора АБП.

11.4. Технические характеристики АБП определяются при проектировании системы оперативного переменного тока, при этом рекомендуется применение трехфазных АБП с питанием инвертора АБП от станционной аккумуляторной батареи СОПТ на напряжении $U_{ном}$=220 В.

11.5. Допускается предусматривать в проектах вариант организации АБП с индивидуальными аккумуляторными батареями, выполненными по требованиям к АБ СОПТ (п.8.1). Расчетное время аварийного разряда 1 час.

11.6. В исключительных случаях допускается предусматривать в проектах вариант организации АБП с индивидуальными аккумуляторными батареями со сроком службы не менее 10 лет. Расчетное время аварийного разряда 1 час.

11.7. Типовой состав АБП и схемы организации гарантированного электропитания с использованием АБП с резервированием от АБ СОПТ для оборудования СДТУ/АСУТП представлены в Приложении А.15 - А.17.

12. Преобразователи напряжения DC/DC

12.1. Преобразователи напряжения DC/DC предназначены для обеспечения питания потребителей с различными уровнями номинального напряжения питания и гальванической развязки участков сети оперативного постоянного тока.

12.2. Для обеспечения питания потребителей с различными уровнями номинального напряжения питания преобразователи напряжения DC/DC необходимо устанавливать в непосредственной близости от конечных потребителей постоянного тока.

12.3. Выбор мест установки преобразователей DC/DC для обеспечения гальванической развязки участков сети оперативного постоянного тока обосновывается при разработке проектных решений. При установке преобразователей необходимо обеспечить их защиту от металлических и дуговых КЗ в выходных цепях.

12.4. Преобразователи напряжения должны обеспечивать:

- гальваническую развязку между выходным и входным напряжениями;
- необходимый уровень напряжения на клеммах потребителей во всех режимах работы СОПТ;
- контроль сопротивления изоляции выходных цепей;
- достаточную для питания нагрузки мощность;
- уровень пульсаций выходного напряжения, удовлетворяющий требованиям подключаемой нагрузки;
- сигнализацию неисправности и отклонении уровня выходного напряжения от допустимых пределов.

13. Распределительные щиты и шкафы системы оперативного постоянного тока

13.1. Щит постоянного тока (ЩПТ) предназначен для подключения источников питания, устройств стабилизации напряжения и распределения электроэнергии по группам электроприемников СОПТ.

13.2. Шкафы щитов постоянного тока должны удовлетворять следующим требованиям:

13.2.1. количество ЩПТ на ГЭС должно быть равно числу АБ;

13.2.2. в пределах каждого ЩПТ должно обеспечиваться размещение коммутационных и защитных аппаратов, устройств контроля изоляции, устройств мониторинга, устройств защиты от перенапряжений, местной сигнализации, рядов клемм для присоединения кабельных линий;

13.2.3. по требованию заказчика ЩПТ может иметь устройство «мигающего плюса»;

13.2.4. размещение аппаратуры и рядов клемм в шкафах ЩПТ должно обеспечивать возможность свободного доступа к любому из них для замены, выполнения ремонтных работ и работ по техническому обслуживанию;

13.2.5. щит постоянного тока должен размещаться в шкафах двухстороннего обслуживания, иметь открывающиеся дверцы на лицевой и тыльной стороне, позволяющие выполнять технический контроль и оперативное управление. Другое исполнение ЩПТ может применено при соответствующем обосновании;

13.2.6. электрические соединения аппаратов внутри щита должны быть выполнены изолированными проводами с медными жилами и медными шинами;

13.2.7. на ЩПТ должны быть применены коммутационные устройства, предназначенные для выполнения операций под нагрузкой и позволяющие выполнять операции включения отключения без дополнительных защитных средств;

13.2.8. применяемая защитная аппаратура, как правило, должна быть стационарного или втычного исполнения;

13.2.9. измерительная аппаратура, аппаратура управления и сигнализации должны быть установлены на дверях шкафа;

13.2.10. размещение органов управления и средств отображения информации о состоянии СОПТ должно соответствовать рекомендациям ГОСТ 12.2.033.

14. Системы мониторинга

14.1. Мониторинг СОПТ должен обеспечивать автоматический контроль и регистрацию параметров режима СОПТ, оповещение дежурного персонала об отклонениях параметров режима от допустимых значений.

14.2. Система мониторинга должна обеспечивать:

14.2.1. Автоматическую регистрацию и осциллографирование следующих параметров:

- тока в цепи батареи;
- напряжений между выводами АБ (напряжений групп аккумуляторов);
- напряжений на сборках ЩПТ;
- пульсаций тока заряда;

– сопротивлений изоляции полюсов распределительной сети относительно «земли» с устройства контроля изоляции и напряжений полюсов на ЩПТ относительно «земли».

14.2.2. Автоматический контроль и фиксацию:

– целостности цепи АБ (обрыв);
– симметрии напряжений групп аккумуляторов АБ;
– исправности ЗУ;
– положения и состояния всех защитных аппаратов ЩПТ;
– состояние автоматических выключателей ШРОТ.

Необходимо предусмотреть устройства отображения параллельной работы двух ЩПТ.

ЩПТ должен содержать приборы и устройства для визуального контроля следующих параметров:

– напряжения на сборках;
– сопротивления изоляции полюсов сети относительно «земли»;
– состояния плавких вставок предохранителей;
– целостности цепи АБ и исправности ЗПУ;
– ток в цепи АБ;
– напряжение между полюсами ввода АБ и «землей»
– напряжения групп аккумуляторов АБ.

Перечень сигналов аварийных событий для передачи в АСУ ТП определяется при проектировании.

14.3. Система мониторинга должна иметь не менее двух вводов питания с функцией АВР. Рекомендуется иметь один ввод питания от сети переменного тока, второй ввод от сети постоянного тока. Наличие питания по каждому из вводов должно постоянно контролироваться.

14.4. Система мониторинга, как правило, должна состоять из следующих модулей:

- микропроцессорное устройство осуществляющее сбор и анализ информации всех модулей, входящих в конфигурацию системы мониторинга;
- блок управления и индикации. Как правило, должен включать в себя многофункциональный жидкокристаллический дисплей и панель управления. Обеспечивает отображение на дисплее данных по контролируемой системе, через блок управления осуществляется ввод и изменение уставок, настройка устройств, входящих в систему мониторинга. Блок управления и индикации располагается на двери шкафа;

- модули измерения – модули оперативного измерения, цифрового осциллографирования и архивации текущих значений напряжения и тока. Каналы тока и напряжения гальванически развязаны;
- модули анализа состояния коммутационной аппаратуры и выявления аварийного срабатывания автоматических выключателей. Контроль состояния коммутационной аппаратуры осуществляется с помощью блок-контактов, по контролю напряжения непосредственно за защитными аппаратами.

14.5. Система мониторинга ЩПТ должна быть интегрирована в АСУ ТП ГЭС через технологическую сеть передачи данных посредством резервированных цифровых каналов связи. Должна обеспечиваться автоматическая передача сигнализации, осциллограмм и измерений на станционный уровень АСУ ТП.

14.6. Для сигнализации аварийных событий на ЩПТ с помощью сухих контактов (дискретных сигналов) в существующую схему сигнализации станции формируются, как правило, один общий сигнал неисправности и сигнал о замыкании на «землю» в сети СОПТ.

14.7. Для визуального контроля величины тока, протекающего в цепи ввода рабочего питания ЩПТ от АБ, на дверце шкафа устанавливается амперметр. Для контроля тока подзаряда устанавливается отдельный прибор с соответствующей шкалой.

14.8. Для визуального контроля величин напряжений аккумуляторных батарей и напряжений секций ЩПТ на дверцах шкафа устанавливаются вольтметры.

14.9. На дверцах шкафов распределения щитов постоянного тока должна быть предусмотрена местная визуальная сигнализация положения защитных аппаратов и мнемосхема.

14.10. Для контроля сопротивления изоляции в сети оперативного постоянного тока на каждом из щитов постоянного тока ГЭС (ГАЭС) должна применяться система контроля изоляции и автоматизированного поиска «земли».

Система контроля изоляции должна обеспечивать в автоматическом режиме контроль и измерение сопротивления изоляции полюсов сети СОПТ относительно «земли» и формировать сигналы о снижении сопротивления изоляции ниже допустимых пределов:

- предупредительный «напряжение изоляции снижено» - при снижении уровня изоляции одного или одновременно двух полюсов ниже 135 кОм;
- аварийный «земля в сети» - при снижении уровня изоляции ниже 20 кОм.

Система контроля изоляции должно подключаться по схеме измерительного моста с привязкой полюсов через резисторы к «земле». Система должна позволять определить фидер, в котором произошло повреждение изоляции без отключения потребителей, а также обеспечивать контроль и поиск повреждения в различных эксплуатационных режимах СОПТ, в том числе при объединении ЩПТ по цепям взаиморезервирования.

Должны устанавливаться дополнительные устройства контроля изоляции по схеме Т – образного моста в количестве одной единицы для каждой секции ЩПТ.

Устройства являются резервными и должны иметь возможность ручного ввода в работу на каждой секции при неисправности основной системы контроля изоляции ЩПТ.

По требованию заказчика поиск поврежденного фидера должен быть обеспечен применяемой системой и на вторичных щитах распределения.

Работа устройства контроля не должна вызывать ложное срабатывание устройств релейной защиты и автоматики.

14.11. Конкретные типы приборов, преобразователей и других устройств контроля параметров СОПТ определяются после принятия решения о принципе построения системы мониторинга на ГЭС.

15. Защитные и коммутационные аппараты

15.1. Методика расчёта токов короткого замыкания

15.1.1. Расчёт токов короткого замыкания в цепях системы оперативного постоянного тока производится с целью выбора электрооборудования по условиям термической и электродинамической стойкости, отключающей способности, а также с целью определения параметров настройки защит и защитных аппаратов, установленных в сети.

15.1.2. В цепях постоянного тока станций возможны как металлические, так и дуговые КЗ.

Наиболее вероятным видом КЗ является дуговое КЗ. Определение параметров настройки защиты и защитных аппаратов следует производить по значению тока дугового КЗ в конце защищаемого участка сети.

15.1.3. При расчётах токов КЗ в сети постоянного тока следует учитывать:

- активные сопротивления элементов электрической сети;
- активные сопротивления контактов защитных и коммутационных аппаратов;
- токоограничивающее влияние электрической дуги;

– изменение активного сопротивления проводников при их нагреве протекающим током КЗ;

– изменение внутреннего сопротивления аккумуляторных батарей вследствие их разряда;

– влияние на значение тока КЗ стабилизаторов;

– характеристики пропускаемого тока защитных аппаратов.

При расчётах тока КЗ допустимо не учитывать:

– сопротивление болтовых соединений элементов электрической цепи;

– влияние подпитки от статических преобразователей (зарядно-подзарядных устройств).

15.1.4. Расчёт тока КЗ производится по ГОСТ 29176. Методика расчёта в электроустановках постоянного тока приведена в приложении Д, пример расчёта токов КЗ приведен в приложении Е.

15.2. **Требования к защитным и коммутационным аппаратам**

15.2.1. Для защиты от коротких замыканий и недопустимых перегрузок используются автоматические выключатели и предохранители. Аппараты защиты должны удовлетворять следующим требованиям:

– номинальное напряжение аппарата должно быть не менее максимального рабочего напряжения сети;

– аппарат должен иметь конструкцию, допускающую его использование в цепях постоянного тока;

– аппараты должны обладать достаточной отключающей способностью, электродинамической и термической стойкостью к действию токов КЗ;

– аппараты должны обеспечивать надёжное отключение всех видов металлических и дуговых КЗ в защищаемых участках сети за минимально возможное по уровням селективности время;

– аппарат должен быть отстроен от излишних срабатываний при допустимых для сети и электрооборудования перегрузках

– должна обеспечиваться селективность действия последовательно установленных аппаратов при наименьшем возможном времени отключения места повреждения.

Выполнение перечисленных выше требований в основном, обеспечивается подбором параметров защитной аппаратуры, цепей питания потребителей (сечений и длин проводников и кабелей).

В некоторых случаях, для обеспечения выполнения перечисленных требований требуется изменение компоновки оборудования.

15.2.2. Выбор типа защиты или защитного аппарата зависит от характера нагрузки и степени ответственности защищаемой сети, а также от схемы электрических соединений.

15.2.3. В цепях вводов рабочего и резервного питания ЩПТ при $I_{ном}$ свыше 200 А всегда должны применяться селективные автоматические выключатели с полупроводниковыми расцепителями, позволяющими обеспечить калиброванную уставку по времени срабатывания в зоне токов КЗ, вплоть до времени срабатывания $t_{ср}$ = 0,5-0,6 с.

При обосновании расчётами могут быть применены автоматические выключатели, дооборудованные выносной защитой, действующей на независимый расцепитель. В этом случае, электромагнитный расцепитель выводится из работы, функции основной защиты возлагаются на выносную защиту, а оставшийся в работе тепловой расцепитель выполняет функции резервной защиты. Технические характеристики аппаратов рекомендуемых для защиты этих цепей приведены в приложении Ж.

15.2.4. Для защиты цепей питания электромагнитов включения выключателей, цепей вводов питания постоянного тока АБП (при питании АБП от внешних АБ), цепей питании аварийных систем связи, а также других потребителей, не объединенных цепями группового питания, должны применяться неселективные автоматические выключатели с комбинированными расцепителями обеспечивающими отключение дугового КЗ в конце защищаемого участка цепи с минимально возможным по условиям селективности временем.

15.2.5. Для защиты цепей управления, сигнализации, цепей РЗА, аварийного освещения, непосредстсвенно запитанных от шин ЩПТ могут применяться либо селективные автоматические выключатели, либо предохранители.

15.2.6. Защиты цепей питания потребителей нижнего уровня (потребителей, питающихся от агрегатных распределительных шкафов) осуществляется быстродействующими автоматическими выключателями. Технические характеристики рекомендуемых к применению аппаратов защиты приведены в приложении Ж.

15.2.7. Действие применяемых защитных аппаратов при их последовательной установке должно быть селективным.

Возможны следующие способы обеспечения селективности:

- согласование характеристик срабатывания по току;
- согласование характеристик срабатывания по времени;

– согласование время-токовых характеристик.

Первые два способа обеспечивают селективность работы последовательно установленных аппаратов в жёстко ограниченной области значений токов КЗ. Третий способ обеспечивает полную селективность работы аппаратов во всём диапазоне токов КЗ и является наиболее приемлемым для системы постоянного тока, в которой токи КЗ могут иметь любое значение.

При проверке селективности по время-токовым характеристикам следует иметь в виду, что предохранители и выключатели имеют зону разброса по току и времени срабатывания. Поэтому для обеспечения селективной работы последовательно включенных аппаратов, необходимо, чтобы нижняя граница зоны возможных отключений характеристик срабатывания аппарата, установленного ближе к источнику питания, была выше верхней границы возможных отклонений характеристик срабатывания аппарата, установленного дальше, во всём диапазоне токов, которые могут протекать в рассматриваемой цепи.

15.2.8. Для проверки селективности действия защитных аппаратов должны составляться карты селективности, на которых в единой системе координат приводятся время-токовые характеристики выбираемых аппаратов. Примеры построения карт селективности приведены в приложении Ж.

15.3. **Выбор защитных и коммутационных аппаратов**

15.3.1. Выбор характеристик защиты или защитного аппарата зависит как от параметров нагрузки, так и от функционального назначения аппарата.

15.3.2. Расчётными условиями при выборе защитного аппарата в цепи ввода рабочего и резервного питания ЩПТ является режим аварийного получасового разряда с учетом цепей взаиморезервирования источников оперативного тока.

15.3.3. Номинальный ток расцепителя автоматического выключателя ввода рабочего питания ЩПТ выбирается такой, чтобы аппарат не сработал при длительном протекании тока нагрузки аварийного получасового разряда – $I_{расч}$ с учётом взаиморезервирования ЩПТ, для чего необходимо выполнение условия:

$$I_{ном} \geq I_{расч}, \qquad (15.1)$$

где $I_{ном}$ – номинальный ток расцепителя с обратно зависимой от тока характеристикой времени срабатывания.

15.3.4. При определении уставки срабатывания расцепителя с независимой от тока характеристикой времени срабатывания (отсечки) следует учитывать, что расцепитель не должен сработать при допустимой

кратковременной перегрузке (токе толчка), возможной в конце режима аварийного получасового разряда. В то же время расцепитель должен обеспечить срабатывание выключателя при дуговом КЗ на шинах резервируемого ЩПТ. Для выполнения этих требований необходимо выполнение следующих условий:

$$I_{отс} \geq I_т \cdot К_з \cdot К_р \text{ ,} \qquad (15.2)$$

$$I_{отс} \leq \frac{I_{к.д.а}}{К_з \cdot К_р} \text{ ,} \qquad (15.3)$$

где $I_т$ – ток толчка в конце аварийного получасового разряда;

$I_{отс}$ – уставка срабатывания расцепителя с независимой от тока характеристикой времени срабатывания;

$I_{к.д.а}$ – среднее амплитудное значение тока дугового КЗ;

$К_з$=1,1 – коэффициент запаса;

$К_р$ – коэффициент разброса.

Значение коэффициента разброса принимается в соответствии с техническими условиями производителей защитной аппаратуры. Применение защитных аппаратов, производители которых не приводят данных о разбросе характеристик по току и времени срабатывания, не допускается.

При выборе номинального тока расцепителя выключателя устанавливаемого в цепи ввода резервного питания следует учитывать, что в режиме аварийного получасового разряда по нему будет протекать лишь часть суммарного тока, определяемая составом нагрузки резервируемого ЩПТ.

15.3.5. Время срабатывания расцепителя с независимой от тока характеристикой времени срабатывания выключателя в цепи ввода рабочего питания ЩПТ определяется по формуле:

$$t_{ср.раб} = t_{ср.рез} + \Delta t, \qquad (15.4)$$

где $t_{ср.раб}$ – время срабатывания расцепителя выключателя в цепи ввода рабочего питания ЩПТ;

$t_{ср.рез}$ – время срабатывания расцепителя выключателя ввода резервного питания ЩПТ;

Δt – ступень селективности, равная 0,2 с.

15.3.6. Время срабатывания расцепителя выключателя цепи ввода резервного питания ЩПТ определяется по формуле:

$$t_{ср.рез} = t_{ср.пр} + \Delta t, \qquad (15.5)$$

где $t_{ср.пр}$ – время срабатывания защитного аппарата присоединения (наибольшее) резервируемого ЩПТ при дуговом КЗ за аппаратом.

При расчётах следует принимать полное время $t_{ср.пр}$ = 0,1 с. При этом время срабатывания расцепителя выключателя ввода резервного питания ЩПТ должно быть откалибровано на $t_{ср.з}$ = 0,3 с, а время срабатывания расцепителя выключателя ввода рабочего питания $t_{ср.раб}$ = 0,5 с.

Пример выбора защитного аппарата в цепях вводов рабочего и резервного питания ЩПТ приведен приложении Ж (таблица Ж.1).

15.3.7. Номинальный ток расцепителя с обратно зависимой от тока характеристикой времени срабатывания автоматических выключателей, имеющих комбинированный (тепловой и электромагнитный) расцепитель токов также выбирается из условия несрабатывания аппарата при длительном протекании тока нагрузки, для чего необходимо выполнение условия:

$$I_{ном} \geq I_{н}, \qquad (15.6)$$

где $I_{н}$ – ток нагрузки.

15.3.8. Расцепитель с независимой от тока характеристикой времени срабатывания (отсечка) должен надежно срабатывать при дуговом коротком замыкании в конце защищаемого участка сети, для чего необходимо выполнение условия:

$$I_{отс} \leq \frac{I_{к.д.а}}{К_{з} \cdot К_{р}}, \qquad (15.7)$$

15.3.9. Максимальный расцепитель мгновенного срабатывания (отсечка) выключателя должен быть отстроен от тока возможной кратковременной перегрузки (например, от тока включения электромагнита масляного выключателя) в соответствии с условием:

$$I_{отс} \geq К_{н} \cdot К_{р} \cdot I_{пер}, \qquad (15.8)$$

Пример выбора автоматического выключателя с комбинированным расцепителем приведен в приложении Ж.

15.3.10. При использовании для защиты сетей СОПТ предохранителей необходимо, чтобы предохранитель имел достаточную отключающую способность, не сгорел при длительном протекании тока нагрузки и при протекании тока возможной кратковременной перегрузки, а также обеспечивал надежное отключение при дуговом коротком замыкании в конце защищаемого участка сети с минимально возможным по условиям селективности временем срабатывания, при этом температура защищаемого кабеля или проводника не должна превысить предел термической стойкости с возможностью дальнейшей эксплуатации.

Для обеспечения перечисленных требований необходимо:

$$I_{доп} \geq I_{к.м}, \qquad (15.9)$$

$$I_{н.пл.вст.}=K_н \cdot I_н, \quad (15.10)$$

$$I_{н.пл.вст} \geq \frac{I_{пер}}{2,5}, \quad (15.11)$$

где $I_{доп}$ – предельный отключаемый ток предохранителя;
$I_{к.м}$ – ток металлического КЗ в месте установки предохранителя;
$I_{н.пл.вст}$ – номинальный ток плавкой вставки;
$I_{пер.}$ – ток перегрузки при её длительности не более 3 с.

15.3.11. При выборе предохранителей следует иметь в виду возможный значительный разброс характеристик срабатывания по току и времени.

Выбор предохранителей по условиям (15.9) – (15.11) п.15.3.10 Стандарта должен уточняться по картам селективности, при построении которых проводится оптимизация выбора.

16. Силовые и контрольные кабели

16.1. Для питания потребителей системы постоянного тока, включая цепи вводов рабочего питания ЩПТ от АБ, следует использовать кабели с медными жилами и изоляцией из не поддерживающего горение поливинилхлоридного пластиката.

16.2. Сечение жил кабеля выбирается с учетом следующих требований:

– сечение жил кабеля должно обеспечивать возможность длительного протекания рабочего тока нагрузки;

– сечение жил кабеля должно быть достаточным для обеспечения требуемого уровня напряжения у потребителей в конце режима аварийного разряда;

– сечение кабеля в сочетании с характеристиками защитных аппаратов должно обеспечивать защиту цепи от дуговых КЗ с сохранением термической стойкости кабеля допускающей его дальнейшую эксплуатацию.

16.3. Проверка термической и пожарной стойкости кабелей производится в соответствии с требованиями и по методике циркуляра [2] Методика определения температуры нагрева жил кабеля приведена в приложении Д.

16.4. Расчетными условиями при определении термической стойкости кабеля является металлическое КЗ в конце кабельной линии при нормальном режиме работы СОПТ, отключаемое защитным аппаратом, установленным в начале цепи с учетом полного времени отключения этого аппарата. Если при этом температура жил кабеля не превысит 160°С, кабель считается термически стойким и пригодным к дальнейшей эксплуатации.

16.5. Расчетными условиями при проверке кабелей на невозгорание является дуговое КЗ в начале кабельной линии, отключаемое защитным аппаратом, установленным в начале цепи (в случае использования в качестве защитного аппарата предохранителя), либо отключаемое вышестоящим защитным аппаратом при использовании автоматических выключателей.

При проверке на невозгорание температура кабелей не должна превысить 350°С.

16.6. В том случае, если сечение выбранного кабеля превосходит 95 мм^2 следует применять одножильные кабели.

17. Требования к вентиляции и отоплению

17.1. Аккумуляторные помещения

17.1.1. При проектировании помещений СОПТ ГЭС должны быть выполнены требования СП 60.13330.2020.

17.1.2. Аккумуляторные помещения должны быть оборудованы естественной и принудительной приточно-вытяжной вентиляцией.

Естественная вентиляция должна обеспечивать однократный воздухообмен. При этом, если в покрытии (перекрытии) помещения имеются «карманы» - пространство, исключающее проветривание зоны, ограниченной строительными конструкциями или инженерными коммуникациями на расстоянии 150 мм от покрытия (перекрытия) и более, то вытяжка должна предусматриваться из каждого «кармана». Выпуски труб естественной вентиляции не должны превышать 40 мм от наивысшей точки покрытия (перекрытия). Выводы труб естественной вентиляции должны быть предусмотрены наружу при возвышении над крышей здания не менее чем на 1,5 м.

17.1.3. Приточно-вытяжная вентиляция должна обеспечивать расчетный воздухообмен, но не менее трехкратного. Приточно-вытяжная вентиляция должна быть сблокирована с зарядно-подзарядными устройствами и не должна выключаться в течение часа после отключения режима максимального (аварийного) заряда.

17.1.4. Вытяжная система помещений аккумуляторной батареи должна обслуживать только аккумуляторные батареи. Выброс газов должен производиться через шахту, возвышающуюся над крышей здания не менее чем на 1,5 м.

17.1.5. Отопление помещения аккумуляторной батареи рекомендуется осуществлять при помощи калориферного устройства, располагаемого вне этого помещения и подающего теплый воздух через вентиляционный канал.

При применении электроподогрева должны быть приняты меры против заноса искр через канал. Рекомендуется применения электрокалориферов с закрытой спиралью.

17.1.6. При устройстве парового или водяного отопления оно должно выполняться в пределах помещения аккумуляторной батареи гладкими трубами, соединенными сваркой. Фланцевые соединения и установка вентилей запрещаются.

17.2. Помещения щитов постоянного тока

17.2.1. Для помещений щитов постоянного тока должны выполняться требования к вентиляционному оборудованию в соответствии с категорией помещения по СП 60.13330.2020.

17.2.2. На случай пожара должно быть предусмотрено отключение приточно-вытяжной вентиляции от кнопок, установленных снаружи у входа в помещение и со щита управления. При наличии автоматической пожарной сигнализации, она блокируется с приточно-вытяжной вентиляцией и отключает ее при пожаре.

17.2.3. Вытяжная вентиляция используется для удаления дыма после пожара.

17.2.4. Отопление помещений щитов постоянного тока должно соответствовать с категории помещения.

Методика и примеры расчета вентиляции приведены в приложении К.

18. Пожарная безопасность помещений систем оперативного постоянного тока

18.1. Требования к обеспечению пожарной безопасности помещений СОПТ

18.1.1. Пожарная безопасность новых и реконструируемых помещений СОПТ должна быть обеспечена в соответствии с требованиями 123-ФЗ, Постановления № 1479, СП 1.13130.2020, СП 2.13130.2020, СП 3.13130.2009, СП 12.13130.222009, СП 4.13130.2013, СП 6.13130.2021, СП 56.13330.2021, СП 484.1311500.2020, СП 485.1311500.2020, ГОСТ 12.1.004, ГОСТ 12.1.044, СТО 17330282.27.140.020-2008, СТО РусГидро 01.01.78-2012.

18.1.2. Стандарт содержит следующие специфические требования в области пожарной безопасности помещений СОПТ:

- определение категорий помещений;
- требования к объемно-планировочным решениям;

– требования к автоматической пожарной защите (автоматическая пожарная сигнализация, автоматическое пожаротушение и система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре);

– требования к электрооборудованию.

18.2. **Требования к расчетам по обоснованию категорий помещений**

18.2.1. Категории помещений являются частью классификации зданий и сооружений по пожарной и взрывопожарной опасности.

Классификация зданий и помещений по взрывопожарной и пожарной опасности применяется для установления требований пожарной безопасности, направленных на предотвращение возможности возникновения пожара и обеспечение противопожарной защиты людей и имущества в случае возникновения пожара.

Согласно статье 27 123-ФЗ, по пожарной и взрывопожарной опасности помещения производственного и складского назначения независимо от их функционального назначения подразделяются на следующие категории:

- повышенная взрывопожароопасность - А;
- взрывопожароопасность - Б;
- пожароопасность - В1-В4;
- умеренная пожароопасность - Г;
- пониженная пожароопасность - Д.

Здания, сооружения и помещения иного назначения разделению на категории не подлежат.

18.2.2. Категории помещений по пожарной и взрывопожарной опасности определяются исходя из вида находящихся в помещениях горючих веществ и материалов, их количества и пожароопасных свойств, а также исходя из объемно-планировочных решений помещений и характеристик проводимых в них технологических процессов.

18.2.3. Методы определения классификационных признаков отнесения зданий и помещений производственного и складского назначения к категориям по пожарной и взрывопожарной опасности устанавливаются нормативными документами по пожарной безопасности.

18.2.4. Категории зданий, сооружений и помещений производственного и складского назначения по пожарной и взрывопожарной опасности указываются в проектной документации на объекты капитального строительства и реконструкции.

18.2.5. Расчеты категорий помещений ЩПТ и АБ выполнены в соответствии с СП 12.13130.2009 (раздел 5, приложения А и Б).

Примеры расчетов приведены в приложении Л.

18.3. **Требования к электротехнической части помещений щитов постоянного тока**

18.3.1. Помещения щитов постоянного тока в соответствии с 123-ФЗ согласно обосновывающим расчетам, проведенным в составе проектной документации, могут быть отнесены к категориям В1-В4, Д.

18.3.2. В случае, если установлена категория В1-В4, помещение является пожароопасным и относится к пожароопасной зоне для выбора электротехнического оборудования класса П-IIа. Если помещение относится к категории Д, то оно является понижено пожароопасным.

18.3.3. Выбор электрооборудования производится в соответствии с принятой классификацией помещений.

18.3.4. Степени защиты оболочек ЩПТ выбираются из условий обеспечения безопасности для обслуживающего персонала и условий наличия пыли и воды.

18.4. **Требования к электротехнической части помещений аккумуляторных батарей**

18.4.1. Категория помещения устанавливается расчетом в зависимости от применяемых видов аккумуляторных батарей.

18.4.2. Аккумуляторные батареи могут быть допущены к эксплуатации и эксплуатироваться только при подключении зарядно-подзарядных устройств, обеспечивающих режим нормального заряда ($U_{зар}$≤2,3 В на элемент; температура окружающей среды $T_{окр}=20^0C\pm2^0C$). В условиях нормального заряда помещение не относятся к взрывоопасным.

18.4.3. Если технологическим процессом допускается режим максимального (аварийного) заряда ($U_{зар}$>2,3 В на элемент; температура окружающей среды $T_{окр}=20^0C\pm2^0C$), то должна предусматриваться приточно-вытяжная вентиляции с расчетной кратностью, сблокированная с зарядно-подзарядными устройствами. Помещение относится к взрывоопасному классу В-Iб в зоне 3 м от аккумуляторных батарей.

18.4.4. В случае, если расчетом категория помещения АБ определена как А, то это помещение следует оборудовать дополнительно газоанализаторами, сблокированными с принудительной приточно-вытяжной вентиляцией и зарядным устройством. Помещение АБ в этом случае относится к взрывоопасному класса В-Iб. При достижении в помещении АБ концентрации водорода 0,1НКПРП, газоанализаторами отключаются зарядное устройство АБ и приточная вентиляция, включается вытяжная вентиляция, если она не включена. Сигнал срабатывания газоанализаторов передается на щит управления. В этом режиме вытяжная вентиляция работает 30 минут. После

определения причины повышенной концентрации водорода в помещении АБ, все системы должны быть приведены в рабочее состояние. Газоанализаторы устанавливают в местах возможного скопления водорода не ниже 2/3 высоты помещения.

В соответствие с классификацией помещений обеспечивается выбор всего электрооборудования, включая и оборудование вытяжной вентиляции.

18.4.5. Приточно-вытяжная вентиляция относится к I категории электроснабжения.

18.4.6. Стеллажи под аккумуляторные батареи и сами аккумуляторные батареи должны быть выполнены из трудногорючих или негорючих материалов.

18.4.7. Все электрические соединения СОПТ внутри помещений АБ должны выполняться одножильными многопроволочными кабелями с медной жилой с кислотостойкой изоляцией.

18.5. Требования к автоматической пожарной защите

18.5.1. Требования к системе оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре рассматриваются непосредственно к зданию, в котором размещены помещения СОПТ, в соответствии с СП 3.13130.2009.

18.5.2. Автоматическая пожарная сигнализация и автоматическое пожаротушение в помещениях СОПТ рассматриваются в соответствии с требованиями СП 484.1311500.2020, СП 485.1311500.2020.

18.6. Объемно-планировочные и конструктивные требования

18.6.1. Аккумуляторные батареи и щиты постоянного тока должны размещаться в специально предназначенных для них раздельных помещениях.

18.6.2. Применяемые строительные конструкции для помещений СОПТ должны быть негорючими и иметь класс пожарной опасности строительных конструкций К0. Пределы огнестойкости конструкций определяются категориями помещений и степенью огнестойкости здания в соответствии с СП 4.13130.2013, СП 2.13130.2020 .

18.6.3. Помещения аккумуляторных батарей и щитов постоянного тока должны быть расположены в непосредственной близости друг от друга и иметь раздельные выходы. По требованию технологии эти выходы могут быть объединены единым тамбуром.

19. Состав проектной документации и объем приемо-сдаточных испытаний

19.1. Требования к разделам проектной документации по СОПТ

19.1.1. Проектная документация должна выполняться в соответствии с Постановлением № 87.

19.1.2. В состав текстовой части – пояснительной записки должны входить следующие пункты:

- описание существующей системы и сети постоянного тока;
- характеристики нагрузок системы постоянного тока;
- объём реконструкции системы постоянного тока;
- описание и обоснование принятых технических и схемных решений;
- обоснование и выбор основного оборудования, в том числе типа и ёмкости АБ, типа и мощности зарядно-подзарядных устройств, типа и мощности устройств стабилизации напряжения при их необходимости;
- результаты расчетов токов коротких замыканий;
- выбор защитной аппаратуры с приложением карт селективности;
- выбор кабелей с учетом термической стойкости и проверки на невозгорание.

19.1.3. В состав графической части – чертежей и рисунков должно входить следующее:

- принципиальные схемы первичной и вторичной коммутации СОПТ;
- план размещения аккумуляторной батареи;
- план размещения оборудования СОПТ;
- раскладка кабелей СОПТ;
- карты селективности;
- расчетные графики нагрузки СОПТ.

19.2. **Требования к объему работ по наладке, испытаниям при вводе оборудования СОПТ в эксплуатацию**

19.2.1. Объем пуско-наладочных работ по аккумуляторной батарее должен включать:

- проверку правильности монтажа и соединений элементов;
- проверку момента затяжки болтовых соединений;
- проверку плотности электролита;
- замер сопротивления изоляции аккумуляторной батареи;
- заряд аккумуляторной батареи;
- проверку емкости аккумуляторной батареи контрольным током 10 часового разряда с последующим зарядом.

19.2.2. Объем пуско-наладочных работ по зарядно-подзарядным устройствам должен включать:

– проверку на соответствие проектной и конструкторской документации;

– механическую ревизию устройства;

– измерение сопротивления изоляции устройства;

– испытание электрической прочности изоляции устройства;

– измерение сопротивления заземления;

– измерение пульсаций выходного напряжения;

– измерение точности стабилизации выходного напряжения;

– измерение точности стабилизации выходного тока;

– проверку работоспособности внутренних защит устройства;

– проверку дополнительных функций устройства;

– проверку индикации рабочего режима;

– проверку индикации и схемы сигнализации неисправностей устройства;

– проверку регулятора напряжения, тока и проверка общей работоспособности устройства на нагрузку при номинальном токе;

– снятие внешней нагрузочной характеристики.

19.2.3. Объем пуско-наладочных работ по шкафам ЩПТ должен включать:

– проверку на соответствие проектной и конструкторской документации;

– механическую ревизию (проверка правильности монтажа и соединений элементов и проверка момента затяжки болтовых соединений);

– измерение сопротивления изоляции силовых цепей;

– измерение сопротивления изоляции вторичных цепей;

– испытание изоляции силовых цепей;

– испытание изоляции вторичных цепей;

– контроль сборных шин;

– контроль паянных и прессованных соединений;

– измерение сопротивления заземления;

– измерение сопротивления постоянному току разъемных контактов;

– проверку соосности и величины вхождения подвижных контактов в неподвижные;

– проверку и калибровку действия максимальных, минимальных или независимых расцепителей автоматических выключателей с оформлением протокола;

– проверку работы всех устройств СОПТ при напряжении 0,8 $U_{ном}$; использование для этой цели промежуточных отпаек от элементов АБ не допускается;

– проверку целостности предохранителей, предохранителей-разъединителей;

– проверку всех устройств контроля и мониторинга оперативных параметров согласно заводской документации;

– проверку информационного обмена системы мониторинга с АСУ ТП ГЭС.

19.2.4. Объем пуско-наладочных работ по стабилизаторам и преобразователям должен включать:

– проверку на соответствие конструкторской документации;

– механическую ревизию устройства;

– измерение сопротивления изоляции устройства;

– испытания электрической прочности изоляции устройства;

– измерение сопротивления заземления;

– измерение номинального выходного напряжения при номинальном токе;

– измерение пульсаций выходного напряжения при номинальном токе;

– измерение статической точности поддержания выходного напряжения;

– отклонение от номинального значения при изменении входного напряжения от минимального до максимального;

– отклонение от номинального значения при изменении (набросе) нагрузки от минимальной до номинальной;

– измерение длительности переходного процесса при изменении (сбросе) нагрузки от номинальной до минимальной;

– проверку работоспособности внутренних защит;

– проверку дополнительных функций;

– проверку индикации рабочего режима;

– проверку индикации и схемы сигнализации неисправностей устройства;

– проверку общей работоспособности устройства в нормальном эксплуатационном режиме;

– проверку динамических характеристик устройства в переходном режиме работы сети постоянного тока при наложении на установившийся нормальный эксплуатационный режим импульсной нагрузки.

19.2.5. Объем пуско-наладочных работ по вспомогательному оборудованию СОПТ должен включать:

– проверку правильности функционирования приточно-вытяжной вентиляции;

– проверку правильности функционирования автоматической пожарной сигнализации;

– проверку правильности функционирования системы контроля доступа в помещения АБ и ЩПТ.

Приложение А

(рекомендуемое)

Типовые схемные решения СОПТ

А.1. В соответствии с разделом 7 Стандарта схему СОПТ можно представить в виде функциональных узлов, первым из которых является панель ввода аккумуляторной батареи и преобразовательных устройств.

В том случае, если установка стабилизатора в цепи ввода рабочего питания ЩПТ не предусматривается, панель ввода питания может быть выполнена по схемам 1 и 2.

А.2. Панель по схеме 1 (рисунок А.1) содержит:

- автоматические выключатели QF-1,2 вводов рабочего питания от аккумуляторной батареи;
- автоматические выключатели QF-3,4 ввода питания от рабочего и резервного зарядно-подзарядных агрегатов;
- переключатели режима заряд-подзаряд QS-3, 4;
- предохранители в цепи контрольного разряда;
- межсекционный рубильник QS-5.

А.3. Панель по схеме 2 (рисунок А.2) содержит:

- автоматический выключатель QF-1 ввода рабочего питания от аккумуляторной батареи;
- автоматические выключатели QF-2, 3 ввода питания от рабочего и резервного зарядно-подзарядных агрегатов;
- переключатели режима заряд-подзаряд;
- FU-1 предохранители в цепи устройства контрольного разряда.

А.4. Представленные варианты схем панелей ввода питания в совокупности с зарядно-подзарядными устройствами, стабилизаторами, распределительными панелями и аккумуляторными батареями позволяют формировать структурную схему СОПТ в соответствии с приведенными в разделе 7 требованиями.

А.5. На рисунке А.3 представлены принципиальные схемы панелей распределения с одинаковым видом защитной аппаратуры, на рисунке А.4 – со смешанным.

А.6. На рисунке А.5 представлена принципиальная схема питания электромагнитов включения выключателей ОРУ, описание которой приведено в разделе 7 Стандарта.

А.7. На рисунке А.6 представлена принципиальная схема питания сети аварийного эвакуационного освещения, описание которой приведено в разделе 7 Стандарта.

А.8. На рисунке А.7 представлены варианты схемы включения DC/DC преобразователей, описание вариантов схем приведено в разделе 7 Стандарта.

А.9. На рисунке А.8 представлены схемы питания цепей оперативной блокировки, описание которых дано в разделе 7 Стандарта.

А.10. Представленная на рисунке А.9 общая структурная схема СОПТ (схема-1 СОПТ) включает следующие элементы:

- две аккумуляторные батареи АБ-1, АБ-2;
- два секционированных щита постоянного тока;
- рабочий и резервный зарядно-подзарядные агрегаты для каждой АБ;
- шкафы питания агрегатной нагрузки.

Ввод рабочего питания ЩПТ от аккумуляторных батарей осуществляется по индивидуальным цепям, защищенным автоматическими выключателями ввода рабочего питания. Каждая секция ЩПТ-1 имеет цепь взаиморезервирования с соответствующей секцией ЩПТ-2. Цепи взаиморезервирования защищены автоматическими выключателями. Протяженность цепей взаиморезервирования ограничивается возможностью выполнения селективной защиты от дуговых замыканий на шинах резервируемого ЩПТ.

Ввод цепей питания от зарядно-подзарядных агрегатов осуществляется через переключатели, позволяющие осуществлять либо работу в режиме подзаряда, либо осуществлять заряд выделенной для заряда АБ. Питание потребителей СОПТ в этом режиме осуществляется от оставшейся в работе АБ с использованием цепей взаиморезервирования. Емкость каждой АБ рассчитана на питание всех потребителей СОПТ обоих ЩПТ в режиме аварийного разряда.

Переключатель, установленный в цепи ввода рабочего питания первой секции ЩПТ, позволяет осуществлять контрольный разряд АБ. От секций ЩПТ питаются общестанционные нагрузки СОПТ, а также агрегатные шкафы для питания агрегатных нагрузок, расположенные в непосредственной близости от потребителей.

Агрегатные шкафы секционированы. Питание секций агрегатных шкафов осуществляется от разных ЩПТ радиальными кабельными линиями.

Схема-1 СОПТ (рисунок А.9) может быть использована для питания потребителей, расположенных в корпусе станции, а также и для питания потребителей ОРУ высокого напряжения. В этом случае ЩПТ-1, 2 и АБ-1, 2 размещаются в электротехнических помещениях, расположенных на территории ОРУ, а агрегатные шкафы из состава нагрузки исключаются.

Объединение ЩПТ, расположенных в корпусе станции с ЩПТ, расположенным на территории ОРУ цепями взаиморезервирования не предусматривается.

А.11. На рисунке А.10 представлена структурная схема СОПТ (схема-2 СОПТ) с использованием схемы 2 панели ввода преобразовательных устройств (см. рисунок А.2).

А.12. На рисунке А.11 представлена структурная схема СОПТ (схема-3 СОПТ), включающая следующие элементы:

- две аккумуляторные батареи;
- две панели ввода питания ПВ-1, ПВ-2;
- рабочий и резервный зарядно-подзарядные агрегаты для каждой АБ;
- стабилизаторы в цепи ввода рабочего питания каждого ЩПТ.

Схема может быть применена как для питания потребителей, расположенных в корпусе станции, так и для питания потребителей, расположенных на ОРУ.

Использование в цепях вводов рабочего питания ЩПТ стабилизаторов позволяет применять схему при наличии значительных толчковых нагрузок либо протяженных цепей питания потребителей.

Емкость каждой из аккумуляторных батарей рассчитана на суммарную нагрузку потребителей СОПТ в режиме аварийного получасового разряда, что позволяет обеспечить режим нормальной эксплуатации аккумуляторных батарей и оборудования панелей вводов рабочего питания с использованием цепи взаиморезервирования.

При компоновке оборудования, предусмотренного структурной схемой желательно двурядное расположение панелей ЩПТ-1,2, стабилизаторов и зарядно-подзарядных устройств в пределах одного электротехнического помещения вблизи аккумуляторных батарей.

Приведенная схема-3 СОПТ удобна при проведении реконструкции СОПТ, так как позволяет при замене аккумуляторных батарей и установке панелей вводов рабочего питания в комплекте с зарядно-подзарядными агрегатами и стабилизаторами на первом этапе реконструкции осуществлять питание потребителей от существующих распределительных панелей, замена которых на новые секции 1, 2 с заменой кабелей питания потребителей СОПТ может быть осуществлена на втором этапе реконструкции.

А.13. На рисунке А.12 представлена структурная схема СОПТ (схема-4 СОПТ), аналогичная схеме-1 СОПТ (рисунок А.9), но предусматривающая использование меньшего количества зарядно-подзарядных агрегатов, а также имеющие сеть заряда, позволяющую использовать любой рабочий зарядно-подзарядный агрегат для заряда любой батареи. Резервный зарядно-подзарядный агрегат может резервировать любой из рабочих агрегатов.

Щиты ЩПТ-1 и ЩПТ-2 могут располагаться как в общем электротехническом помещении, так и раздельно.

А.14. На рисунке А.13 представлена структурная схема СОПТ (схема-5 СОПТ), в которой также, как и в схеме-2 СОПТ (рисунок А.10), предусматривается использование общего резервного подзарядного агрегата. Схема может быть использована как для питания потребителей СОПТ, расположенных в корпусе станции, так и для питания потребителей, расположенных на площадке ОРУ. При этом в графике нагрузок аварийного разряда не должно быть значительных толчковых нагрузок.

Схема питания потребителей СОПТ при такой структурной схеме не должна содержать протяженных цепей питания.

А.15. На рисунке А.14 представлена структурная схема СОПТ (схема-6 СОПТ), аналогичная схеме-3 СОПТ (рисунок А.11), но с секционированием распределительных панелей каждого ЩПТ и возможностью организации питания нагрузок от резервного зарядно-подзарядного агрегата при проведении ремонтных операций.

Емкость каждой АБ предлагаемой схемы также рассчитывается на суммарную нагрузку от потребителей СОПТ двух ЩПТ при использовании сети взаиморезервирования. Схема универсальна и может рекомендована для СОПТ со значительными толчковыми нагрузками и протяженными цепями питания потребителей.

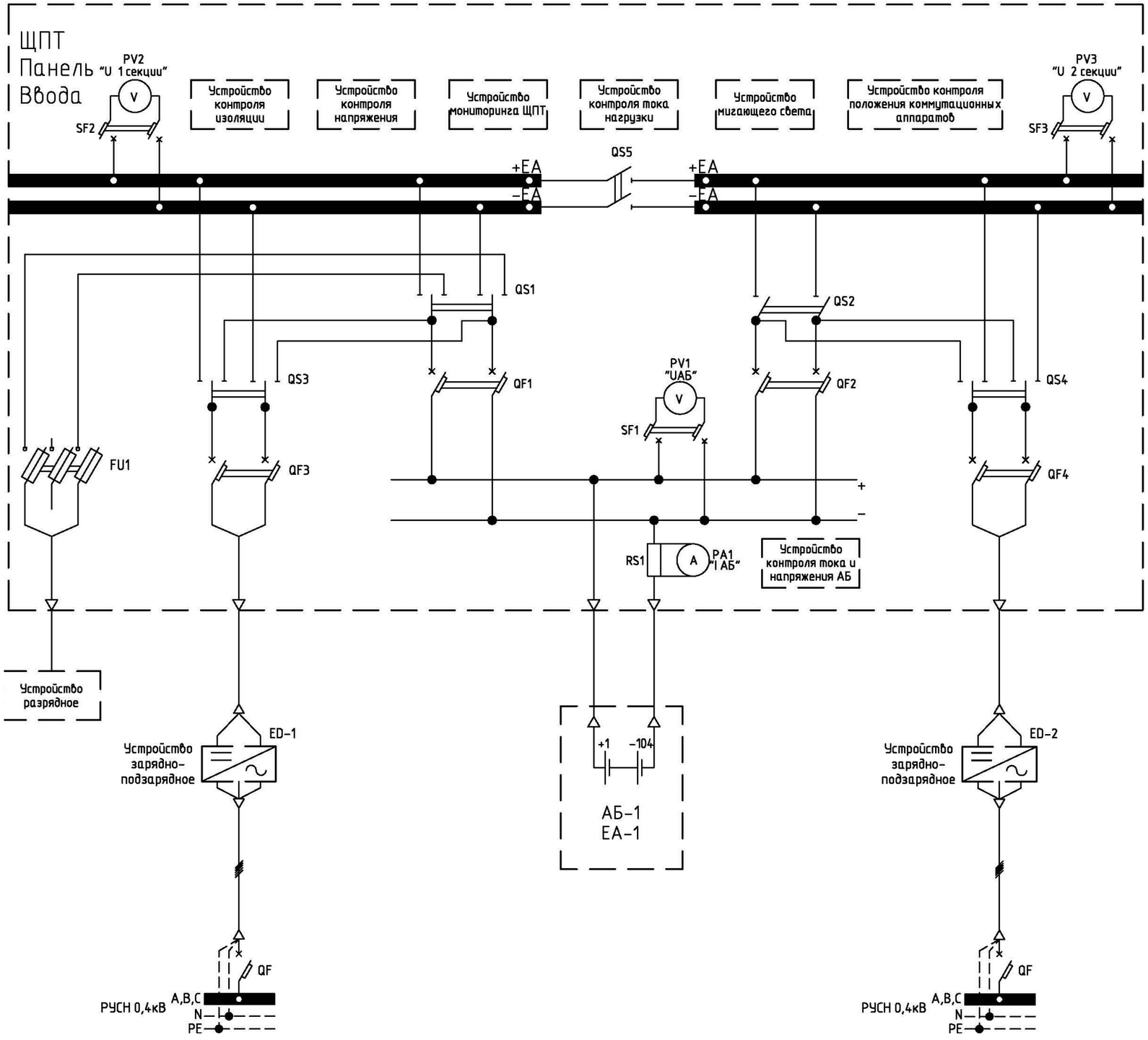


Рисунок А.1 - Принципиальная схема панели ввода питания № 1 (схема 1)

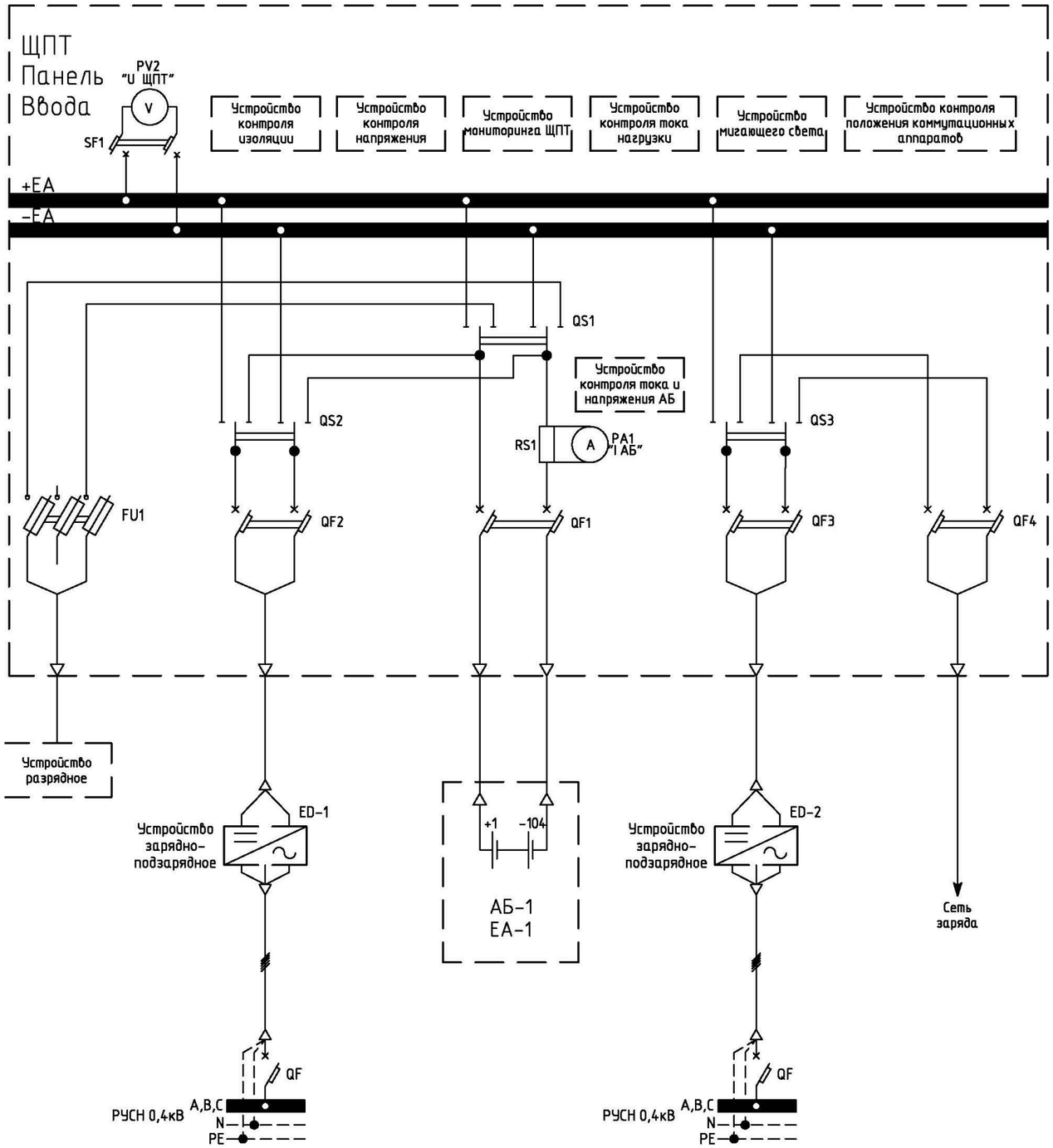
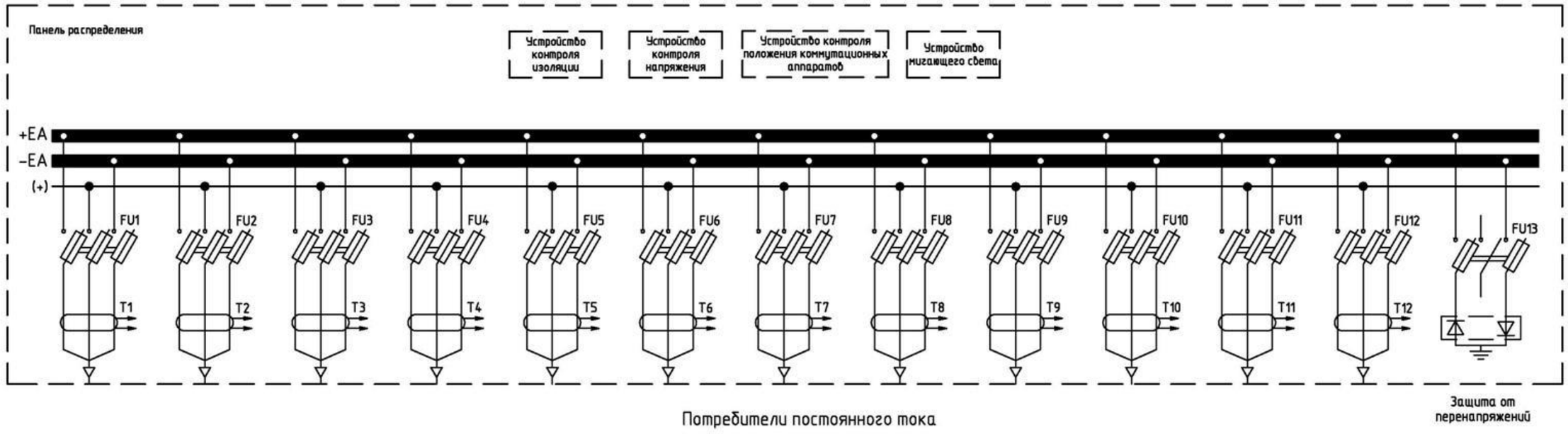


Рисунок А.2 - Принципиальная схема панели ввода питпния № 2 (схема 2)

Вариант 1.



Вариант 2.

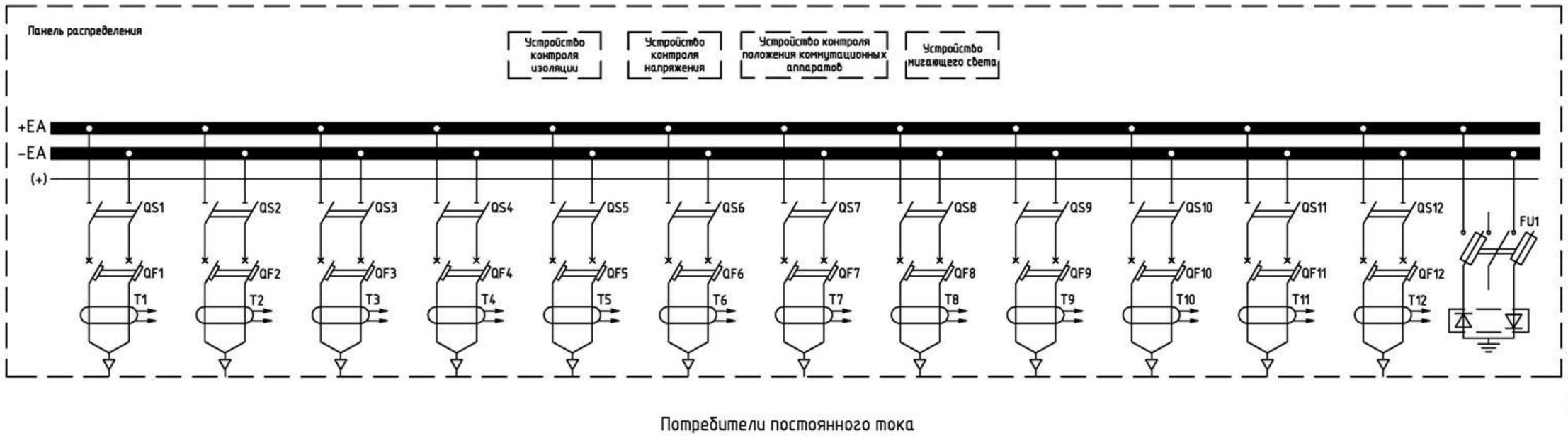


Рисунок А.3 - Варианты принципиальной схемы панели распределения щита постоянного тока с одинаковыми видами защитной аппаратуры

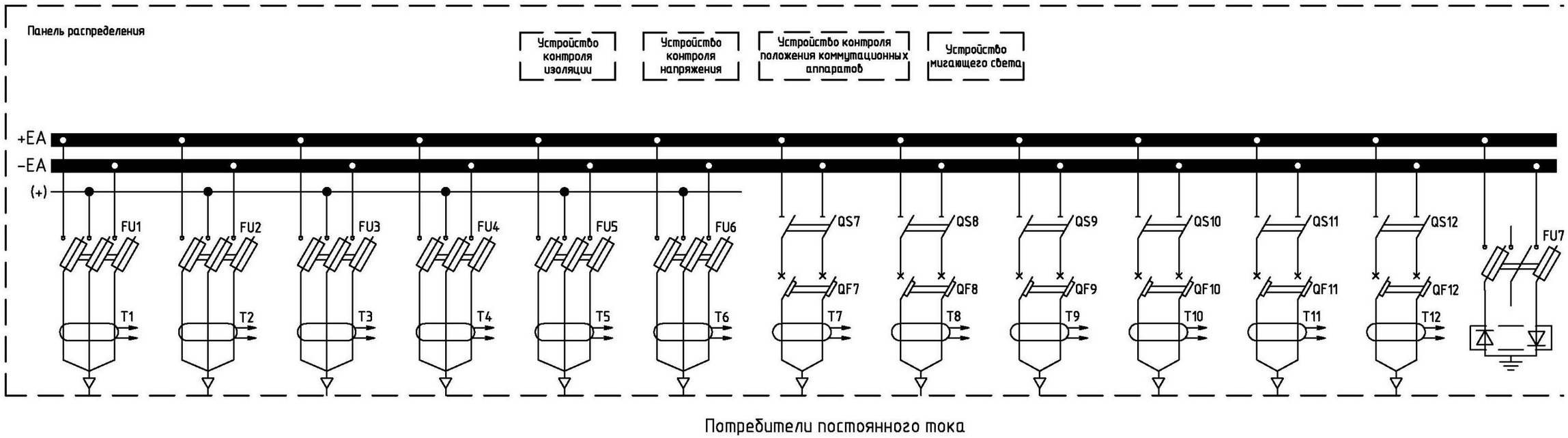


Рисунок А.4 - Принципиальная схема панели распределения щита постоянного тока с различными видами защитной аппаратуры

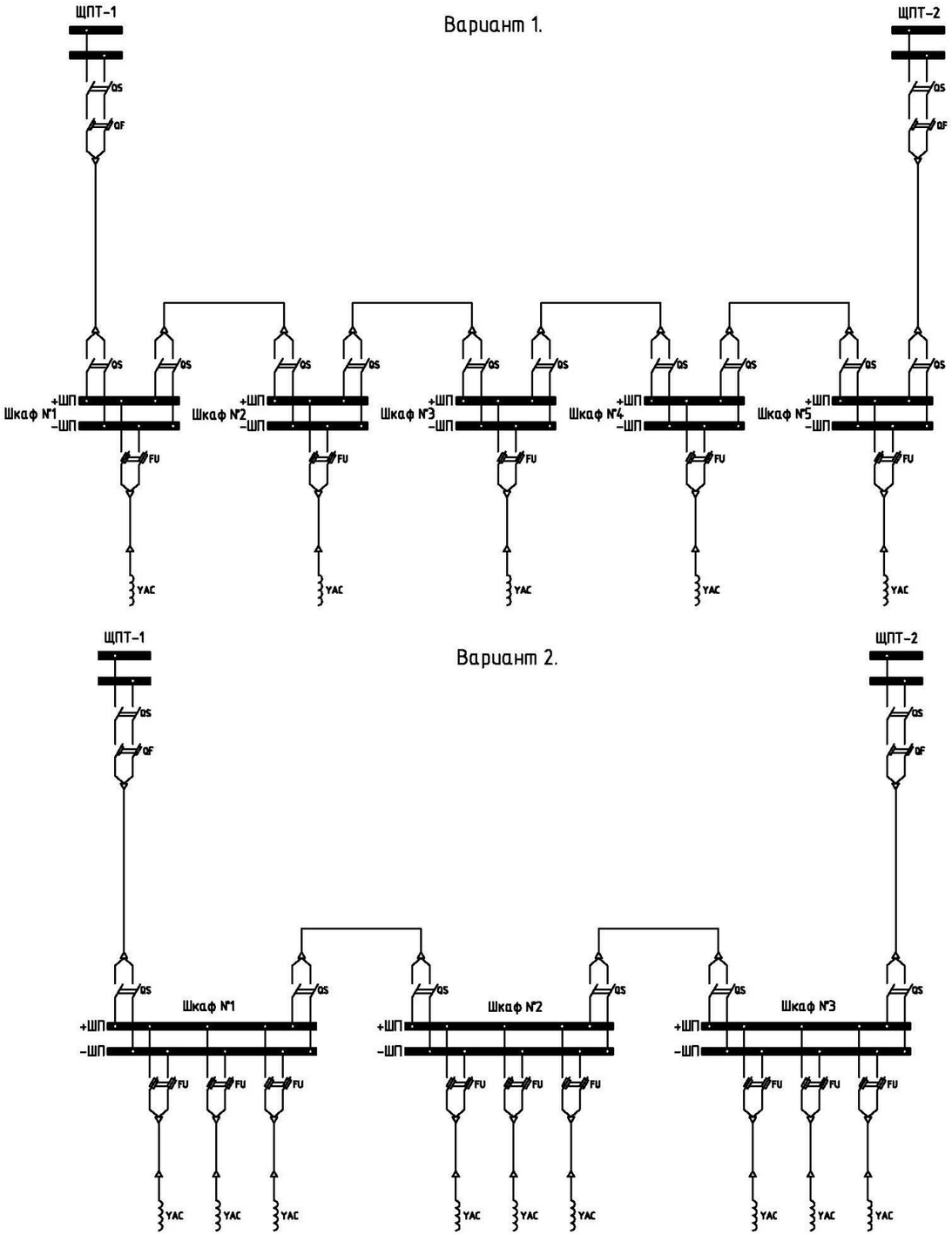


Рисунок А.5 - Принципиальная схема питания электромагнитов включения выключателей ОРУ

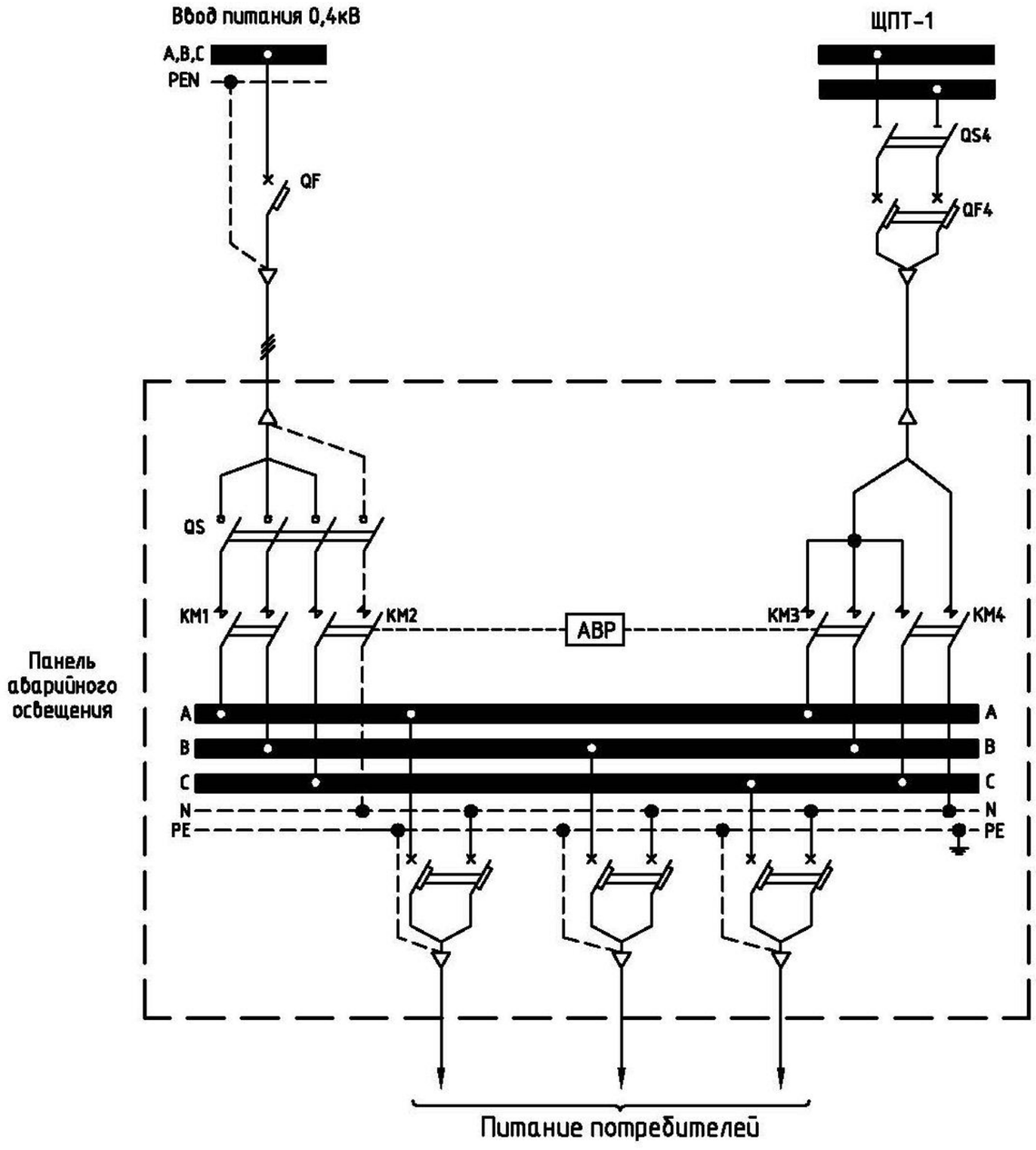
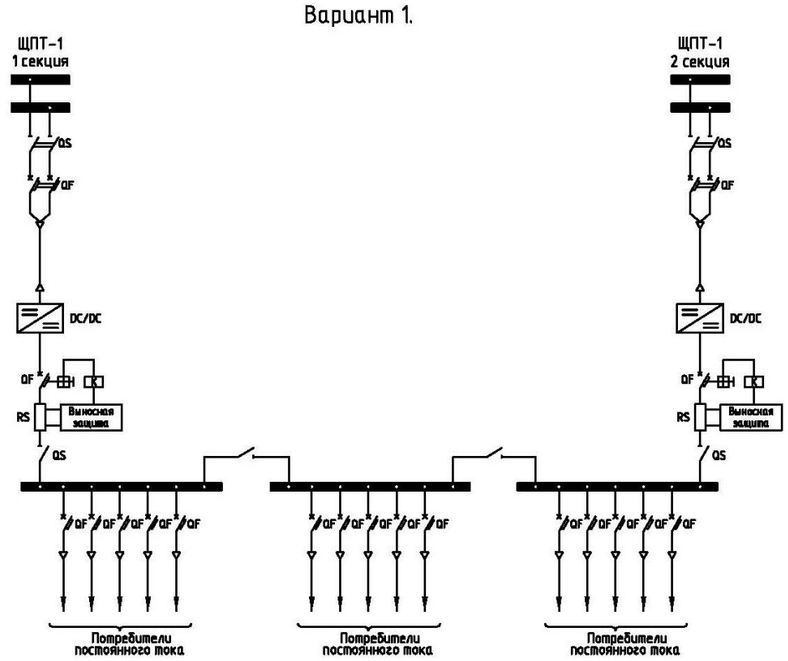
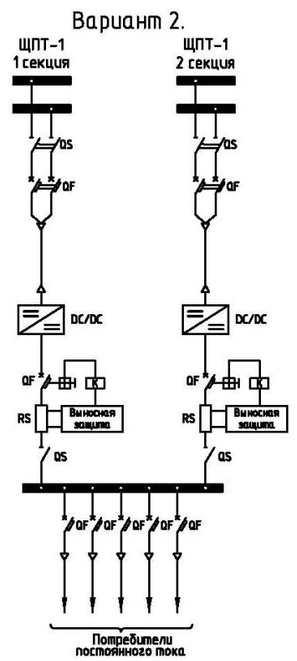
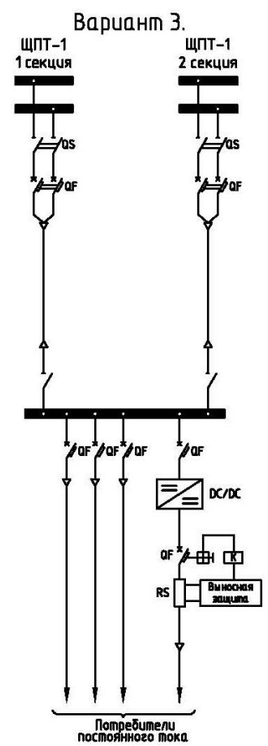
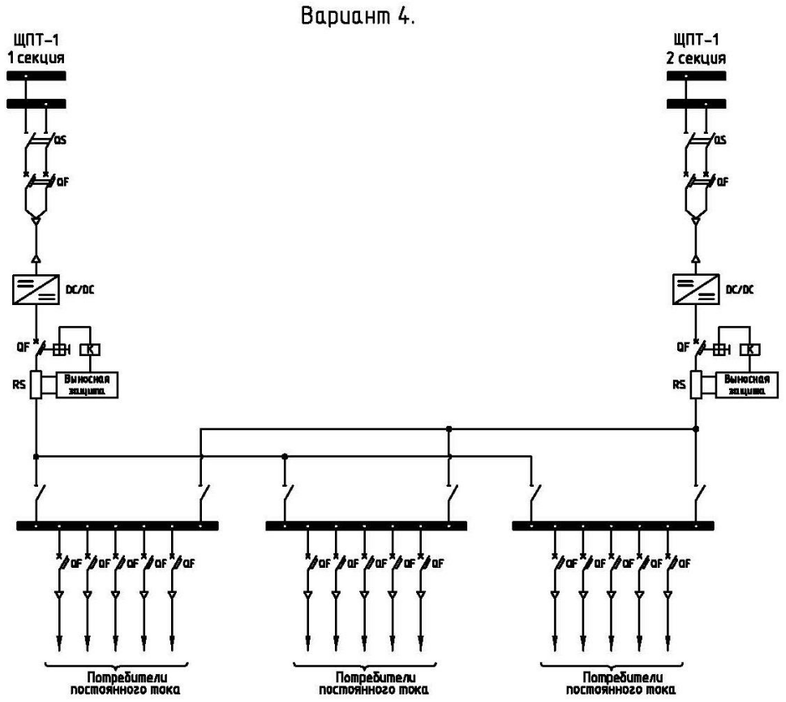


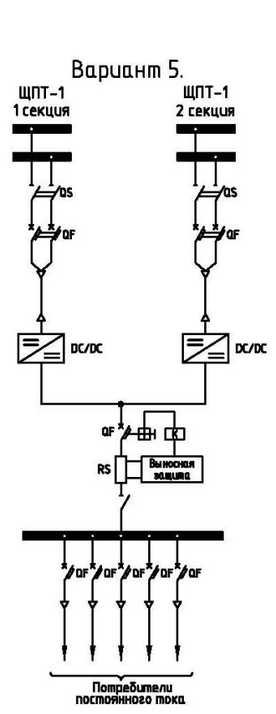
Рисунок А.6 - Принципиальная схема питания сети аварийного освещения











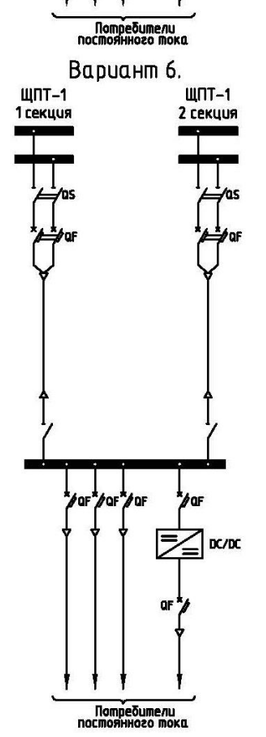


Рисунок А.7 - Схемы включения DC/DC преобразователей

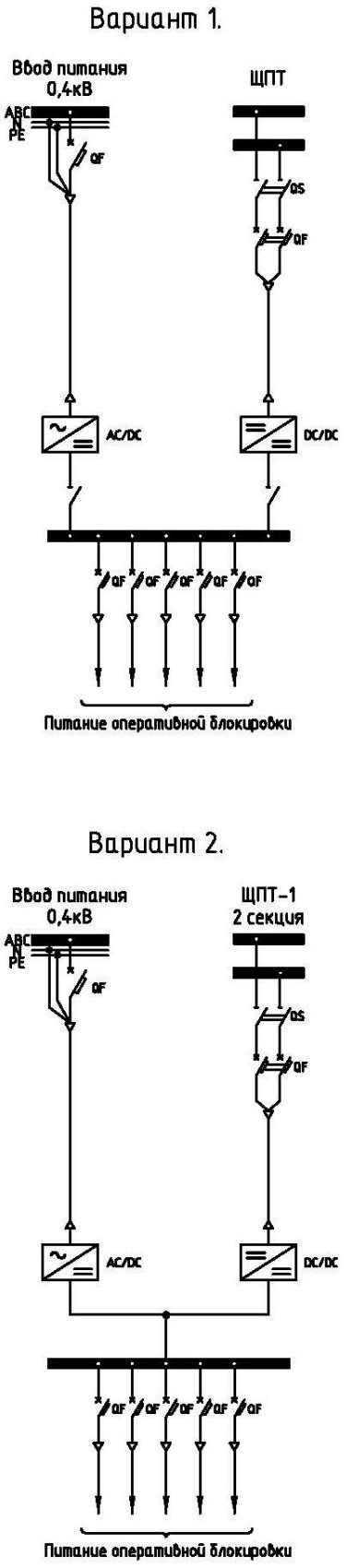


Рисунок А.8 - Схемы питания цепей оперативной блокировки

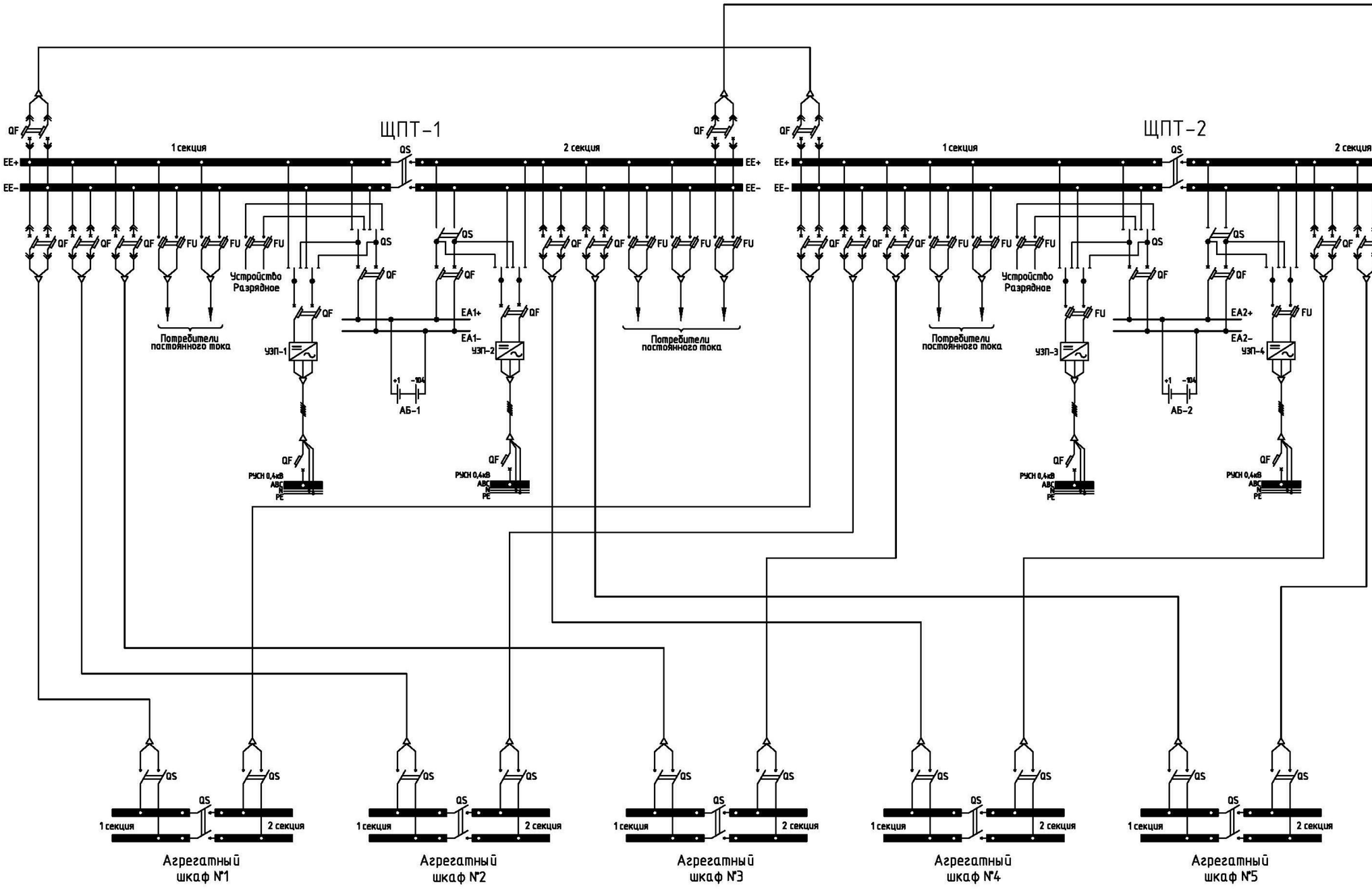


Рисунок А.9 - Структурная схема системы оперативного постоянного тока (схема-1 СОПТ)

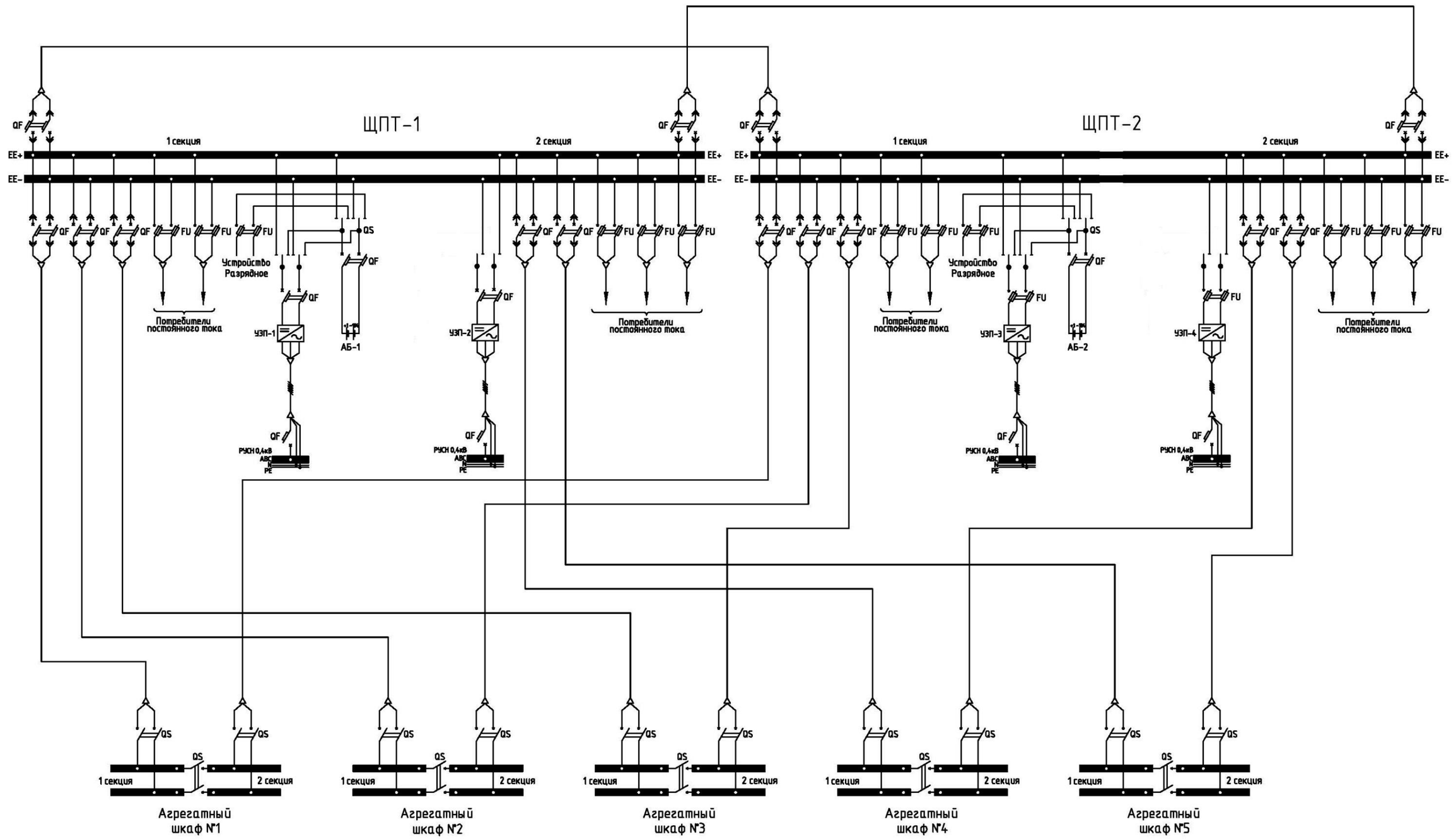


Рисунок А.10 - Структурная схема системы оперативного постоянного тока (схема-2 СОПТ)

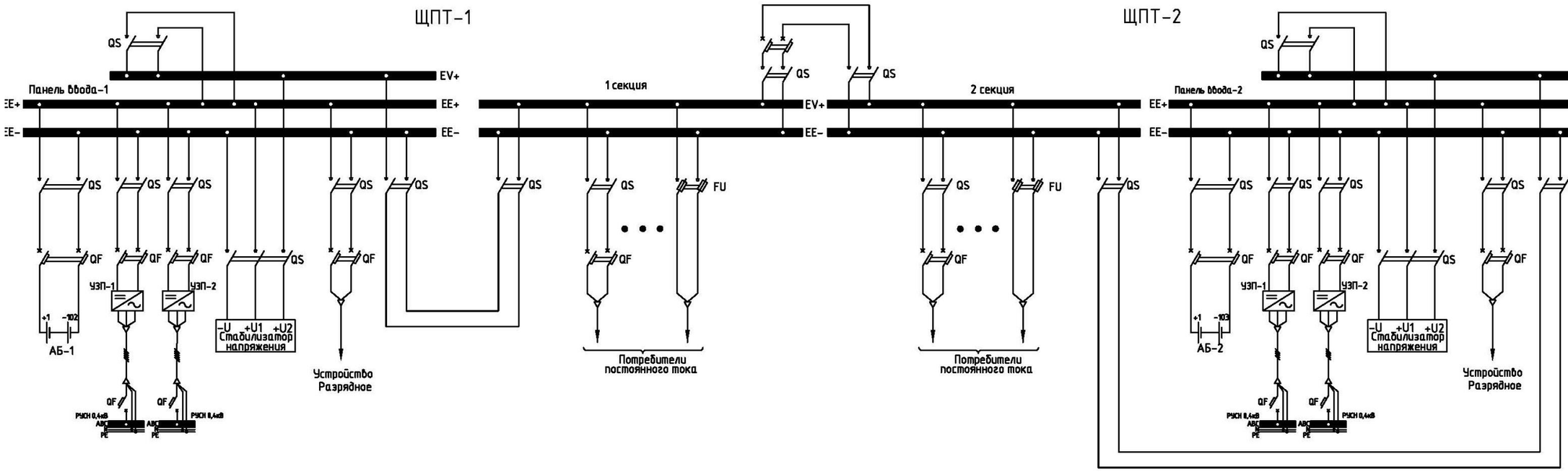


Рисунок А.11 - Структурная схема системы оперативного постоянного тока (схема-3 СОПТ)

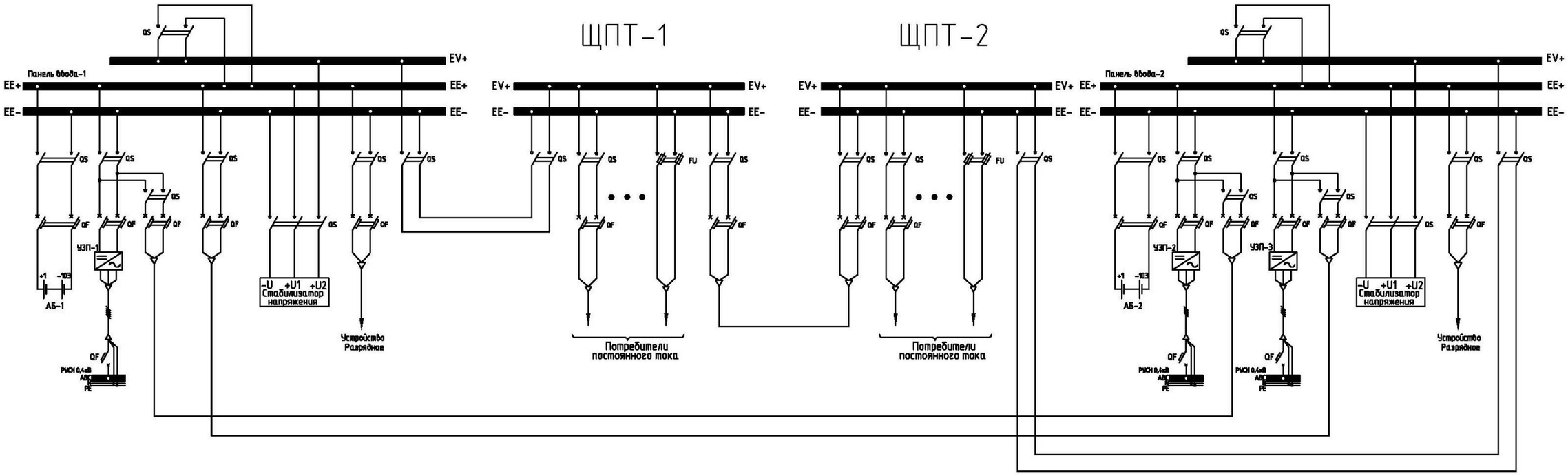


Рисунок А.12 - Структурная схема системы оперативного постоянного тока (схема-4 СОПТ)

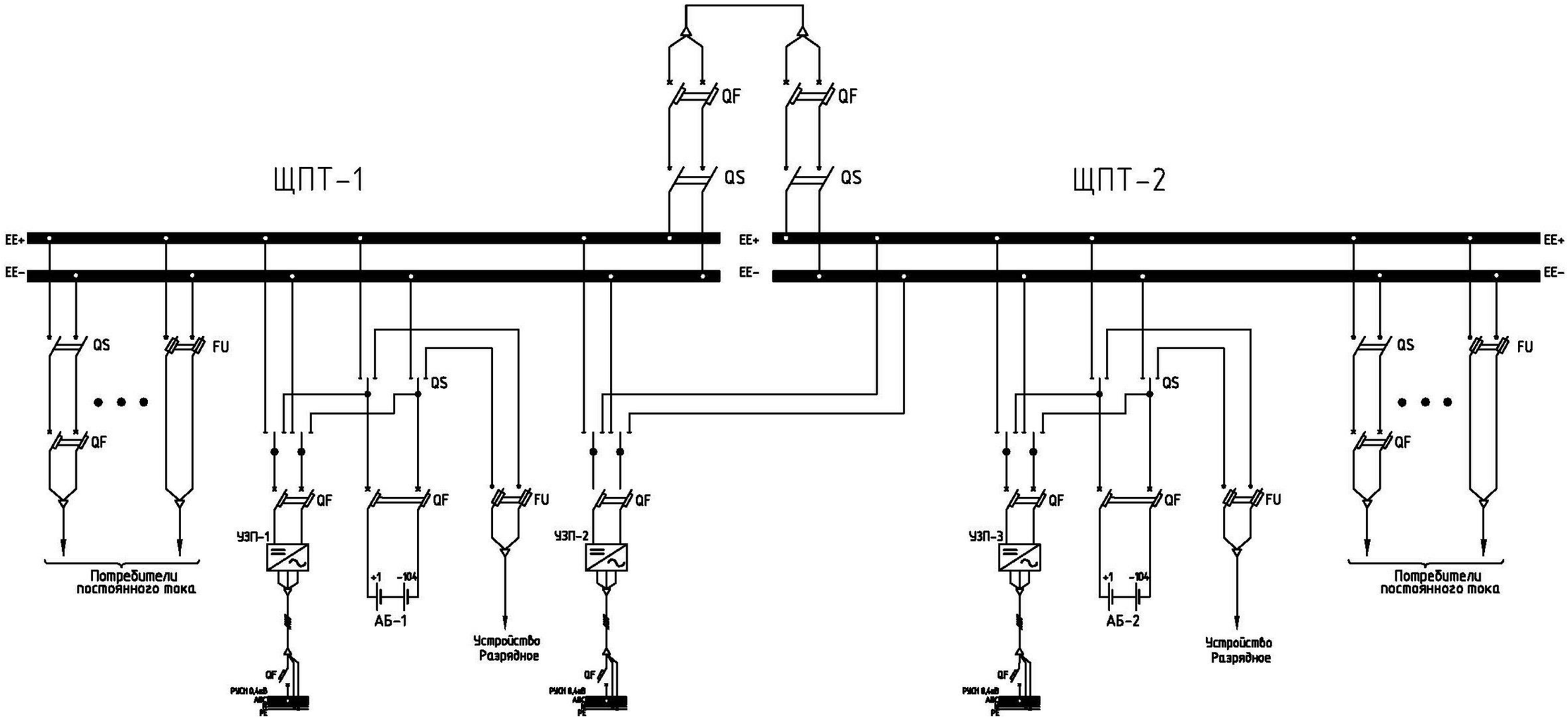


Рисунок А.13 - Структурная схема системы оперативного постоянного тока (схема-5 СОПТ)

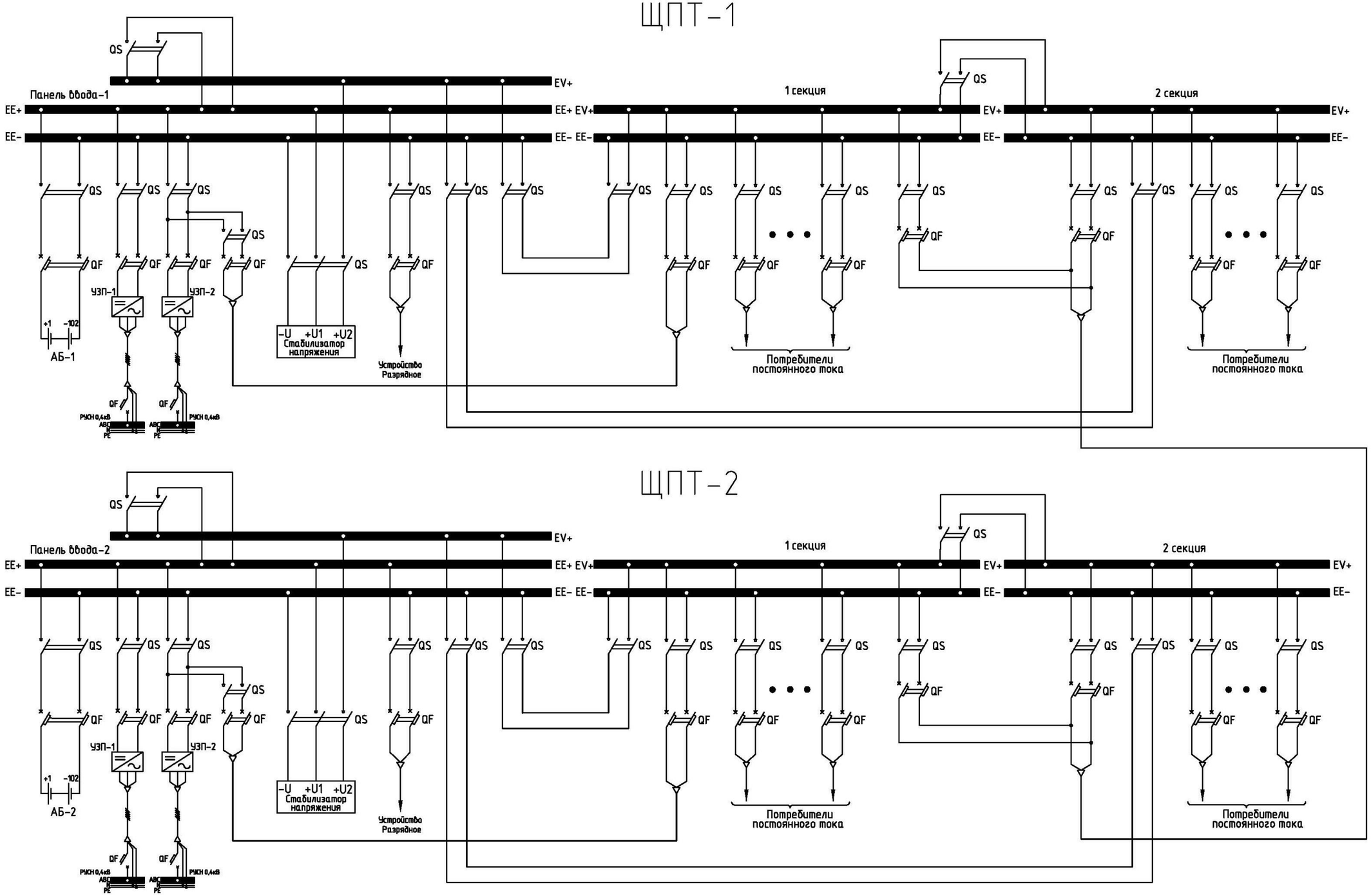
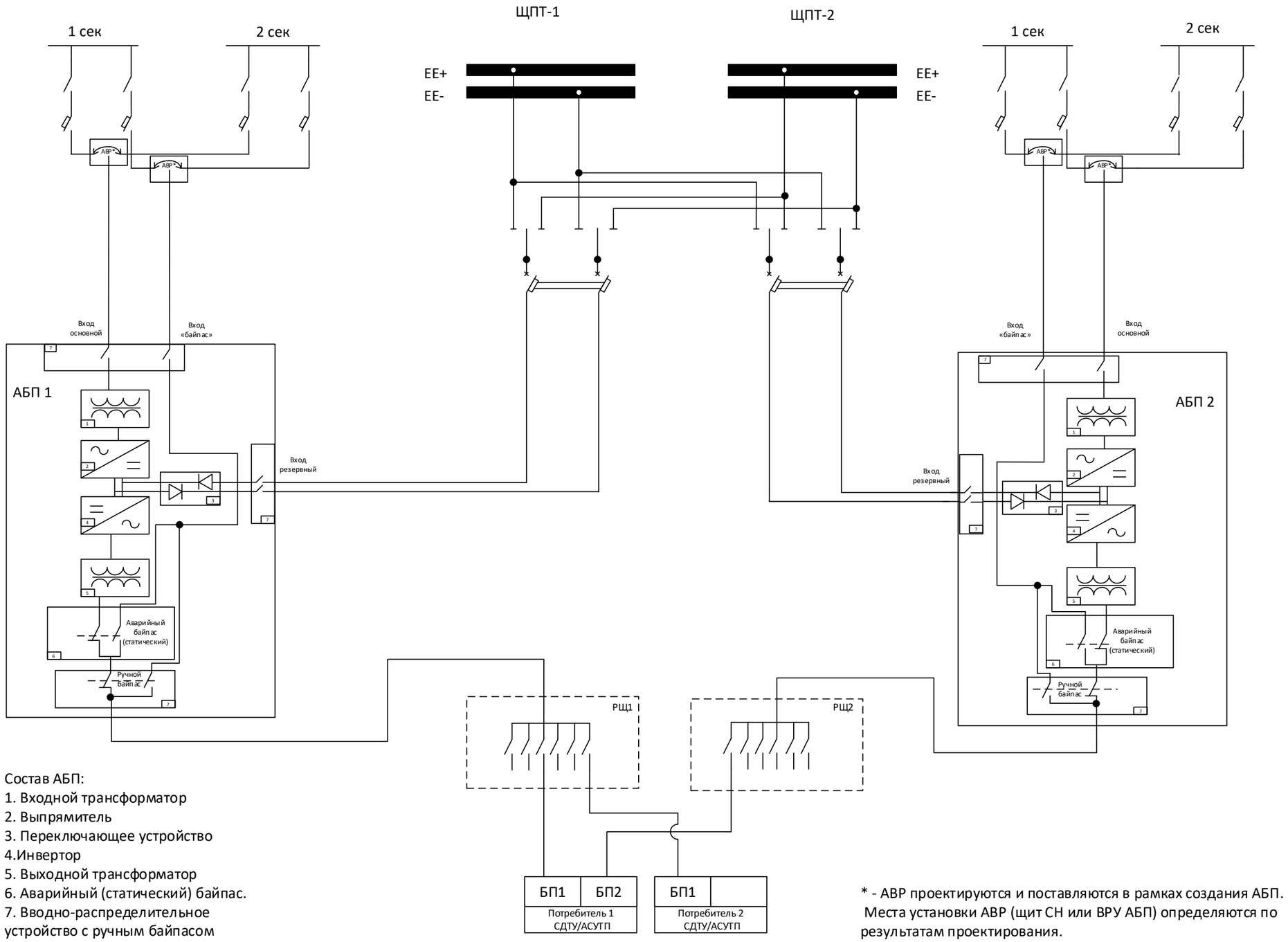


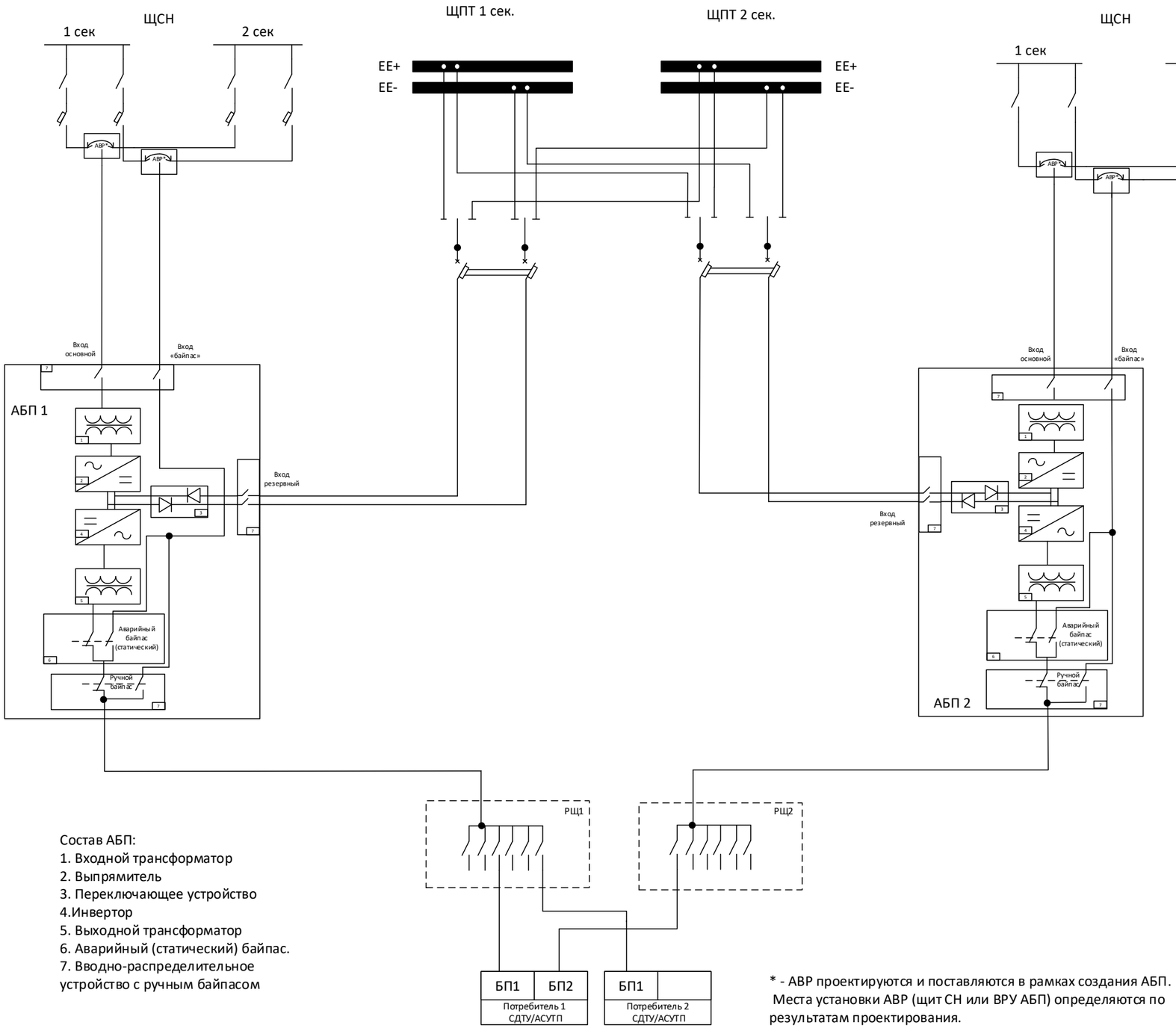
Рисунок А.14 - Структурная схема системы оперативного постоянного тока (схема-6 СОПТ)



Состав АБП:
1. Входной трансформатор
2. Выпрямитель
3. Переключающее устройство
4.Инвертор
5. Выходной трансформатор
6. Аварийный (статический) байпас.
7. Вводно-распределительное устройство с ручным байпасом

* - АВР проектируются и поставляются в рамках создания АБП. Места установки АВР (щит СН или ВРУ АБП) определяются по результатам проектирования.

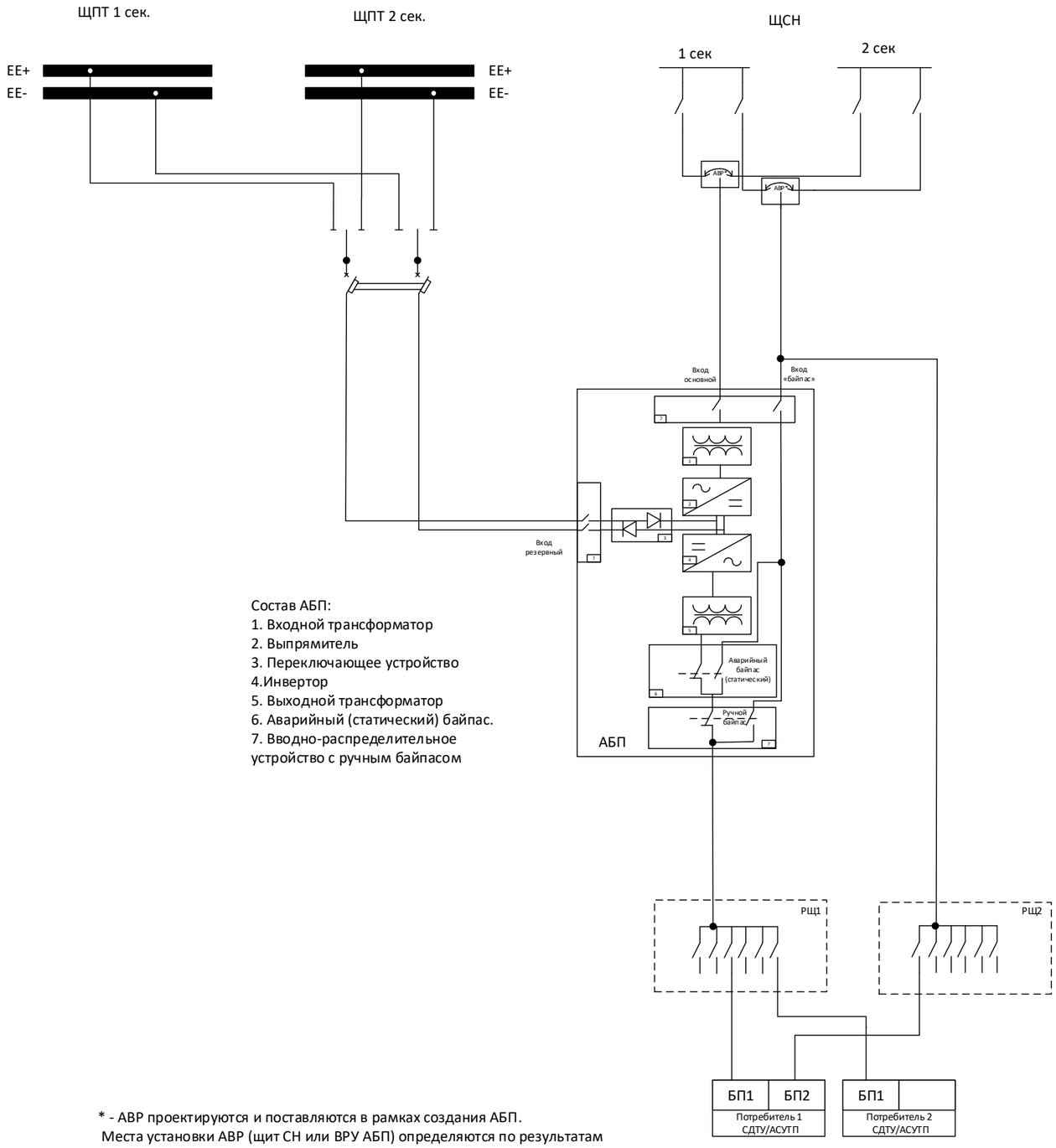
Приложение А.15 - Схема подключения АБП к СОПТ (две АКБ, два АБП) для организации электропитания оборудования СДТУ/АСУТП



Состав АБП:
1. Входной трансформатор
2. Выпрямитель
3. Переключающее устройство
4.Инвертор
5. Выходной трансформатор
6. Аварийный (статический) байпас.
7. Вводно-распределительное устройство с ручным байпасом

* - АВР проектируются и поставляются в рамках создания АБП. Места установки АВР (щит СН или ВРУ АБП) определяются по результатам проектирования.

Приложение А.16 - Схема подключения АБП к СОПТ (одна АКБ, два АБП) для организации электропитания оборудования СДТУ/АСУТП



Состав АБП:
1. Входной трансформатор
2. Выпрямитель
3. Переключающее устройство
4.Инвертор
5. Выходной трансформатор
6. Аварийный (статический) байпас.
7. Вводно-распределительное устройство с ручным байпасом

* - АВР проектируются и поставляются в рамках создания АБП.
Места установки АВР (щит СН или ВРУ АБП) определяются по результатам проектирования.

Приложение А.17 - Схема подключения АБП к СОПТ (одна АКБ, один АБП) для организации электропитания оборудования СДТУ/АСУТП

Приложение Б
(справочное)
Классификация аккумуляторных батарей, основные характеристики

Б.1 Варианты исполнения стационарных аккумуляторных батарей

Стационарные свинцово-кислотные аккумуляторы могут быть разделены на три группы:

1-я группа – открытые аккумуляторы.

Пластины устанавливаются в открытые блоки (стеклянные, эбонитовые, деревянные со свинцовой «рубашкой») и свариваются между собой.

Такие аккумуляторы поставляются в разобранном виде со сборкой на месте эксплуатации.

Эксплуатация батарей такой конструкции требует мощной приточно-вытяжной вентиляции и постоянного внимания со стороны обслуживающего персонала.

К этому типу аккумуляторов относятся отечественные аккумуляторы типа СК с положительными пластинами большой поверхности (типа «Планте») и коробчатыми отрицательными.

Уменьшение выноса аэрозолей серной кислоты обеспечивается только за счёт отражательных стёкол.

2-я группа – открытые малообслуживаемые аккумуляторы характеризуются герметичным соединением бака с крышкой, а также герметичными уплотнениями токовыводов (борнов). Удаление газов из аккумуляторов осуществляется через вентиляционную пробку, которая может выполняться следующим образом:

- лабиринтная вентиляционная пробка, обеспечивающая свободный выход газов, аэрозоли удерживаются за счёт лабиринтной конструкции и системы отражателей
- вентиляционная пробка с аэрозольным фильтром на основе пористой керамики практически полностью исключает вынос аэрозолей из аккумулятора
- каталитическая пробка, обеспечивающая рекомбинацию газов, образующихся при работе аккумуляторов и исключающая необходимость периодической доливки дистиллированной воды.

3-я группа - герметизированные необслуживаемые аккумуляторы (Valve Regulated Lead Acid) VRLA. За счёт практически полной рекомбинации газов внутри аккумулятора, что достигается конструктивно и соблюдением режима заряда, газовыделение при эксплуатации практически полностью исключено.

Каждый аккумулятор имеет клапан, который устанавливается в заливочное отверстие. К этой группе аккумуляторов относятся две технологии: технология с загущенным, представляющим желеобразную массу электролитом и технология с электролитом, абсорбированном в сепараторе из стекловолокна.

Б.2 Конструктивное исполнение стационарных аккумуляторов

Стационарные аккумуляторы выпускаются в виде отдельных элементов с напряжением 2 В и в блочном исполнении в составе 2, 3 или 6 аккумуляторов в блоке напряжением 4, 6 и 12 В. Эксплуатационные характеристики – ёмкость, диапазон допустимых токов и срок службы в значительной степени определяются их конструкцией и прежде всего конструкцией положительного электрода. Большинство европейских стран производят аккумуляторы, которые удовлетворяют требованиям стандарта МЭК и DIN.

Название аккумулятора часто соответствует конструкции положительных пластин. Аккумуляторы GroE – аккумуляторы с положительными электродами большой поверхности типа «Планте», аккумуляторы Vb с решетчатыми положительными пластинами и аккумуляторы OGi с плоскими положительными пластинами. Аккумуляторы OPzS и OCSM – аккумуляторы с трубчатыми положительными электродами.

Б.2.1 Аккумуляторы с положительными пластинами большой поверхности (тип GroE)

Активный слой на положительных пластинах большой поверхности образуется из материала самой пластины путём окисления поверхности свинца. Пластины большой поверхности изготавливаются из чистого свинца и имеют развитую поверхность.

Действительная поверхность такой пластины в 10 раз превосходит кажущуюся. Аккумуляторы GroE являются единственным типом аккумуляторов, которые при длительной эксплуатации не только не ухудшают свои основные электрические свойства характеристики, но напротив, имеют тенденцию постепенного увеличения фактической разрядной ёмкости.

Благодаря большой поверхности пластин и массивному токоотводу эти аккумуляторы имеют самое малое внутреннее сопротивление и самую большую нагрузочную способность, что очень важно при работе со значительными толчковыми нагрузками. Продолжительность возможной эксплуатации батарей типа GroE не менее 25 лет.

Разрядные характеристики пластин аккумуляторов GroE приведены в приложении В.

Б.2.2 Аккумуляторы с намазными положительными электродами (тип OGi)

Активный слой аккумуляторов типа OGi (намазных) наносится в виде пасты на решётчатую поверхность пластины. Удельная ёмкость аккумуляторов этого типа превосходит ёмкость аккумуляторов с пластинами большой поверхности, аккумулятор имеет высокие разрядные характеристики и малое внутреннее сопротивление. Характеризуется относительно непродолжительным сроком службы (в среднем 10 лет).

Б.2.3 Аккумуляторы с панцирными положительными электродами (типов OPzS и OCSM)

Главным отличительным признаком батарей типа OPzS является конструкция их положительного электрода. Основой трубчатой пластины является жёсткая свинцовая гребёнка, получаемая методом литья под давлением, которая в свою очередь размещается внутри специального защитного чехла, состоящего из полых соединённых между собой трубок. Каждая трубка заполняется активным веществом образующим рабочую активную массу пластины. Трубчатый защитный чехол надёжно удерживает активный материал, препятствуя его оплыванию и осыпанию на протяжении всего срока эксплуатации. Благодаря применению защитных чехлов срок службы аккумуляторов типа OPzS больше чем у аккумуляторов типа OGi и составляет 18 лет.

Аккумуляторы OPzS предназначены для работы в режиме постоянного подзаряда, однако устойчиво работают и в циклическом режиме допуская до 1200 циклов заряд-разряд. Однако внутреннее сопротивление аккумулятора OPzS примерно в 1,5 раза выше, чем у аккумуляторов типа GroE и OGi. Разрядный ток аккумулятора типа OPzS ниже разрядного

тока аккумулятора типа GroE примерно в 1,4 раза, а аккумулятора OGi в 1,25 раза, что ограничивает область применения аккумуляторов этого типа.

В аккумуляторах типа OCSM решетка отрицательных пластин изготовлена из тянутой меди. Замена свинцовой решётки на медную с дополнительной активной массой для отрицательных пластин позволила уменьшить внутреннее сопротивление батареи и повысить удельные энергетические характеристики.

Особым представителем аккумуляторов с намазными положительными пластинами являются аккумуляторы типа Vb. Особенностью конструкции положительных токоотводов этой батареи являются утопленные в активную массу вертикальные токоотводящие элементы – стержни круглого сечения из свинцовосурмянистого сплава с содержанием сурьмы 1,6% легированного селеном. На положительные пластины одевается конверт из стекловолокна, препятствующий оплыванию активной массы.

Благодаря увеличенному сечению токоотводов, внутреннее сопротивление этих батарей приближено к значению внутреннего сопротивления аккумуляторов с пластинами большой поверхности, что позволяет обеспечивать режим толчковой нагрузки. Срок возможной эксплуатации этих батарей такой же, как и у батарей OPzS.

Разрядные характеристики пластин аккумуляторов OPzS и OCSM приведены в приложении В.

Приложение В
(рекомендуемое)
Пример выбора аккумуляторных батарей

Основным справочным материалом при расчетах по данной методике являются семейства разрядных характеристик (разрядные номограммы) при разряде постоянным током, построенные для одной пластины определённого типа.

В данном примере использованы разрядные характеристики для аккумуляторных батарей типа GroE.

Описание номограммы (см. рисунки В.2 – В.4, В.6 – В.15):

- по горизонтальной оси отложены значения емкости, которые снимаются с пластины;
- по вертикальной оси отложены значения напряжения на элементе под нагрузкой;
- семейство кривых, идущих слева сверху - направо вниз (голубые линии), представляет собой зависимости напряжения на элементе от величины снятого с пластины заряда (емкости) при заданном постоянном токе разряда, иначе говоря, это и есть разрядные характеристики в пересчете на одну пластину;
- семейство кривых, идущих слева снизу – направо вверх (голубые линии), представляет собой зависимости напряжения на элементе от тока разряда (в амперах, оцифровка по нижней кривой) при заданной остаточной емкости пластины (в процентах, оцифровка по верхней кривой);
- коричневые кривые – графическое представление разрядных характеристик в часовом, 30-минутном, 15-минутном и других режимах разряда.

В.1 Пример № 1. Выбор аккумуляторной батареи по номограммам с учётом стабилизатора

В качестве примера рассмотрим выбор аккумуляторной батареи для ГЭС. График нагрузки приведен на рисунке В.1. С учётом включения в цепь питания стабилизатора ток разряда составит $I_р = 300 \cdot 1{,}25 = 375$ А в течение 30 минут и толчок тока $I_т = 660 \cdot 1{,}25 = 825$ А длительностью 1 с незадолго до конца 30-минутного интервала (на рисунке показан условно применительно к примеру № 2).

Расчёт (шаг 1) выполняем для батареи GroE с пластинами 100 А·ч, пользуясь номограммой на рисунке В.2. «Траектория» движения по номограмме изображена зелёным цветом.

В соответствии с условиями работы устройства стабилизатора напряжение на входе устройства должно быть не менее 175 В. Таким образом, минимально допустимое напряжение на элементе АБ (при 102 рабочих элементах) составит 1,72 В.

Для выбора аккумуляторной батареи принимаем минимально допустимое напряжение на элементе 1,75 В.

Отмечаем уровень минимально допустимого напряжения 1,75 В (верхняя красная линия).

Пересечение кривой 30-минутного разряда (зелёная кривая, точка 1) и линии минимально допустимого напряжения 1,75 В на элемент (красная линия) соответствует току пластины 91 А и снимаемой ёмкости с пластины в течении 30 минут равной 45,5 А·ч (пунктирные линии).

Из графика нагрузки (рисунок В.1) определяем, что за 30 минут разряда с аккумуляторной батареи снимается ёмкость 375·0,5 = 187,5А·ч.

Таким образом, определяем количество пластин АБ – 187,5/45,5 = 4,12 = 5 пластин, что соответствует аккумуляторной батарее типа 5 GroE 500.

В соответствии с графиком нагрузки в конце аварийного получасового разряда толчок тока равен 825 А.

Для аккумуляторной батареи 5 GroE 500 при толчке 825 А ток на пластину составит 825/5 = 165 А – проводим из точки 1 линию до пересечения с кривой тока (синяя линия) на пластину 165 А – точка 2. При этом напряжение на элементе аккумуляторной батареи опускается значительно ниже установленного уровня 1,75 В.

Таким образом, принятая аккумуляторная батарея не соответствует установленным требованиям.

Продолжим выбор с использованием рисунка В.3 (шаг 2).

Отмечаем уровень минимально допустимого напряжения 1,75 В (красная линия).

Из рисунка В.2 было определено, что аккумуляторная батарея типа 5 GroE 500 не удовлетворяет требованиям, т.е. необходимо уменьшить ток на одну пластину.

Примем ток на пластину равным 60 А. Найдем точку пересечения 30-минутной кривой разряда и кривой разряда постоянным током 60А (точка 3).

При разряде током 60 А в течение 0,5 ч с пластины снимается ёмкость 60·0,5 = 30А·ч.

Точку 3 так же можно определить, восстановив перпендикуляр из точки 30 А·ч по нижней шкале до точки пересечения с кривой 30-минутного разряда. Данное пересечение и будет точкой 3.

Напряжение на элементе АБ в точке 3 около 1,9 В, что может удовлетворить требования.

Определим количество пластин АБ – 375/60 = 6,25 = 7 пластин.

Проведем линию из точки 3 до пересечения с уровнем минимального напряжения на элементе 1,75 В – точка 4. Ток на одну пластину при этом будем равен приблизительно 120 А (пунктирная линия).

Определим количество пластин АБ – 825/120 = 6,88 = 7 пластин.

По результатам проведенных расчётов примем аккумуляторную батарею типа 7 GroE 700.

Проведём проверочный расчёт с использованием рисунка В.4 (шаг 3).

Отмечаем уровень минимально допустимого напряжения 1,75 В (красная сплошная линия).

Количество пластин n = 7.

Ток пластины в течение 30 минут I_1=375/7=53,6 А.

Ток пластины во время толчка I_2=825/7=117,9 А.

Находим точку пересечения характеристики разряда током 53,6 А с кривой 30-минутных разрядов (точка 5). Для определения точки 5 возводим перпендикуляр из точки 27 А·ч (53,6·0,5 = 26,8 =27 А·ч) до пересечения с кривой 30-минутного разряда.

Из точки 5 проводим вертикальную прямую до пересечения с характеристикой разряда при токе 117,9 А (точка 6) и на вертикальной оси считываем значение напряжения во время толчка тока, которое оказывается равно 1,76 В.

Таким образом, аккумуляторная батарея 7 GroE 700 удовлетворяет принятым требованиям.

В.2 Пример № 2. Выбор аккумуляторной батареи по номограммам без учёта стабилизатора

Выбор аккумуляторной батареи без учёта устройств стабилизации напряжения проведём для графика нагрузки (рисунок В.1).

Ток разряда составляет Iр = 300А в течении 30 минут и толчок тока $I_т$ = 660А длительностью 1 с незадолго до конца 30-минутного интервала..

В данном случае конечное напряжение на элементе АБ будет определяться исходя из требуемого уровня напряжения у потребителей постоянного тока.

Наиболее удалёнными потребителями системы постоянного тока ГЭС, как правило, являются электромагниты включения масляных выключателей ОРУ.

Рассчитаем падание напряжения в цепи питания электромагнитов включения выключателей ОРУ-110 кВ (рисунок В.5).

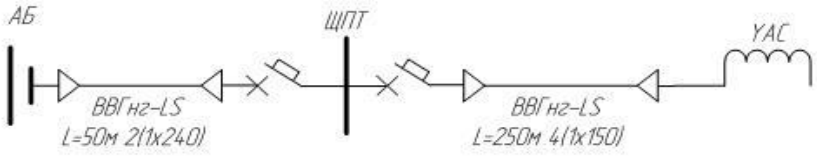


Рисунок В.5 - Цепь питания электромагнитов включения выключателей ОРУ-110 кВ

В качестве высоковольтных выключателей ОРУ-110 кВ, в соответствии с графиком нагрузки, принимаем выключатели У-110 с приводом ШПЭ-44, Івкл = 360 А.

Рассчитаем падение напряжения в цепи от аккумуляторной батареи до щита постоянного тока.

Определим сопротивление кабеля:

Rк АБ = 0,0172· (2·50/240) = 0,00716 Ом

Ток в цепи АБ при включении выключателя равен 660 А.

Определим потери напряжения в кабеле:

ΔUк АБ = 0,00716 · 660 = 4,7 В

Рассчитаем падение напряжения в цепи от щита постоянного тока до электромагнита включения выключателя У-110.

Определим сопротивление кабеля:

Rк ЭМВ = 0,0172· (2·250/300) = 0,0287 Ом

Ток в цепи электромагнита включения при включении выключателя равен 360 А.

Определим потери напряжения в кабеле:

ΔUк ЭМВ = 0,0287 · 360 = 10,3 В

Минимально допустимое напряжение на электромагните включения выключателя У-110 составляет 176 В, исходя из этого определим минимально допустимое напряжение на аккумуляторной батарее, необходимое для включения выключателя с учётом падения напряжения в кабеле:

U АБ min = 176+4,7+10,3 =191 В.

Минимальное напряжение на элементе АБ равно (исходя из 104 рабочих элементов):

U эл. АБ min = 191/104 = 1,83 В.

Для выбора аккумуляторной батареи принимаем минимально допустимое напряжение на элементе 1,85 В.

Расчет (шаг 4) проводим с использованием номограммы на рисунке В.6.

Отмечаем уровень минимально допустимого напряжения 1,85 В (красная линия).

Примем ток на пластину равным 40 А. Найдем точку пересечения 30-минутной кривой разряда и кривой разряда постоянным током 40 А (точка 7).

При разряде током 40 А в течении 0,5 ч с пластины снимается ёмкость 40·0,5 = 20А·ч.

Точку 7 так же можно определить, восстановив перпендикуляр из точки 20А·ч по нижней шкале до точки пересечения с кривой 30-минутного разряда. Данное пересечение и будет точкой 7.

Напряжение на элементе АБ в точке 7 выше 1,9 В, что удовлетворяет требованиям.

Определим количество пластин АБ – 300/40 = 7,5 = 8 пластин.

Проведем линию из точки 7 до пересечения с уровнем минимального напряжения на элементе 1,85 В – точка 8. Ток на одну пластину при этом будем равен приблизительно 80А (пунктирная линия).

Определим количество пластин АБ – 660/8 = 8,25 = 9 пластин.

По результатам проведенных расчётов примем аккумуляторную батарею типа 8 GroE 800.

Проведём проверочный расчёт (шаг 5) с использованием номограммы на рисунке В.7.

Отмечаем уровень минимально допустимого напряжения 1,85 В (красная линия).

Количество пластин n = 8.

Ток пластины в течении 30 минут I1=300/8 = 37,5 А.

Ток пластины во время толчка I2=660/8 = 82,5 А.

Находим точку пересечения характеристики разряда током 37,5 А с кривой 30-минутных разрядов (точка 9). Для определения точки 9 возводим перпендикуляр из точки 19 А·ч (37,5·0,5 = 18,75 = 19 А·ч) до пересечения с кривой 30-минутного разряда.

Из точки 9 проводим вертикальную прямую до пересечения с характеристикой разряда при токе 82,5 А (точка 10) и на вертикальной оси считываем значение напряжения во время толчка тока, которое оказывается равно 1,85 В.

Таким образом, аккумуляторная батарея 8 GroE 800 удовлетворяет принятым требованиям.

Разрядные характеристики пластин типа GroE различной емкости для аккумуляторных батарей представлены на рисунках В.8 и В.9.

Разрядные характеристики пластин типа OPzS для аккумуляторных батарей представлены на рисунках В.10, В.11 и В.12.

Разрядные характеристики пластин типа OCSM для аккумуляторных батарей представлены на рисунках В.13, В.14 и В.15.

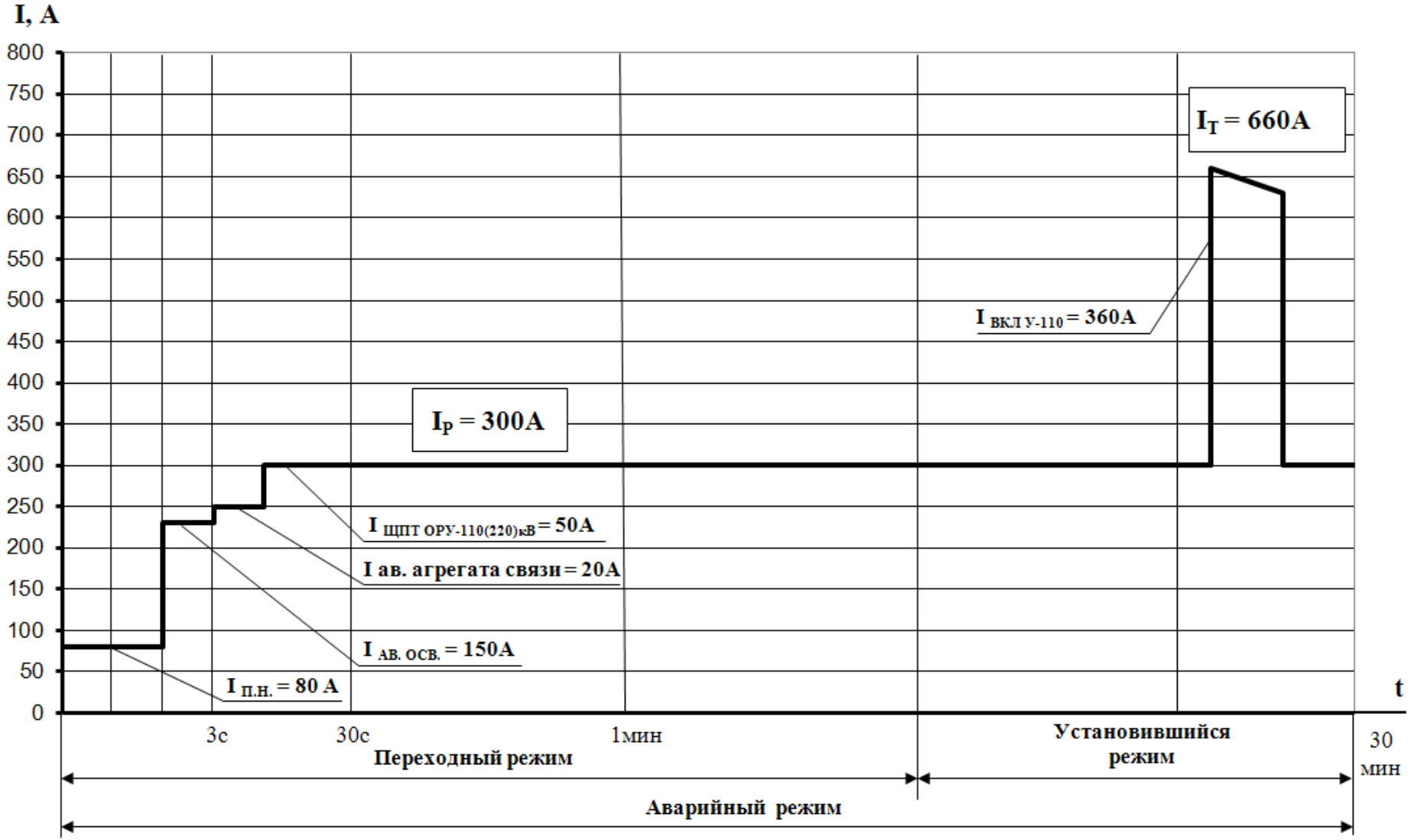


Рисунок В.1 - График нагрузки АБ при питании потребителей ЩПТ-1,2 в режиме аварийного получасового разряда

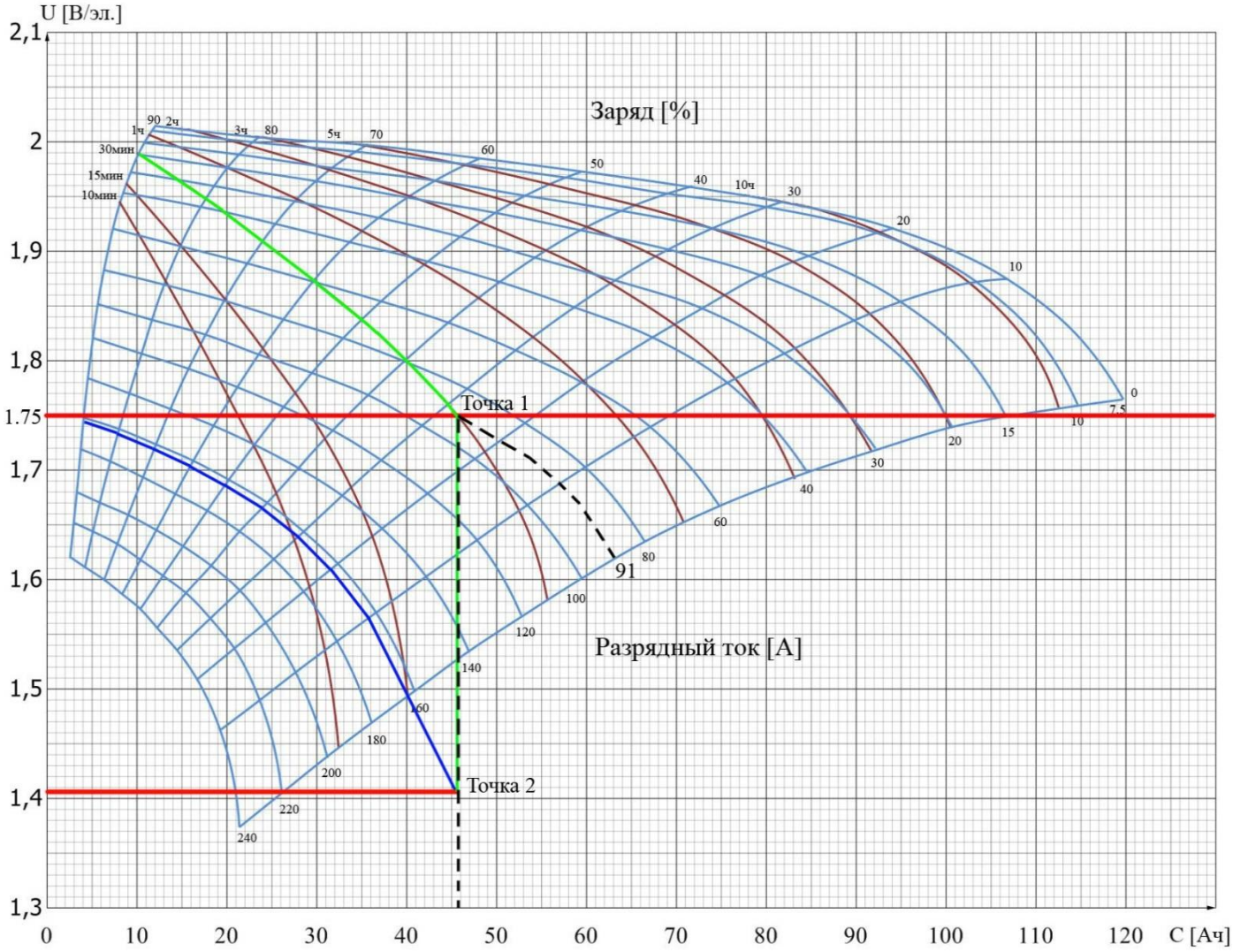


Рисунок В.2 - Разрядные характеристики пластины GroE 100 (расчет по шагу 1)

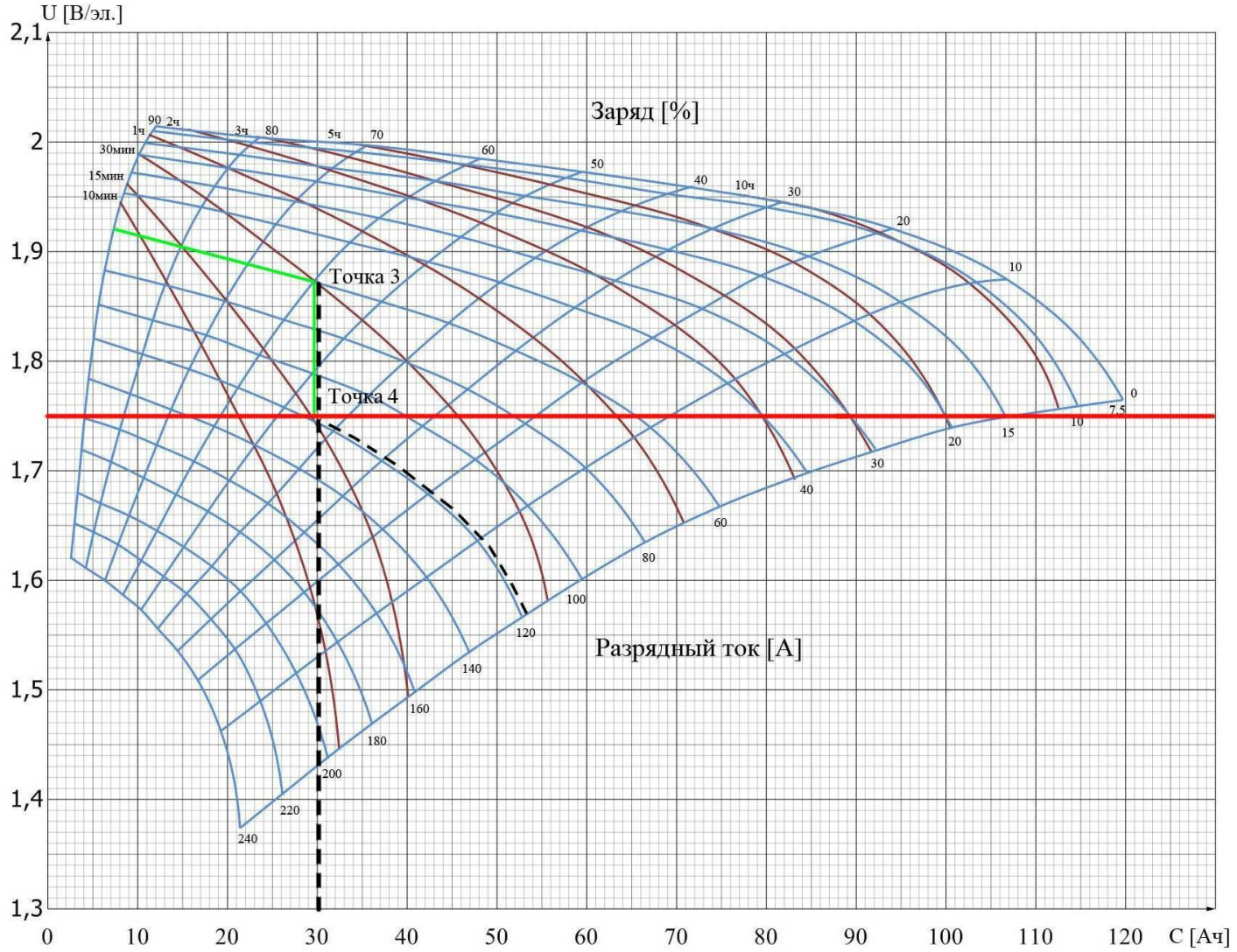


Рисунок В.3 - Разрядные характеристики пластины GroE 100 (расчет по шагу 2)

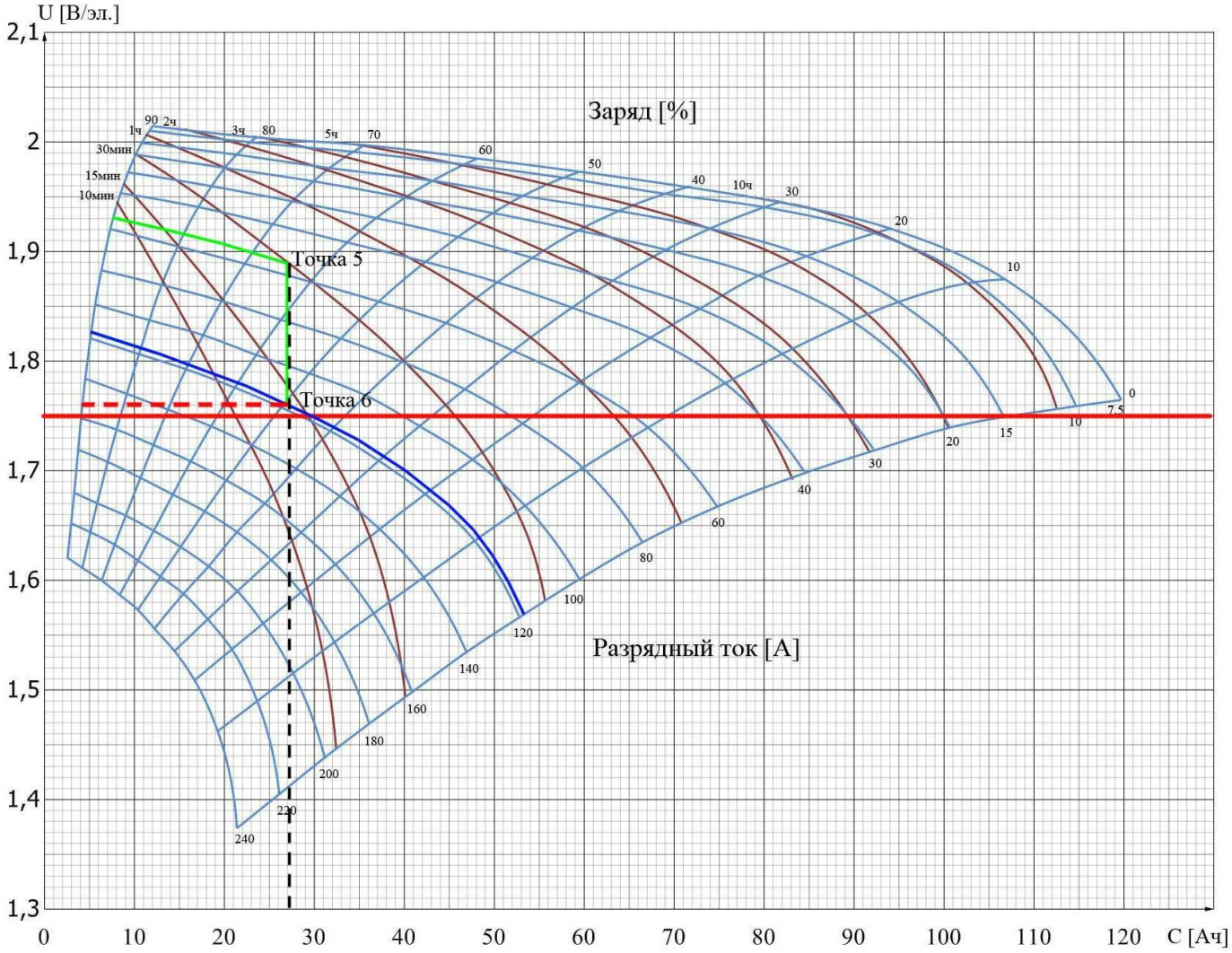


Рисунок В.4 - Разрядные характеристики пластины GroE 100 (расчет по шагу 3)

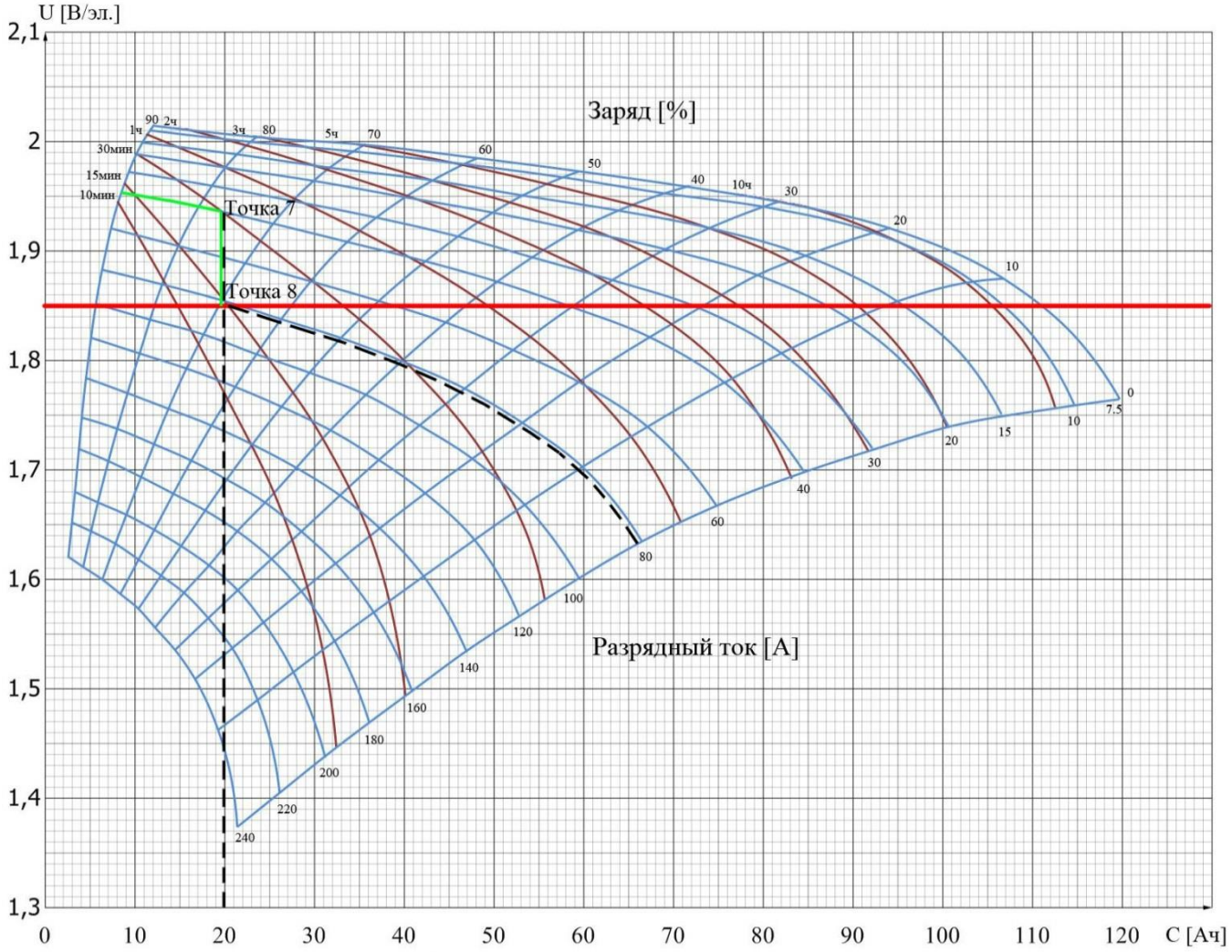


Рисунок В.6 - Разрядные характеристики пластины GroE 100 (расчет по шагу 4)

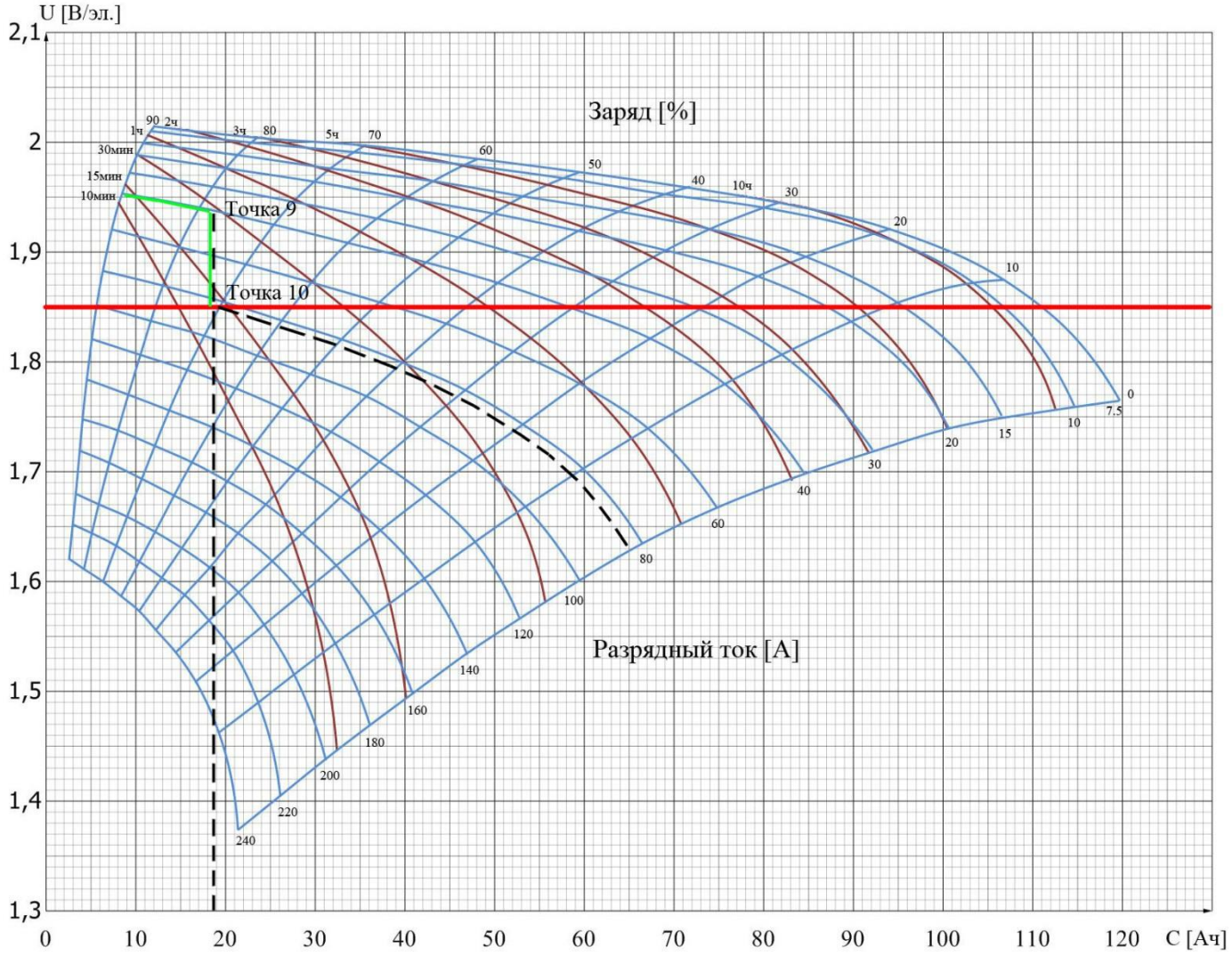
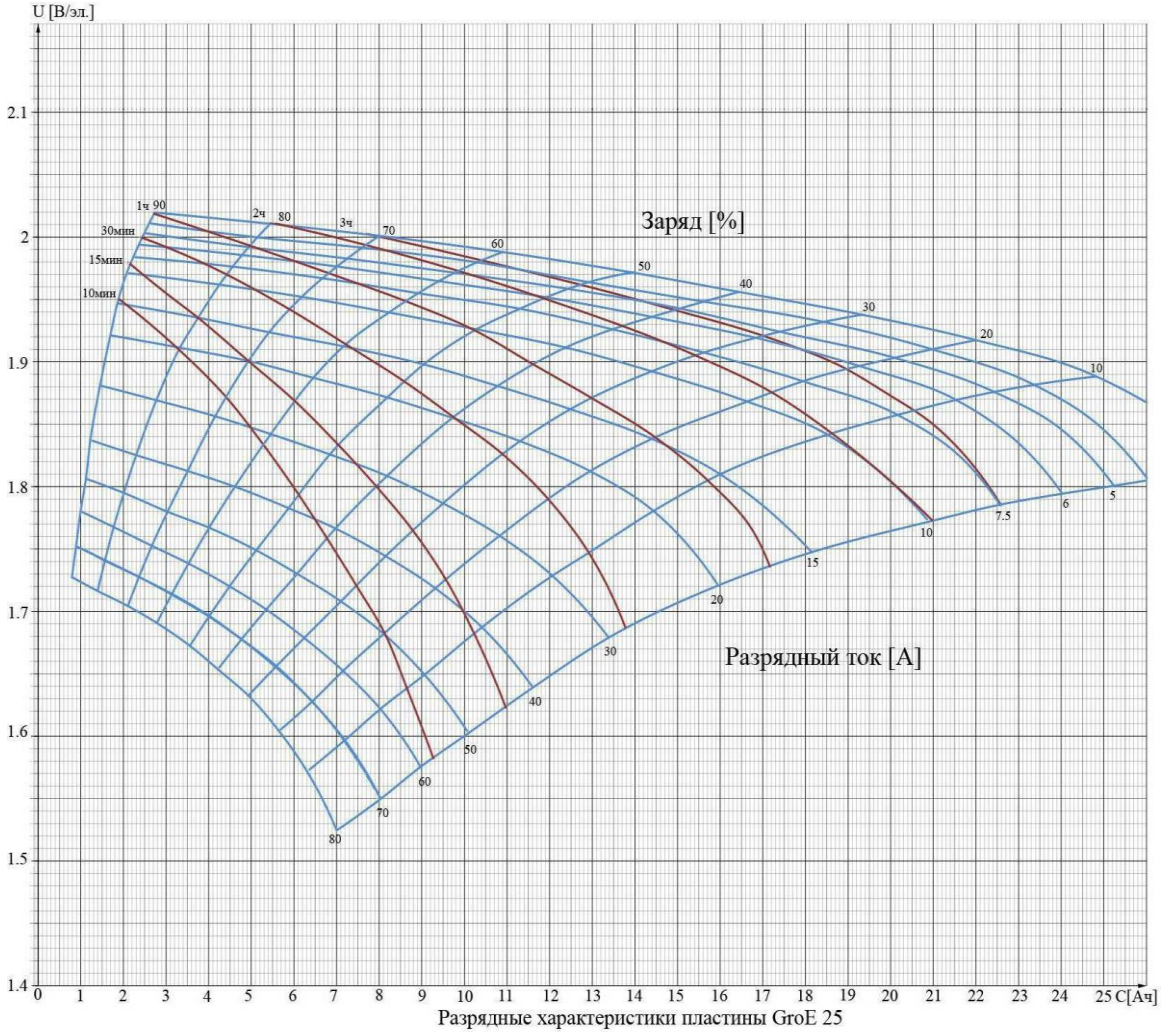
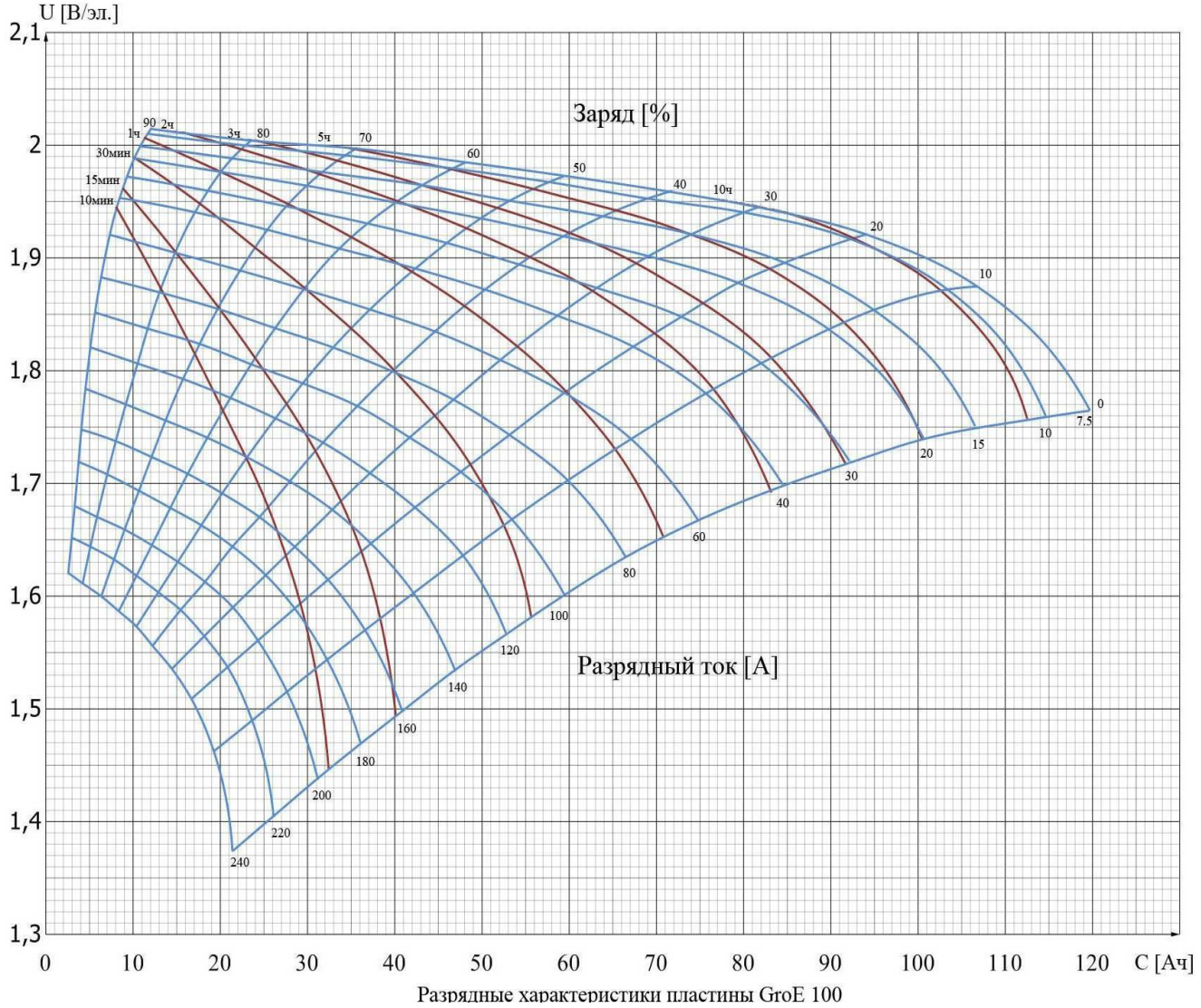


Рисунок В.7 - Разрядные характеристики пластины GroE 100 (расчет по шагу 5)



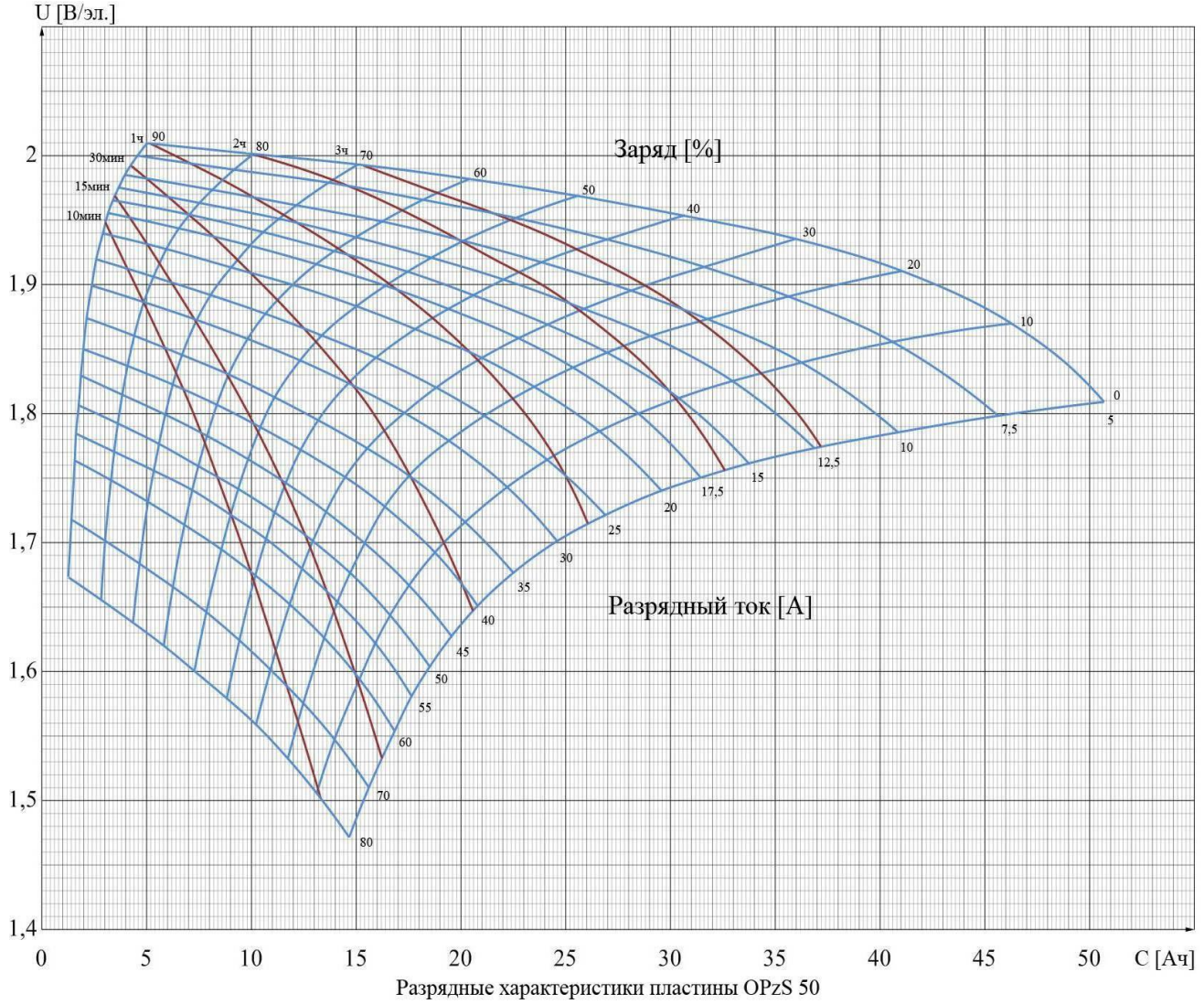
Разрядные характеристики пластины GroE 25

Рисунок В.8 - Разрядные характеристики пластины GroE 25



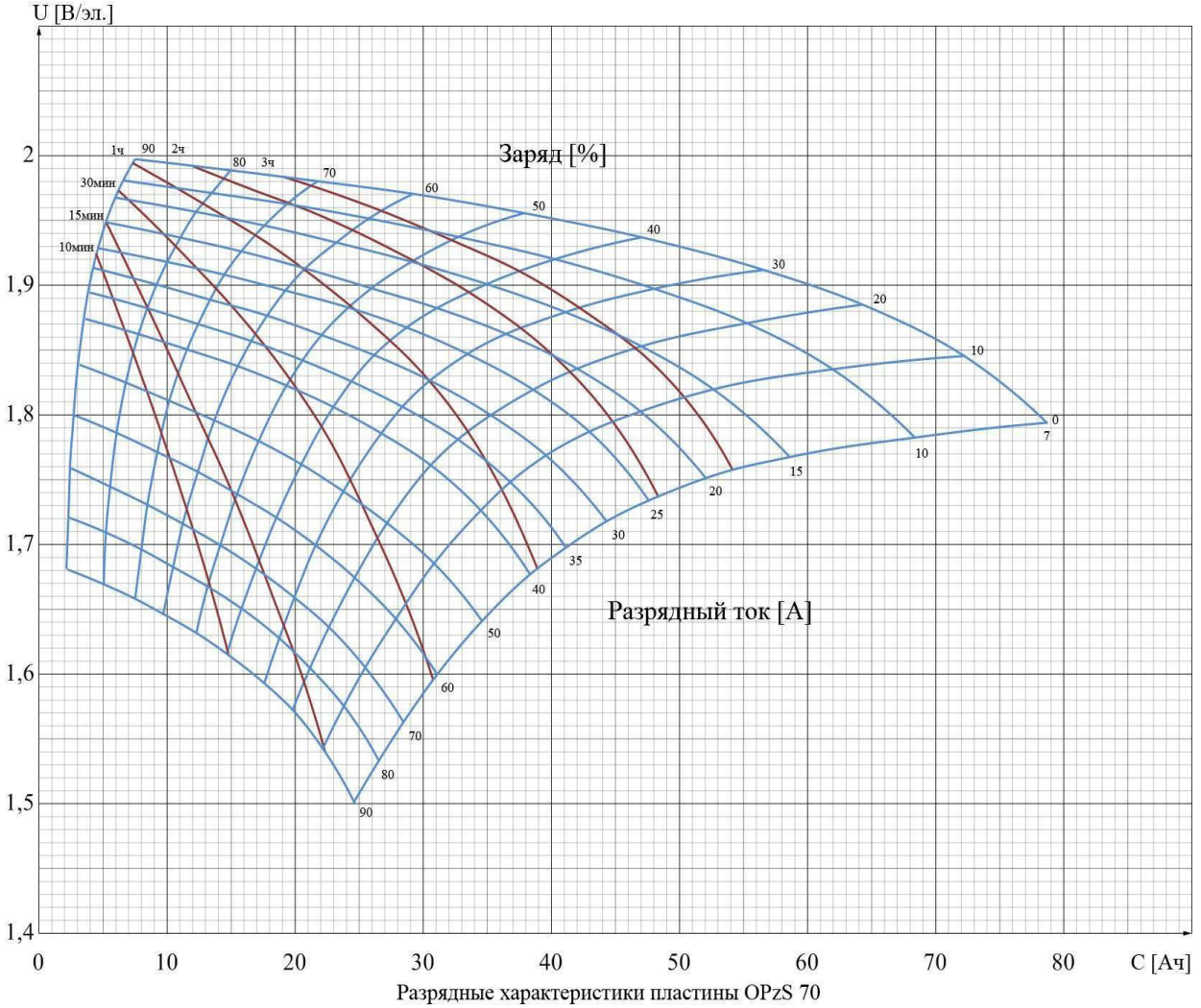
Разрядные характеристики пластины GroE 100

Рисунок В.9 - Разрядные характеристики пластины GroE 100



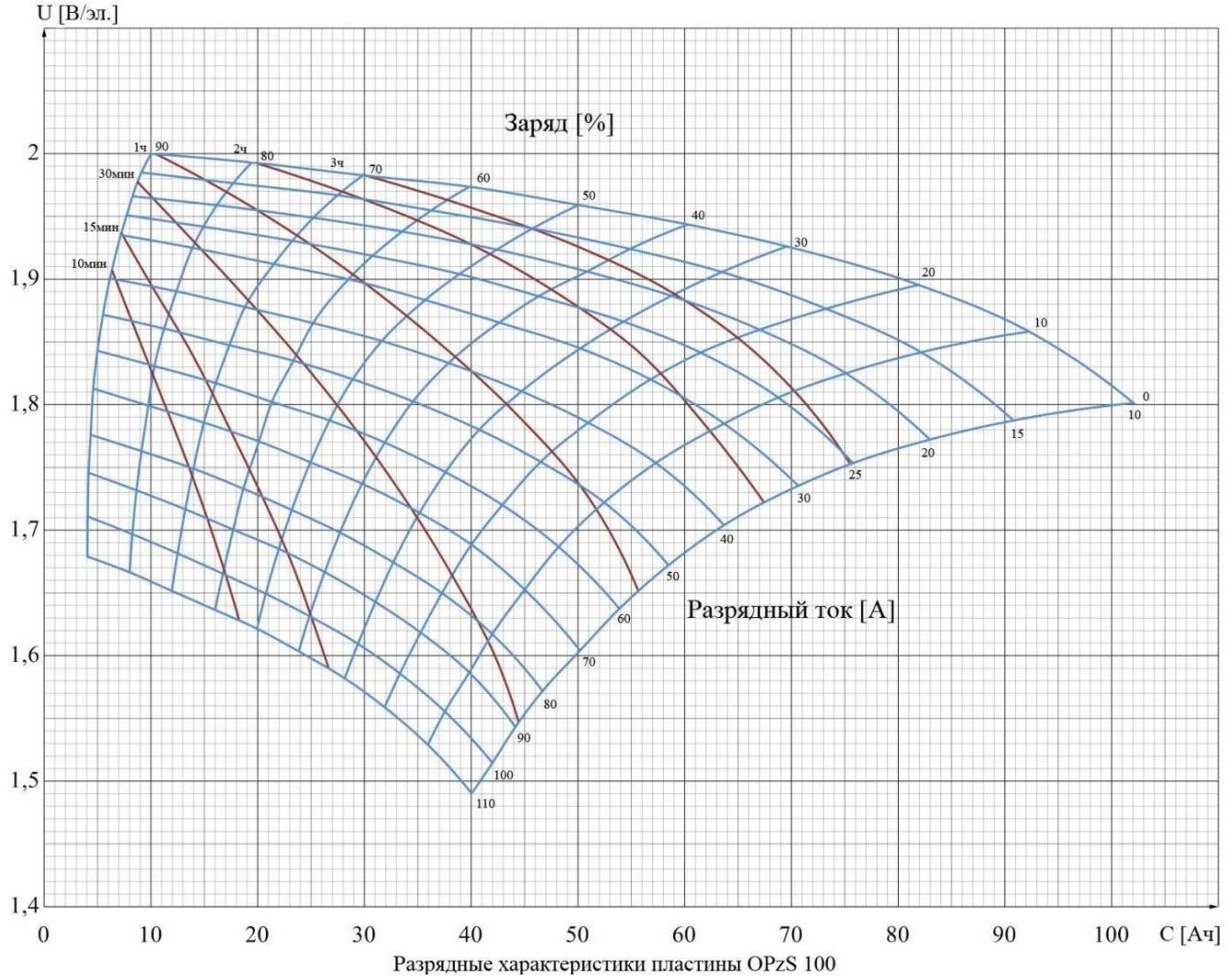
Разрядные характеристики пластины OPzS 50

Рисунок В.10 - Разрядные характеристики пластины OPzS 50



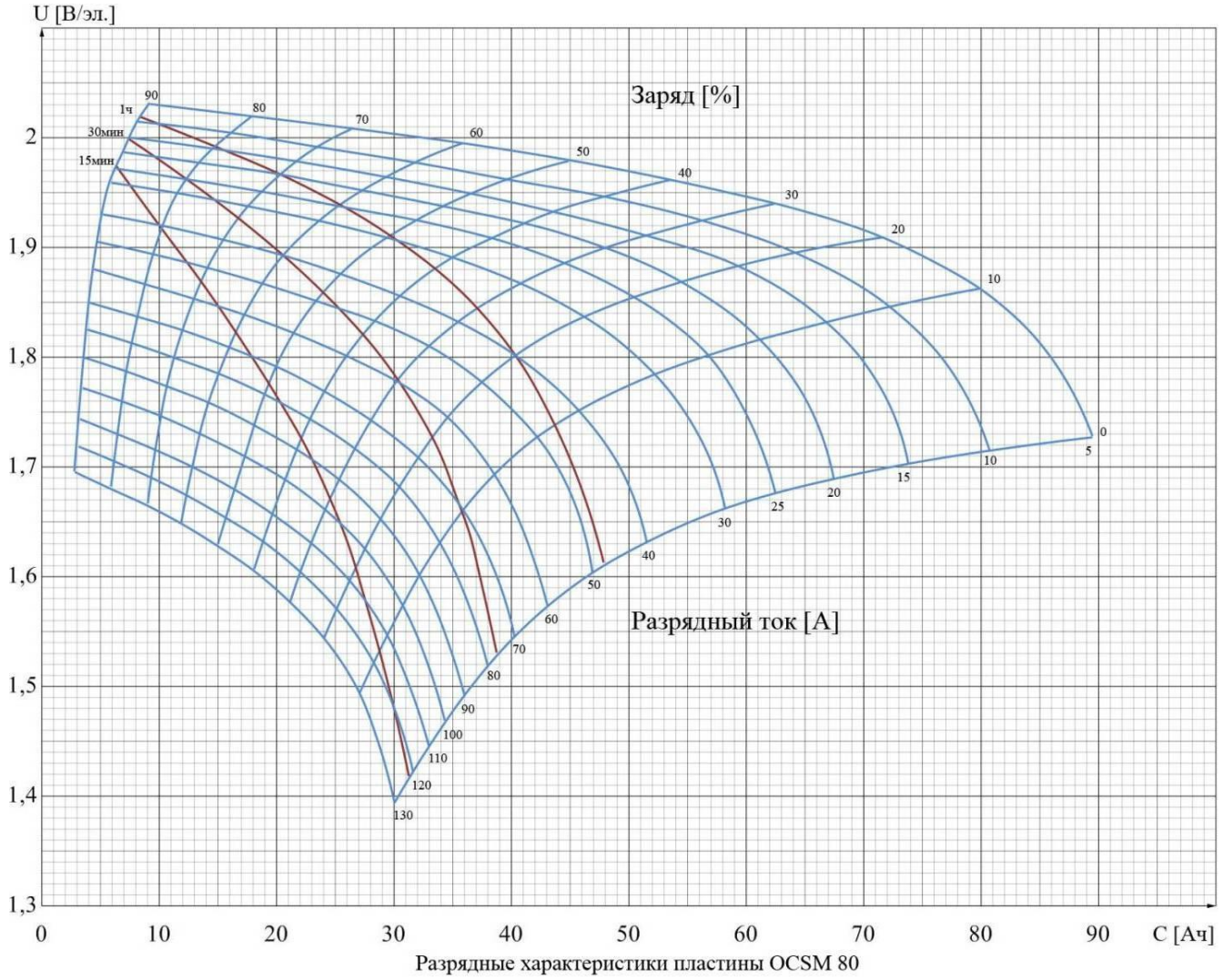
Разрядные характеристики пластины OPzS 70

Рисунок В.11 - Разрядные характеристики пластины OPzS 70



Разрядные характеристики пластины OPzS 100

Рисунок В.12 - Разрядные характеристики пластины OPzS 100



Разрядные характеристики пластины OCSM 80

Рисунок В.13 - Разрядные характеристики пластины OCSM 80

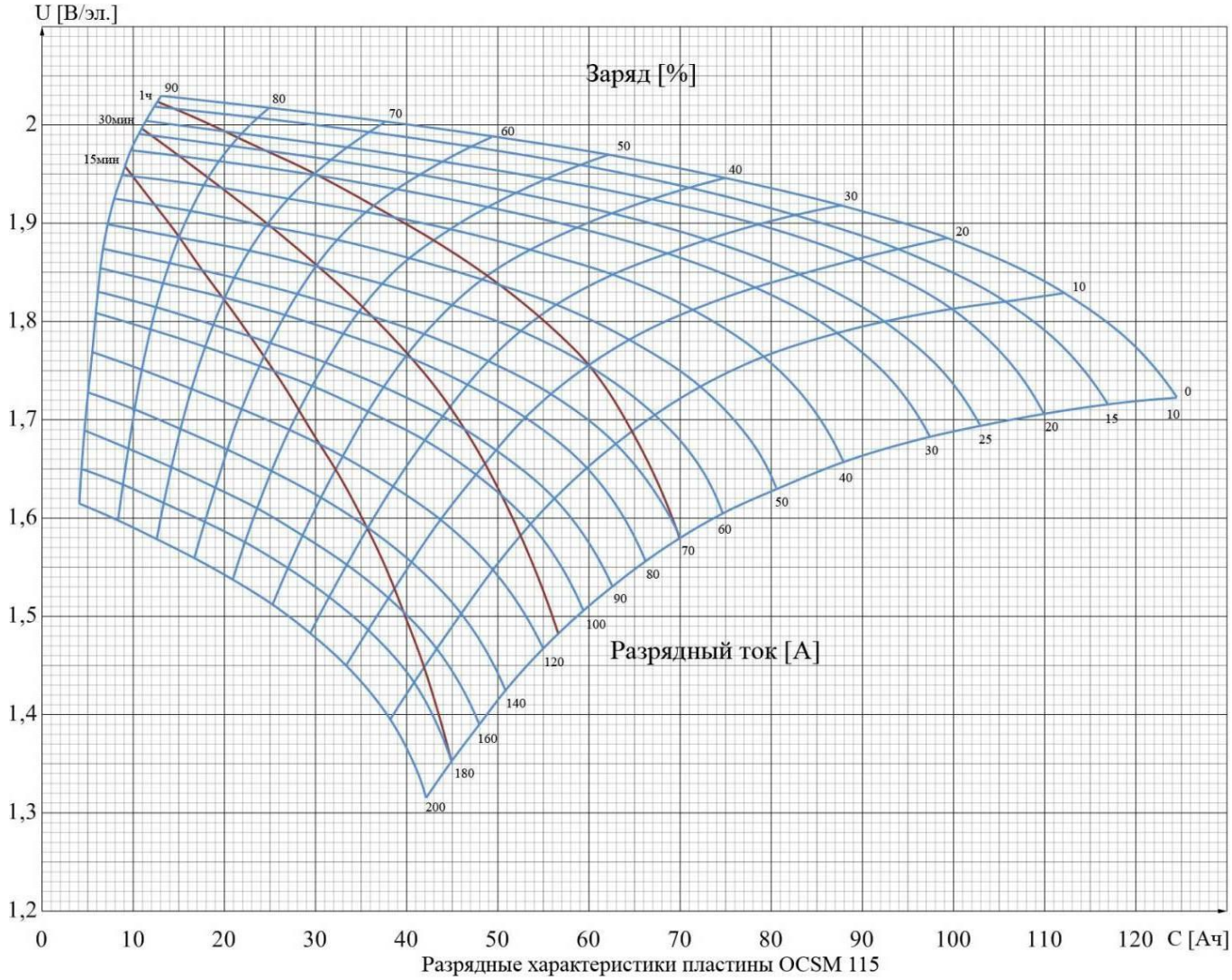
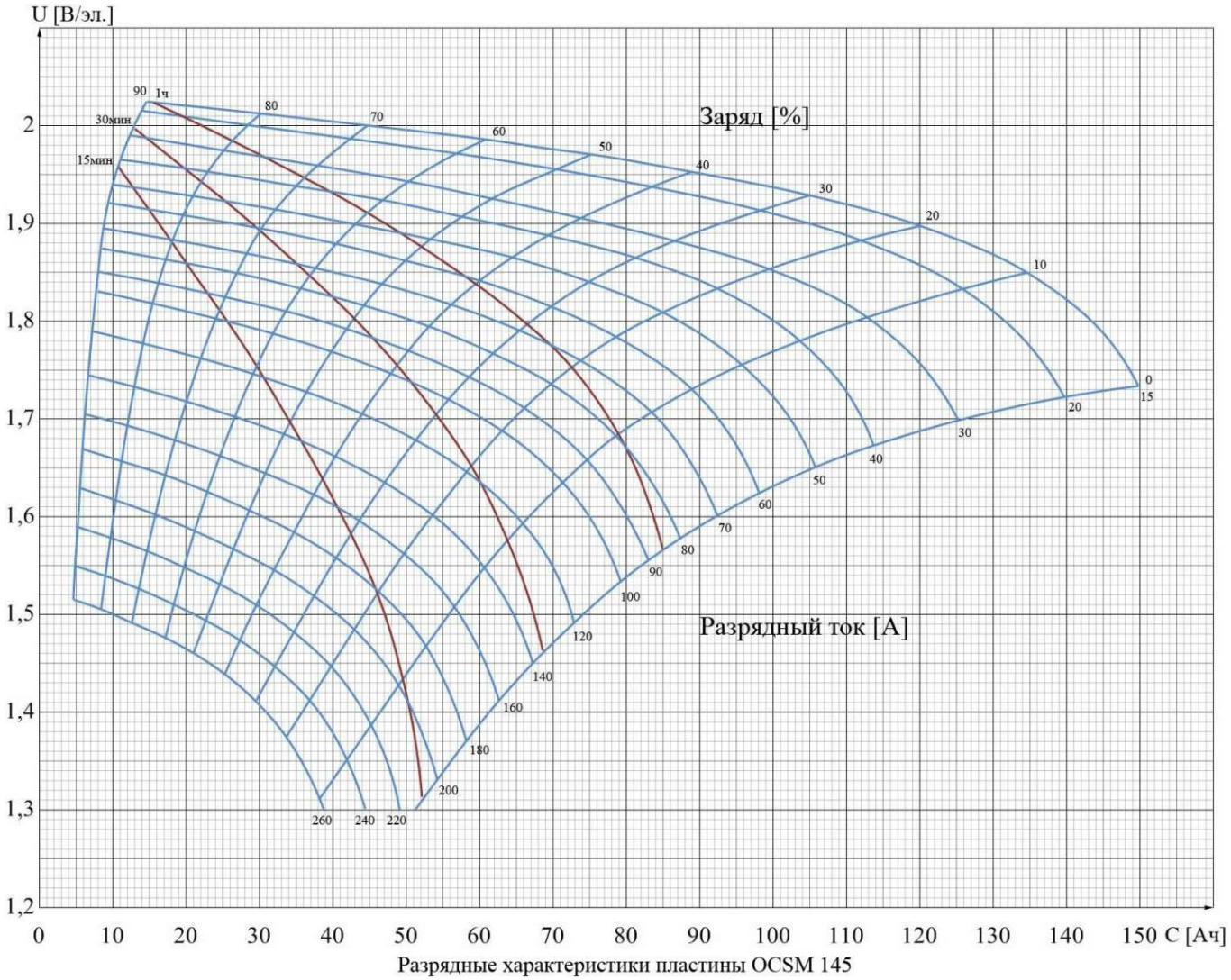


Рисунок В.14 - Разрядные характеристики пластины OCSM 115



Разрядные характеристики пластины OCSM 145

Рисунок В.15 - Разрядные характеристики пластины OCSM 145

Приложение Г
(справочное)
Режимы заряда

Заряд аккумуляторов в зависимости от типа и имеющихся на объекте электрооборудования необходимо проводить одним из следующих методов:

- при постоянном напряжении (U);
- модифицированным методом (IU);
- при постоянном токе (I);
- при постоянной мощности.

Заряд при постоянном напряжении (U) проводят при напряжении 2,23 В на аккумулятор с точностью стабилизации ±1%. Начальный ток заряда полностью разряженной батареи должен находиться в диапазоне 0.1-0.3 C_{10}.

За первые сутки от начала заряда батарея должна восстановить не менее 90% номинальной ёмкости.

Модифицированный заряд (IU) проводят в две ступени:

- первая ступень ограниченным с точностью ±10% током в пределах 0.1-0.3C_{10} до повышения напряжения до 2.35 В на элемент;

- вторая ступень при напряжении 2,23 В на аккумулятор с точностью стабилизации ±1%. На второй ступени заряда ток заряда постепенно уменьшается. Максимальное время восстановления ёмкости – 48 часов.

Заряд при постоянном токе проводят током 0.15C_{10} до напряжения 2.23 – 2.25 В на элемент. Затем ток снижают до значения не более 0.05C_{10} и продолжают заряд до тех пор, пока напряжение и плотность электролита не будут изменяться в течение 2 часов.

Заряд постоянной мощностью проводят при начальном токе, не превышающем 0.25C_{10}.При этом, при превышении напряжения на элементах значения 2.4 В на элемент следует ограничить ток заряда в пределах от 0.7I_{10} до 0.35 I_{10} на каждые 100А·ч. Признаком окончания заряда является постоянство напряжения на уровне 2.6 В на элемент и плотности электролита в течение 2 ч.

Аккумуляторы считаются полностью заряженными, если значение зарядного тока составляет 40-100мА на каждые 100А·ч ёмкости при напряжении непрерывного подзаряда 2.23 В на элемент при температуре электролита 20^0С.

При других значениях температуры электролита значение напряжения подзаряда принимается в соответствии с данными производителя АБ (при температуре $+10^0$С $U_{подз.}$ = 2.27 В на элемент, а при температуре $+10^0$С $U_{подз.}$ = 2.18 В на элемент.

Приложение Д
(обязательное)
Методика расчёта тока короткого замыкания

Методика составлена в соответствии с ГОСТ 29176.

Начальное значение тока металлического короткого замыкания в электрической цепи питающейся от полностью заряженной аккумуляторной батареи определяется по формуле:

$$I_{к.м.}=\frac{E_{расч.}\cdot n\cdot 10^3}{R_{к.\sum}}, \quad (Д.1)$$

где $I_{к.м.}$ – ток металлического короткого замыкания, А;

$E_{расч.}$ = 1,93 В – расчётная ЭДС одного элемента АБ, В;

n – количество элементов АБ;

$R_{к.\sum}$ – суммарное сопротивление цепи КЗ, мОм.

Это сопротивление равно:

$$R_{к.\sum}=R_{ш}+R_{каб}+R_{апп}+R_{п.к.}+R_{пр}+R_{АБ}, \quad (Д.2)$$

где $R_{ш}$ – активное сопротивление шин, мОм;

$R_{каб}$ – активное сопротивление кабеля, мОм;

$R_{АБ}$ – внутреннее сопротивление АБ, мОм;

$R_{апп}$ – активное сопротивление защитных и коммутационных аппаратов, мОм (принимаются по данным производителем);

$R_{п.к.}$ – активное сопротивление разъединяющихся контактов защитных и коммутационных аппаратов принимается равным 1 мОм;

$R_{пр}$ – активное сопротивление проводов, мОм.

Сопротивление проводов, кабелей и шинопроводов рассчитывается при известных длине и сечении по формуле:

$$R=\rho\cdot\frac{l}{S}\cdot 10^3, \quad (Д.3)$$

где R – сопротивление, мОм;

ρ - удельное сопротивление, Ом·мм^2/м. Для меди ρ = 0,0172Ом·мм^2/м, для алюминия ρ = 0,0283Ом·мм^2/м;

l – длина, м;

S – сечение, мм^2.

При протекании по проводникам тока происходит их нагрев, при этом сопротивление проводников увеличивается. Сопротивление нагретого проводника определяется по формуле:

$$R_U=R_м\cdot K_U, \quad (Д.4)$$

где K_U – температурный коэффициент, равный:

$$K_U=\frac{\tau+\theta_к}{\tau+\theta_н}, \quad (Д.5)$$

где τ– условная температура, равная для меди 234ºС, а для алюминия 236ºС;

$\theta_н$– начальная температура проводника , ºС;

$\theta_к$– конечная температура проводника , ºС.

Значение начальной температуры проводника может быть определено по формуле:

$$\theta_н=\theta_0+(\theta_{дд}-\theta_{окр})(\frac{I_{раб}}{I_{дд}})^2, \quad (Д.6)$$

где θ_0 – фактическая температура окружающей среды во время КЗ, °С;

$\theta_{дд}$ – значение расчётной длительно допустимой температуры жил, °С, равная для кабелей с пропитанной бумажной изоляцией 80°С, для кабелей с пластмассовой изоляцией - 70°С и для кабелей из вулканизированного полиэтилена - 90°С;

$\theta_{окр}$ – значение расчётной температуры окружающей среды (воздуха) 25°С;

$I_{раб}$ – значение тока перед КЗ, А;

$I_{дд}$ – значение расчётного длительно допустимого тока в соответствии с таблицей Д.1, А.

Значение конечной температуры проводника может быть определено по формуле:

$$\theta_к=\theta_н\cdot e^k+\alpha(e^k-1), \quad (Д.7)$$

где α – величина обратная температурному коэффициенту электрического сопротивления при 0°С равная 228°С;

$$k=\frac{в\cdot B_{терм}}{S^2}, \quad (Д.8)$$

где в – постоянная, характеризующая теплофизические характеристики материала жилы, равная для алюминия 45,65 мм^4/(кА^2·с) и для меди 19,58 мм^4/(кА^2·с);

$B_{терм}$ – интеграл Джоуля или тепловой импульс от тока КЗ, кА^2·с, рассчитывается по формуле:

$$B_{тер}=\int_0^{t_{откл}} i_{kt}^2\,dt, \quad (Д.9)$$

S– сечение проводника, мм^2.

Увеличение сопротивления проводника вследствие нагрева приводит к уменьшению значения тока и изменению степени влияния дуги на значения тока КЗ.

В общем случае задача определения значения тока КЗ при совместном влиянии нагрева и токоограничивающего влияния дуги можем решаться методом последовательных приближений с использованием ЭВМ. При этом, как показывает практика расчётов, для достижения установившегося значения достаточно 8-10 расчётных интервалов.

При проведении упрощенных расчётов без применения ЭВМ для определения влияния нагрева проводников при металлическом и дуговом КЗ можно воспользоваться номограммами (рисунки Д.1 - Д.12), показывающими степень уменьшения тока при нагреве при металлическом КЗ и при совместном влиянии дуги и нагрева при дуговом КЗ. Зависимости составлены для проводников сечением до 25 мм^2. При больших сечениях и при типичных для СОПТ длинах кабелей и временах действия защит влиянием нагрева можно пренебречь.

По мере разряда, внутреннее сопротивление аккумуляторов увеличивается.

Расчёт значения тока металлического короткого замыкания в цепи, питающейся от частично разряженной аккумуляторной батареи осуществляется по той же формуле, с учётом изменения $R_{АБ}$, при этом $R'_{АБ}$ определяется по формуле:

$$R'_{АБ}=R_{АБ}\cdot К, \quad (Д.10)$$

где $R'_{АБ}$ – внутреннее сопротивление частично разряженной АБ, мОм;

К - коэффициент увеличения внутреннего сопротивления.

Значение коэффициента К определяется по графикам К =f$C_{разр}$ (рисунки Д.13-Д.15), показывающим зависимость увеличения внутреннего сопротивления АБ от степени разряда.

В том случае, если в цепи ввода рабочего питания ЩПТ установлен стабилизатор значение тока металлического КЗ определяется по формуле:

$$I_{к.м.}=\frac{U_{вых}\cdot 10^3}{R'_{к.\sum}}, \qquad (Д.11)$$

где $R'_{к.\sum}$ – суммарное сопротивление цепи КЗ без учета сопротивления элементов, включенных на входе стабилизатора (внутреннее сопротивление АБ и кабеля цепи ввода рабочего питания), мОм.

Значение напряжения на выходе стабилизатора обычно принимается равным +5%$U_{ном}$ = 231В.

В том случае, если полученное значение тока КЗ превышает значение номинального тока стабилизатора ($I_{ном.\ ст.}$) более чем в 2 раза значение напряжения на выходе стабилизатора не стабилизируется. Значение тока КЗ в этом случае определяется по формуле:

$$I_{к.м.}=\frac{E_{расч.}\cdot n-E_{п}}{R_{к.\sum}}, \qquad (Д.12)$$

где $E_п$ – внутренние потери ЭДС стабилизатора, равные от 1 до 2 В.

При известном значении тока металлического КЗ, средние амплитудные и средние среднеквадратичные значения токов дугового КЗ определяются по формулам:

$$I_{к.д.а.}=I_{к.м.}\cdot К_{д.а.}, \qquad (Д.13)$$

$$I_{к.д.ср.}=I_{к.м.}\cdot К_{д.ср.}, \qquad (Д.14)$$

где $К_{д.а.}$, $К_{д.ср.}$ – значения дугового коэффициента определяемые по $К_д = f(R_к)$ (рисунки Д.16, Д.17) либо по аналитическим выражениям:

$$К_{д.а.}=0{,}7751939 - 0{,}9372902e^{-0{,}007r}+0{,}7042402e^{-0{,}008r}-0{,}0062623e^{-0{,}03r}, \qquad (Д.15)$$

$$К_{д.ср.}=0{,}5672834+0{,}016979e^{-0{,}019r}-0{,}0401916e^{-0{,}12r}-0{,}1140553e^{-0{,}006r}. \qquad (Д.16)$$

При использовании графических зависимостей либо аналитических выражений этих зависимостей следует иметь в виду, что они справедливы лишь в диапазонах измерения $R_{к\sum}$ = 25 – 600 мОм. При использовании графических зависимостей $К_д$ в случае выхода за указанные пределы возможна некоторая экстраполяция, в случае же использования аналитических зависимостей следует использовать для расчётов крайние значения $К_д$ для указанных возможных пределов их изменения. Необходимость определения значений $К_д$ для амплитудных и среднеквадратичных значений объясняется не только характером дуговых процессов в цепях постоянного тока, но и тем, что в зависимости от конструкции, защиты и защитные аппараты могут реагировать на амплитудные (электромагнитные расцепители, токовые реле), либо среднеквадратичные (предохранители, тепловые расцепители) значения тока.

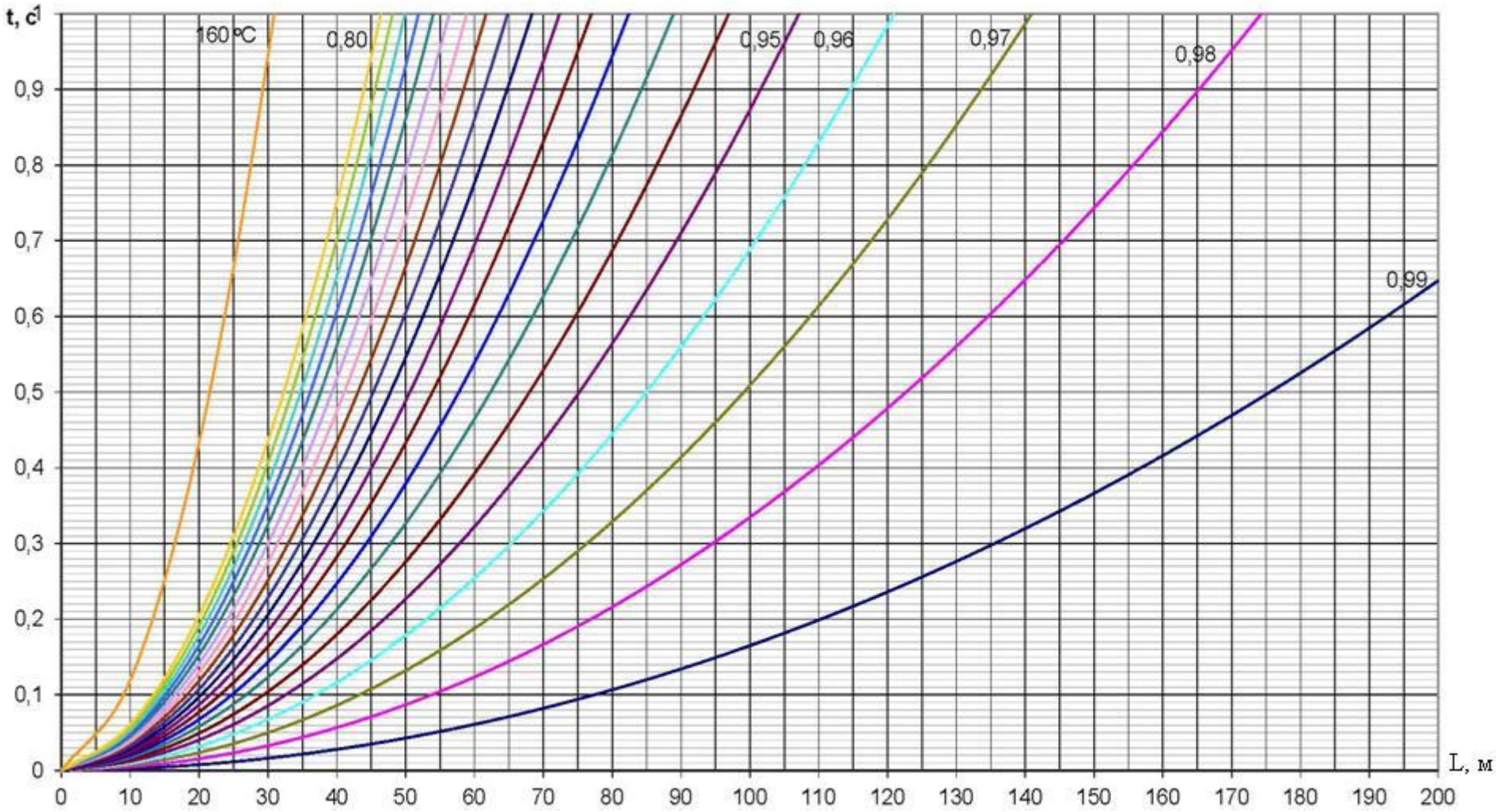


Рисунок Д.1 - Зависимость величины конечного тока (металлического в % от начального)
от времени протекания и длины кабеля S=2,5мм^2

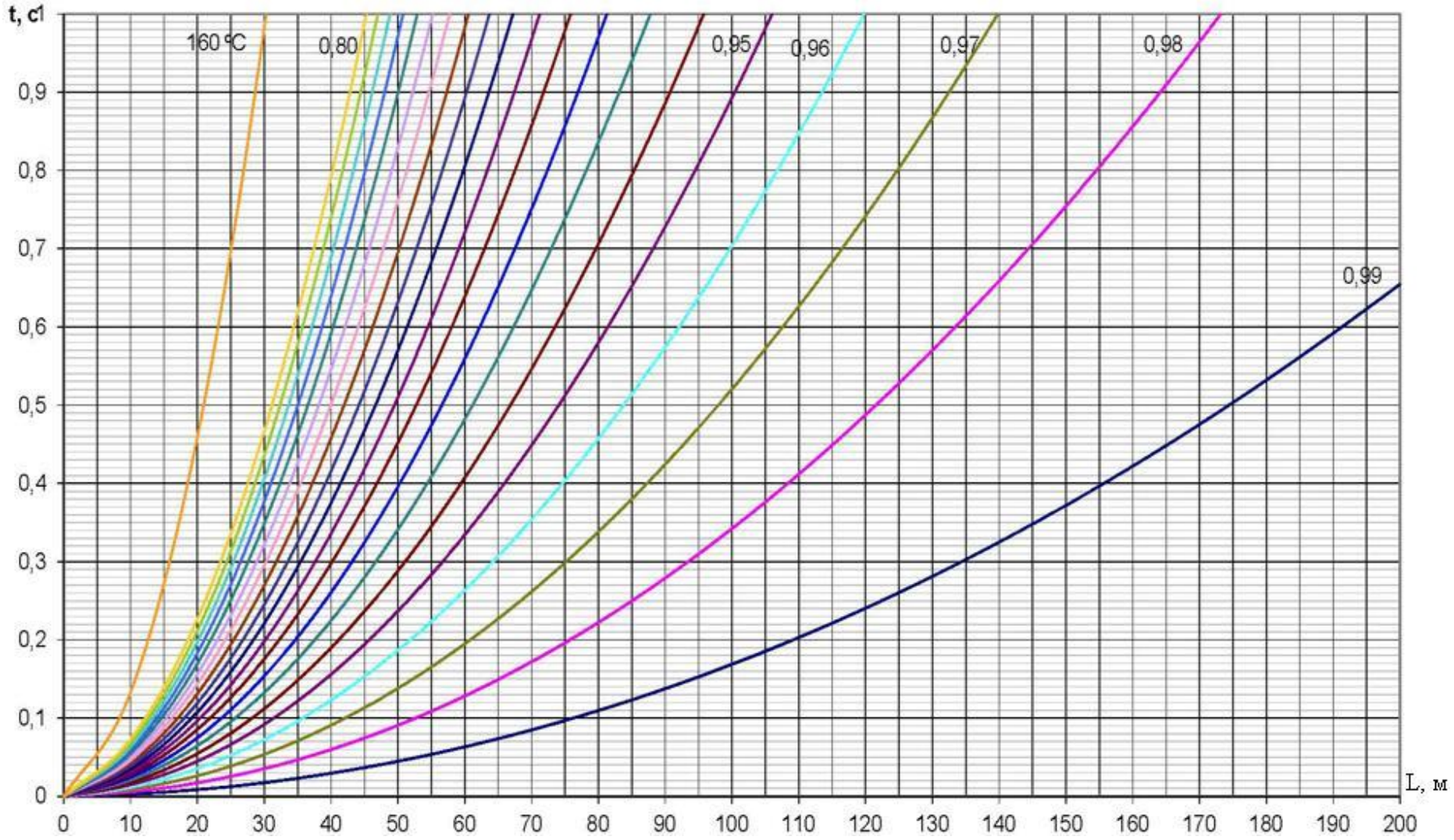


Рисунок Д.2 - Зависимость величины конечного тока (дугового среднеквадратичного в % от начального) от времени протекания и длины кабеля S=2,5мм^2

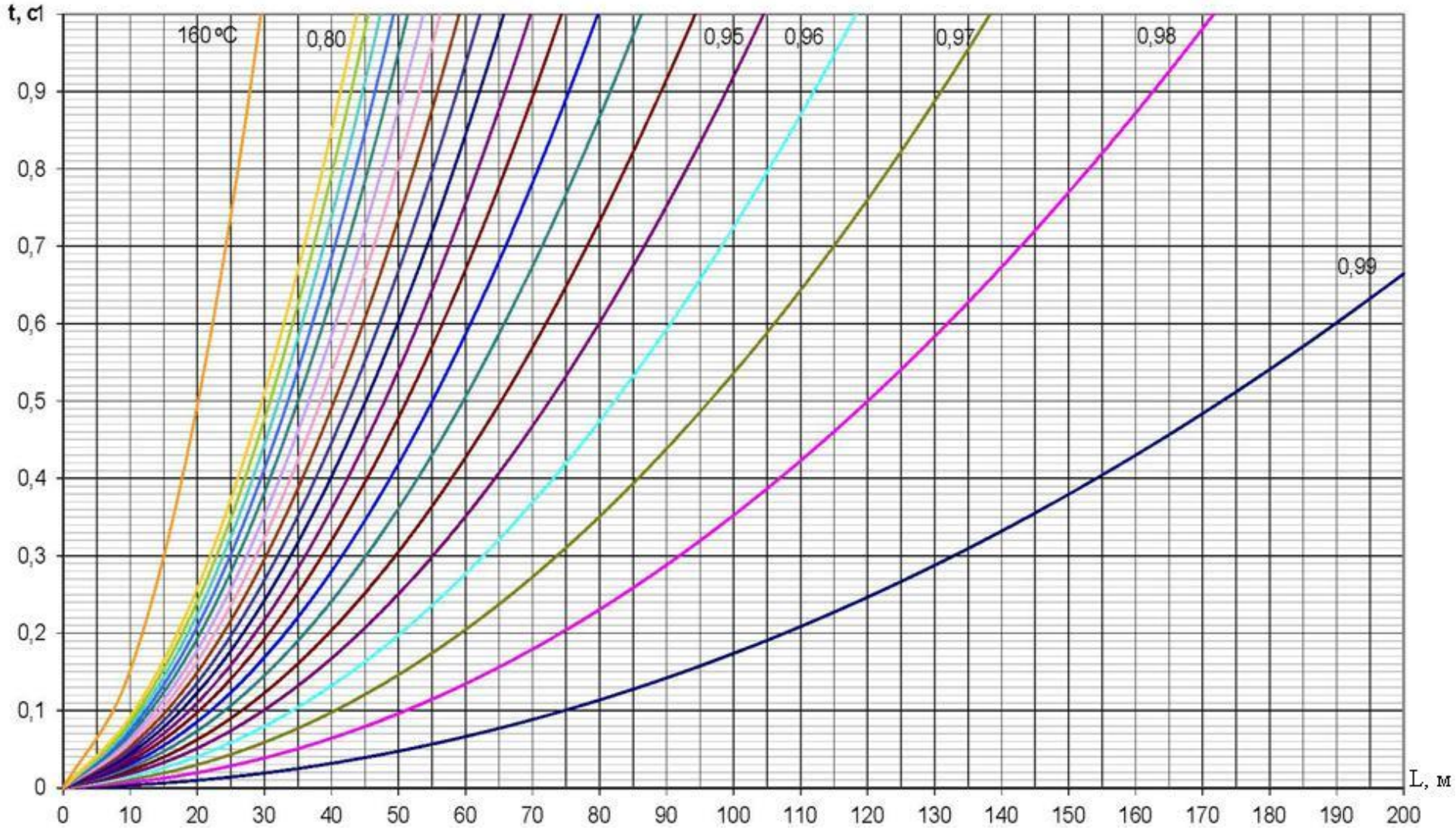


Рисунок Д.3 - Зависимость величины конечного тока (металлического в % от начального) от времени протекания и длины кабеля S=4мм^2

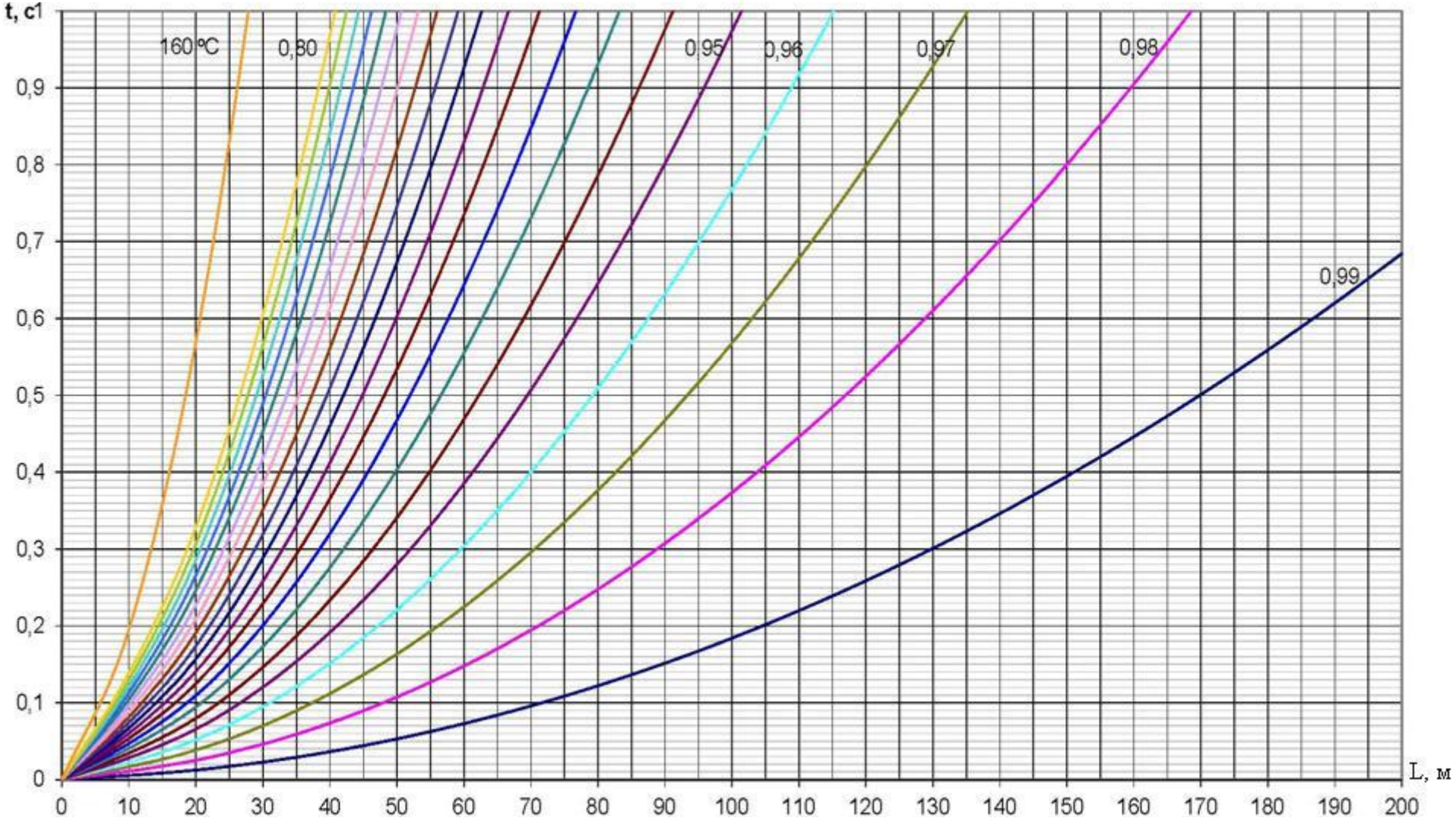


Рисунок Д.4 - Зависимость величины конечного тока (дугового среднеквадратичного в % от начального) от времени протекания и длины кабеля S=4мм^2

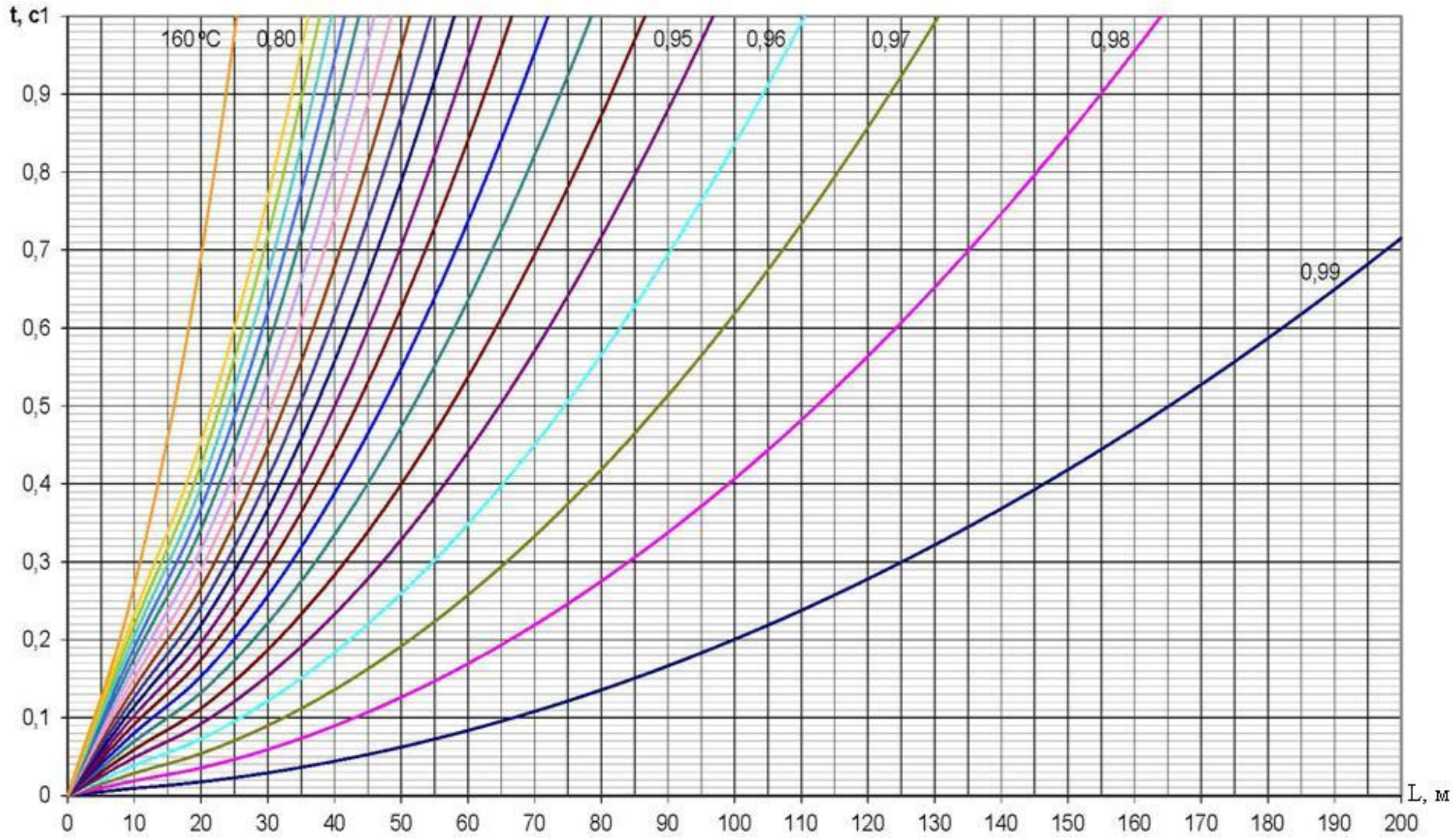


Рисунок Д.5 - Зависимость величины конечного тока (металлического в % от начального)
от времени протекания и длины кабеля S=6мм^2

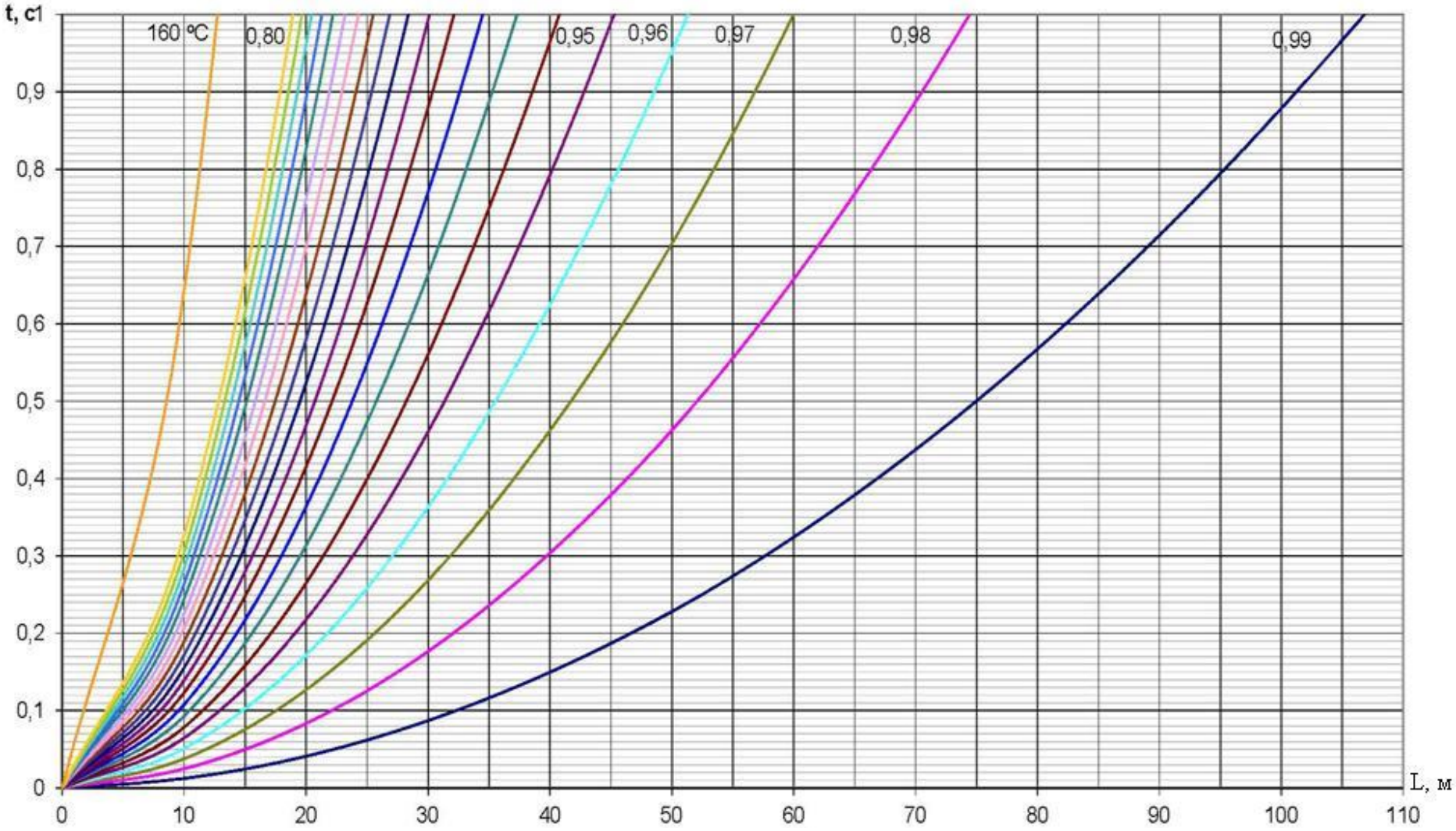


Рисунок Д.6 - Зависимость величины конечного тока (дугового среднеквадратичного в % от начального) от времени протекания и длины кабеля S=6мм^2

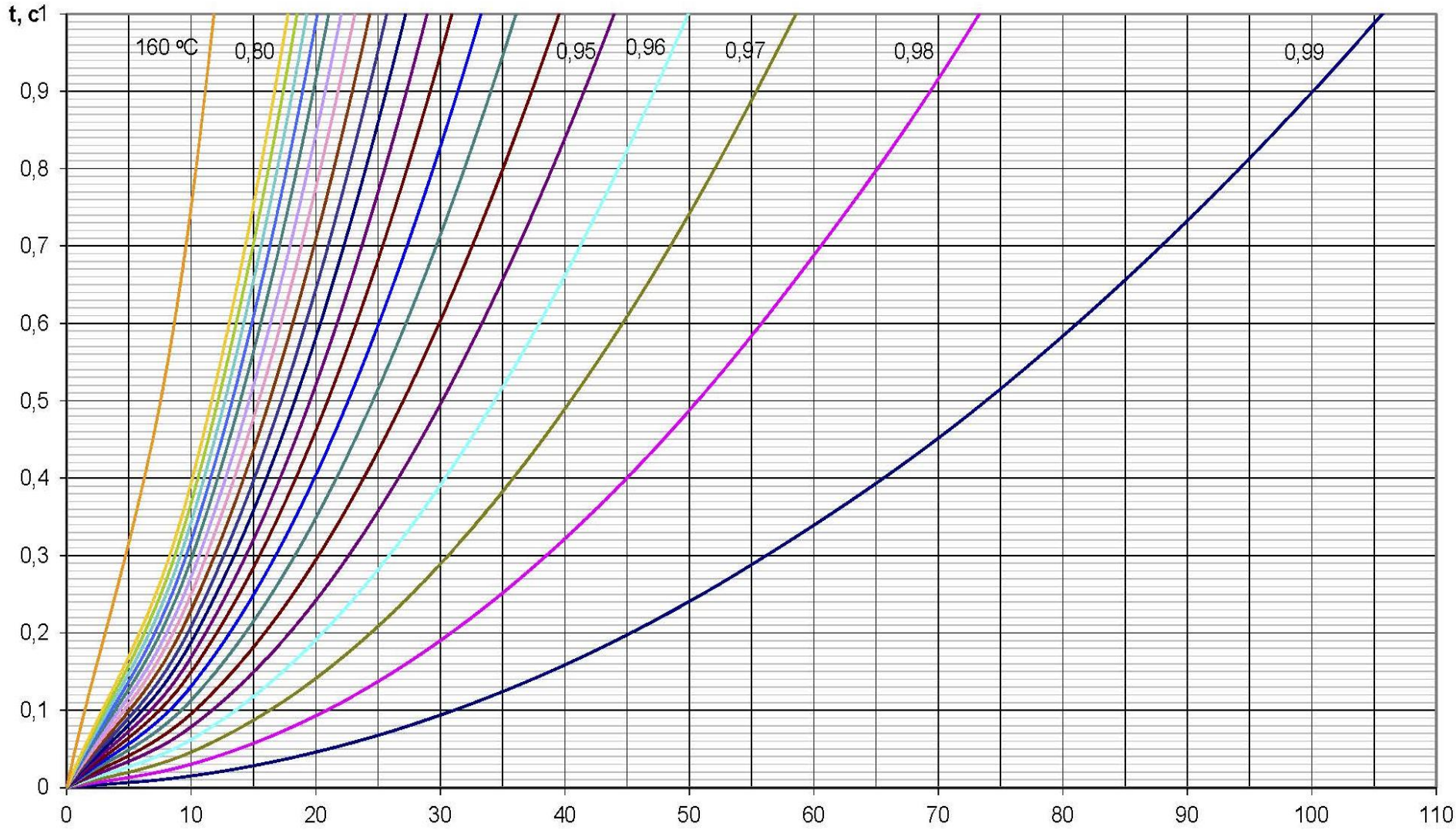


Рисунок Д.7 - Зависимость величины конечного тока (металлического в % от начального) от времени протекания и длины кабеля S=10мм^2

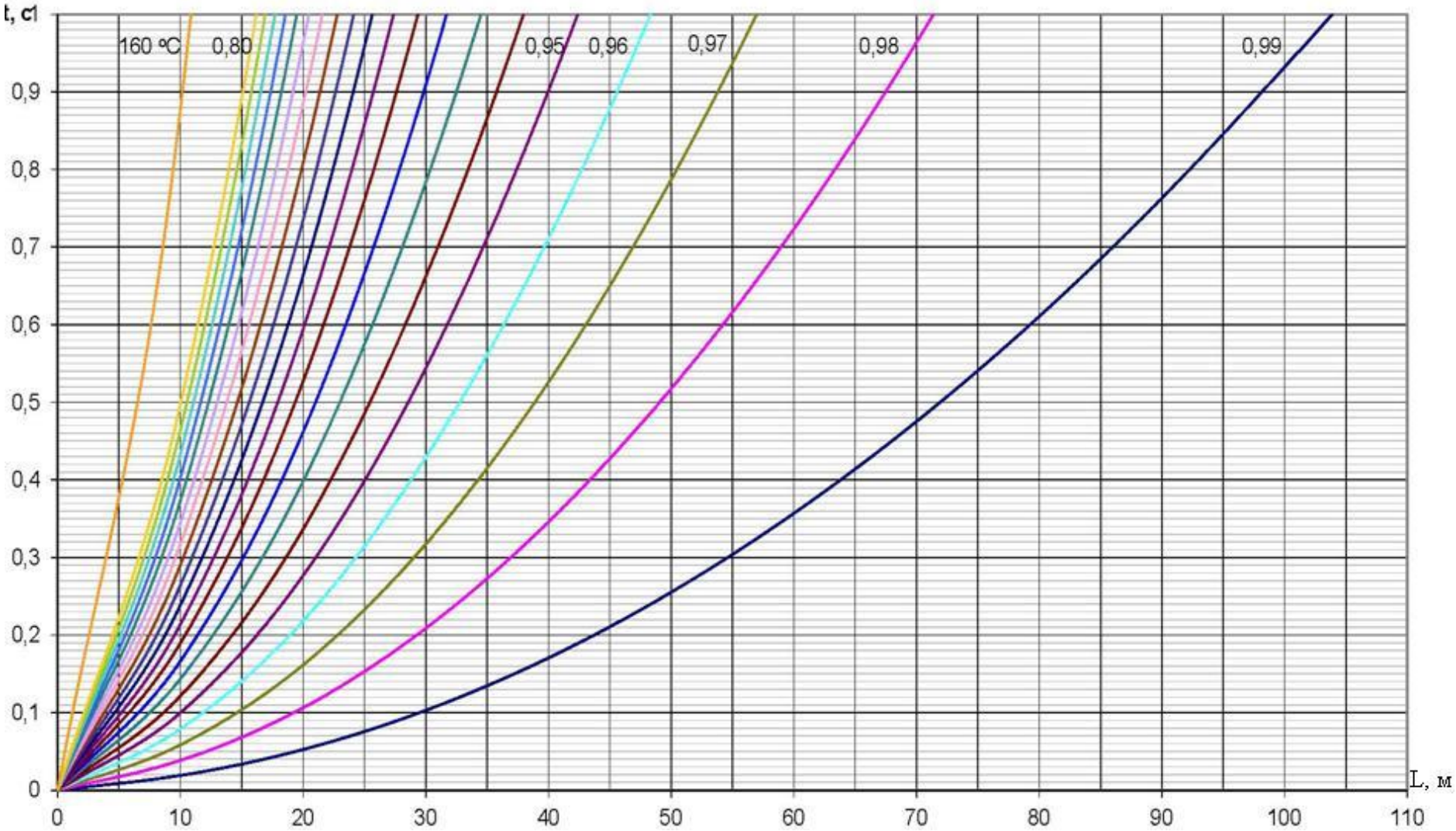


Рисунок Д.8 - Зависимость величины конечного тока (дугового среднеквадратичного в % от начального) от времени протекания и длины кабеля S=10мм^2

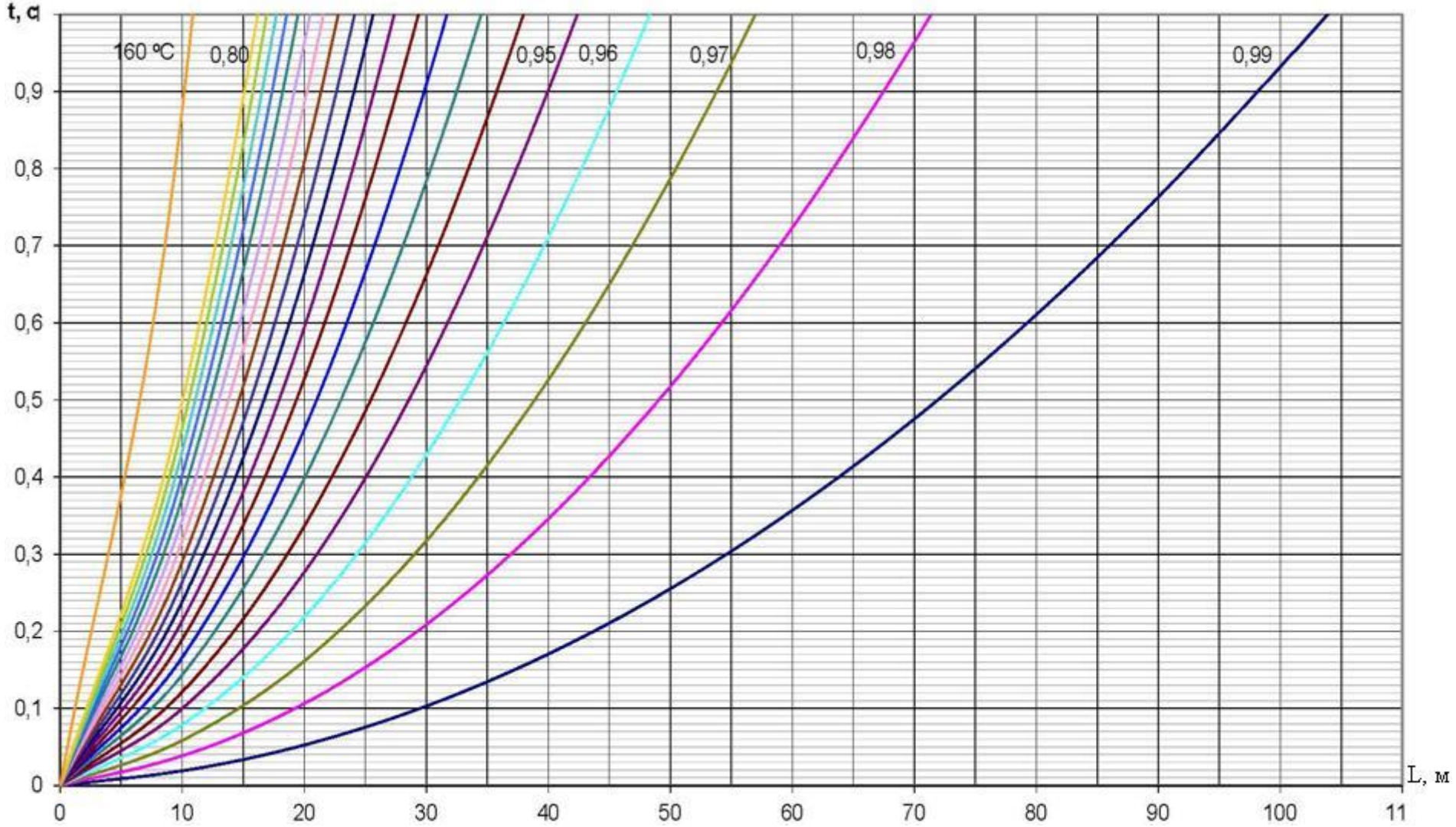


Рисунок Д.9 - Зависимость величины конечного тока (металлического в % от начального) от времени протекания и длины кабеля S=16мм^2

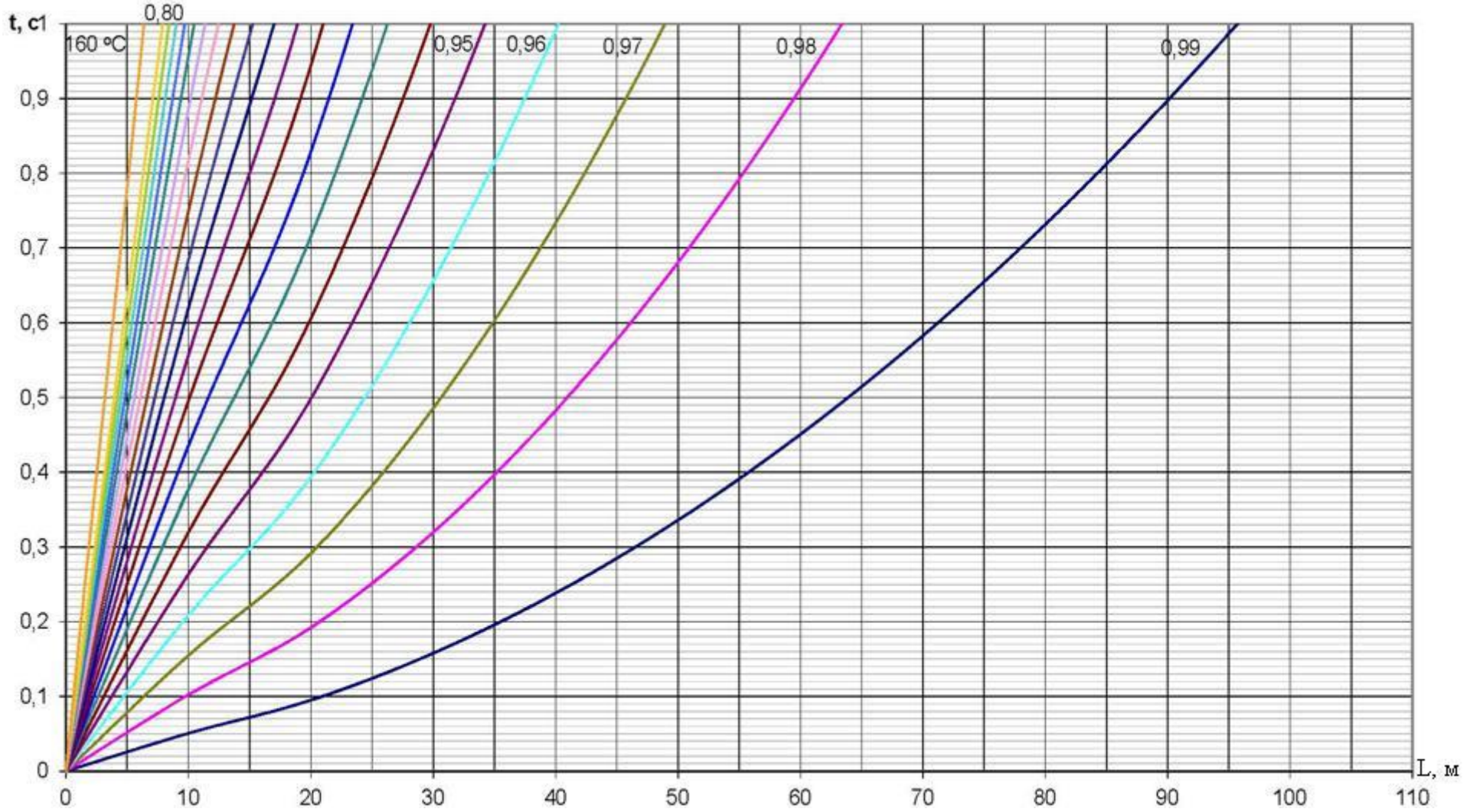


Рисунок Д.10 - Зависимость величины конечного тока (дугового среднеквадратичного в % от начального) от времени протекания и длины кабеля S=16мм^2

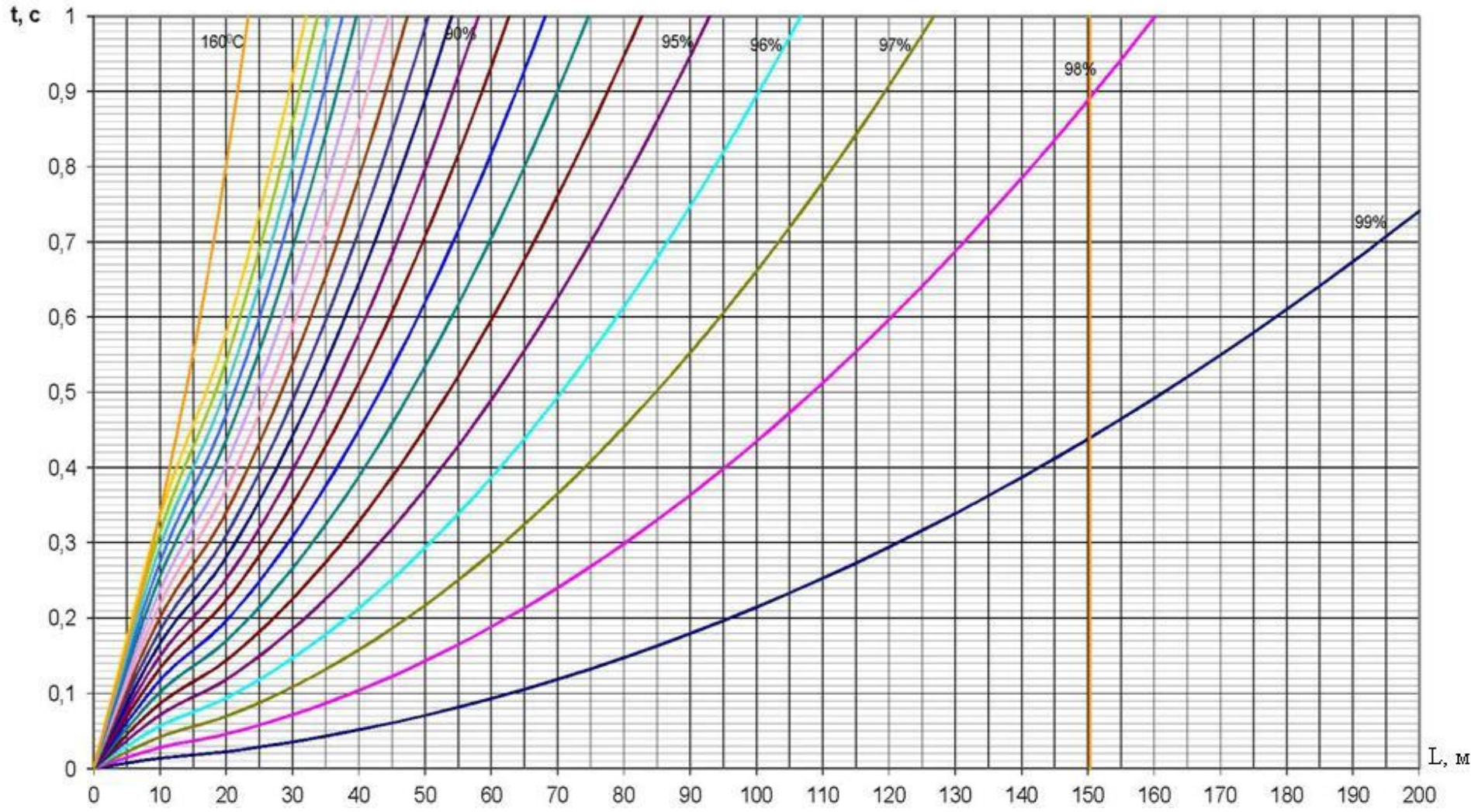


Рисунок Д.11 - Зависимость величины конечного тока (металлического в % от начального)
от времени протекания и длины кабеля S=25мм^2

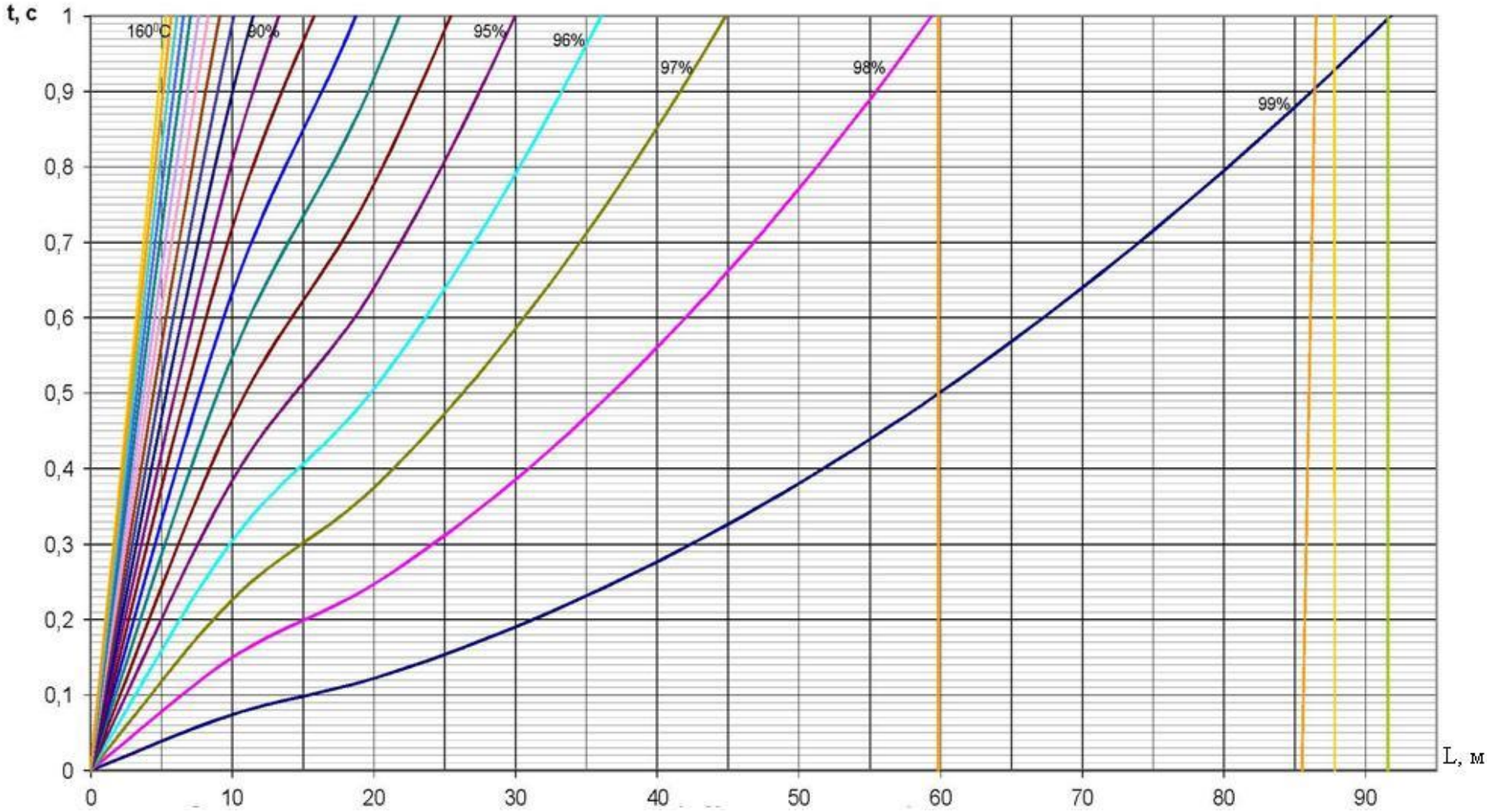
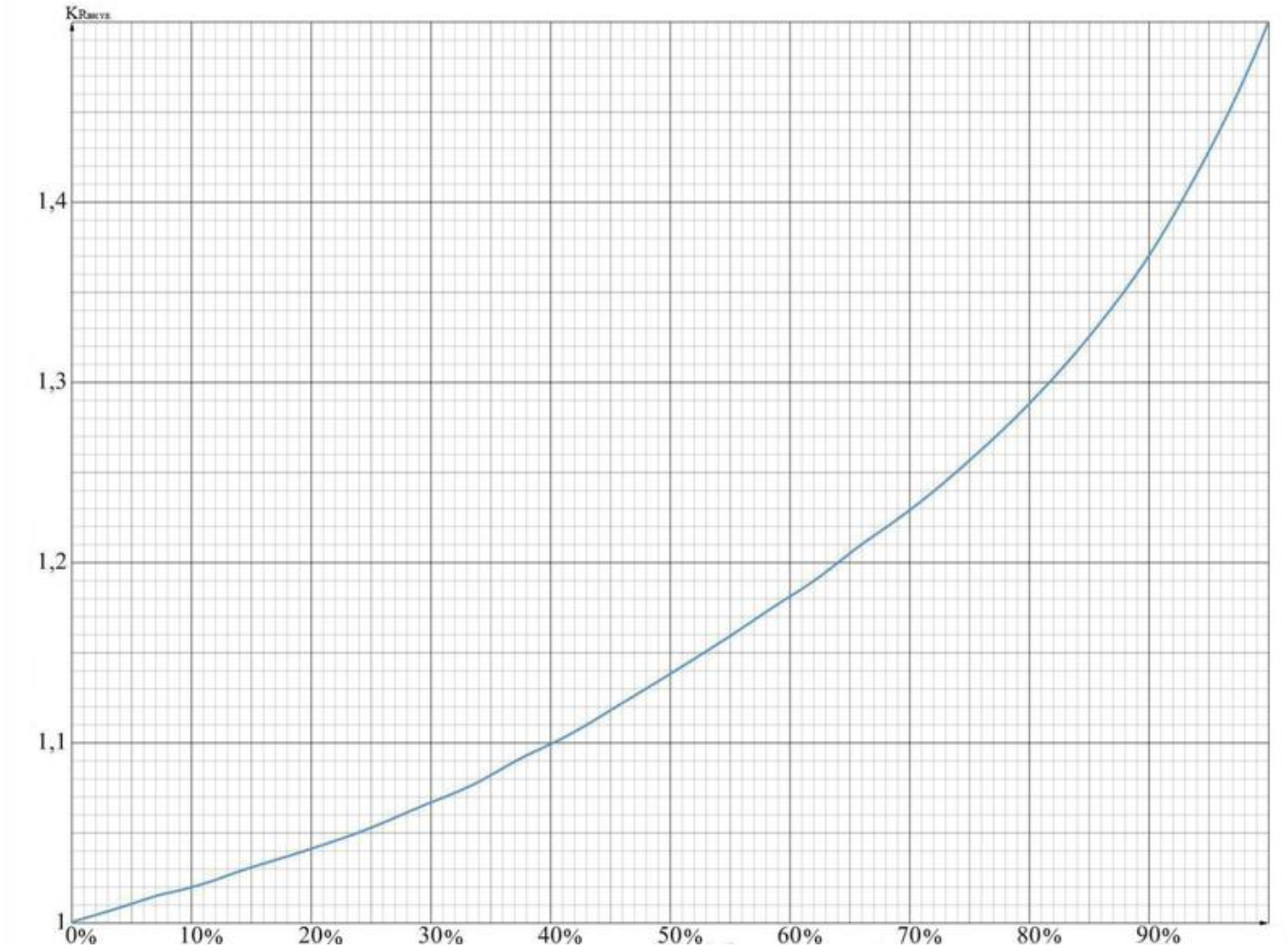
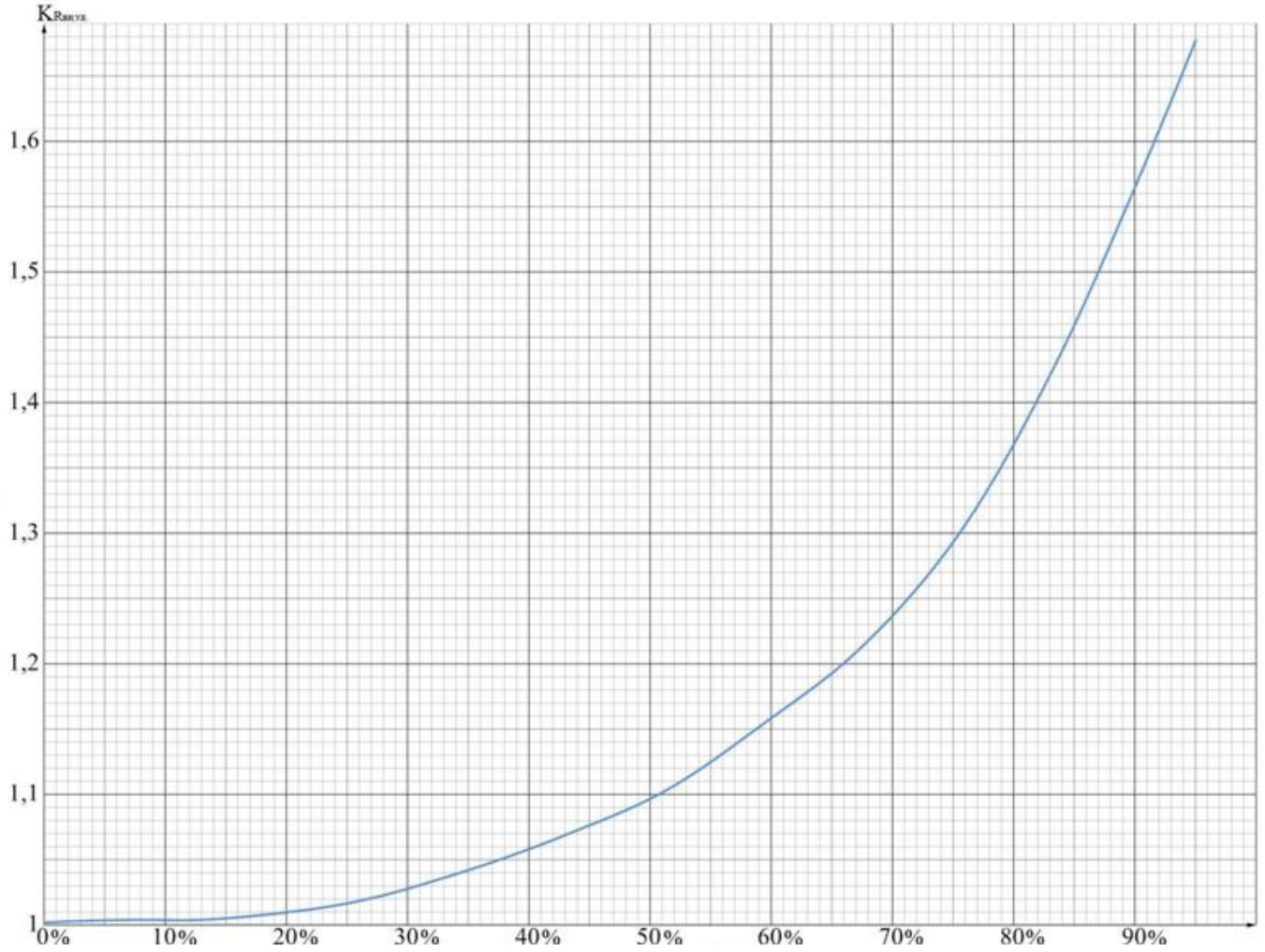


Рисунок Д.12 - Зависимость величины конечного тока (дугового среднеквадратичного в % от начального) от времени протекания и длины кабеля S=25мм^2



Степень разряда аккумуляторной батареи

Рис. Д.13 - График зависимости внутреннего сопротивления стационарной свинцово-кислотной аккумуляторной батареи с электролитом в свободном состоянии от глубины её разряда



Степень разряда аккумуляторной батареи

Рис. Д.14 - График зависимости внутреннего сопротивления стационарной герметизированной аккумуляторной батареи с электролитом в желеобразном состоянии от глубины её разряда

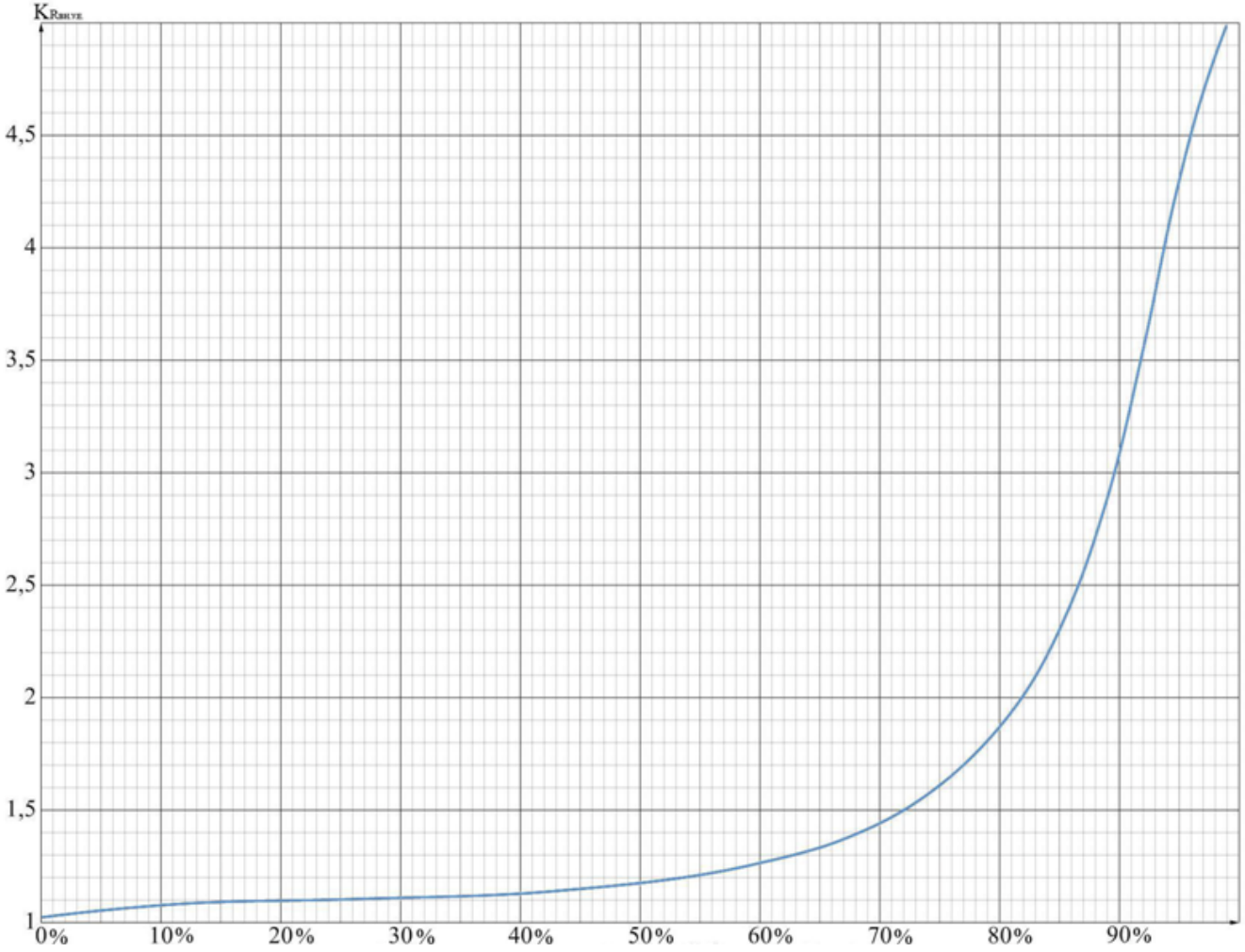


Рис. Д.15 - График зависимости внутреннего сопротивления стационарной герметизированной аккумуляторной батареи с электролитом, фиксированном в сепараторе, от глубины её разряда

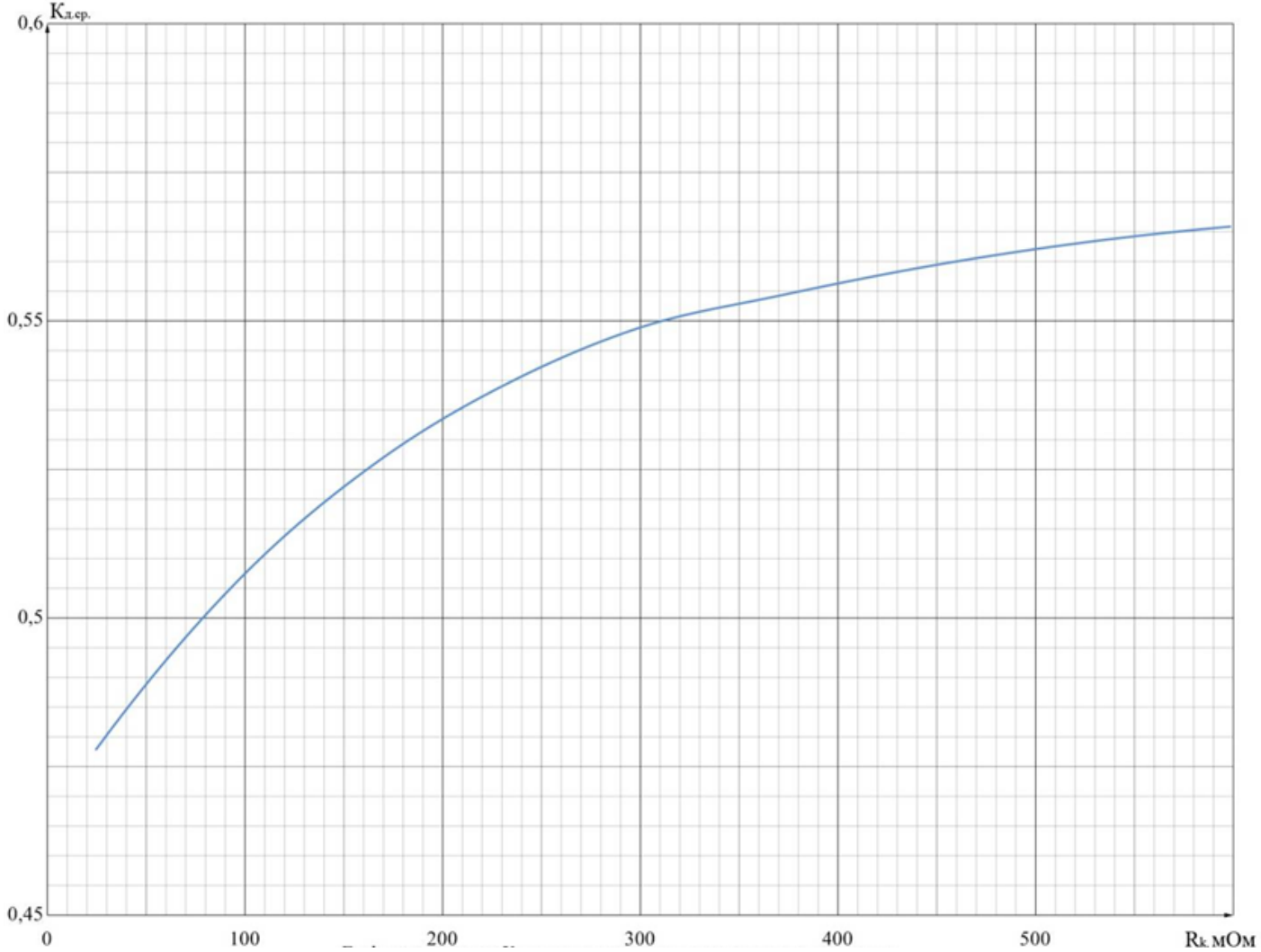


Рис. Д.16 - График зависимости $К_{д.ср.}$ от сопротивления цепи короткого замыкания

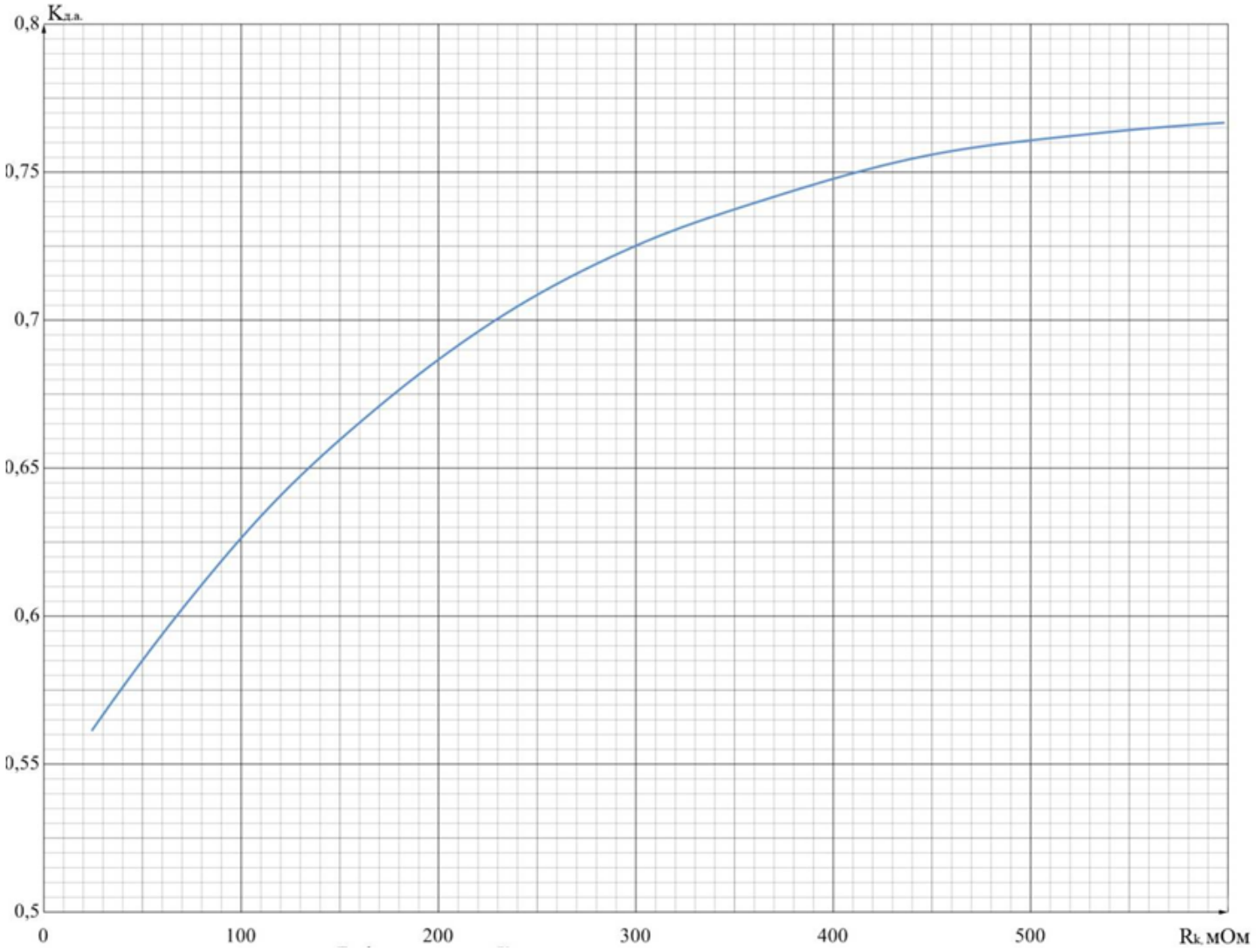


Рис. Д.17 - График зависимости $К_{д.а.}$ от сопротивления цепи короткого замыкания

Т а б л и ц а Д.1 – Значение расчетных длительно допустимых токов для кабелей на напряжение 1 кВ с резиновой и пластмассовой изоляцией, с медными и алюминиевыми жилами, прокладываемых в воздухе

Сечение жилы, мм^2	Токовые нагрузки (А) для кабелей	
	одножильных	двухжильных
1,5	29/-	24/-
2,5	40/30	33/25
4,0	53/40	44/34
6,0	67/51	56/43
10	91/69	76/58
16	121/93	101/77
25	160/122	134/103
35	197/151	166/127
50	247/189	208/159
70	318/233	264/195
95	386/284	321/239
120	450/330	375/276
150	521/380	423/319
185	594/436	493/366
240	704/515	584/432

Примечания

1. Нагрузки для кабелей с алюминиевыми жилами указаны в знаменателе.

2. Нагрузки для кабелей с резиновой изоляцией определяются умножением нагрузок, приведенных в таблице Д.1, на коэффициент 0,95.

3. Нагрузки для кабелей с изоляцией из вулканизированного полиэтилена определяются умножением нагрузок, приведенных в таблице Д.1, на коэффициент 1,16.

4. Нагрузки для одножильных кабелей приведены для одного кабеля, проложенного открыто; для двух кабелей, проложенных в одной трубе, следует руководствоваться графой для двухжильных кабелей; при скрытой электропроводке эти нагрузки должны быть умножены на коэффициент 0,85.

Приложение Е
(рекомендуемое)
Пример расчета токов короткого замыкания, потерь напряжения и выбора защитной аппаратуры

В качестве примера рассматривается схема электрических соединений СОПТ ГЭС, состоящей из двух ЩПТ, объединенных сетью взаиморезервирования и питающихся от двух аккумуляторных батарей 7 GroE-700 с разрядной емкостью 700 А·ч, состоящих из 103 рабочих элементов каждая. Принципиальная схема электрических соединений одного ЩПТ и расчетная схема замещения приведены на рисунках Е.1 и Е.2 соответственно.

Для обеспечения требуемого уровня напряжения у потребителей в цепях ввода рабочего питания ЩПТ установлены стабилизаторы на номинальный ток 600А.

От шин ЩПТ питается постоянная нагрузка, аварийное освещение, устройства связи и приводы ШПЭ-44 выключателей У-110-8.

Сопротивление катушки электромагнита выключателя ШПЭ-44 $R_{эм.в}$=0,6 Ом.

График работы потребителей системы постоянного тока ГЭС при аварийном получасовом разряде в режиме взаиморезервирования ЩПТ приведен в Приложении В (см. рисунок В.1).

Из графика видно, что расчетный ток аварийного получасового разряда $I_{расч}$=300А, а ток толчка в конце режима получасового разряда определяется значением тока включения выключателя У-110-8, $I_т$=660А.

Сопротивления питающих кабелей необходимые для расчета токов короткого замыкания определяем по Приложению Д по формуле (Д.3), при этом длина кабеля удваивается для учета сопротивления суммарной длины проводника в цепи КЗ:

R_1 = 0,0172×2×30 / 240 = 4,3 мОм;
R_2 = 0,0172×2×15 / 95 = 5,4 мОм;
R_3 = 0,0172×2×20 / 95 = 7,2 мОм;
R_4 = 0,0172×5 / 120 = 0,7 мОм;
R_5 = 0,0172×5 / 120 = 0,7 мОм;
R_6 = 0,0172×2×10 / 240 = 1,4 мОм;
R_7 = 0,0172×2×150 / 240 = 21,5 мОм;
R_8 = 0,0172×2×200 / 300 = 22,9 мОм;
R_9 = 0,0172×2×70 / 95 = 25,3 мОм;
R_{10} = 0,0172×2×10 / 240 = 1,4 мОм;
R_{11} = 0,0172×2×50 / 70 = 102,8 мОм;
R_{12} = 0,0172×2×150 / 240 = 21,5 мОм;
R_{13} = 0,0172×2×70 / 95 = 25,3 мОм;
R_{14} = 0,0172×2×50 / 50 = 34,4 мОм;
R_{15} = 0,0172×2×200 / 300 = 22,9 мОм;
R_{16} = 0,0172×2×70 / 35 = 68,8 мОм;
R_{17} = 0,0172×2×50 / 16 = 107,5 мОм;
R_{18} = 0,0172×2×50 / 10 = 172 мОм;
R_{19} = 0,0172×2×75 / 25 = 103,2 мОм;
R_{20} = 0,0172×2×100 / 16 = 215 мОм;

R_{21} = 0,0172×2×80 / 10 = 275,2 мОм;
$R_{22,23,24}$ = 0,0172×2×40 / 300 = 4,5 мОм;
$R_{25,26,27,28}$ = 0,0172×2×15 / 70 = 7,3 мОм.

Определим внутреннее сопротивление аккумуляторной батареи 7 GroE 700 состоящей из 103 элементов.

Номинальное сопротивление одного элемента АБ 7 GroE 700 по данным производителя равно $R_{эл}$ = 0,242 мОм.

Внутреннее сопротивление АБ составит $R_{АБ}$ = 0,242×103 = 24,92 мОм.

В режиме аварийного получасового разряда с учетом использования в цепи ввода рабочего питания стабилизатора, ток в цепи АБ составит $I'_{АБ}$= 300×1,25= 375А.

При таком значении тока разряда за 30 минут будет израсходовано 187,5 А·ч, что составляет 27% номинальной разрядной емкости. При этом в соответствии с графиком на рисунке В.1 внутренние сопротивление увеличится в 1,06 раз и составит 26,41 мОм.

Определим значение тока металлического КЗ в точке К-1 на входе стабилизатора по формуле (Д.11)

$$I_{км} = 1,93\times 103\times 10^3 / 34,71 = 5727 \text{ А},$$

где $R_{\Sigma} = R`_{аб} + R_1 + R_{пк} = 26,41 + 4,3 + 4 = 34,71$ мОм.

Определим среднее амплитудное значение тока дугового КЗ в точке К-1 по формуле (Д.13)

$$I_{к.д.а.}= 5727 \times 0,571 = 3270 \text{ А},$$

где $К_{д.а.}= 0,7730566 – 0,4308014 \times e^{-0,0068 \times 34,71} – 0,0286485 \times e^{-0,038 \times 34,71} + 0,2145638 \times e^{-0,011 \times 34,71}$= = 0,571.

Определим среднее среднеквадратичное значение тока дугового КЗ в точке К-1 по формуле (Д.14)

$$I_{к.д.ср.} = 5727 \times 0,482 = 2760 \text{ А},$$

где $К_{д.ср.} = 0,5672834 + 0,016979 \times e^{-0,019 \times 34,71} – 0,0401916 \times e^{-0,12 \times 34,71} – 0,1140553 \times e^{-0,006 \times 34,71}$ = = 0,482.

Определим значение тока металлического КЗ в точке К-2 по формуле (Д.11)

$$I_{км} = 1,93\times 103 \times 10^3 / 44,11 = 4500 \text{ А},$$

где $R_{\Sigma} = R`_{аб} + R_1 + R_2 + R_{пк}= 26,41 + 4,3 + 5,4 + 8 = 44,11$ мОм.

Определим среднее амплитудное значение тока дугового КЗ в точке К-2 по формуле (Д.13)

$$I_{к.д.а.} = 4500 \times 0,58 = 2610 \text{ А},$$

где $К_{д.а.}$ = 0,58 – определяется по графику $К_{д.а.}$ =f($R_{\sum}$), рисунок Д.17.

Определим среднее среднеквадратичное значение тока дугового КЗ в точке К-2 по формуле (Д.14)

$I_{к.д.ср.}$ = 4500 × 0,487 = 2191 А,

где $К_{д.ср.}$ = 0,487 - определяется по графику $К_{д.ср.}$ =f($R_{\sum}$), рисунок Д.16.

Определим значение тока металлического КЗ в точке К-3 по формуле (Д.11)

$I_{км}$ = 231× 10^3 / 7,1 = 32532 А,

где $R`_{\sum} = R_5 + R_6 + R_{пк}$ = 0,7 + 1,4 + 5 = 7,1 мОм.

Полученное значение $I_{км}$ значительно превосходит предел возможностей стабилизации тока ($2I_{ном.ст.}$ = 1200А).

В этом случае значение тока металлического КЗ в точке К-3 определяется по формуле (Д.12)

$I_{км}$ = (1,93× 103 - 1,5)× 10^3/ 43,51 = 4534 А,

где $R_{\sum} = R_{аб} + R_1 + R_4 + R_5 + R_6 + R_{пк}$= 26,41 + 4,3 + 0,7 + 0,7 + 1,4 +10 = 43,51 мОм

Определим среднее амплитудное значение тока дугового КЗ в точке К-3 по формуле (Д.13)

$I_{к.д.а.}$ = 4534 × 0,579 = 2625 А,

где $К_{д.а.}$ = 0,579 – определяется по формуле (Д.15).

Определим среднее среднеквадратичное значение тока дугового КЗ в точке К-3 по формуле (Д.14)

$I_{к.д.ср.}$ = 4534 × 0,486 = 2203 А,

где $К_{д.ср.}$ = 0,486 - определяется по формуле (Д.16).

Определим значение тока металлического КЗ в точке К-4 определяется по формуле (Д.11)

$I_{км}$ = (1,93× 103 - 1,5)× 10^3 / 48,9 = 4034 А,

где $R`_{\sum} = R_{аб} + R_1 + R_4 + R_5 + R_6 + R_{10} + R_{пк}$= 26,41 + 4,3 + 0,7 + 0,7 + 1,4 + 1,4 + 14 = 48,9 мОм.

Определим среднее амплитудное значение тока дугового КЗ в точке К-4 по формуле (Д.13)

$I_{к.д.а.}$ = 4034 × 0,584 = 2355 А,

где $К_{д.а.}$ = 0,584 – определяется по формуле (Д.15).

Определим среднее среднеквадратичное значение тока дугового КЗ в точке К-4 по формуле (Д.14)

$I_{к.д.ср.} = 4034 \times 0,488 = 1968$ А,

где $К_{д.ср.} = 0,488$ - определяется по формуле (Д.16).

Определим значение тока металлического КЗ в точке К-5 по формуле (Д.11)

$I_{км} = 231 \times 10^3 / 36,6 = 6311$ А,

где $R`_{\sum} = R_5 + R_6 + R_7 + R_{пк} = 0,7 + 1,4 + 21,5 + 13 = 36,6$ мОм.

Полученное значение $I_{км}$ значительно превосходит предел возможностей стабилизации тока ($2I_{ном.ст.} = 1200$А).

В этом случае значение тока металлического КЗ в точке К-5 определяется по формуле (Д.12)

$I_{км} = (1,93 \times 103 - 1,5) \times 10^3 / 73 = 2702$ А,

где $R_{\sum} = R_{аб} + R_1 + R_4 + R_5 + R_6 + R_7 + R_{пк} = 26,41 + 4,3 + 0,7 + 0,7 + 1,4 + 21,5 + 18 = 73$ мОм.

Определим среднее амплитудное значение тока дугового КЗ в точке К-5 по формуле (Д.13)

$I_{к.д.а.} = 2702 \times 0,604 = 1632$ А,

где $К_{д.а.} = 0,604$ – определяется по формуле (Д.15).

Определим среднее среднеквадратичное значение тока дугового КЗ в точке К-5 по формуле (Д.14)

$I_{к.д.ср.} = 2702 \times 0,498 = 1345$ А,

где $К_{д.ср.} = 0,498$ - определяется по формуле (Д.16).

Определим значение тока металлического КЗ в точке К-6 по формуле (Д.11)

$I_{км} = 231 \times 10^3 / 38,4 = 6015$ А,

где $R`_{\sum} = R_5 + R_6 + R_9 + R_{пк} = 0,7 + 1,4 + 25,3 + 11 = 38,4$ мОм.

Полученное значение $I_{км}$ значительно превосходит предел возможностей стабилизации тока ($2I_{ном.ст.} = 1200$А).

В этом случае значение тока металлического КЗ в точке К-6 определяется по формуле (Д.12)

$I_{км} = (1,93 \times 103 - 1,5) \times 10^3 / 74,8 = 2637$ А,

где $R_{\sum} = R_{аб} + R_1 + R_4 + R_5 + R_6 + R_9 + R_{пк} = 26,41 + 4,3 + 0,7 + 0,7 + 1,4 + 25,3 + 16 = 74,8$ мОм.

Определим среднее амплитудное значение тока дугового КЗ в точке К-6 по формуле (Д.13)

$I_{к.д.а.} = 2637 \times 0,606 = 1598$ А,

где $К_{д.а.} = 0,606$ – определяется по рисунку Д.15.

Определим среднее среднеквадратичное значение тока дугового КЗ в точке К-6 по формуле (Д.14)

$I_{к.д.ср.}$ =2637 × 0,498 = 1313 А,

где $К_{д.ср.}$ = 0,498 - определяется по (Д.16).

Определим значение тока металлического КЗ в точке К-7 по формуле (Д.11)

$I_{км}$ = 231× 10^3 / 52,9 = 4366 А,

где $R`_{\sum} = R_5 + R_6 + R_{10} + R_{14} + R_{пк}$ = 0,7 + 1,4 + 1,4 + 34,4 + 15 = 52,9 мОм.

Полученное значение $I_{км}$ значительно превосходит предел возможностей стабилизации тока ($2I_{ном.ст.}$ = 1200А).

В этом случае значение тока металлического КЗ в точке К-6 определяется по формуле (Д.12)

$I_{км}$ = (1,93× 103 - 1,5)× 10^3 / 89,31= 2209 А,

где $R_{\sum} = R_{аб} + R_1 + R_4 + R_5 + R_6 + R_{10} + R_{14} + R_{пк}$= 26,41 + 4,3 + 0,7 + 0,7 + 1,4 + 1,4 +34,4 + 20 = = 89,31 мОм.

Определим среднее амплитудное значение тока дугового КЗ в точке К-7 по формуле (Д.13)

$I_{к.д.а.}$ =2209 × 0,617 = 1362 А,

где $К_{д.а.}$ = 0,617 – определяется по формуле (Д.15).

Определим среднеквадратичное значение тока дугового КЗ в точке К-7 по формуле (Д.14)

$I_{к.д.ср.}$ =2209 × 0,503 = 1170 А,

где $К_{д.ср.}$ = 0,503 - определяется по формуле (Д.16).

Определим значение тока металлического КЗ в точке К-8 по формуле (Д.11)

$I_{км}$ = 231× 10^3 / 36 = 6416 А,

где $R`_{\sum} = R_5 + R_6 + R_8 + R_{пк}$ = 0,7 + 1,4 + 22,9 + 11 = 36 мОм.

Полученное значение $I_{км}$ значительно превосходит предел возможностей стабилизации тока ($2I_{ном.ст.}$ = 1200А).

В этом случае значение тока металлического КЗ в точке К-8 определяется по формуле (Д.12)

$I_{км}$ = (1,93× 103 - 1,5)× 10^3 / 72,4= 2725 А,

где $R_{\sum} = R_{аб} + R_1 + R_4 + R_5 + R_6 + R_8 + R_{пк}$= 26,41 + 4,3 + 0,7 + 0,7 + 1,4 + 22,9 + 16 = 72,4 мОм.

Определим среднее амплитудное значение тока дугового КЗ в точке К-8 по формуле (Д.13)

$I_{к.д.а.}$ =2725 × 0,604 = 1645 А,

где $К_{д.а.}$ = 0,604 – определяется по формуле (Д.15).

Определим среднее среднеквадратичное значение тока дугового КЗ в точке К-8 по формуле (Д.14)

$I_{к.д.ср.}$ =2725 × 0,497 = 1354 А,

где $К_{д.ср.}$ = 0,497 - определяется по формуле (Д.16).

Определим значение тока металлического КЗ в точке К-9 по формуле (Д.11)

$I_{км} = 231 \times 10^3 / 59,5 = 3882$ А,

где $R`_{\sum} = R_5 + R_6 + R_8 + R_{22} + R_{23} + R_{24} + R_{пк} = 0,7 + 1,4 + 22,9 + 4,5 + 4,5 + 4,5 + 21 = 59,5$ мОм.

Полученное значение $I_{км}$ значительно превосходит предел возможностей стабилизации тока ($2I_{ном.ст.}$ = 1200А).

В этом случае значение тока металлического КЗ в точке К-9 определяется по формуле (Д.12)

$I_{км} = (1,93 \times 103 - 1,5) \times 10^3 / 97,9 = 2015$ А,

где $R_{\sum} = R_{аб} + R_1 + R_4 + R_5 + R_6 + R_8 + R_{22} + R_{23} + R_{24} + R_{пк} = 26,41 + 4,3 + 0,7 + 0,7 + 1,4 + 22,9 + +4,5 + 4,5 + 4,5 + 28 = 97,9$ мОм.

Определим среднее амплитудное значение тока дугового КЗ в точке К-9 по формуле (Д.13)

$I_{к.д.а.}$ =2015 × 0,624 = 1257 А,

где $К_{д.а.}$ = 0,624 – определяется по формуле (Д.15).

Определим среднее среднеквадратичное значение тока дугового КЗ в точке К-9 по формуле (Д.14)

$I_{к.д.ср.}$ =2015 × 0,506 = 1019 А,

где $К_{д.ср.}$ = 0,506 - определяется по рисунку Д.16.

Определим значение тока металлического КЗ в точке К-10 по формуле (Д.11)

$I_{км} = 231 \times 10^3 / 114,2 = 2022$ А,

где $R`_{\sum} = R_5 + R_6 + R_9 + R_{16} + R_{пк} = 0,7 + 1,4 + 25,3 + 68,8 + 18 = 114,2$ мОм.

Полученное значение $I_{км}$ значительно превосходит предел возможностей стабилизации тока ($2I_{ном.ст.}$ = 1200А).

В этом случае значение тока металлического КЗ в точке К-10 определяется по формуле (Д.12)

$I_{км} = (1,93 \times 103 - 1,5) \times 10^3 / 161,6 = 1220$ А,

где $R_{\sum} = R_{аб} + R_1 + R_4 + R_5 + R_6 + R_9 + R_{16} + R_{пк} = 26,41 + 4,3 + 0,7 + 0,7 + 1,4 + 25,3 + 68,8 + 18 = =161,6$ мОм.

Определим среднее амплитудное значение тока дугового КЗ в точке К-10 по формуле (Д.13)

$I_{к.д.а.} = 1220 \times 0,666 = 812$ А,

где $К_{д.а.}$ = 0,666 – определяется по формуле (Д.15).

Определим среднее среднеквадратичное значение тока дугового КЗ в точке К-10 по формуле (Д.14)

$I_{к.д.ср.}$ = 1220 × 0,524 = 639 А,

где $К_{д.ср.}$ = 0,524 - определяется по формуле (Д.16).

Определим значение тока металлического КЗ в точке К-11 по формуле (Д.11)

$I_{км}$ = 231× 10^3 / 152,9 = 1510 А,

где $R`_{\sum} = R_5 + R_6 + R_9 + R_{17} + R_{пк}$ = 0,7 + 1,4 + 25,3 + 107,5 + 18 = 152,9 мОм.

Полученное значение $I_{км}$ значительно превосходит предел возможностей стабилизации тока ($2I_{ном.ст.}$ = 1200А).

В этом случае значение тока металлического КЗ в точке К-11 определяется по формуле (Д.12)

$I_{км}$ = (1,93× 103 - 1,5)× 10^3 / 184,3= 1070 А,

где $R_{\sum} = R_{аб} + R_1 + R_4 + R_5 + R_6 + R_9 + R_{17} + R_{пк}$= 26,41 + 4,3 + 0,7 + 0,7 +1,4 + 25,3+ 107,5 + 18= =184,3 мОм.

Определим среднее амплитудное значение тока дугового КЗ в точке К-11 по формуле (Д.13)

$I_{к.д.а.}$ = 1070 × 0,678 = 725 А,

где $К_{д.а.}$ = 0,678 – определяется по формуле (Д.15).

Определим среднее среднеквадратичное значение тока дугового КЗ в точке К-11 по формуле (Д.14)

$I_{к.д.ср.}$ = 1070 × 0,53 = 567 А,

где $К_{д.ср.}$ = 0,53 - определяется по формуле (Д.16).

Определим значение тока металлического КЗ в точке К-12 по формуле (Д.11)

$I_{км}$ = 231× 10^3 / 217,4 = 1062 А,

где $R`_{\sum} = R_5 + R_6 + R_9 + R_{18} + R_{пк}$ = 0,7 + 1,4 + 25,3 + 172 + 18 = 217,4 мОм.

Полученное значение тока $I_{км}$ находятся в зоне стабилизации ($2I_{ном.ст.}$ = 1200А).

Определим среднее амплитудное значение тока дугового КЗ в точке К-12 по формуле (Д.13)

$I_{к.д.а.}$ = 1062 × 0,694 = 737 А,

где $К_{д.а.}$ = 0,694 – определяется по формуле (Д.15).

Определим среднее среднеквадратичное значение тока дугового КЗ в точке К-12 по формуле (Д.14)

$I_{к.д.ср.}$ = 1062 × 0,536 = 569 А,

где $К_{д.ср.}$ = 0,536 - определяется по формуле (Д.16).

Определим значение тока металлического КЗ в точке К-13 по формуле (Д.11)

$I_{км} = 231 \times 10^3 / 158,1 = 1461$ А,

где $R`_{\sum} = R_5 + R_6 + R_{10} + R_{14} + R_{19} + R_{пк} = 0,7 + 1,4 + 1,4 + 34,4 + 103,2 + 17 = 158,1$ мОм.

Полученное значение $I_{км}$ значительно превосходит предел возможностей стабилизации тока ($2I_{ном.ст.} = 1200$А).

В этом случае значение тока металлического КЗ в точке К-13 определяется по формуле (Д.12)

$I_{км} = (1,93 \times 103 - 1,5) \times 10^3 / 189,5 = 1041$ А,

где $R_{\sum} = R_{аб} + R_1 + R_4 + R_5 + R_6 + R_{10} + R_{14} + R_{19} + R_{пк} = 26,41 + 4,3 + 0,7 + 0,7 + 1,4 + 1,4 + 34,4 + +103,2 + 17 = 189,5$ мОм.

Определим среднее амплитудное значение тока дугового КЗ в точке К-13 по формуле (Д.13)

$I_{к.д.а.} = 1041 \times 0,681 = 708$ А,

где $К_{д.а.} = 0,681$ – определяется по формуле (Д.15).

Определим среднее среднеквадратичное значение тока дугового КЗ в точке К-13 по формуле (Д.14)

$I_{к.д.ср.} = 1041 \times 0,531 = 553$ А,

где $К_{д.ср.} = 0,531$ - определяется по формуле (Д.16).

Определим значение тока металлического КЗ в точке К-14 по формуле (Д.11)

$I_{км} = 231 \times 10^3 / 269,9 = 855$ А,

где $R`_{\sum} = R_5 + R_6 + R_{10} + R_{14} + R_{20} + R_{пк} = 0,7 + 1,4 + 1,4 + 34,4 + 215 + 17 = 269,9$ мОм.

Полученное значение тока $I_{км}$ находятся в зоне стабилизации ($2I_{ном.ст.} = 1200$А).

Определим среднее амплитудное значение тока дугового КЗ в точке К-14 по формуле (Д.13)

$I_{к.д.а.} = 855 \times 0,714 = 610$ А,

где $К_{д.а.} = 0,714$ – определяется по формуле (Д.15).

Определим среднее среднеквадратичное значение тока дугового КЗ в точке К-14 по формуле (Д.14)

$I_{к.д.ср.} = 855 \times 0,545 = 466$ А,

где $К_{д.ср.} = 0,545$ - определяется по формуле (Д.16).

Определим значение тока металлического КЗ в точке К-15 по формуле (Д.11)

$I_{км} = 231 \times 10^3 / 330 = 700$ А,

где $R`_{\sum} = R_5 + R_6 + R_{10} + R_{14} + R_{21} + R_{пк} = 0,7 + 1,4 + 1,4 + 34,4 + 275,2 + 17 = 330$ мОм.

Полученное значение тока $I_{км}$ находятся в зоне стабилизации ($2I_{ном.ст.} = 1200$А).

Определим среднее амплитудное значение тока дугового КЗ в точке К-15 по формуле (Д.13)

$I_{к.д.а.} = 700 \times 0,732 = 512$ А,

где $К_{д.а.} = 0,732$ – определяется по формуле (Д.15).

Определим среднее среднеквадратичное значение тока дугового КЗ в точке К-15 по формуле (Д.14)

$I_{к.д.ср.} = 700 \times 0,551 = 385$ А,

где $К_{д.ср.} = 0,551$ - определяется по формуле (Д.16).

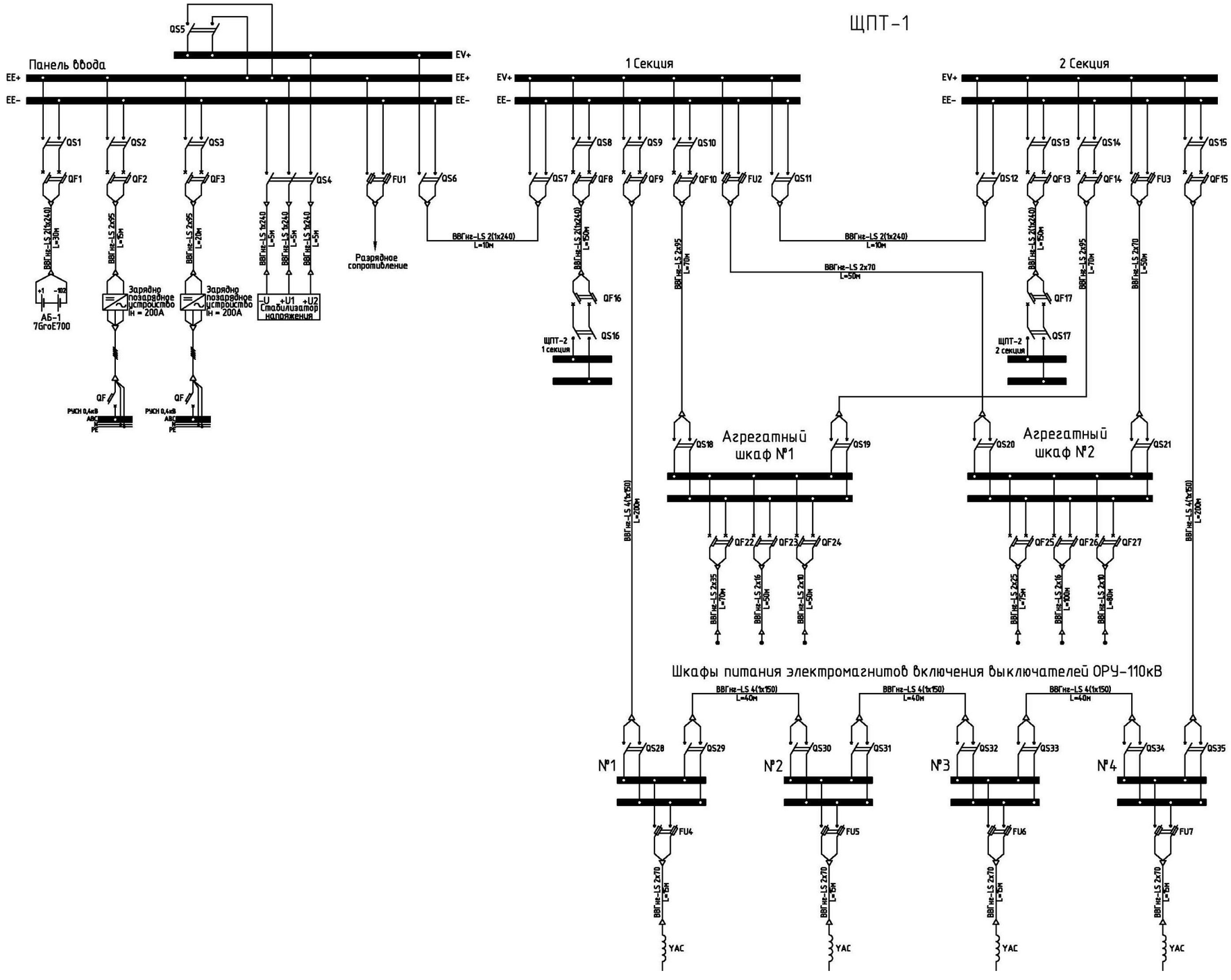


Рисунок Е.1 - Принципиальная схема электрических соединений системы оперативного постоянного тока ГЭС

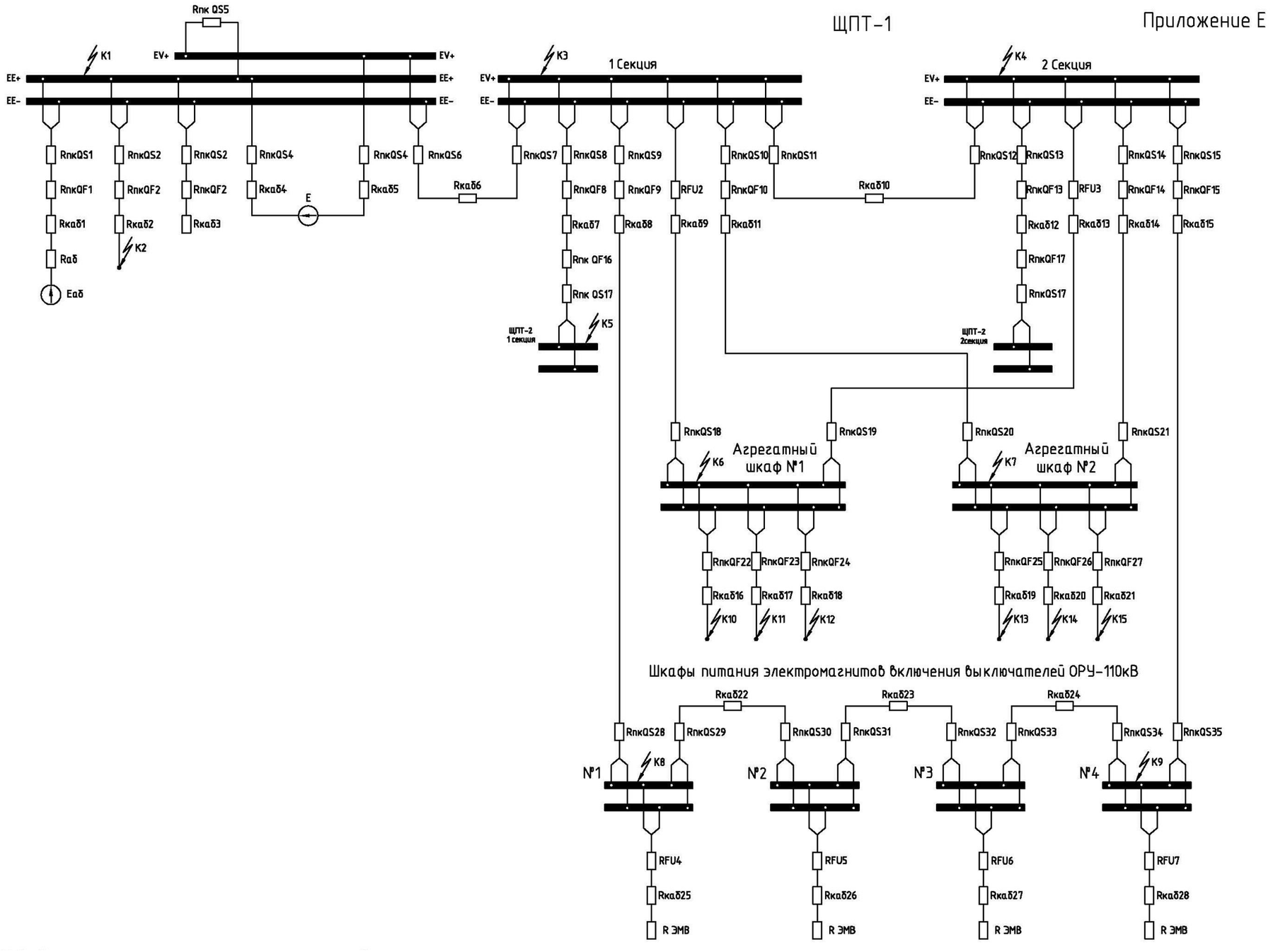


Рисунок Е.2 - Схема замещения системы оперативного постоянного тока

Приложение Ж
(рекомендуемое)
Примеры выбора защитной аппаратуры и кабелей

Ж.1 Выбор защитных аппаратов в цепях вводов рабочего и резервного питания ЩПТ (автоматические выключатели QF-1; QF)

В качестве примера приводится выбор защитной аппаратуры и кабелей в схеме-3 СОПТ (Приложение А, рисунок А.12).

В соответствии с графиком аварийного получасового разряда $I_{расч}=f(t)$, а также с учетом использования в цепи ввода рабочего питания устройства стабилизации, ток в цепи ввода рабочего питания ЩПТ составит $I_{АБ}=I_{расч}\cdot 1,25=300\cdot 1,25=375$А.

Уточним значение тока толчка при включении в конце режима аварийного разряда выключателя У-110-8 с учетом сопротивления катушки электромагнита включения $R_{ЭМВ}=600$мОм и сопротивления цепи питания электромагнита.

С учетом использования в цепи ввода рабочего питания устройства стабилизации значение тока включения выключателя У-110-8 определяется по формуле:

$$I_{вкл}=\frac{U_{вых}\cdot 10^3}{R'_{\Sigma}}=\frac{231\cdot 10^3}{647,3}=357\text{А},$$

где $R_{\Sigma}=R_5+R_6+R_8+R_{25}+R_{пк}+R_{э.м.в}=0,7+1,4+22,9+7,3+15+600=647,3$мОм

В связи с тем, что отличие полученного значения $I_{вкл}=357$А от предварительно принятого значения $I_{вкл}=360$А незначительно и находится в пределах погрешности расчета для дальнейших расчетов принимается значение $I_{вкл}=360$А. При этом значении $I_{вкл}$ ток на входе стабилизатора составит $360\cdot 1,25=450$А, а суммарный ток толчка в цепи ввода рабочего питания $I_т=375+450=825$А.

Применим в качестве защитных аппаратов в цепях вводов рабочего и резервного питания ЩПТ специально разработанный для этих целей автоматический выключатель ВА55-41 с полупроводниковым расцепителем МРТ-8. Предельная коммутационная способность этого выключателя 100кА значительно превосходит предельные значения токов металлического КЗ в системах постоянного тока станций и в проверке не нуждается.

В соответствии с (15.1) при токе в цепи ввода рабочего питания $I_{АБ}=375$А может быть выбран выключатель с номинальным током максимального расцепителя $I_{ном}=400$А и уставкой номинального тока расцепителя краткой $I_{ном}$-1,0.

Для того чтобы расцепитель с независимой от тока характеристикой времени срабатывания не сработал при токе толчка в соответствии с условием по формуле (15.2) Стандарта:

$I_{отс}\geq 825\cdot 1,1\cdot 1,2=1089$А,

где $I_т=825$А;

$К_н=1,1$ – коэффициент запаса;

$К_р=1,2$ – коэффициент разброса.

Установленный в цепи ввода рабочего питания ЩПТ автоматический выключатель должен обеспечить отключение дугового КЗ на шинах резервируемого ЩПТ в соответствии с условием по формуле (15.3) Стандарта:

$$I_{отс}\leq\frac{1632}{1,1\cdot 1,2}=1236\text{А},$$

Таким образом, расцепитель с независимой от тока характеристикой времени срабатывания - отсечка выключателя QF-1 должна быть откалибрована на срабатывание в диапазоне 1089А<$I_{отс}$<1236А.

Для определения номинального тока максимального расцепителя автоматического выключателя установленного в цепи ввода резервного питания QF-8 необходимо знание распределения нагрузок аварийного разряда между резервируемыми ЩПТ.

Так как в рассматриваемом случае распределение нагрузок неизвестно будем считать, что нагрузки аварийного разряда взаиморезервируемых ЩПТ одинаковы и равны половине суммарной нагрузки, то есть ток аварийного разряда каждого ЩПТ равен $I'_{расч}$=300/2=150А. При этом в цепи ввода резервного питания ЩПТ может быть установлен выключатель с номинальным током максимального расцепителя $I_{ном}$=250А и уставкой номинального тока расцепителя кратной $I_{ном}$-1,0. Значение тока толчка в цепи взаиморезервирования будет меньше суммарного значения $I_т$ на величину тока нагрузки резервирующего ЩПТ, в рассматриваемом случае значение $I_т$=660-150=510А.

Для того чтобы расцепитель с независимой от тока характеристикой времени срабатывания не сработал при токе толчка в соответствии с условием по формуле (15.2) Стандарта:

$I_{отс}$≥510·1,1·1,2=673А,

где $I_т$=510А;

$К_н$=1,1 – коэффициент надежности;

$К_р$=1,2 – коэффициент разброса.

Установленный в цепи ввода резервного питания ЩПТ автоматический выключатель должен обеспечить отключение дугового КЗ на шинах резервируемого ЩПТ при тех же расчетных условиях, что и для выключателя ввода рабочего питания, то есть в соответствии с условием по формуле (15.3) Стандарта: $I_{отс}$≤1236А.

Таким образом, расцепитель с независимой от тока характеристикой времени срабатывания - отсечка выключателя QF-8 должна быть откалибрована на срабатывание в диапазоне 673А<$I_{отс}$<1236А, что может быть обеспечено установкой уставки по току срабатывания кратной $I_{ном}$-4,0.

Уставка по времени срабатывания выключателя ввода резервного питания принимается равной 4с при пятикратной (по отношению к уставке тока расцепителя) перегрузке.

Уставка по времени срабатывания в зоне токов перегрузки расцепителя выключателя ввода рабочего питания принимается равной 8 с при пятикратной (по отношению к уставке тока расцепителя) перегрузке.

Уставка по времени срабатывания в зоне токов КЗ выключателя ввода резервного питания ЩПТ в соответствии с условием по формуле (15.5) Стандарта принимается равной 0,4 с, а уставка срабатывания в зоне токов КЗ выключателя ввода рабочего питания ЩПТ в соответствии с условием по формуле (15.4) Стандарта принимается равной 0,6 с.

Ж.2 Выбор защитных аппаратов в цепи питания электромагнитов включения выключателей У-110-8 ОРУ-110кв

В качестве примера рассмотрим выбор автоматического выключателя QF-9. Выключатель QF-9 не должен отключиться при протекании по нему тока электромагнита включения выключателя У-110-8 $I_{э.м.в}$ =360А и должен обеспечить отключение дугового короткого замыкания в конце защищаемой цепи (точка К-9).

Учитывая что ток электромагнита включения $I_{э.м.в}$ протекает кратковременно (0,3-0,5с) применим в качестве защитного аппарата автоматический выключатель с комбинированным расцепителем ВА57-35 $I_{ном}$=250А и номинальным током теплового расцепителя $I_{н.расц.}$=250А. Номинальная предельная наибольшая отключающая способность выключателя ВА57-35 110кА значительно превосходит предельные значения токов КЗ в рассматриваемой СОПТ.

Для того чтобы расцепитель с независимой от времени характеристикой тока срабатывания (отсечка) не сработал при протекании тока электромагнита включения необходимо выполнение условия по формуле (15.8) Стандарта:

$I_{отс} \geq 360 \cdot 1,1 \cdot 1,2 = 475А$.

Для надежного отключения дугового КЗ в конце защищаемого участка цепи (точка К-9) необходимо выполнение условия по формуле (15.7) Стандарта:

$$I_{отс} \leq \frac{1257}{1,1 \cdot 1,2} = 952А.$$

Таким образом, значение $I_{отс}$ должно находиться в диапазоне $457А < I_{отс} < 952А$.

Принимаем значение $I_{отс}$=750А.

Выберем защитный аппарат, установленный в шкафу питания электромагнитов включения выключателей У-110-8. Этот защитный аппарат должен защитить электромагнит включения от длительного (более 20 с) протекания тока включения при неисправном механизме привода.

Применим в качестве защитного аппарата предохранитель ППН-33 с $I_{н.пл.вст}$=80А. При протекании тока $I_{э.м.в}$ =360А предохранитель должен сработать в диапазоне времени $1,04с < t_{ср} < 18,52с$ со средним временем срабатывания 9,78 с.

Для проверки селективности чувствительности и селективности действия выбранных защитных аппаратов в цепях вводов рабочего, резервного питания ЩПТ и цепи ввода питания электромагнитов включения построим карту селективности, на которой в единой системе координат изобразим время-токовые характеристики выбранных аппаратов совместно с линиями значений токов $I_{э.м.в}$ =360А и $I_{к.д.а}$=1632А (в точке К-5).

Предварительная карта селективности приведена на рисунке Ж.1. Из рисунка Ж.1 видно, что в зоне токов перегрузки расцепители выключателей вводов рабочего и резервного питания неселективны с расцепителем выключателя в цепи питания электромагнитов включения, а в зоне токов КЗ расцепитель выключателя ввода рабочего питания имеет недостаточную чувствительность к току КЗ на шинах резервируемого ЩПТ. Изменим параметры расцепителя выключателя ввода резервного питания применив выключатель с $I_{ном}$=630А и уставкой номинального тока расцепителя кратной $I_{ном}$ – 1,0.

Уставка времени срабатывания этого расцепителя в зоне токов перегрузки – 8с.

Уставка срабатывания расцепителя в зоне токов КЗ принимается равной $I_{отс}=2 \cdot 630=1260А$, что обеспечивается установкой двукратной уставки по отношению к $I_{ном}$. Уставка времени срабатывания этого расцепителя в зоне токов КЗ остаётся прежней – 0,4с.

Изменим также параметры расцепителя выключателя ввода рабочего питания ЩПТ применив расцепитель с такими же настройками по току срабатывания, что и для выключателя ввода резервного питания и уставкой по времени срабатывания в зоне токов перегрузки – 16с, а в зоне токов КЗ – 0,6с.

Карта селективности с измененными характеристиками расцепителей приведена на рисунке Ж.2.

Из рисунка Ж.2 видно, что изменение настроек позволило обеспечить селективность срабатывания защитных аппаратов, однако при установке заводской двукратной калибровки расцепителей в зоне токов КЗ не обеспечивается требуемая чувствительность к току дугового КЗ на шинах резервируемого ЩПТ в соответствии с условием по формуле (15.7), в соответствии с которой

$$I_{отс} \leq \frac{1632}{1,1 \cdot 1,2} = 1236А.$$

Для обеспечения чувствительности необходимо откалибровать расцепитель в зоне токов КЗ на срабатывание при токе 1236А, что соответствует кратности по отношению к номинальному току расцепителя – 1,96.

По карте селективности (рисунок Ж.2) видно, что селективность защит вводов рабочего и резервного питания ЩПТ обеспечивается отстройкой по времени срабатывания расцепителей в зоне токов перегрузки и в зоне токов КЗ. Для обеспечения полной селективности как по времени, так и по току срабатывания потребовалось бы увеличение значения тока дугового КЗ на шинах резервируемого ЩПТ, для чего было бы необходимо выполнение следующих мероприятий:

- увеличение сечения цепи взаиморезервирования ЩПТ;
- изменение компоновки ЩПТ и уменьшение длины цепи взаиморезервирования;
- увеличение ёмкости АБ (для снижения её внутреннего сопротивления).

Предлагаемые мероприятия могли бы осуществляться как по отдельности, так и в сочетании.

Обеспечение полной время-токовой селективности в рассматриваемом случае могло бы быть обеспечено ценой отказа от резервирования действия защитного аппарата в цепи взаиморезервирования защитным аппаратом ввода рабочего питания, что нежелательно, так как снижает надежность защиты от дугового КЗ на шинах резервируемого ЩПТ.

Ж.3 Выбор защитных аппаратов в цепи питания и присоединений агрегатного шкафа № 1

Предположим, что ток нагрузки в цепи выключателя QF-22 составляет 25А, в цепи выключателя QF-23 – 16А, а в цепи выключателя QF-24 – 6А. Суммарный ток нагрузки в цепи выключателя QF-9 составит 47А.

В качестве защитных аппаратов в цепях питания присоединений агрегатного шкафа № 1 применим автоматические выключатели S280-UCB с характеристикой комбинированного расцепителя типа В на номинальные токи QF-22 – 25А, QF-23 – 16А и QF-24 – 6А.

Номинальная отключающая способность этих выключателей 6кА превышает значение тока металлического КЗ на шинах агрегатного шкафа №1 $I_{к.м}$=2637 А (точка К-6). В соответствии с техническими характеристиками фирмы-производителя (ABB) внутреннее сопротивление (1 полюс) выключателей составляет:

- QF-22 $I_{ном}$=25А – $R_п$=5,6мОм;
- QF-23 $I_{ном}$=16А – $R_п$=9,7мОм;
- QF-24 $I_{ном}$=6А – $R_п$=61мОм.

Произведем корректировку значений токов КЗ в точках К-10, К-11, К-12 с учетом внутреннего сопротивления полюсов выбираемых выключателей (с учетом сопротивления 2 полюсов).

Определим значение тока металлического КЗ в точке К-10 по формуле (Д.12)

$$I_{к.м.}=\frac{(1{,}93\cdot 103-1{,}5)10^3}{172.4}=1144А,$$

где $R_{\Sigma}=R_{АБ}+R_1+R_4+R_5+R_6+R_9+R_{16}+R_{п.к}+2\cdot R_{апп}=26{,}41+4{,}3+0{,}7+0{,}7+1{,}4+25{,}3+68{,}8+18+$ $+2\cdot 5{,}6=172{,}4$ мОм.

Определим среднее амплитудное значение тока дугового КЗ в точке К-10 по формуле (Д.13)

$I_{к.д.а}=1144\cdot 0{,}672=768А,$

где $К_{д.а}=0{,}672$ определяется по формуле (Д.15).

Определим среднее среднеквадратичное значение тока дугового КЗ в точке К-10 по формуле (Д.14)

$I_{к.д.ср}=1144\cdot 0{,}527=603А,$

где $К_{д.ср}=0{,}527$ определяется по формуле (Д.16).

Определим значение тока металлического КЗ в точке К-11 по формуле (Д.12)

$$I_{к.м.}=\frac{(1{,}93\cdot 103-1{,}5)10^3}{203{,}7}=968А,$$

где $R_{\Sigma}=R_{АБ}+R_1+R_4+R_5+R_6+R_9+R_{17}+R_{п.к}+2\cdot R_{апп}=26{,}41+4{,}3+0{,}7+0{,}7+1{,}4+25{,}3+107{,}5+18+$ $+2\cdot 9{,}7=203{,}7$ мОм.

Определим среднее амплитудное значение тока дугового КЗ в точке (К-11) по формуле (Д.13)

$I_{к.д.а}=968\cdot 0{,}688=665А,$

где $К_{д.а}=0{,}688$ определяется по формуле (Д.15).

Определим среднее среднеквадратичное значение тока дугового КЗ в точке (К-11) по формуле (Д.14)

$I_{к.д.ср}=968\cdot 0{,}534=517А,$

где $К_{д.ср}=0{,}534$ определяется по формуле (Д.16).

Определим значение тока металлического КЗ в точке К-12 по формуле (Д.11)

$$I_{к.м.}=\frac{231\cdot 10^3}{339{,}4}=680А,$$

где $R_{\Sigma}=R_5+R_6+R_9+R_{18}+R_{п.к}+2\cdot R_{апп}=0{,}7+1{,}4+25{,}3+172+18+2\cdot 61=339{,}4$ мОм.

Определим среднее амплитудное значение тока дугового КЗ в точке (К-12) по формуле (Д.13)

$I_{к.д.а}=680\cdot 0{,}734=499А,$

где $К_{д.а}=0{,}734$ определяется по формуле (Д.15).

Определим среднее среднеквадратичное значение тока дугового КЗ в точке (К-12) по формуле (Д.14)

$I_{к.д.ср}=680\cdot 0{,}552=375А,$

где $К_{д.ср}=0{,}552$ определяется по формуле (Д.16).

Расчеты показывают, что внутреннее сопротивление полюсов выключателей QF-22, 23, 24 значительно ограничивают значения тока в цепи КЗ.

Оценим степень влияния нагрева кабелей в цепях потребителей агрегатного шкафа №1 при КЗ приняв максимальное время его отключения защитными аппаратами QF-22, 23, 24 – 0,1с.

Определим температуру кабеля ВВГнг-LS 2х35 длиной 70м при протекании тока металлического КЗ $I_{к.м}=1144$А в течении 0,1с.

Значение начальной температуры жил кабеля по формуле (Д.6)

$$\theta_н=20+(70-25)\left(\frac{25}{166}\right)^2=21{,}01°C,$$

где $\theta_о=20$ – фактическая температура окружающего воздуха, °С;

$\theta_{д.д}=70$ – длительно допустимая температура жилы кабеля, °С;

$\theta_{окр}=25$ – расчетная температура окружающей среды, °С;

$I_{раб}=25$ – значение тока перед КЗ, А;

$I_{д.д}=166$ – расчетный длительно допустимый ток в соответствии с таблицей Д.1, А.

Значение конечной температуры жил кабеля по формуле (Д.7)

$$\theta_к=21{,}01\cdot e^{0{,}0209}+228(e^{0{,}0209}-1)=21{,}54°C,$$

где $\alpha=228$ – величина обратная температурному коэффициенту электрического сопротивления;

$$k=\frac{19{,}58\cdot 1{,}144^2\cdot 0{,}1}{35^2}=0{,}0209.$$

Значение температурного коэффициента по формуле (Д.5):

$$k_д=\frac{234+21{,}54}{234+21{,}02}=1{,}002.$$

Значение сопротивления кабеля при таком нагреве увеличится незначительно и им можно пренебречь.

Определим степень влияния нагрева кабеля ВВГнг-LS 2х16 длиной 50м при протекании тока $I_{к.м}=968$А (КЗ в точке К-11). Из графика зависимости значения конечного тока металлического КЗ в % от начального значения (рисунок Д.9) при сечении 16мм^2, длине 50м и времени протекании тока 0,1с значение конечного тока КЗ составит приблизительно 98,3% от начального значения $I_{к.м}$ или 968·0,983=951А. Влиянием нагрева в этом случае можно пренебречь.

Определим степень влияния нагрева кабеля ВВГнг-LS 2х16 длиной 50м при протекании тока $I_{к.м}=680$А 9КЗ в точке К-12).

Из графика зависимости значения конечного тока металлического КЗ в % от начального значения (рисунок Д.7) при сечении 10мм^2, длине 50м и времени протекания тока КЗ составит приблизительно 98% от начального значения $I_{к.м}$ или 680·0,98=666А, что также не превышает допустимой погрешности расчета и влиянием нагрева в этом случае также можно пренебречь.

Кратность тока срабатывания расцепителей с независимой от тока времени срабатывания (отсечки) выключателя S280-UCB составит $I_{отс}=(4\div 7)I_{ном}$.

Для выбранных выключателей значения тока $I_{отс}$ составит:

- QF-22 $I_{ном}=25$А – $I_{отс}=100\div 175$А;
- QF-23 $I_{ном}=16$А – $I_{отс}=64\div 112$А;
- QF-24 $I_{ном}=6$А – $I_{отс}=24\div 42$А.

При расчетных значениях токов дугового КЗ в точках К-10, К-11, К-12 и диапазонах возможных значений токов срабатывания мгновенных расцепителей примененных автоматических выключателей условие по формуле (15.7) Стандарта обеспечивается с большим запасом.

Ж.4 Выбор защитного аппарата в цепи питания агрегатного шкафа №1

В качестве защитного аппарата в цепи питания агрегатного шкафа №1 применим селективный автоматический выключатель с полупроводниковым расцепителем ВА09-35С с номинальным током полупроводникового расцепителя $I_{ном.р}=80$А.

Уставка срабатывания полупроводникового расцепителя в зоне тока КЗ $I_{отс}$=320А ($I_{отс}/I_р$=4,0).

Уставка времени срабатывания расцепителя в зоне токов перегрузки – 4,0с (при пятикратной перегрузке). Уставка времени срабатывания в зоне токов КЗ принимается – 0,2с.

Номинальная рабочая наибольшая отключающая способность выключателя 25кА значительно превосходит максимальное значение токов Кз в рассматриваемой СОПТ.

Для проверки правильности выбранных настроек расцепителя построим карту селективности (рисунок Ж.3), на которой изобразим время-токовые характеристики выключателя ВА09-35С и выключателя S280-UCB с наибольшим $I_{ном}$=25А.

Из карты селективности видно, что выбранные выключатели селективны и обеспечивают защиту сети от дуговых КЗ.

В качестве справочного материала на рисунках Ж.4 – Ж.10 приведены время-токовые характеристики автоматических выключателей. Технические данные на автоматические выключатели с тепловыми и электромагнитными расцепителями приведены в таблице Ж.1. Технические данные на автоматические выключатели с полупроводниковыми и электромагнитными расцепителями приведены в таблице Ж.2.

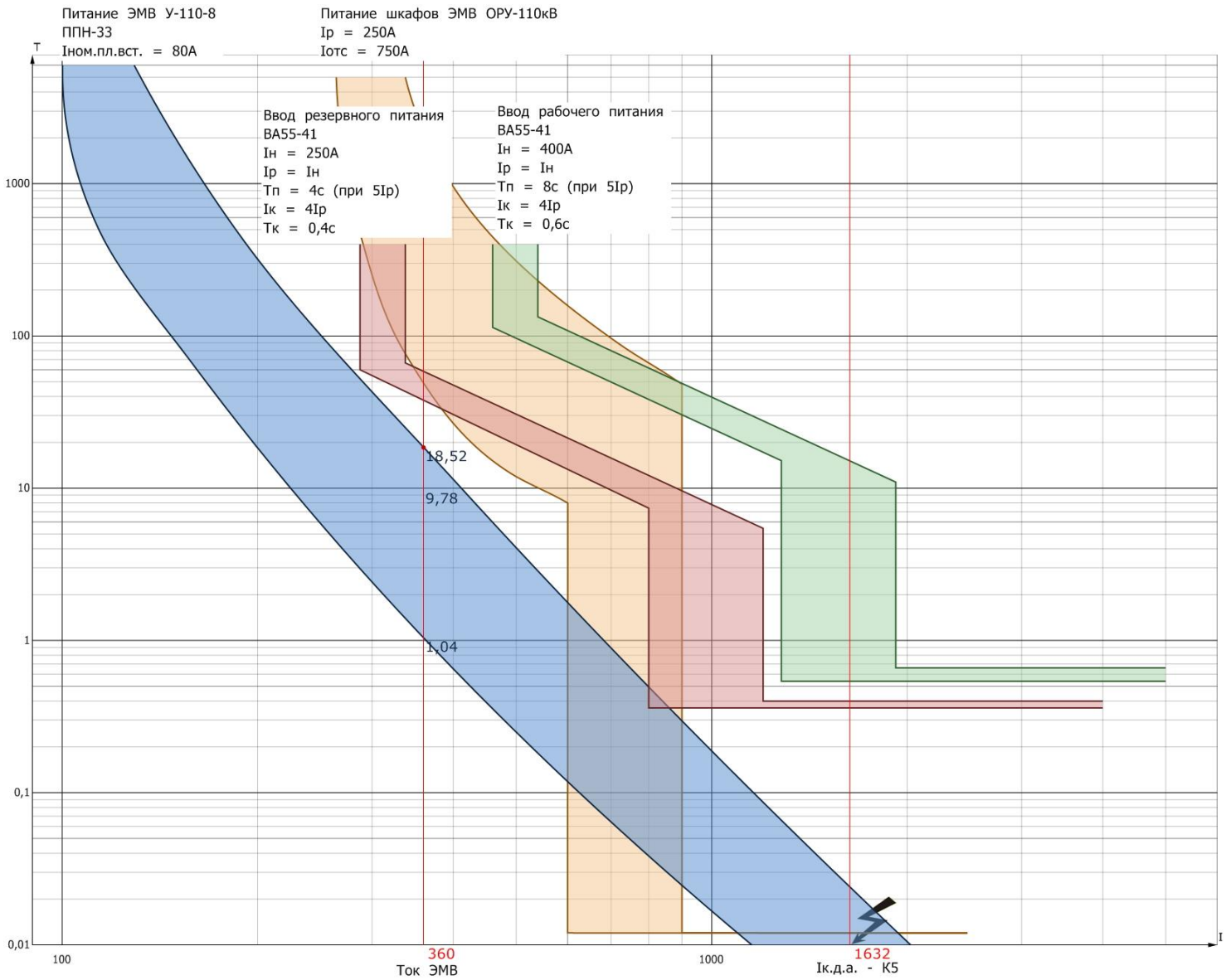


Рисунок Ж.1 - Карта селективности защитных аппаратов (предварительная)

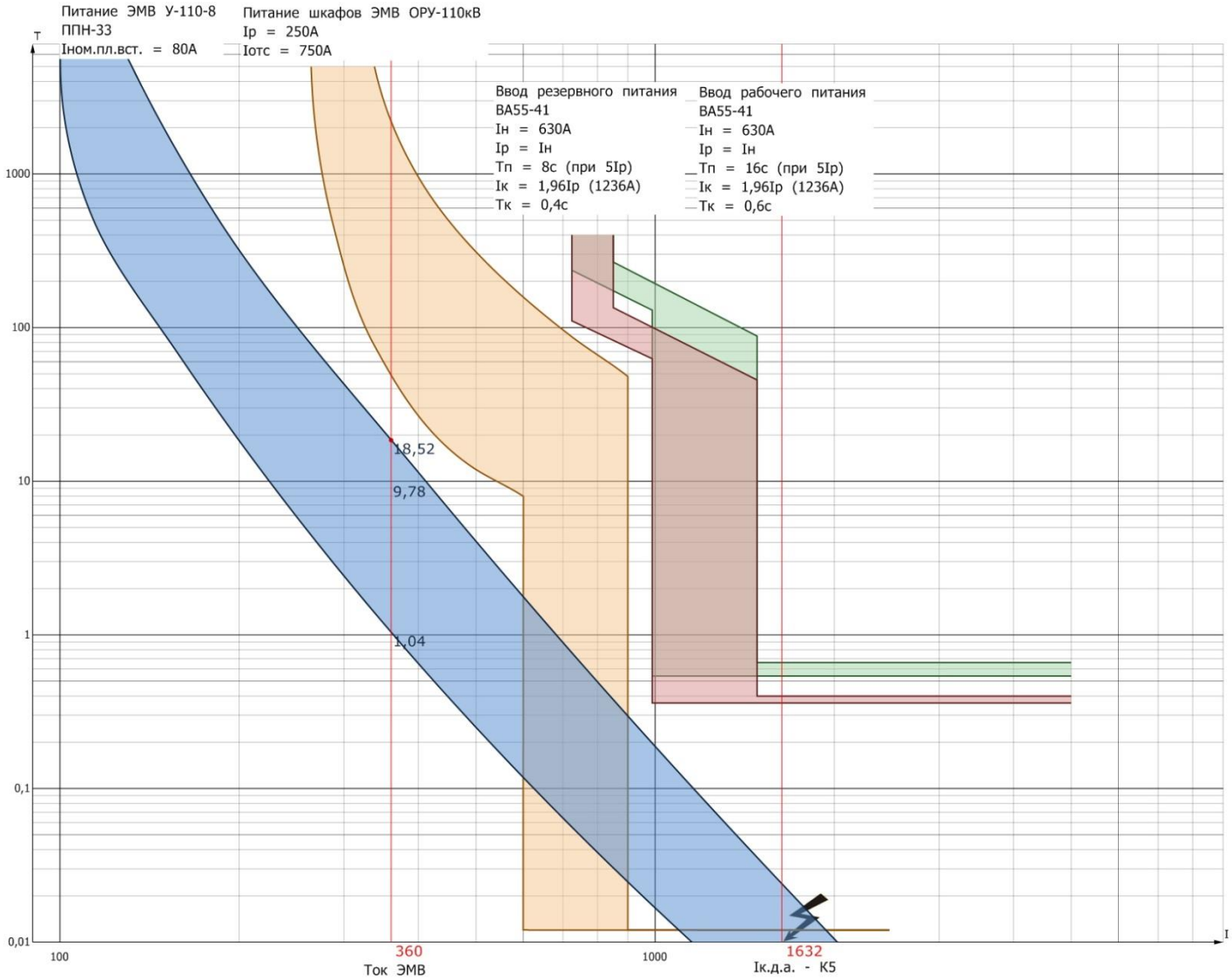


Рисунок Ж.2 - Карта селективности защитных аппаратов (с измененными характеристиками расцепителей)

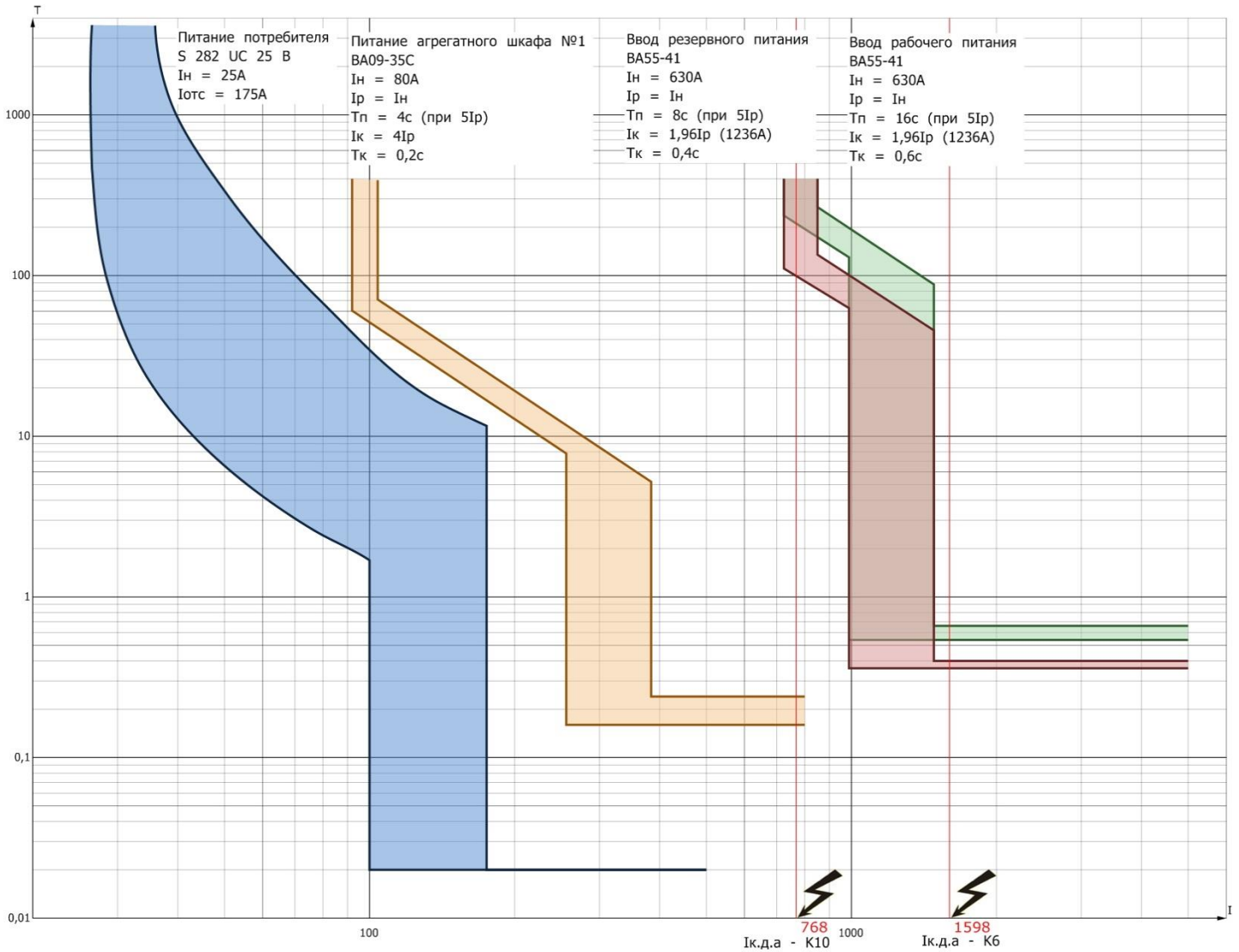


Рисунок Ж.3 - Карта селективности защитных аппаратов в цепи питания агрегатного шкафа

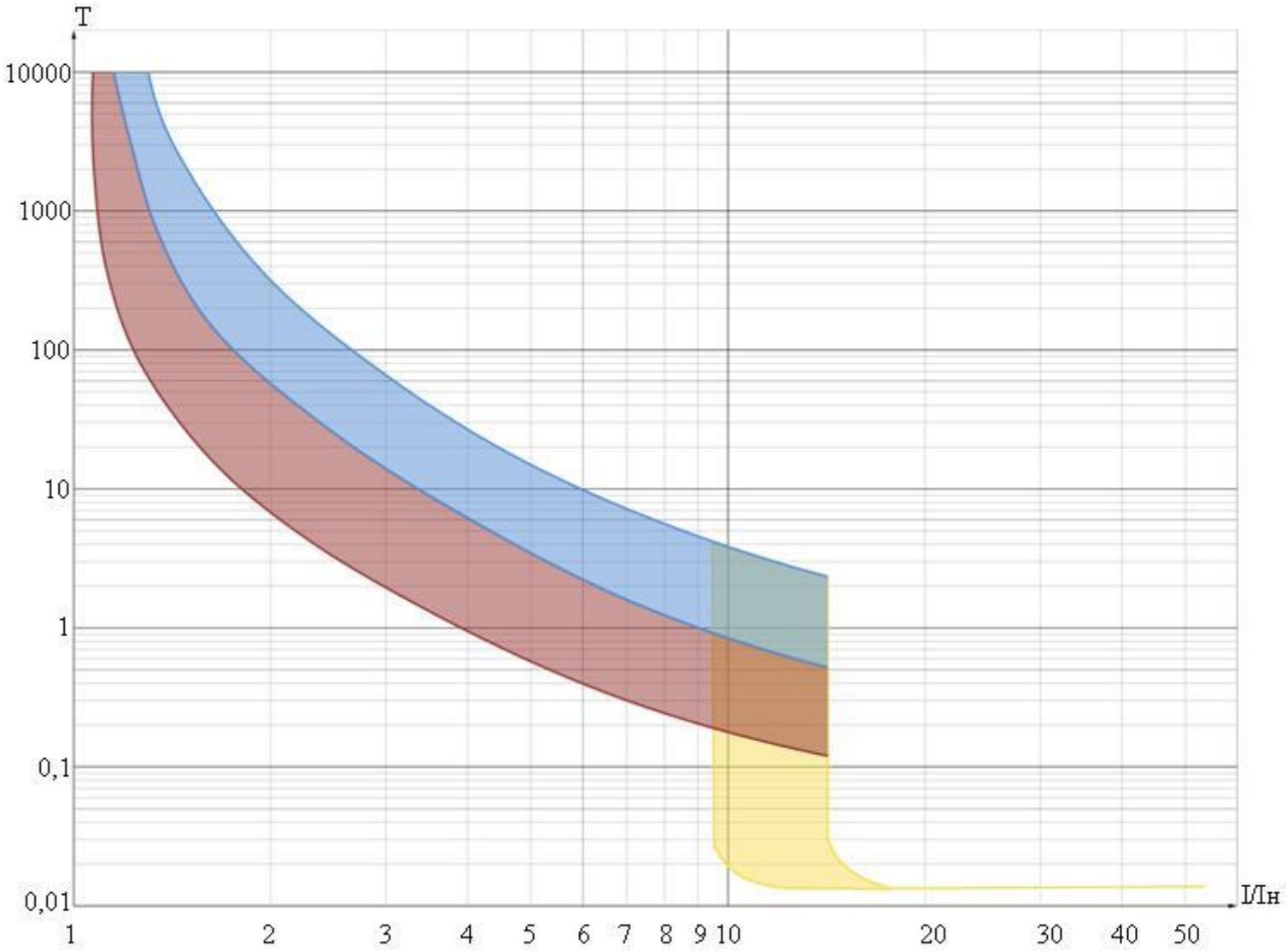


Рисунок Ж.4 - Время-токовые характеристики выключателя ВА04-36

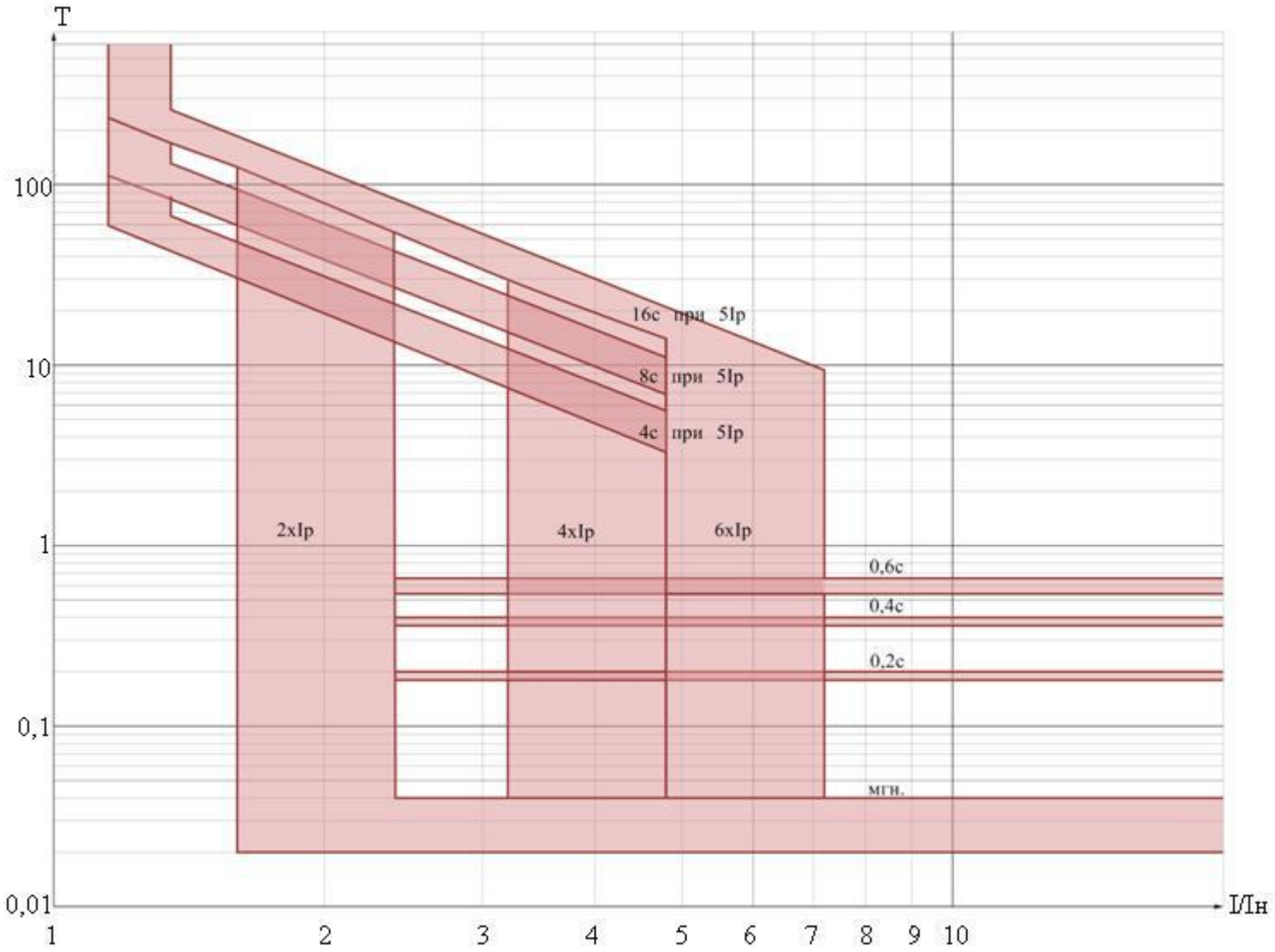


Рисунок Ж.5 - Время-токовые характеристики выключателя ВА55-41

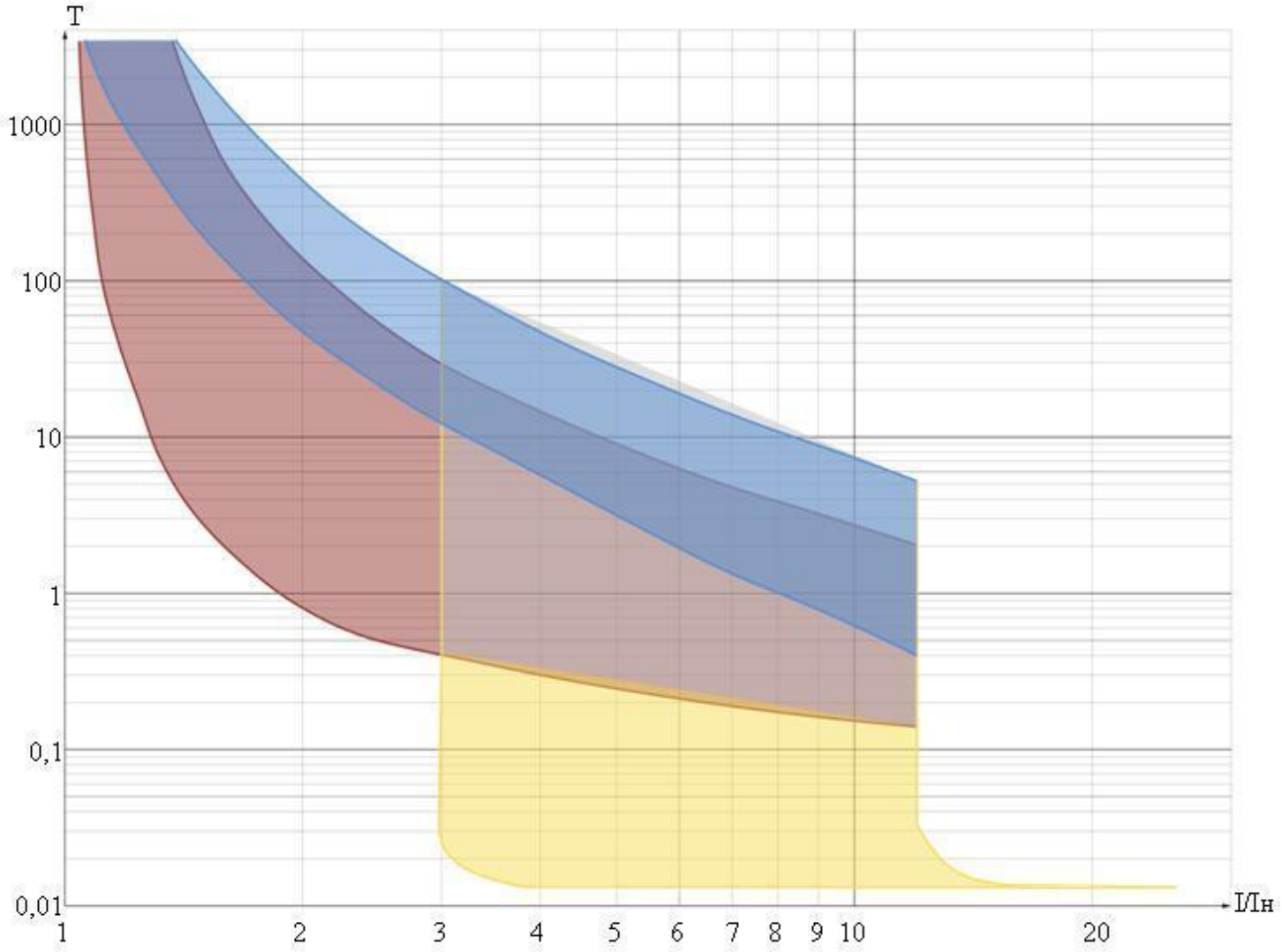


Рисунок Ж.6 - Время-токовые характеристики выключателя ВА57-35 для номинальных токов тепловых максимальных расцепителей тока 16, 20, 25, 31.5, 40, 50 А

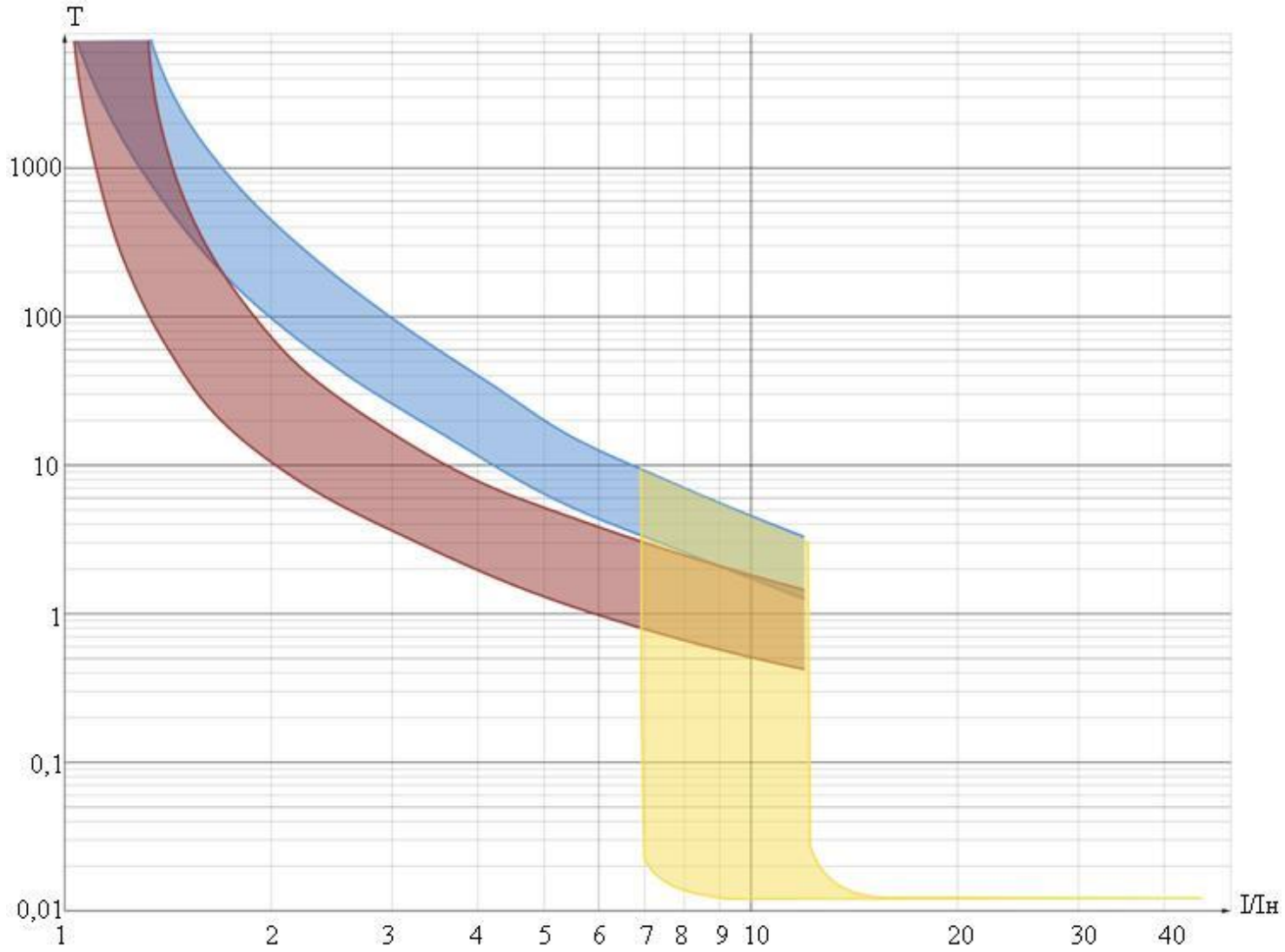


Рисунок Ж.7 - Время-токовые характеристики выключателя ВА57-35 для номинальных токов тепловых максимальных расцепителей тока 63, 80 А

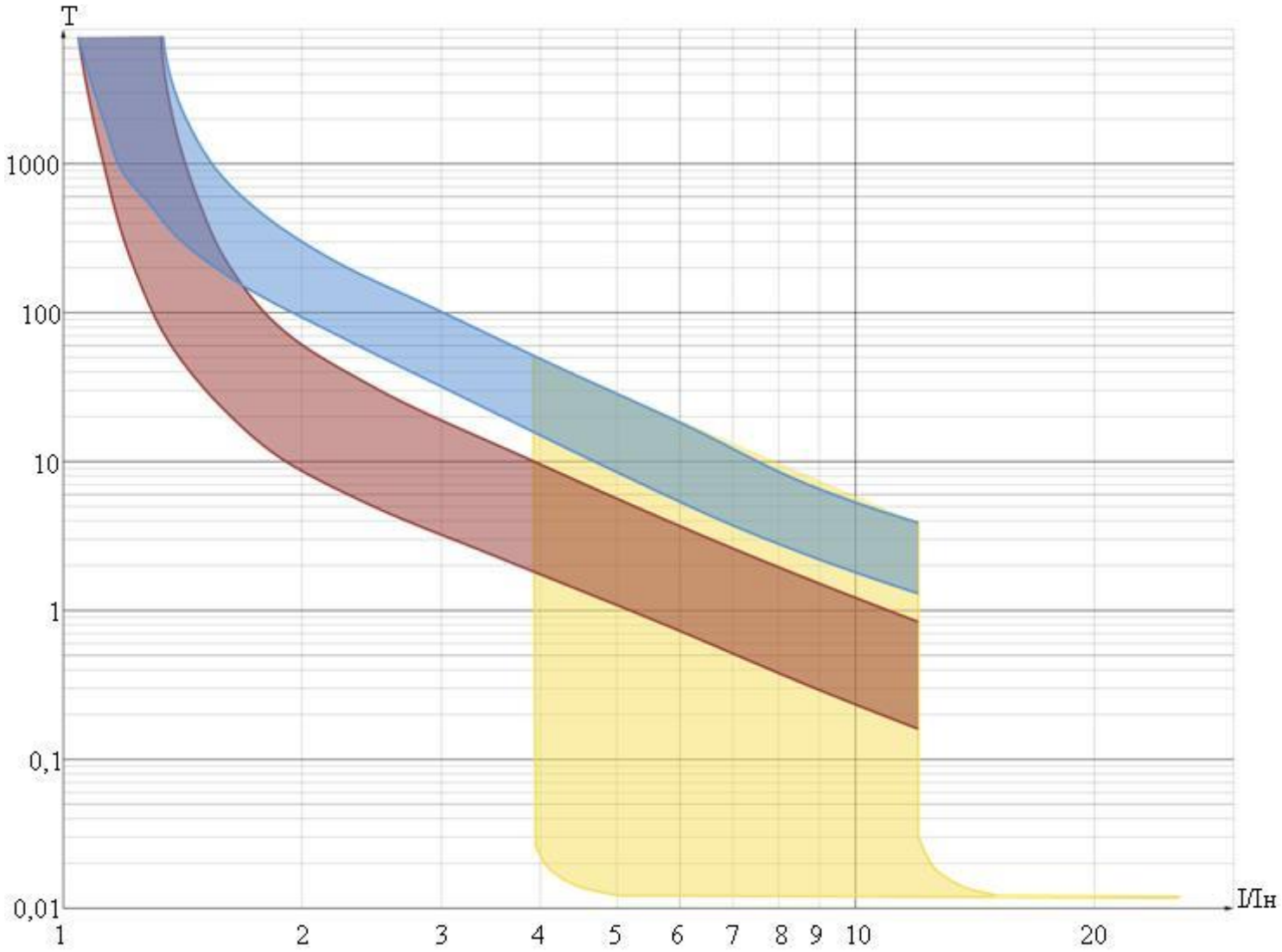


Рисунок Ж.8 - Время-токовые характеристики выключателя ВА57-35 для номинальных токов тепловых максимальных расцепителей тока 100, 125 А

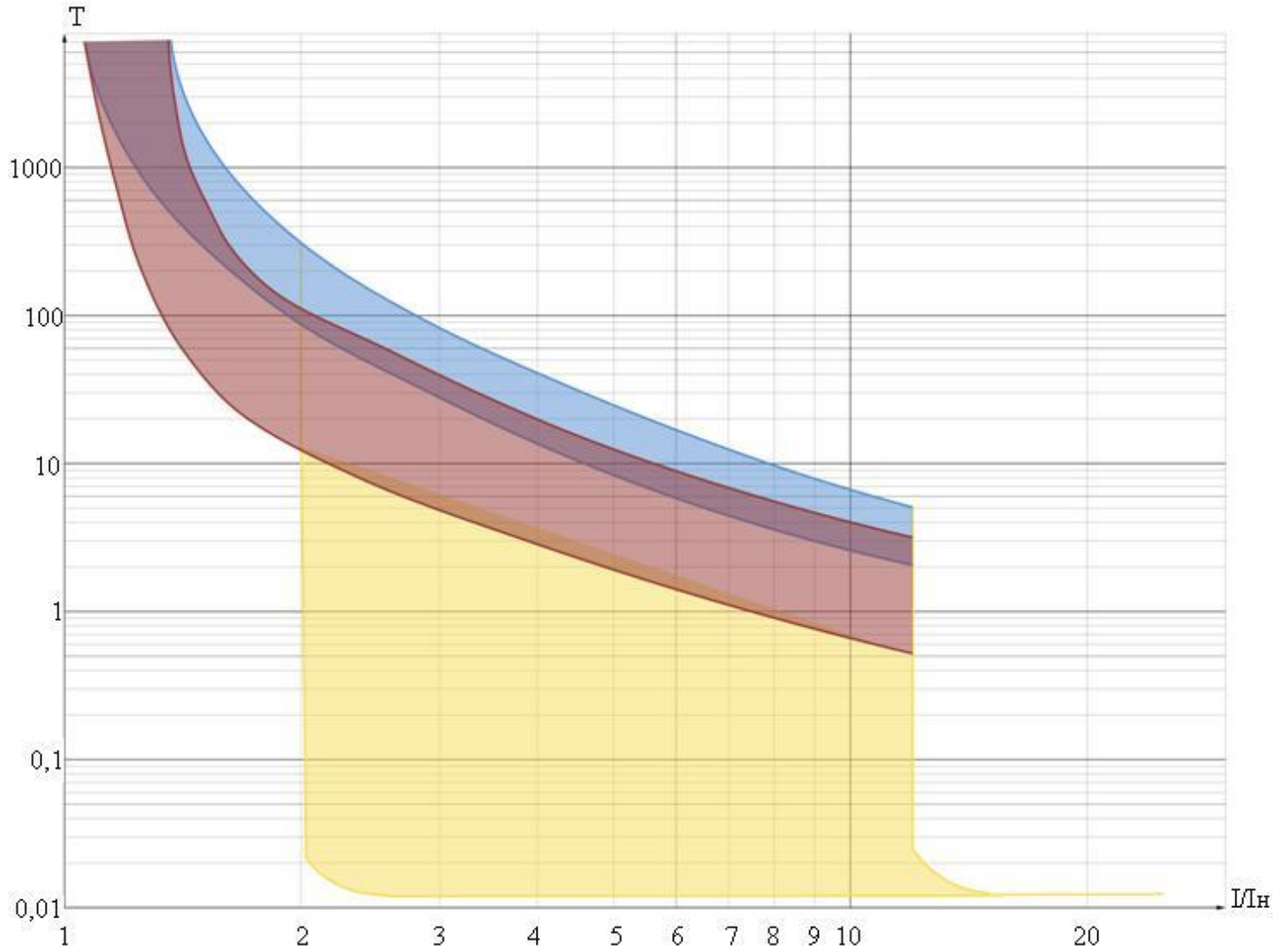


Рисунок Ж.9 - Время-токовые характеристики выключателя ВА57-35 для номинальных токов тепловых максимальных расцепителей тока 160, 200, 250 А

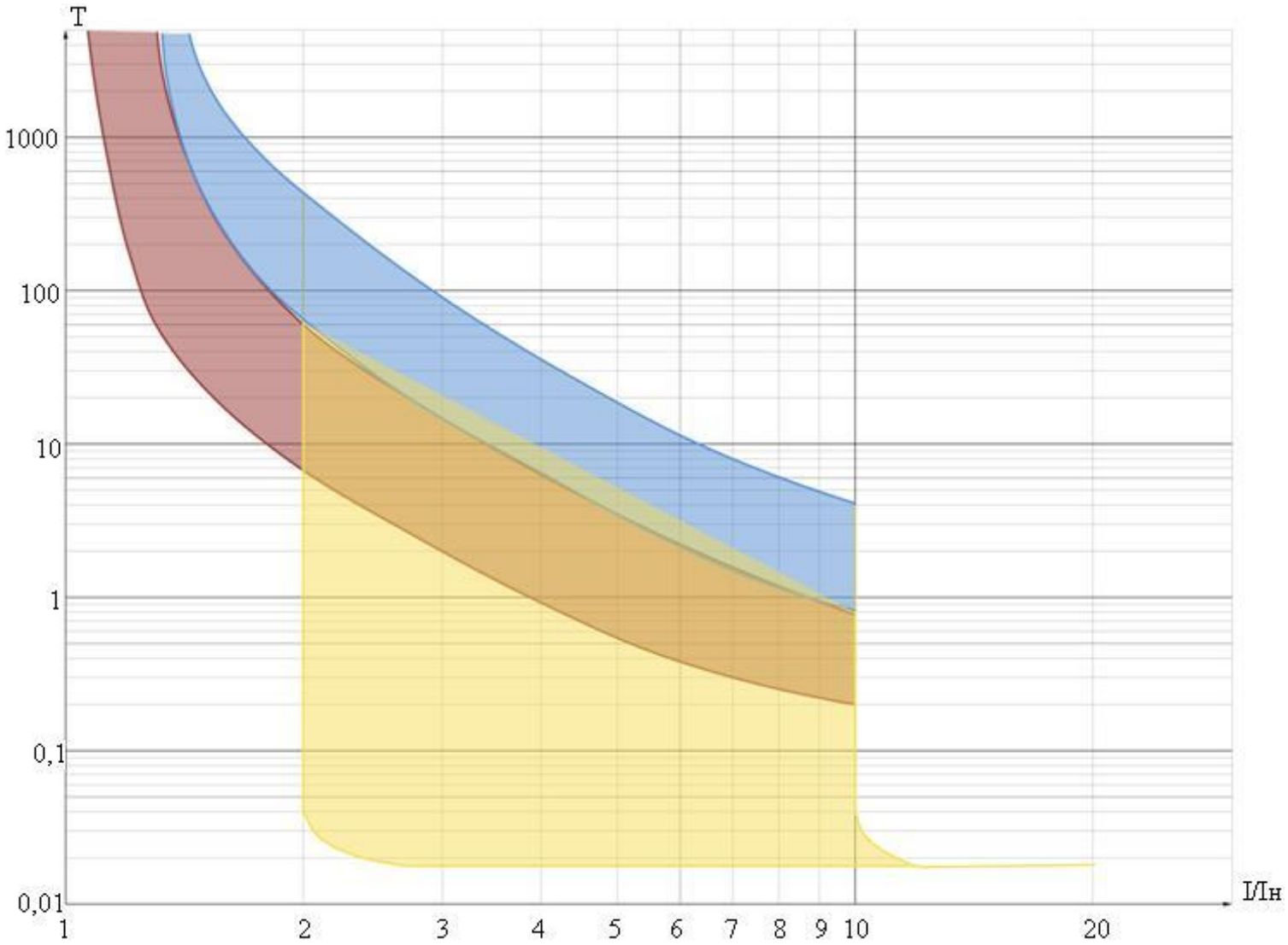


Рисунок Ж.10 - Время-токовые характеристики выключателя ВА57-39

Таблица Ж.1 – Технические данные на автоматические выключатели с тепловыми и электромагнитнымии расцепителями

Тип выключателя	Номинальное рабочее напряжение, В	Номинальные токи расцепителей токов перегрузки тока, А	Уставка по току срабатывания электромагнитного расцепителя, А	Пределы допустимого отклонения уставок	Предельная коммутационная способность при постоянном напряжении 220В и постоянной времени не более 10 мс, кА
ВА57-35	440	16	80; 125; 160; 200; 320	±20%	5
		20	80; 100; 200; 250; 320		6
		25	100; 125; 200; 320		8
		31,5	100; 125; 160; 320; 400; 630		15
		40	125; 160; 250; 400; 500; 630		25
		50	160; 250; 500; 630		35
		63	500; 800; 1250		40
		80	500; 800; 1000; 1250		60
		100	500; 1000; 1250		80
		125	500; 800; 1250; 1600		100
		160	500; 800; 1000; 1600; 2000		100
		200	500; 1000; 1250; 2000; 2500		110
		250	630; 750; 1000; 1250; 1600; 2500		110
ВА57-39		250	1000; 1250; 1600; 2500		50
		320	1000; 1250; 1600; 2000; 2500; 3200		
		400	1000; 1250; 1600; 2000; 2500; 4000		
		500	1000; 1600; 2000; 2500; 5000		
		630	1250; 2000; 2500; 3200; 4000; 5000		
ВА04-36	220	80	800		35
		100	800		
		125	1000		
		160	1000		
		200	1250		
		250	1500		
		320	2000		
		400	2500		

Т а б л и ц а Ж.2 – Технические данные на автоматические выключатели с полупроводниковым и электромагнитнымии расцепителями

Тип выключателя	Номинальное рабочее напряжение, В	Номинальные токи электронного расцепителя Iн, А	Регулируемые значения рабочего тока электронного расцепителя, Iр, А	Уставки срабатывания электронного расцепителя						Предельная коммутационная способность при постоянном напряжении 440 В, кА
				по току			по времени			
				в зоне токов короткого замыкания I/Iр	в зоне токов перегрузки I/Iр	Пределы допустимого отклонения уставок	в зоне токов короткого замыкания, с	в зоне токов перегрузки при 5Iр, с	Пределы допустимого отклонения уставок	
ВА55-41	440	250	160; 200; 250	2; 4; 6	1,25	±20%	мгн. (0,04), 0,2; 0,4; 0,6	4; 8; 16	-10%	100
		400	250; 320; 400							
		630	400; 500; 630							
		1000	630; 800; 1000							

Приложение И
(рекомендуемое)
Определение потерь напряжения в сети СОПТ

В нормальном режиме работы СОПТ напряжение на шинах ЩПТ должно быть не более 231 В (+5%$U_{ном}$). Предельно допустимым уровнем снижения напряжения для большинства потребителей является 176 В (-20%$U_{ном}$).

Для высоковольтных масляных выключателей отключающей способностью более 50кА предельно допустимым уровнем напряжения на электромагните включения является 187 В (-15%$U_{ном}$). Производителями оборудования могут быть заявлены и отличные от указанных выше требования к допустимым отклонениям напряжения необходимого для сохранения работоспособности оборудования, которые должны учитываться при проектировании СОПТ.

Расчетным режимом для определения потерь напряжения в сети СОПТ является режим аварийного разряда, в конце которого возможно включение одного или двух масляных выключателей на ОРУ либо отключение группы выключателей действием дифференциальной защиты шин высокого напряжения на ОРУ.

Состав и режим нагрузки в этом случае определяется особенностями главной схемы станции.

При включении масляного выключателя или отключении группы воздушных выключателей напряжения на их электромагнитах включения и отключения не должны быть ниже 0,8$U_{ном}$ либо 0,85$U_{ном}$ в зависимости от типа при включении или отключении по цепи, имеющей наибольшее сопротивление.

При известном значении сопротивления электромагнита включения выключателя в том случае, если в цепи ввода рабочего питания ЩПТ не используется стабилизатор, определение остаточного напряжения на электромагните включения выключателя осуществляется по расчетной схеме, представленной на рисунке И.1.

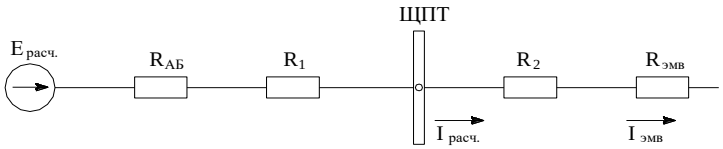


Рисунок И.1 - Расчетная схема

где $E_{расч}$=1,93 В – расчетная ЭДС;
$R_{АБ}$ – внутреннее сопротивление АБ, Ом;
R_1 - сопротивление кабеля цепи ввода рабочего питания, мОм;
R_2 - сопротивление кабеля цепи питания электромагнита, мОм;
$R_{эмв}$ – сопротивление катушки электромагнита включения, мОм.

Значение тока включения электромагнита включения определяется по формуле:

$$I_{эмв}=\frac{(E_{расч}\cdot n-I_{расч}(R_{АБ}+R_1))\cdot 10^3}{R_\Sigma}, \qquad (И.1)$$

где $I_{эмв}$ – ток включения, А;

n – количество элементов АБ;
$I_{расч}$ – расчетный ток аварийного разряда, А.
$R_{\sum}$ – суммарное сопротивление цепи КЗ, мОм.

Это сопротивление равно:

$$R_{\sum}=R_{ш}+R_{каб}+R_{апп}+R_{п.к.}+R_{пр}+R_{АБ}+R_{эмв}, \quad (И.2)$$

где $R_{ш}$ – активное сопротивление шин, мОм;
$R_{каб}$ – активное сопротивление кабеля, мОм;
$R_{АБ}$ – внутреннее сопротивление АБ, мОм;
$R_{апп}$ – активное сопротивление защитных и коммутационных аппаратов, мОм (принимаются по данным производителем);
$R_{п.к.}$ – активное сопротивление разъединяющихся контактов защитных и коммутационных аппаратов принимается равным 1 мОм;
$R_{пр}$ – активное сопротивление проводов, мОм;
$R_{эмв}$ - сопротивление катушки электромагнита включения, мОм.

Остаточное напряжение на электромагните включения определяется по формуле:

$$\Delta U_{эл.м}=I_{эмв}\cdot R_{эмв} . \quad (И.3)$$

Потери напряжения в цепи питания электромагнита включения определяются по формуле:

$$\Delta U_2=I_{эмв}\cdot R_2 . \quad (И.4)$$

Напряжение на шинах ЩПТ определяется по формуле:

$$U_{ш}=E_{расч}\cdot n-R_{АБ}(I_{расч}+I_{эмв})-R_1(I_{расч}+I_{эмв}) \quad (И.5)$$

Напряжение на выводах АБ определяется по формуле:

$$U_{АБ}=E_{расч}\cdot n-R_{АБ}(I_{расч}+I_{эмв}) \quad (И.6)$$

При расчетах следует иметь ввиду, что в конце аварийного разряда значение $R_{АБ}$ увеличивается и может быть определено с помощью графика (рисунок Д.13).

В том случае, если в цепи ввода рабочего питания ЩПТ установлен стабилизатор, определение остаточного напряжения на электромагните включения выключателя осуществляется по расчётной схеме, представленной на рисунке И.2.

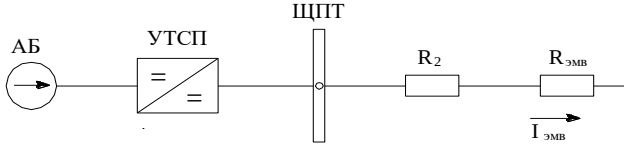


Рисунок И.2 - Расчетная схема

Значение тока включения электромагнита включения определяется по формуле:

$$I_{эмв}=\frac{U_{вых}\cdot 10^3}{R_2+R_{эмв}}, \quad (И.7)$$

где $U_{вых}$ – значение напряжения на выходе стабилизатора, В.

В том случае, если напряжение у потребителя оказывается меньше требуемого $0{,}8U_{ном}$, следует предпринять меры, направленные на снижение потерь в питающей сети, а именно:

- увеличить сечение питающих кабелей;
- изменить компоновку оборудования с целью уменьшения длины питающих кабелей;
- увеличить ёмкость аккумуляторной батареи с целью уменьшения её внутреннего сопротивления.

В том случае, если проведение этих мероприятий по каким-либо причинам невозможно, либо их проведение по отдельности или в сочетании не даёт требуемого результата, в цепи ввода рабочего питания ЩПТ должен устанавливаться стабилизатор.

Приложение К
(обязательное)
Вентиляция помещений аккумуляторной

К.1 Методика расчёта вентиляции помещений аккумуляторной

Существует множество типов аккумуляторных батарей, используемых в системах оперативного постоянного тока ГЭС и ГАЭС. Использование различных типов аккумуляторных батарей, режимы их работы, расчетные токи заряда и разряда, продолжительность заряда и т.д. присущи конкретной аккумуляторной батарее и конкретному объекту, где она установлена.

Изготовители аккумуляторных батарей оговаривают условия их эксплуатации, в том числе и температурные. Объясняется это тем, что при высоких температурах окружающего воздуха сокращается срок эксплуатации аккумуляторной батареи, а при низких температурах снижается фактическая емкость аккумулятора. Снижение емкости аккумуляторной батареи может привести к серьезным последствиям. В аварийной ситуации аккумуляторная батарея не проработает расчетный период времени. Отслеживать фактическую емкость закрытых аккумуляторных батарей весьма сложно. Исходя из изложенного, можно сделать вывод о том, что соблюдение температурного режима в помещениях аккумуляторных батарей технологически необходимо. Требуемая температура окружающей среды (внутренняя температура помещения в котором установлены аккумуляторные батареи) должна быть $T_{окр.}$=20ºС±2ºС. Круглосуточное и круглогодичное обеспечение указанной температуры внутреннего воздуха возможно с помощью систем кондиционирования воздуха.

В процессе работы аккумуляторных батарей (при их заряде, подзаряде) то есть в процессе электролиза раствора серной кислоты (электролита) заливаемой в аккумулятор , происходит выделение водорода, кислорода и тепла. Наиболее опасным из указанных выделений является водород, ибо в соотношении 2:1 с кислородом воздуха он становиться взрывоопасным.

Величина газовыделений аккумуляторной батареи зависит от силы зарядного тока и напряжения заряда.

В соответствии с СП 60.13330.2020 расчетное количество приточного (наружного) воздуха следует определять расчетом и принимать большую из величин, необходимую для обеспечения санитарных норм или норм взрывопожаробезопасности.

Расход приточного воздуха по массе выделяющихся вредных или взрывоопасных веществ можно определить по формуле:

$$L=L_{w,z}+\frac{m_{po}-L_{w,z}(q_{w,z}-q_{in})}{q_l-q_{in}}; \qquad (К.1)$$

по избыткам теплоты:

$$L=L_{w,z}+\frac{3,6Q-cL_{w,z}(t_{w,z}-t_{in})}{c(t_l-t_{in})}. \qquad (К.2)$$

где $L_{w,z}$ - расход воздуха, удаляемого из обслуживаемой или рабочей зоны помещения системами местных отсосов, и на технологические нужды, $м^3/ч$;

Q, $Q_{h,f}$ - избыточный явный и полный тепловой потоки в помещение, Вт;

с - теплоемкость воздуха, равная 1,2 $кДж/(м^3 \cdot ºС)$;

$t_{w,z}$ - температура воздуха, удаляемого системами местных отсосов, в обслуживаемой или рабочей зоне помещения и на технологические нужды, ºС;
t_l - температура воздуха, удаляемого из помещения за пределами обслуживаемой или рабочей зоны, ºС;
t_{in} - температура воздуха, подаваемого в помещение, ºС;
m_{po} - расход каждого из вредных или взрывоопасных веществ, поступающих в воздух помещения, мг/ч;
$q_{w,z}$, q_l - концентрация вредного или взрывоопасного вещества в воздухе, удаляемом соответственно из обслуживаемой или рабочей зоны помещения и за ее пределами, мг/м^3;
q_{in} - концентрация вредного или взрывоопасного вещества в воздухе, подаваемом в помещение, мг/м^3.

При определении расхода воздуха для обеспечения норм взрывопожарной безопасности следует заменить $q_{w,z}$ и q_l на $0,1q_g$, мг/м^3 (где q_g - нижний концентрационный предел распространения пламени по газо-, паро- и пылевоздушной смесям).

Формула (К.1) для помещений аккумуляторных батарей может быть преобразована следующим образом:

W - расход взрывопожарного вещества (водорода) для наиболее часто используемых аккумуляторных батарей в зависимости от технологий их изготовления приведен в таблицах:

– аккумуляторы технологии AGM – таблица К.1;
– аккумуляторы технологии OPzS – таблица К.2;
– аккумуляторы технологии OGi – таблица К.3;
– аккумуляторы технологии GroE – таблица К.4.

Тогда, объем поступающих в помещение вредностей можно определить по формуле:

$$m_{po} = W \cdot n, \text{ см}^3/\text{ч}, \qquad (К.3)$$

где W – расход водорода по приложениям;
n – количество аккумуляторов в батарее.

При условии, что нижний концентрационный предел для водорода составляет 4% от объема помещения, а q_{in} для водорода = 0 тогда формула (К.1) преобразуется:

$$L = n \cdot W \cdot 100 / 0,4(\text{м}^3/\text{ч}); \qquad (К.4)$$

Полученный по данной формуле расход приточного воздуха является минимальным для разбавления водорода. Однако, в соответствии с СП 60.13330.2020 в производственных помещениях с выделением вредных или горючих газов, загрязненный воздух следует удалять из верхней зоны в объеме не менее однократного.

Для определения воздухообмена для ассимиляции тепловыделений (формула К.2) необходимо определить тепловыделения аккумуляторной батареи.

Тепловыделения от аккумуляторной батареи можно определять по формуле:

$$Q = 0,86 \cdot I_з \cdot n \cdot (U_{кз} – 1,47) \cdot 1,163 \text{ (Вт/ч)} \qquad (К.5)$$

где: $I_з$ – конечный ток заряда (А);
$U_{кз}$ – напряжение в конце заряда (В на элемент).

Расчетным, является максимальный воздухообмен, полученный по результатам расчета.

К.2 Пример расчета воздухообмена помещения аккумуляторной батареи

Для примера рассмотрим вентиляцию помещения аккумуляторной.

Исходные данные:

- Тип аккумуляторов 18 GroE 450;
- Количество заряжаемых аккумуляторов в батарее n = 102 шт.;
- Конечный ток заряда $I_з$ =25 А;
- Напряжение в конце заряда $U_{кз}$ = 2,7 В на элемент;
- Объем помещения = 176 $м^3$/ч.

Расчет вентиляции:

Определим расчетный воздухообмен для разбавления водорода:

Согласно таблице К.4 для аккумулятора 18 GroE 450

W =202,5 $см^3$/ч = 0,0002025 $м^3$/ч; тогда

L = 102·0,000202,5 · 100 /0,4 = 5,17 $м^3$/ч;

Определим расчетный воздухообмен для ассимиляции тепловыделений:

Определим тепловыделения аккумуляторной батареи
Q= 0,86 · 25 · 102 · (2,7 – 1,47) · 1,163 = 3140 (Вт/ч).

Тогда расчетный воздухообмен будет определен:

L = 3,6 · 3140/1,2 · (20 – 16) =2350 $м^3$/ч.

Результаты расчета и принципиальная схема вентиляции:

Как показал расчет, основной воздухообмен в помещении аккумуляторной определяется тепловыделениями.

Приточная установка подбирается на расход 2350 $м^3$/ч. (без учета требуемого запаса в производительности вентилятора). Температура приточного воздуха в летнем режиме должна поддерживаться автоматически в интевале 16 ± 1ºС.

Вытяжная вентиляция должна обеспечивать расчетный воздухообмен и удалять воздух 2/3 из верхней зоны, 1/3 из нижней. Кроме того, в помещении аккумуляторной необходимо предусмотреть естественную вентиляцию верхней зоны в объеме однократного воздухообмена (176 $м^3$/ч).

Условия блокировок и автоматизации систем вентиляции помещений аккумуляторных.

В соответствии с СП 60.13330.2020 диспетчеризацию систем следует проектировать для производственных, жилых, общественных и административно-бытовых зданий, в

которых предусмотрена диспетчеризация технологических процессов или работы инженерного оборудования. При этом на пульт диспетчера необходимо вывести сигналы:

- авария приточной установки;
- температура в обслуживаемом помещении;
- авария вытяжной установки;
- пожар в обслуживаемом помещении.

Кроме сигналов, отправляемых на пульт диспетчера необходимо выполнять автоматизацию и блокировки приточно-вытяжных систем с системой зарядки аккумуляторной батареи. Алгоритм автоматизации можно свести к следующему:

- сблокированное включение приточной и вытяжной установкой;
- после включения приточно-вытяжного оборудования может быть подан зарядный ток на аккумуляторную батарею;
- при невключении приточно-вентиляционного оборудования зарядный ток на аккумуляторную батарею не подается.

Последовательность работы механизмов включенных в состав приточно-вытяжных систем остается традиционным и описания не требует.

Таблица К.1 – Аккумуляторы технологии AGM

Тип аккумуляторов	Емкость, А·ч	Скорость выделения водорода, $см^3$/ч на элемент	
		Режим нормального заряда*	Режим максимального (аварийного) заряда**
L12V15	14.4	0.043	0.3168
L12V32	33.0	0.099	0.726
L12V42	44.0	0.132	0.968
L12V55	58.0	0.174	1.276
L12V80	84.0	0.252	1.848
L6V110	118.0	0.354	2.596
L6V160	170.0	0.510	3.74
L2V220	236.0	0.708	5.192
L2V270	289.0	0.867	6.358
L2V320	346.0	1.038	7.612
L2V375	404.0	1.212	8.888
L2V425	456.0	1.368	10.032
L2V470	507.0	1.521	11.154
L2V520	559.0	1.677	12.298
L2V575	618.0	1.854	13.596
P12V570	24	0.072	0.528
P12V600	26	0.078	0.572
P12V875	44	0.132	0.968
P12V1220	56	0.168	1.232
P12V1575	66	0.198	1.452
P12V2130	94	0.282	2.068
P6V1700	132	0.390	2.904

P6V2030	192	0.576	4.224

Примечания

* при нормальных условиях зарядки ($U_{зар}$<2.3 В на элемент; температура окружающей среды $T_{окр}$=20° С±2° С)

** при аварийных условиях зарядки ($U_{зар}$>2.4 В на элемент; температура окружающей среды $T_{окр}$=20° С±2° С)

Т а б л и ц а К.2 – Аккумуляторы технологии OPzS

Тип аккумуляторов	Емкость, А·ч	Скорость выделения водорода, $см^3$/час на элемент	
		Режим нормального заряда*	Режим максимального (аварийного) заряда**
OPzS Блоки			
12V 1 OPzS 50 LA	50	4.0	22.5
12V 2 OPzS 100 LA	100	8.0	45.0
12V 3 OPzS 150 LA	150	12.0	67.5
6V 4 OPzS 200 LA	200	16.0	90.0
6V 5 OPzS 250 LA	250	20.0	112.5
6V 6 OPzS 300 LA	300	24.0	135
OPzS Элементы			
4 OPzS 200 LA	210	16.8	94.5
5 OPzS 250 LA	260	20.8	117.0
6 OPzS 300 LA	310	24.8	139.5
5 OPzS 350 LA	380	30.4	171.0
6 OPzS 420 LA	455	36.4	204.8
7 OPzS 490 LA	530	42.4	238.5
6 OPzS 600 LA	680	54.4	306.0
8 OPzS 800 LA	910	72.8	409.5
10 OPzS 1000 LA	1140	91.2	513.0
12 OPzS 1200 LA	1370	109.6	616.5
12 OPzS 1500 LA	1700	136.0	765.0
16 OPzS 2000 LA	2250	180.0	1012.5
20 OPzS 2500 LA	2800	224.0	1260.0
24 OPzS 3000 LA	3350	268.0	1507.5

Примечания

* при нормальных условиях зарядки ($U_{зар}$<2.3 В на элемент; температура окружающей среды $T_{окр}$=20º С±2º С)

** при аварийных условиях зарядки ($U_{зар}$>2.4 В на элемент; температура окружающей среды $T_{окр}$=20º С±2º С)

Таблица К.3 – Аккумуляторы технологии OGi

Тип аккумуляторов	Емкость, А·ч	Скорость выделения водорода, $см^3$/час на элемент	
		Режим нормального заряда*	Режим максимального (аварийного) заряда**
OGi Блоки			
12V 1 OGi 28 LA	28	2.24	12.6
12V 2 OGi 55 LA	55	4.4	24.7
12V 3 OGi 83 LA	83	6.64	37.4
12V 4 OGi 110 LA	110	8.8	49.5
12V 5 OGi 137 LA	137	10.96	61.6
12V 6 OGi 165 LA	165	13.2	74.3
6V 7 OGi 192 LA	192	15.36	86.4
6V 8 OGi 220 LA	220	17.6	99.0
6V 9 OGi 247 LA	247	19.76	111.2
6V 10 OGi 275 LA	275	22.0	123.7
6V 11 OGi 302 LA	302	24.16	135.9
6V 12 OGi 330 LA	330	26.4	148.5
OGi Элементы			
2 OGi 50 LA	50	4.0	22.5
3 OGi 75 LA	75	6.0	33.7
4 OGi 100 LA	100	8.0	45.0
6 OGi 150 LA	150	12.0	67.5
8 OGi 200 LA	200	16.0	90.0
10 OGi 250 LA	250	20.0	112.5
4 OGi 260 LA	260	20.8	117.0
5 OGi 325 LA	325	26.0	146.3
6 OGi 370 LA	370	29.6	166.5
7 OGi 410 LA	410	32.8	184.5
8 OGi 440 LA	440	35.2	198.0
9 OGi 470 LA	470	37.6	211.5
10 OGi 530 LA	530	42.4	238.5
11 OGi 580 LA	580	46.4	261.0
12 OGi 620 LA	620	49.6	279.0
12 OGi 730 LA	730	58.4	328.5
14 OGi 800 LA	800	64.0	360.0
16 OGi 880 LA	880	70.4	396.0
19 OGi 1000 LA	1000	80.0	450.0
16 OGi 1260 LA	1260	100.8	567.0
18 OGi 1340 LA	1340	107.2	603.0
20 OGi 1520 LA	1520	121.6	684.0
22 OGi 1600 LA	1600	128	720.0

Примечания

* при нормальных условиях зарядки ($U_{зар}$<2.3 В на элемент; температура окружающей среды $T_{окр}$=20° С±2° С)

** при аварийных условиях зарядки ($U_{зар}$>2.4 В на элемент; температура окружающей среды $T_{окр}$=20° С±2° С)

Таблица К.4 – Аккумуляторы технологии GroE

Тип аккумуляторов	Емкость, А·ч	Скорость выделения водорода, $см^3$/час на элемент	
		Режим нормального заряда*	Режим максимального (аварийного) заряда**
3 GroE 75	75	6.0	33.7
4 GroE 100	100	8.0	45.0
5 GroE 125	125	10.0	56.3
6 GroE 150	150	12.0	67.5
7 GroE 175	175	14.0	78.7
8 GroE 200	200	16.0	90.0
9 GroE 225	225	18.0	101.3
10 GroE 250	250	20.0	112.5
11 GroE 275	275	22.0	123.7
12 GroE 300	300	24.0	135.0
13 GroE 325	325	26.0	146.3
14 GroE 350	350	28.0	157.5
15 GroE 375	375	30.0	168.7
16 GroE 400	400	32.0	180.0
17 GroE 425	425	34.0	191.3
18 GroE 450	450	36.0	202.5
5 GroE 500	500	40.0	225.0
6 GroE 600	600	48.0	270.0
7 GroE 700	700	56.0	315.0
8 GroE 800	800	64.0	360.0
9 GroE 900	900	72.0	405.0
10 GroE 1000	1000	80.0	450.0
11 GroE 1100	1100	88.0	495.0
12 GroE 1200	1200	96.0	540.0
13 GroE 1300	1300	104.0	585.0
14 GroE 1400	1400	112.0	630.0
15 GroE 1500	1500	120.0	675.0
16 GroE 1600	1600	128.0	720.0
17 GroE 1700	1700	136.0	765.0
18 GroE 1800	1800	144.0	810.0
19 GroE 1900	1900	152.0	855.0
20 GroE 2000	2000	160.0	900.0

21 GroE 2100	2100	168.0	945.0
22 GroE 2200	2200	176.0	990.0
23 GroE 2300	2300	184.0	1035.0
24 GroE 2400	2400	192.0	1080.0
25 GroE 2500	2500	200.0	1125.0
26 GroE 2600	2600	208.0	1170.0

Примечания

* при нормальных условиях зарядки ($U_{зар}$<2.3 В на элемент; температура окружающей среды $T_{окр}$=20º С±2º С)

** при аварийных условиях зарядки ($U_{зар}$>2.4 В на элемент; температура окружающей среды $T_{окр}$=20º С±2º С)

Приложение Л
(рекомендуемое)
Примеры расчетов определения категории помещений СОПТ по взрывопожарной и пожарной опасности

Л.1 Пример расчёта №1. Определение категории помещения аккумуляторной АБ

Расчетная методика определения категории помещения АБ

Методика основывается на последовательной проверке принадлежности помещения к категориям от наиболее опасной (А) к наименее опасной (Д).

а) К категории А относятся помещения, в которых находятся (обращаются) горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 градусов Цельсия в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 килопаскалей, и (или) вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом, в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 килопаскалей в соответствии с п. 5. ст. 27 123-ФЗ.

В нашем случае исходным веществом является горючий газ – водород, который выделяется в процессе зарядки или формовки аккумуляторных батарей.

Согласно СП 12.13130.2009 помещение АБ можно отнести к категории А, если при воспламенении взрывоопасной газовоздушной смеси развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении более 5 кПа. Если расчетное избыточное давление будет равно или менее 5 кПа, то помещение аккумуляторной должно быть отнесено к категории В1-В4 или Д.

Объем помещения АБ составляет 176 м^3.

В помещении АБ размещена аккумуляторная батарея из 106 элементов типа 18GroE 450, из которых в работе только 102 элемента, а 4 элемента в резерве.

Согласно таблице 1 заключения [3] мы знаем скорость выделения водорода из одного элемента стационарного свинцово-кислотного аккумулятора. Рассмотрим случай для аккумуляторов типа: 18GroE 450, выпускаемых по классической технологии с жидким электролитом, когда режим подзаряда проводится при максимальном напряжении 2,7 В и скорость выделения водорода на элементе для 18GroE 450 составит: 202,5 см^3/час или 0,0002025 м^3/час;

Тогда общий объем выделившегося водорода в помещение АБ может составить:

102·0,0002025 = 0,02066 м^3/час.

Согласно СП 12.13130.2009 (А.1.2, приложение А) принимаем расчетное время равное 300 с.

За этот период в объем помещения выделится следующее количество водорода:

$$V_{расч} = (0{,}02066 \cdot 300)/3600 = 0{,}001722 м^3$$

Согласно СП 12.13130.2009 (по формуле (А.1) приложения А) определения избыточного давления взрыва ΔP для индивидуальных горючих веществ, состоящих из атомов C, H, O, N, CI, Br, I, F:

$$\Delta P=(P_{max}-P_0)\frac{mZ}{V_{св}\rho_{г.п}}\cdot\frac{100}{C_{ст}}\cdot\frac{1}{K_н}, \qquad (Л.1)$$

где: P_{max} - максимальное давление взрыва стехиометрической газовоздушной смеси в замкнутом объеме, определяемое экспериментально или по справочным данным. В нашем случае для водорода принимаем 725 кПа (7,39 кг/см^2 х 9,8·10^4 - с учетом температурного режима в помещении АБ 1ЕА-1);

P_0 - начальное давление, кПа (допускается принимать равным 101 кПа);

m - масса горючего газа, вышедшего в результате расчетной аварии в помещение, определяется по СП 12.13130.2009 (по формуле (А.6) приложения А):

$$m = V_{расч}\cdot\rho_г = 0{,}001722\cdot0{,}0899 = 0{,}000154 \text{ кг}; \qquad (Л.2)$$

z - коэффициент участия горючего во взрыве принимается согласно СП 12.13130.2009 (таблица А.1), где z=1;

$V_{св}$ - свободный объем помещения АБ 1ЕА-1, который составляет 176 м^3;

$\rho_{г.п}$- плотность газа при расчетной температуре $t_р$, кг·м$^{-3}$ составляет 0,0899;

$C_{ст}$ - стехиометрическая концентрация водорода, % (об.), вычисляемая по формуле:

$$C_{ст}=\frac{100}{1+4{,}84\beta}, \qquad (Л.3)$$

где $\beta=n_C+(n_H-n_X)/4-n_O/2$ - стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания;

n_C, n_H, n_O, n_X - число атомов С, Н, О и галоидов в молекуле горючего и если $2H_2 + O_2 = 2H_2O$,

$\beta = 0 + (4-0)/4 – 0/2 = 1$, тогда $C_{ст}$ = 17,12%;

$K_н$ - коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения. Допускается принимать $K_н$ равным 3.

Тогда: $\Delta P=(725-101)\cdot[(0{,}000154\cdot1)/(176\cdot0{,}0899)]\cdot(100/17{,}12)\cdot(1/3)=$

$=624\cdot0{,}00000973\cdot5{,}84\cdot0{,}33= 0{,}0117$кПа, что намного меньше 5 кПа.

Помещение АБ 1ЕА-1 не относится к категории А.

б) К категории Б относятся помещения, в которых находятся (обращаются) горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 градусов Цельсия, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа в соответствии с п. 5. ст. 27 123-ФЗ.

Нет веществ и материалов, подпадающих под это определение.

Категория Б исключается.

в) К категориям В1 - В4 относятся помещения, в которых находятся (обращаются) горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они находятся (обращаются), не относятся к категории А или Б.

Отнесение помещения к категории В1, В2, В3 или В4 осуществляется в зависимости от количества и способа размещения пожарной нагрузки в указанном помещении и его объемно-планировочных характеристик, а также от пожароопасных свойств веществ и материалов, составляющих пожарную нагрузку в соответствии с п. 7,8. ст. 27 123-ФЗ.

В нашем случае под определение подпадает оболочка и изоляция кабеля ВВГнг из ПХВ пластиката и кабель НО7RN-F с резиновой самозатухающей изоляцией, которые являются твердыми трудногорючими материалами.

Определение категории помещения АБ осуществляется путем сравнения максимального значения удельной временной пожарной нагрузки на любом из участков с величиной удельной пожарной нагрузки, приведенной в СП 12.13130.2009 (таблица Б.1 приложения Б).

Исходные данные для расчета.

Кабель ВВГнг с изоляцией и оболочкой из ПХВ пластиката и кабель НО7RN-F с резиновой самозатухающей изоляцией.

Площадь помещения АБ 1ЕА-1 (S_1) - 40,0 м^2

Участок трассировки кабелей (S_2 = 8,1 м^2) - 10,0 м^2

Низшая теплота сгорания:

- ПХВ пластика для кабеля ВВГнг 4х35+1х16 СП 2.13130.2020 - $Q_н$= 9,9 МДж/мп
- резиновой изоляции кабеля НО7RN-F 1х95 -$Q_н$= 5,99 МДж/мп

Имеем:

ВВГнг 3х2,5 (диаметр кабеля 9,3 мм) - 30 м

НО7RN-F 1х95 (диаметр кабеля 26 мм) - 60 м

Проведенная жильность и сечение кабеля ВВГнг - 3х2,5,

и таким образом, низшая теплота сгорания будет составлять:

9,9/1,4=7,07 МДж/мп.

Пожарная нагрузка составит:

$Q= Q_{НО7RN-F} + Q_{ВВГнг} =(60·5,99)+(30·7,07) = 571,5$ МДж

Удельная пожарная нагрузка составит:

$Q_{уд} = Q/S_2 = 571,5 /10 = 57,2$ МДж

Согласно СП 12.13130.2009, для отнесения помещения к категории В4, одновременно должны выполняться условия:

- удельная пожарная нагрузка на участках не должна превышать 180 МДж/м^2;
- площадь участков не должна превышать 10 м^2;
- расстояние между участками должно быть более предельных.

Все условия соблюдены, помещение относится к категории В4.

Выводы и предложения

Согласно скорректированным расчетам и таблицы 1 из СП 12.13130.2009, а также п.2. ст.16 и ст. 95 Федерального закона от 22.07.2008 № 123-ФЗ и, руководствуясь ст. 46 184-ФЗ определяем среду пожаробезопасной и относим производственный процесс помещения АБ к категории В4.

Аварийную вентиляцию в АБ, для данных типов аккумуляторов, а так же установку газоанализаторов, предусматривать не требуется.

Общеобменная вентиляция должна быть сблокирована с зарядными устройствами аккумуляторов и иметь, согласно таблице 2 из заключения [3], производительность не менее 6 $м^3$/час, а электроснабжение по I категории надежности. Забор воздуха вытяжной вентиляцией должен производиться с наивысшей точки перекрытия АБ.

Рекомендуется, при возможности, в наивысших отметках покрытия помещений аккумуляторных предусматривать установку газоотводящих труб, не менее двух на помещение, выведенных выше отметки кровли на 1,5 м, обеспечивающих постоянное отведение возможных поступлений водорода из расчета 0,1 м3/час (5-кратный запас). При этом необходимо учесть, что потолок аккумуляторной должен быть гладким. Если потолок аккумуляторной выполнен ребристым, то отвод водорода должен быть предусмотрен из каждого замкнутого отсека.

Все электрооборудование аккумуляторной должно соответствовать пожароопасной зоне класса П-IIа и выполнено в искробезопасном исполнении со степенью защиты оболочки не менее IP44.

Взрывозащиту (легкосбрасываемые конструкции) в АБ предусматривать не требуется.

Установки автоматической пожарной сигнализации и автоматического пожаротушения предусматривать не требуется.

Л.2 Пример расчёта № 2

Определение категории помещения распределительных панелей щита постоянного тока ЩПТ по взрывопожарной и пожарной опасности.

Общепринятая методика определения категории помещения распределительных панелей ЩПТ

Согласно перечню [4] (п.19) помещение распределительных панелей щита постоянного тока (РП ЩПТ) относится к категории В4.

В связи с тем, что РД 34.03.350-98 введен в действие с 01 апреля 1998 года, а нормативная база была дважды изменена: 2003 год (НПБ 105-03) и 2009 год (СП 12.13130.2009), то возникает необходимость дополнительно, расчетом, обосновать категорию помещения РП ЩПТ, руководствуясь при этом частью 1 ст. 46 Федерального закона от 27.12.2002 № 184-ФЗ в части безопасной её эксплуатации для людей и здания, а также ст. 1, 4, 5 и 27 Федерального закона от 22.07.2008 № 123-ФЗ.

Расчетная методика определения категории помещения РП ЩПТ

Методика основывается на последовательной проверке принадлежности помещения к категориям от наиболее опасной (А) к наименее опасной (Д).

а) К категории А относятся помещения, в которых находятся (обращаются) горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 градусов Цельсия в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 килопаскалей, и (или) вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом, в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 килопаскалей в соответствии с п. 5. ст. 27 123-ФЗ.

Нет веществ и материалов, подпадающих под это определение.

Категория А исключается.

б) К категории Б относятся помещения, в которых находятся (обращаются) горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 градусов Цельсия, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 килопаскалей в соответствии с п. 5. ст. 27 123-ФЗ.

Нет веществ и материалов, подпадающих под это определение.

Категория Б исключается.

в) К категориям В1 - В4 относятся помещения, в которых находятся (обращаются) горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они находятся (обращаются), не относятся к категории А или Б.

Отнесение помещения к категории В1, В2, В3 или В4 осуществляется в зависимости от количества и способа размещения пожарной нагрузки в указанном помещении и его объемно-планировочных характеристик, а также от пожароопасных свойств веществ и материалов, составляющих пожарную нагрузку в соответствии с п. 7, 8. ст. 27 123-ФЗ.

В нашем случае под определение подпадает оболочка и изоляция кабеля ВВГнг из ПХВ пластиката, который являются твердым трудногорючим материалом.

Определение категории помещения РП ЩПТ осуществляется путем сравнения максимального значения удельной временной пожарной нагрузки на любом из участков с величиной удельной пожарной нагрузки, приведенной в СП 12.13130.2009 (таблице Б.1 приложения Б).

Исходные данные для расчета.

Кабель ВВГнг с изоляцией и оболочкой из ПХВ пластиката

Площадь помещения РП ЩПТ (S_1)	- 41,8 м^2
Площадь участка пожарной нагрузки (S_2)	- 9,88 м^2
Низшая теплота сгорания ПХВ пластика для кабеля ВВГнг 4х35+1х16 [5]	- $Q_н$= 9,9 МДж/мп

В нашем случае имеем:

ВВГнг 1х95 (диаметр кабеля 17,3 мм)	- 250 м
ВВГнг 1х150 (диаметр кабеля 22,2 мм)	- 90 м
ВВГнг 1х240 (диаметр кабеля 27,7 мм)	- 70 м
ВВГнг 2х6 (диаметр кабеля 12,5 мм)	- 85 м
ВВГнг 2х16 (диаметр кабеля 16,7 мм)	- 55 м
ВВГнг 2х35 (диаметр кабеля 21,8 мм)	- 16 м
ВВГнг 2х50 (диаметр кабеля 24,8 мм)	- 130 м
ВВГнг 3х6 (диаметр кабеля 13,2 мм)	- 170 м
ВВГнг 3х10 (диаметр кабеля 14,9 мм)	- 85 м

ВВГнг 3х16 (диаметр кабеля 17,8 мм) - 120 м
ВВГнг 3х35 (диаметр кабеля 23,2 мм) - 70 м

Общая длина кабеля -1141м

Проведенная жильность и сечение кабеля - 2х35.

Таким образом, низшая теплота сгорания уменьшиться вдвое и будет составлять 50% от заявленной – 4,95 МДж/мп.

Пожарная нагрузка составит:

$Q = 1141 \cdot 4,95 = 5647,95$ МДж

Удельная пожарная нагрузка составит:

$Q_{уд} = Q/S_2 = 5647,95/9,88 = 571,7$ МДж

Это значение соответствует категории В3 согласно СП 12.13130.2009 (таблица Б.1 приложения Б). В соответствии с этой же таблицей помещение может быть отнесено к категории В3 при условии, что количество пожарной нагрузки Q, определенное по формуле (Б.2) из СП 12.13130.2009, не отвечает неравенству

$Q \geq 0,64 g_т H^2$,

в нашем случае неравенство:

$5647,95 \geq 0,64 \cdot 1400 \cdot 1,57^2$ или $5647,95 \geq 2208,55$

Из чего следует, что помещение ЩПТ необходимо отнести к категории В2.

Выводы и предложения

1. Согласно расчетам с учетом требований СП 12.13130.2009 устанавливаем категорию помещения щита постоянного тока В2.

2. Помещение отнести к зоне класса П-IIа.

3. Согласно СП 484.1311500.2020, СП 485.1311500.2020 в помещении ЩПТ должна быть предусмотрена автоматическая пожарная сигнализация (АПС).

Библиография

[1]	Правила устройства электроустановок (ПУЭ), 7 ред. Утверждены Приказом Министерства энергетики РФ от 20.05.2003 № 187.
[2]	Циркуляр Ц-02-98(Э) О проверке кабелей на невозгорание при воздействии тока короткого замыкания. Утвержден Департаментом стратегии развития и научно-технической политики РАО «ЕЭС России» 16.03.1998.
[3]	Заключение ФГУ ВНИИПО МЧС России от января 2004 года о пожаровзрывобезопасности стационарных свинцово-кислотных аккумуляторов технологии АГМ, производства EXIDETechnologies, выпускаемых под марками: Sprinter, Marathon, Powerfit, Tudor, Absolyte и аккумуляторов, выпускаемых по классической технологии с жидким электролитом, под марками: ClassicOGi, ClassicOPzS, ClassicGROE.
[4]	РД 34.03.350-98 Перечень помещений и зданий энергетических объектов РАО «ЕЭС России» с указанием категорий по взрывопожарной и пожарной опасности.
[5]	Письмо ФГУ ВНИИПО МЧС России от 28.09.2009 № 13-3-02/4502 о теплоте сгорания кабеля ВВГнг.

_____

обозначение стандарта

УДК _____ МКС _____ _____

код продукции

Ключевые слова: аккумуляторная батарея, методика выбора, нагрузка, надёжность, обоснование, потребители постоянного тока, режим работы, селективность, система оперативного постоянного тока, схемы, щит постоянного тока.

Руководитель организации-разработчика:
Некоммерческое партнерство «Гидроэнергетика России»

Исполнительный директор _____ Р.М. Хазиахметов

Руководитель разработки
Главный эксперт, к.т.н. _____ В.С. Серков

Соисполнитель:
Закрытое акционерное общество «Уралэнерго-Союз»

Генеральный директор _____ О.В. Пермяков

Руководитель разработки
Главный специалист, к.т.н. _____ М.А. Шиша

Исполнители:
Руководитель группы систем постоянного тока _____ О.А. Маликов