

Заказчик - ООО «Трансэнерго-сервис»
По договору №29-2022 от 03.02.2022 г.

**Строительство ПС 110/6 кВ для электроснабжения карьера
Печегубский с подключением от ВЛ-110 кВ Куна – Оленегорск 12 с
отпайкой на ПС Комсомольский (Л-110) (в рассечку) Мурманская обл.,
Оленегорский район (АО «Олкон»)**

Проектная документация

**Раздел 6 «Технологические решения»
Часть 2 «Технологические решения. Релейная защита и автоматика»**

29-2022/ПР-8701-РЗА

Том 6.2

| Изм. | № док | Подп. | Дата |
|------|-------|-------|------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

2023 г.

Заказчик - ООО «Трансэнерго-сервис»
По договору №29-2022 от 03.02.2022 г.

**Строительство ПС 110/6 кВ для электроснабжения карьера
Печегубский с подключением от ВЛ-110 кВ Куна – Оленегорск 12 с
отпайкой на ПС Комсомольский (Л-110) (в рассечку) Мурманская обл.,
Оленегорский район (АО «Олкон»)**

Проектная документация

**Раздел 6 «Технологические решения»
Часть 2 «Технологические решения. Релейная защита и автоматика»**

29-2022/ПР-8701-РЗА


Том 6.2

Директор ООО «ТСН-Электро»



Н.И. Сычев

Главный инженер проекта



С.А. Погодина

| Изм. | № док | Подп. | Дата |
|------|-------|-------|------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

2023 г.

| | |
|--------------|----------|
| Взам. инв.№ | |
| Подп. и дата | |
| Инв. № подл. | 200191ст |

Содержание тома 6.2





| Обозначение | Наименование | Примечание |
|-----------------------|---|------------|
| 29-2022/ПР-8701-РЗА-С | Содержание тома 6.2 | 1 |
| 29-2022/ПР-8701-СП | Состав проектной документации | 1 |
| 29-2022/ПР-8701-РЗА.Т | Релейная защита и автоматика. Текстовая часть | 66 |
| | Графическая часть | 2 |
| | Всего листов | 70 |

| | |
|-------------|--|
| Согласовано | |
| | |

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

| | | | | | |
|-----------------------|----------|------|-------|---|-------|
| 29-2022/ПР-8701-РЗА-С | | | | | |
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| Разработал | Муханов | | |  | 05.23 |
| Проверил | Ушаков | | |  | 05.23 |
| Н.контр. | Назаров | | |  | 05.23 |
| ИП | Погодина | | |  | 05.23 |

Содержание тома 6.2

| | | |
|--------|------|--------|
| Стадия | Лист | Листов |
| П | 1 | 1 |



ООО
«ТСН-Электро»






Состав проектной документации*

| № тома | Обозначение | Наименование | Примечание |
|--------|-------------|--------------|------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

*Состав проектной документации приведен в томе 29-2022/ПР-8701-СП «Состав проектной документации».

| | |
|-------------|--|
| Согласовано | |
| | |
| | |
| | |

| | |
|--------------|--|
| Взам. инв. № | |
| Подп. и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|---|----------|----------------------|--------|---|-------|
| 29-2022/ПР-8701-СП | | | | | |
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| Разработал | Муханов | | |  | 05.23 |
| Проверил | Ушаков | | |  | 05.23 |
| Н.контр. | Назаров | | |  | 05.23 |
| ГИП | Погодина | | |  | 05.23 |
| Состав проектной документации | | | | | |
| Стадия | | Лист | Листов | | |
| П | | 1 | 2 | | |
|  | | ООО «ТСН-Электро» | | | |

| | | |
|-------|--|----|
| 5.2.5 | Проверка обмоток ТТ с учетом влияния аperiodической составляющей и остаточной намагниченности сердечника | 37 |
| 5.3 | Заключение по проведенным проверкам трансформаторов тока | 43 |
| 5.4 | Центральная сигнализация | 43 |
| 5.5 | Оперативная блокировка разъединителей | 44 |
| 5.6 | Регистрация аварийных событий | 45 |
| 6. | Потребность в устройствах РЗА и кабельной продукции | 52 |
| 7. | Общие требования к микропроцессорным терминалам РЗА | 54 |
| 7.1 | Основные номинальные параметры МП устройств РЗА | 54 |
| 7.2 | Требования к конструктивному исполнению | 54 |
| 7.3 | Требования к электропитанию постоянным оперативным током МП устройства РЗА | 57 |
| 7.4 | Требования к аналоговым входам МП устройств РЗА | 57 |
| 7.5 | Требования к дискретным входам МП устройств РЗА | 57 |
| 7.6 | Требования к выходным контактам устройства в цепях постоянного тока напряжением 220 В | 58 |
| 7.7 | Требования к выходным контактам устройства в цепях постоянного тока напряжением 220 В, $\tau=50$ мс | 58 |
| 7.8 | Требования к надежности МА устройств РЗА | 58 |
| 7.9 | Требования к интерфейсу Человек-машина терминала и прикладного программного обеспечения | 59 |
| 7.10 | Требования к интерфейсам связи и протоколам обмена данными МП устройства РЗА | 60 |
| 7.11 | Дистанционное управление функциями РЗА | 61 |
| 7.12 | Требования к регистрации аварийных событий МП устройством РЗА | 62 |
| 8. | Электромагнитная совместимость и помехозащищенность устройств релейной защиты и автоматики | 65 |

| | | | |
|-------------|--|--|--|
| Согласовано | | | |
| | | | |

| | |
|--------------|--|
| Взам. инв. № | |
| Подп. и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|
| | | | | | |
| Изм. | Коп.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата |

29-2022/ПР-8701-РЗА.Т

1. Основания для разработки основных технических решений

Исходными данными для подготовки документации являются:

- Техническое задание на проектирование и строительство по объекту «Строительство ПС 110/6 кВ»;

- Технические условия для присоединения к электрическим сетям, выданные Мурманским филиалом ПАО «Россети Северо-Запад» для АО «Олкон» № 43-0004042/21-002 от 17.02.2022 г.

2. Сведения о функциональном назначении объекта

Объем проектирования включает в себя строительство новой ПС 110/6 кВ для электроснабжения карьера Печегубский.

Подстанция ПС 110/6 кВ Печегубского месторождения предназначена для приема, трансформации, распределения и передачи электрической энергии.

На территории подстанции предусматривается установка следующего оборудования:

- открытое распределительное устройство 110 кВ;
- открыто устанавливаемые два силовых трансформатора Т-1, Т-2 мощностью 6,3 МВА каждый, напряжением 110/6 кВ;
- здание закрытого распределительного устройство ЗРУ 6 кВ, совмещенного с общеподстанционным пунктом управления (ОПУ);
- два сухих трансформатора собственных нужд ТСН-1, ТСН-2 (устанавливаются в здании ЗРУ 6 кВ, совмещенном с ОПУ);
- отдельно стоящие прожекторные мачты с молниеотводами;
- накопительная емкость дождевых вод.

В данном томе рассматриваются основные технические решения по оптимальной структуре РЗА,

3. Основные положения по выполнению РЗА на микропроцессорной технике

На ПС 110/6 кВ Печегубский карьер предусматривается установка микропроцессорных устройств РЗА.

Использование МП устройств дает существенные преимущества, в числе которых:

- возможность осуществления в одном устройстве наряду с функциями РЗА, таких вспомогательных функций как осциллографирование, регистрация событий, определение места повреждения;

| | |
|--------------|--|
| Взам. инв.№ | |
| Подп. и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | | 29-2022/ПР-8701-РЗА.Т | Лист |
| | | | | | | | 3 |
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата | | |

- удобство при наладке и эксплуатации;
- реализация новых принципов и улучшенных характеристик;
- низкое потребление энергии по цепям переменного тока и напряжения;
- широкая система самодиагностики;
- возможность интеграции в АСУ ТП (или иную систему автоматического управления), в том числе по цифровым интерфейсам.

Технологические решения по релейной защите, автоматике и вторичным соединениям должны выполняться в соответствии с:

- ПУЭ (действующая на момент разработки работы редакция);
- ПТЭ (действующая на момент разработки работы редакция);
- Общие требования к системам противоаварийной и режимной автоматики, релейной защиты и автоматики, телеметрической информации, технологической связи в ЕЭС России, утверждены приказом ОАО РАО «ЕЭС России» от 11.02.2008 №57;
- Стандарт организации ОАО «СО ЕЭС» «Релейная защита и автоматика. Взаимодействие субъектов электроэнергетики, потребителей электрической энергии при создании (модернизации) и организации эксплуатации». СТО 59012820.29.020. 002-2012;
- Приказ Министерства энергетики РФ от 30 июня 2003 г. № 288 «Об утверждении Рекомендаций по технологическому проектированию подстанций переменного тока с высшим напряжением 35 – 750 кВ»;
- Приказ Министерства энергетики РФ от 13 февраля 2019 г. № 101 "Об утверждении требований к оснащению линий электропередачи и оборудования объектов электроэнергетики классом напряжения 110 кВ и выше устройствами и комплексами релейной защиты и автоматики, а также к принципам функционирования устройств и комплексов релейной защиты и автоматики".

Принятые решения на этапе разработки проекта основываются на требованиях к устройствам РЗА, описанные в вышеперечисленных нормативных документах.

При проектировании, строительстве, реконструкции объектов электроэнергетики, разработке необходимой для этого проектной документации, подготовке и согласовании технических условий на технологическое присоединение объектов электроэнергетики и энергопринимающих установок потребителей электрической энергии к электрическим сетям, разработке схем выдачи мощности объектов по производству электрической энергии, схем внешнего электроснабжения энергопринимающих установок потребителей электрической энергии, проектной документации для их технологического присоединения к электрическим сетям, создании (модернизации) устройств и комплексов РЗА, разработке необходимой для этого проектной и рабочей

| | |
|--------------|--|
| Взам. инв.№ | |
| Подп. и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | | 29-2022/ПР-8701-РЗА.Т | Лист |
| | | | | | | | 4 |
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата | | |

документации, а также при организации и осуществлении эксплуатации устройств и комплексов РЗА должны быть обеспечены оснащение ЛЭП и оборудования объектов электроэнергетики устройствами РЗА и функционирование таких устройств в соответствии с пунктами 140 - 168 Правил технологического функционирования электроэнергетических систем, утвержденных постановлением Правительства Российской Федерации от 13 августа 2018 г. N 937 (далее - Правила технологического функционирования электроэнергетических систем) и требованиями приказа Министерства энергетики РФ N101 от 13 февраля 2019г.

Для обеспечения надежности работы РЗА должно осуществляться функциональное и (или) аппаратное резервирование устройств РЗА.

Владельцами объектов электроэнергетики должна быть обеспечена правильная работа устройств РЗА при изменении частоты электрического тока в диапазоне 45 - 55 Гц.

ЛЭП и оборудование объектов электроэнергетики должны быть оснащены устройствами РЗ от внутренних КЗ и других ненормальных режимов их работы.

Резервные защиты ЛЭП (оборудования) должны удовлетворять требованию взаимной совместимости в части согласования их характеристик срабатывания с характеристиками срабатывания резервных защит ЛЭП (оборудования) прилегающей сети для обеспечения селективности их действия при дальнем резервировании.

На объектах электроэнергетики должна обеспечиваться регистрация аварийных событий и процессов.

Устройства РЗА не должны срабатывать при:

- замыкании на землю в одной точке в сети оперативного постоянного тока;
- снятии, подаче оперативного тока (в том числе обратной полярности), а также при перерывах электропитания любой длительности и глубины снижения напряжения оперативного тока.

После восстановления оперативного тока все функции и параметры настройки устройств РЗА (в том числе изменяемые при помощи переключающих устройств РЗА) должны сохраняться в полном объеме.

Аппаратно и функционально резервирующие друг друга устройства РЗА, в том числе основные и резервные защиты ЛЭП (оборудования), должны подключаться на разные вторичные обмотки ТТ, питаться от разных автоматических выключателей оперативного постоянного тока и иметь независимые выходные цепи.

При создании (модернизации) устройств РЗА должны предусматриваться стандартные интерфейсы связи для ввода (вывода) данных в устройства (из устройств) РЗА.

Система самодиагностики микропроцессорных устройств РЗА должна непрерывно выполнять проверку целостности исполняемой программы и данных.

| | | | | | | |
|-------------|--------------|--------------|--|--|--|--|
| Взам. инв.№ | Подп. и дата | Инв. № подл. | | | | |
| | | | | | | |

| | | | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|-----------------------|-----------|
| | | | | | | 29-2022/ПР-8701-РЗА.Т | Лист 5 |
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата | | |
| | | | | | | | |

Микропроцессорное устройство РЗА должно блокировать выходные воздействия и формировать соответствующую сигнализацию при обнаружении системой самодиагностики нарушения целостности исполняемой программы или данных.

Результаты отрицательных проверок целостности исполняемой программы или данных должны фиксироваться во встроенном журнале событий микропроцессорного устройства РЗА.

Обновление системного программного обеспечения микропроцессорных устройств РЗА должно быть доступно только в режиме обновления по сервисным интерфейсам с помощью специального программного обеспечения.

Сервисные интерфейсы микропроцессорного устройства РЗА не должны подключаться к локальной вычислительной сети владельца объекта электроэнергетики, а физический доступ к ним должен быть ограничен.

Переключение микропроцессорного устройства РЗА в режим обновления должно осуществляться локально посредством человеко-машинного интерфейса.

У микропроцессорных устройств РЗА должна быть парольная защита, ограничивающая доступ к обновлению системного программного обеспечения и к внесению изменений в параметры настройки (уставки) и алгоритмы функционирования устройства РЗА.

В микропроцессорных устройствах РЗА должны регистрироваться все события, связанные с созданием, редактированием, удалением учетных записей, обновлением системного и прикладного программного обеспечения.

Питание цепей переменного напряжения устройств РЗА должно резервироваться.

При наличии двух электромагнитов отключения выключателя действие устройств РЗА должно выполняться на каждый такой электромагнит.

Устройства РЗА должны обеспечивать автоматический контроль исправности используемых каналов связи.

Устройство РЗА должно иметь сигнализацию о возникновении неисправностей устройства РЗА и срабатывании каждой функции РЗА, реализованной в микропроцессорном устройстве РЗА.

Устройства РЗА, использующие напряжение от ТН, должны иметь сигнализацию о неисправностях и отсутствии цепей напряжения.

Устройства РЗА должны иметь переключающие устройства РЗА:

- в цепях переменного тока и напряжения;
- в выходных цепях для оперативного вывода из работы и ввода в работу устройства РЗА;
- для ввода (вывода) отдельных функций РЗА и изменения алгоритмов функционирования устройства РЗА оперативным персоналом.

| | |
|--------------|--|
| Взам. инв.№ | |
| Подп. и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | | 29-2022/ПР-8701-РЗА.Т | Лист |
| | | | | | | | 6 |
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата | | |

При организации каналов связи для функционирования устройств и комплексов РЗА должны соблюдаться требования к каналам связи для функционирования релейной защиты и автоматики, утверждаемые Министерством энергетики Российской Федерации в соответствии с подпунктом "б" пункта 2 постановления Правительства Российской Федерации от 13 августа 2018 г. N 937 "Об утверждении Правил технологического функционирования электро-энергетических систем и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации".

Дистанционные защиты должны иметь автоматическую блокировку ступеней, которые могут неправильно работать при синхронных качаниях в энергосистеме (далее - блокировка при качаниях). Принцип действия блокировки при качаниях не должен препятствовать функционированию дистанционных защит.

Технические характеристики устройства РЗА должны содержать сведения о минимально необходимом сроке достоверного измерения значения тока, при котором обеспечивается правильная работа функций РЗ, реализованных в устройстве РЗА, в переходных режимах, сопровождающихся насыщением ТТ.

4. Технические решения по оптимальной структуре РЗА, ПА на микропроцессорной технике

Устройства РЗА предусматривается выполнить на микропроцессорной базе РЗА с поддержкой протокола IEC-61850. В характеристиках МП терминалов заложена возможность информационного обмена между устройствами РЗА при помощи МЭК 61850 (MMS, GOOSE) на перспективу. В рамках данного титула предусматривается использование МП терминалов с наличием дублированного подключения к сети Ethernet (АСУ ТП) по стандарту МЭК 61850 (MMS) только для передачи информации в систему ССПИ. Информационный обмен между терминалами РЗА по МЭК61850 (GOOSE) данным проектом не предусматривается.

Вновь устанавливаемые шкафы РЗА элементов 110 кВ, общеподстанционные устройства предполагается разместить в помещении ОПУ. МП устройства защит и автоматики элементов 6 кВ размещаются в ячейках КРУ 6 кВ в помещении ЗРУ 6 кВ. здания ЗРУ 6 кВ, совмещенного м ОПУ.

Весь объем вновь подключаемых соединений будет выполнен контрольными кабелями марки типа КВВГЭнг(А)-LS.

Все устанавливаемые терминалы обеспечивают прием импульсов от системы точного времени по оптическому каналу связи.

| | |
|--------------|--|
| Взам. инв.№ | |
| Подп. и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|------------------------------|------|
| | | | | | | 29-2022/ПР-8701-РЗА.Т | Лист |
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата | | 7 |

4.1 Трансформаторы 110/6 кВ

На ПС 110/6 кВ «Печегубский карьер» предусматривается установка двух двухобмоточных трехфазных силовых трансформаторов мощностью 6,3 МВА каждый с обмотками 110/6 кВ.

В качестве комплекса защит трансформатора предусматривается установка шкафа защит трансформатора в составе:

- терминал с функциями основной защиты трансформатора;
- терминал с функциями резервной защиты трансформатора, АУВ 110 кВ и УРОВ;
- терминал АРКТ.

Основная защита трансформатора подключается со стороны 110 кВ на обмотку "10PR" трансформатора тока в цепи выключателя 110 кВ силового трансформатора, со стороны 6 кВ на трансформатор тока (обмотка "10PR") вводной ячейки ЗРУ 6 кВ. Резервная защита трансформатора подключается со стороны 110 кВ на трансформатор тока в цепи выключателя 110 кВ силового трансформатора (обмотка "10PR").

По цепям переменного напряжения терминалы через схему организации цепей напряжения подключаются к ТН 6 кВ с возможностью ручного перевода при помощи ключа на смежный ТН.

Для защит трансформаторов в соответствии с п.12.7 НТП ПС предусматривается:

- один комплект дифференциальной токовой защиты;
- газовая защита;
- защита устройства РПН с использованием струйных реле;
- резервные защиты на сторонах высшего и низшего напряжения;
- автоматика регулирования РПН;
- защита от перегрузки.

4.1.1 Комплект основной защиты трансформатора

Комплект основной защиты трансформатора содержит:

- дифференциальную токовую защиту трансформатора (ДЗТ) от всех видов КЗ внутри бака;
- токовую отсечку и максимальную токовую защиту стороны высокого напряжения (ВН) с пуском по напряжению (МТЗ ВН);
- максимальную токовую защиту стороны низшего напряжения (НН) с пуском по напряжению (МТЗ НН);
- защиту от перегрузки (ЗП);
- токовые реле для пуска автоматики охлаждения;
- защиту от потери охлаждения;

| | |
|--------------|--|
| Взам. инв.№ | |
| Подп. и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|
| | | | | | |
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата |

29-2022/ПР-8701-РЗА.Т

Лист
8

- ГЗТ сигнальная и отключающая ступени;
- ГЗ РПН;
- контроля состояния изоляции цепей газовой защиты трансформатора;
- прием сигналов от технологических защит.

4.1.2 Комплект резервной защиты трансформатора

Комплект резервной защиты трансформатора содержит:

- токовую отсечку и максимальную токовую защиту ВН (МТЗ ВН) с комбинированным пуском по напряжению от многофазных КЗ (двухфазных, двухфазных на землю, трехфазных);
- токовой ненаправленной защиты нулевой последовательности (ТЗНП) от КЗ на землю;
- ГЗТ сигнальная и отключающая ступени;
- ГЗ РПН;
- контроля состояния изоляции цепей газовой защиты трансформатора;
- прием сигналов от технологических защит.

Кроме того комплект резервной защиты содержит следующие функции:

- автоматику управления выключателем (АУВ);
- автоматическое повторное включение (АПВ),
- устройство резервирования отказов выключателя (УРОВ).

4.1.3 Комплект АРКТ

Токовые цепи в терминале АРКТ используются в двух случаях:

- при расчете напряжения поддержания потребителя;
- в цепях реле тока перегрузки ввода.

Исходя из ниже принятых технических решений, токовые цепи в терминале не будут использованы, в терминале АРКТ будет реализована внешняя блокировка при перегрузке по току. В данном случае внешняя блокировка будет реализована от терминала основной защиты трансформатора при перегрузке по стороне ВН. Поддержание напряжения на шинах будет осуществляться без расчета падения напряжения у потребителя, а по фактическому измеренному значению напряжения на шинах 6 кВ.

4.2СВ 110 кВ

Устройство управления выключателем СВ 110 кВ реализуется на МП терминале, совместно с МТЗ и ТЗНП.

Комплект автоматики управления выключателем содержит следующие функции:

| | |
|--------------|--|
| Взам. инв.№ | |
| Подп. и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | | 29-2022/ПР-8701-РЗА.Т | Лист |
| | | | | | | | 9 |
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата | | |

- автоматику управления выключателем (АУВ);
- автоматическое повторное включение (АПВ),
- устройство резервирования отказов выключателя (УРОВ).

Терминал предусматривает включение выключателя с контролем синхронизма при включение от АПВ и при оперативном включение от ключа управления либо от АСУ.

Ключ управления СВ 110 кВ и ключ переключения режима «Местное/Дистанционное» расположены на шкафу с функцией АУВ СВ 110 кВ. Также управление СВ 110 кВ осуществляется удаленно из АСУ ТП.

4.3 РУ 6 кВ

РУ 6 кВ выполняются в шкафах КРУ внутренней установки.

Комплекс РЗА элементов РУ 6 кВ полностью реализуется с использованием МП устройств.

МП устройства защит и автоматики элементов 6 кВ устанавливаются в ячейки КРУ 6 кВ.

Ниже рассматривается состав защит и технические требования к МП устройствам комплекса РЗА следующих элементов РУ 6 кВ:

- вводов секций шин 6 кВ;
- секционного выключателя 6 кВ;
- трансформаторов собственных нужд 6/0,4 кВ;
- отходящих линий 6 кВ;
- трансформаторов напряжения на секциях шин 6 кВ.

В соответствии с п.12.15 НТП ПС на вводных выключателях необходимо предусматривать:

- максимальную токовую защиту с комбинированным пуском по напряжению;
- дуговую защиту;
- защиту минимального напряжения;
- УРОВ.

На секционном выключателе необходимо предусматривать:

- максимальную токовую защиту;
- дуговую защиту;
- автоматическое включение резерва (АВР).

На каждой секции шин должна быть предусмотрена:

- дуговая защита шин;
- логическая защита шин;
- сигнализация замыканий на землю.

На отходящих линиях необходимо предусматривать:

| | |
|--------------|--|
| Взам. инв.№ | |
| | |
| Подп. и дата | |
| | |
| Инв. № подл. | |
| | |

| | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|
| | | | | | |
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата |

29-2022/ПР-8701-РЗА.Т

Лист
10

- максимальную токовую защиту;
- токовую отсечку;
- защиту от перегрузки (на ТСН);
- защиту от замыканий на землю;
- дуговую защиту;
- УРОВ.

Управление выключателями 6 кВ осуществляется из ячеек КРУ 6 кВ через переносной пульт управления либо через АРМ ОП.

4.3.1 АВР и ВНР 6 кВ

АВР реализован в терминалах защит и АУВ вводных выключателей 6 кВ, установленных в ячейках КРУ 6 кВ. При потере питания на одной из секций шин 6 кВ от АВР предусмотрены действия на отключение выключателя ввода данной секции и на включение секционного выключателя.

Пуск АВР осуществляется при:

- отсутствии напряжения на данной секции шин 6 кВ;
- наличии напряжения на смежной секции шин 6 кВ;
- исправности цепей напряжения ТН;
- отсутствии сигналов запрета АВР (при действии УРОВ и ЗДЗ).

Предусмотрена функция восстановления нормального режима (ВНР) после АВР. Предусмотрен выбор режима ВНР: с перерывом питания, без перерыва питания.

Запрет АВР формируется от:

- УРОВ;
- Дуговой защиты (ЗДЗ).

4.3.2 ЗДЗ 6 кВ

Предусматривается установка комплекса дуговой защиты, состоящего из оптоволоконных датчиков и МП-регистраторов, устанавливаемых в каждой ячейке КРУ 6 кВ.

Устройство представляет собой блок, выполненный на микропроцессорной элементной базе, позволяющий реализовать функции обнаружения вспышек дуги, сопровождающих открытые дуговые замыкания, контроля МТЗ с помощью дискретных входов, выдачи управляющих сигналов в цепи управления и сигнализации, регистрации и хранения событий, связи с АСУ ТП, диагностики ВОД и работоспособности устройства в целом.

Сигнал отключения выключателя от ЗДЗ формирует пуск УРОВ данного выключателя.

| | |
|--------------|--|
| Взам. инв.№ | |
| | |
| Подп. и дата | |
| | |
| Инв. № подл. | |
| | |

| | | | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|------------------------------|------|
| | | | | | | 29-2022/ПР-8701-РЗА.Т | Лист |
| | | | | | | | 11 |
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата | | |

Логическая защита шин (ЛЗШ)

ЛЗШ представляет собой защиту, обеспечивающую отключение вводного (секционного) выключателя с минимальной выдержкой времени срабатывания при замыкании на секции шин.

В терминалах вводных и секционного выключателей предусмотрена отключающая токовая ступень ЛЗШ, работающая с минимальной выдержкой времени. Работа данной ступени блокируется пусковыми органами защит (пуск МТЗ) нижестоящих присоединений при коротких замыканиях в зоне действия защит данных присоединений.

4.4 Устройства управления выключателями

Для выключателей 110 кВ силовых трансформаторов устанавливаются шкафы с МП терминалом с функцией АУВ совместно с функцией резервной защиты. Для СВ 110 кВ устанавливается отдельный терминал с функцией АУВ. На выключателях 6 кВ в ячейке КРУ устанавливаются терминал с функцией АУВ совместно с функциями защит ячеек.

В терминал АУВ предлагается включить функции:

- УРОВ;
- ТАПВ;
- АУВ.

Терминал АУВ выключателей 110 кВ предусматривает возможность включения выключателя с контролем синхронизма при включение от АПВ и при оперативном включение от ключа управления либо от АСУ.

Данный шкаф предусматривает:

- Местное управление выключателем (кнопками с лицевой панели терминала или ключами управления) со светодиодной индикацией включенного/отключенного положения выключателя;
- Дистанционное управление выключателем (через АСУ ТП).

Терминалы АУВ предусматривают на передней панели светодиоды, предупреждающие об аварийном состоянии и неисправностях выключателя, и трансформаторов напряжения.

Доступ ко всей находящейся в устройстве информации обеспечивается как через дисплей терминала, так и через переносной компьютер.

Для управления оборудованием ПС 110 кВ устанавливается АРМ ОП.

4.5 Устройство резервирования отказа выключателя

Выключатели всех классов напряжений на ПС 110/6 кВ «Печегубский карьер» комплектуются одним комплектом индивидуальных УРОВ.

| | |
|--------------|--|
| Взам. инв.№ | |
| Подп. и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | | 29-2022/ПР-8701-РЗА.Т | Лист |
| | | | | | | | 12 |
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата | | |

УРОВ реализует следующие функции:

- осуществляет контроль положения каждой фазы выключателя с помощью специальных органов тока;
- прием пофазных/трехфазных пусковых сигналов срабатывания внешних/внутренних защит;
- осуществляет трехфазные повторные воздействия на отключение без выдержки времени фаз выключателя (действие «на себя»);
- при пуске УРОВ от защит и наличии тока, превышающего ток срабатывания, по истечении установленной выдержки времени, формирует сигналы трехфазного отключения смежных выключателей, запрета АПВ отказавшего и смежных выключателей.
- обеспечивает возврат таймеров УРОВ при успешном отключении выключателей, определяемом по возврату токовых органов.

4.6 Решения по РЗА ВЛ 110 кВ

В рамках данной проектной документации установка оборудования РЗА ВЛ 110 кВ не предусматривается.-проектируется по отдельному титулу.

4.6.1 Определение места повреждения ВЛ 110 кВ

В соответствии с НТП ПС п. 12.16 и ПУЭ 7 издание п.1.6.23 для вновь образуемых ВЛ 110 кВ установка отдельного устройства ОМП не требуется, т.к. линия протяженностью менее 20 км.- уточняется в отдельном титуле.

4.7 Решения по противоаварийной автоматике

В соответствии с ТУ, Данным титулом предусматривается организация автоматической частотной разгрузки (АЧР). Функция АЧР реализуется в терминалах шинных ТН 6 кВ. Реализуется три очереди АЧР. В каждой ячейке отходящего фидера КРУ 6 кВ прокладываются три шинки АЧР - АЧР-1, АЧР-2 и АЧР-3.

При отсутствии сигнала блокирования после восстановления частоты через выдержки времени на срабатывание происходит срабатывание ЧАПВ-1, ЧАПВ-2, ЧАПВ-3 с действием на включение присоединений, отключенных от АЧР-1, АЧР-2 и АЧР-3. В каждой ячейке отходящего фидера КРУ 6 кВ прокладываются три шинки ЧАПВ: ЧАПВ-1, ЧАПВ-2 и ЧАПВ-3.

Схема распределения по ТТ и ТН устройств ИТС ПС 110 кВ отражена в графической части 29-2022/ПР-8701-РЗА л.2

| | |
|--------------|--|
| Взам. инв.№ | |
| Подп. и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|------------------------------|------|
| | | | | | | 29-2022/ПР-8701-РЗА.Т | Лист |
| | | | | | | | 13 |
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата | | |

4.8 Оперативное питание устройств РЗА

Питание оперативных цепей устанавливаемых шкафов, цепей ЭМВ, ЭМО1, ЭМО2, цепей сигнализации выключателей и трансформаторов тока организуется от шкафов распределения оперативного тока, см. комплект 29-2022/ПР-8701-СОПТ

5. Организация цепей напряжения

Организация цепей трансформаторов напряжения предусматривает обеспечение питания устройств защиты и автоматики, измерения и учета электроэнергии.

В соответствии с требованиями директивных материалов в схемах организации цепей напряжения предусматривается возможность резервирования питания нагрузок при выходе ТН из строя или при выводе его в ремонт.

Для линий и трансформаторов 110 кВ в нормальном режиме работы предусматривается питание цепей напряжения резервных защит от ТН шин через схему перевода цепей переменного напряжения. При выводе ТН из работы защиты переводятся на ТН другой шины вручную.

К терминалу АУВ, АПВ и УРОВ СВ 110 кВ подключаются цепи напряжения обоих шинных ТН 110 кВ.

Питание цепей напряжения терминалов шкафов защит трансформаторов, а также для терминалов элементов 6 кВ резервирование цепей напряжения выполняется с переводом вручную нагрузки неисправного шинного ТН 6 кВ на шинный ТН другой секции.

| | | | | | | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|------|---------|------|-------|---------|------|-----------------------|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | | | | | | | 29-2022/ПР-8701-РЗА.Т | Лист |
| | | | | | | | | | | 14 |
| | | | Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата | | |

5.1 Трансформаторы тока и напряжения

5.1.1 Расчет сечения кабеля и времени до насыщения ТТ

(1) Общие данные

Для расчета насыщения ТТ необходимо

$$A = \frac{K_{\text{пр.ном}} \cdot K_{\text{ном}} \cdot I_{1\text{ном}} \cdot \sqrt{(R_2 + R_{\text{ном}})^2 + (X_2 + X_{\text{ном}})^2}}{I_{\text{к.з}} \cdot \sqrt{(R_2 + R_{\text{нагр}})^2 + (X_2 + X_{\text{нагр}})^2}} \quad (5.1)$$

где A – коэффициент, учитывающий соотношение между номинальными параметрами трансформатора тока и реальными параметрами в месте его установки;

где $I_{1\text{ном}}$ – номинальный первичный ток трансформатора тока;

$I_{\text{к.з}}$ – реальное значение периодической составляющей тока первичной обмотки при коротком замыкании;

$R_{\text{ном}}$ и $R_{\text{нагр}}$ – номинальное и фактическое сопротивления нагрузки постоянному току;

$X_{\text{ном}}$ и $X_{\text{нагр}}$ – номинальная и фактическая индуктивные составляющие сопротивления нагрузки;

R_2 – активное сопротивление вторичной обмотки;

X_2 – индуктивное сопротивление вторичной обмотки;

$K_{\text{ном}}$ – номинальная предельная кратность;

$K_{\text{пр.ном}}$ –

Условие отсутствия насыщения определяется по формуле:

$$A \cdot (1 - K_r) \geq K_{\text{п.р.мах}} \quad (5.2)$$

где K_r – коэффициент остаточной намагниченности;

$K_{\text{п.р.ном}}$ – номинальный коэффициент переходного режима;

$K_{\text{п.р.мах}}$ – максимальное значение переходного коэффициента во всем интервале времени.

Время насыщения определяется итерационным поиском t , при котором выражение

$$A = A \cdot K_r + \omega \cdot \frac{T_p \cdot T_s}{T_p - T_s} \cdot \left(e^{-\frac{t}{T_p}} - e^{-\frac{t}{T_s}} \right) - \sin(\omega \cdot t) \quad (5.3)$$

превращается в верное равенство.

Приближенное время насыщения (по огибающей) определяется по формуле:

$$t_{\text{нас}} = T_p \cdot \ln \frac{\omega \cdot T_p}{\omega \cdot T_p - A \cdot (1 - K_r) + 1} \quad (5.4)$$

| | | | | | | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|------|---------|------|-------|---------|------|-----------------------|------|
| Инд. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | | | | | | | 29-2022/ПР-8701-РЗА.Т | Лист |
| | | | | | | | | | | 15 |
| | | | Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата | | |

где $t_{\text{нас}}$ – время насыщения;

T_p – постоянная времени затухания аperiodической составляющей первичного тока;

ω – угловая частота;

K_r – коэффициент остаточной намагниченности. Принимается $K_r = 0.86$ для ТТ класса точности 10P, $K_r = 0.1$ для ТТ класса точности 10PR;

A – коэффициент, учитывающий соотношение между номинальными параметрами трансформатора тока и реальными параметрами в месте его установки.

Выражение (3) имеет решение при соблюдении неравенств (5) и (6):

$$\omega \cdot T_p + 1 > A \cdot (1 - K_r) \quad (5.5)$$

$$A \cdot (1 - K_r) > 1 \quad (5.6)$$

где K_r – коэффициент остаточной намагниченности;

A – коэффициент, учитывающий соотношение между номинальными параметрами трансформатора тока и реальными параметрами в месте его установки.

В установившемся режиме отсутствие насыщения в установившемся режиме (без апериодики) наступает при удовлетворении условия

$$A > 1 \quad (5.7)$$

Были выбраны трансформаторы тока класса точности 10PR.

При выборе трансформаторов тока за основу брались технически возможные для изготовления и установки (на ОРУ, в ячейках КРУ) значения номинальной мощности и предельной кратности (по данным производителей ТТ, а также Королев Е.П., Либерзон Э.М. «Расчеты допустимых нагрузок в токовых цепях релейной защиты»). Все ТТ проходят по условию ненасыщения в установившемся режиме.

Трансформаторы тока вводов 10 кВ, к которым подключена дифференциальная защита трансформатора (ДЗТ), насыщаются в переходном режиме за 3-9 мс.

Для выбора их без насыщения или с достаточно большим временем до насыщения при данных токах КЗ (9,4 кА на 10 кВ) и постоянной времени ($T_p=0.043$ с) необходимы $K_{ном}=80$ и более.

Поэтому принимаются альтернативные меры по обеспечению правильной работы релейной защиты:

- использование блокировки по 2й и 5й гармонике в ДЗТ (в терминалах ДЗТ).

На присоединениях 10 кВ применяются ТТ класса точности 10P. Для них характерно:

- насыщение в переходном режиме (на время порядка 0,05 с);
- отсутствие насыщения в установившемся режиме ($A \geq 1$).

| | |
|--------------|--|
| Взам. инв.№ | |
| Подп. и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | | 29-2022/ПР-8701-РЗА.Т | Лист |
| | | | | | | | 16 |
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата | | |

5.1.2 Расчет по определению мощности вторичных обмоток трансформаторов напряжения

Таблица 5.1.2.1 – Расчет мощности ТН 110 кВ ПС 110/6 кВ «Печегубский карьер»

| ТН | | | ТН-1-110 | | | | Расчет нагрузки | | | | | | | | | | Догрузка | | Итоговая нагрузка (с учетом догрузки) | | | | | | |
|----------------|---|---|-------------|----------|-------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------|-----|-----|----|------------|--------------|--------------------|--------------|---|--------------|--------------------------|---------------------------------------|-----------------------|-------|----------------------------|-------|---|----|
| Обмотка | | | U1ном, В | U2ном, В | Класс точн. | Ном. мощность на фазу, ВА | Наименование нагрузки | Мощность нагрузки, ВА | | | | Кол-во, шт | Мощность, ВА | Сумм. мощность, ВА | Нагрузка в % | Мощность с учетом перевода цепей ТН, ВА | Нагрузка в % | Решение | Принимаемая догрузка | без перевода цепей ТН | | с учетом перевода цепей ТН | | | |
| | | | | | | Sф или S3U0 | | Sab | Sbc | Sca | ВА | | | | | | | | | ВА | ВА | % | ВА | % | ВА |
| основная | 1 | Y | 110000 / √3 | 100/√3 | 0,2 | 20 | Терминал основной защиты ВЛ | 0,5 | | | | 1 | 0,5 | 3,4 | 17,0% | 7,5 | 37,5% | 5 ВА | 5 | 8,4 | 42,0% | 12,5 | 62,5% | | |
| | | | | | | | Терминал резервной защиты ВЛ | 0,5 | | | | 1 | 0,5 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Терминал АУВ, АПВ и УРОВ СВ | 0,5 | | | | 1 | 0,5 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Терминал РАС | 1 | | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | АСУ ТП | 0,1 | | | | 4 | 0,4 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Измерение | 0,5 | | | | 1 | 0,5 | | | | | | | | | | | | |
| дополнительная | 2 | Y | 110000 / √3 | 100/√3 | 0,2 | 20 | АИИС КУЭ | 1,2 | | | | 4 | 4,8 | 4,8 | 24,0% | 7,2 | 36,0% | требуемая догрузка: 4 ВА | 5 | 9,8 | 49,0% | 17 | 85,0% | | |
| | | | | | | | Терминал основной защиты ВЛ | 1 | | | | 1 | 1,0 | 3,0 | 15,0% | 10,0 | 50,0% | - | | | | | | | |
| дополнительная | 3 | Δ | 110000 / √3 | 100 | 3P | 20 | Терминал резервной защиты ВЛ | 1 | | | | 1 | 1,0 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Терминал РАС | 1 | | | | 1 | 1,0 | | | | | | | | | | | | |

| ТН | | | ТН-2-110 | | | | Расчет нагрузки | | | | | | | | | | Догрузка | | Итоговая нагрузка (с учетом догрузки) | | | | | | |
|----------------|---|---|-------------|----------|-------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------|-----|-----|----|------------|--------------|--------------------|--------------|---|--------------|--------------------------|---------------------------------------|-----------------------|-------|----------------------------|-------|---|----|
| Обмотка | | | U1ном, В | U2ном, В | Класс точн. | Ном. мощность на фазу, ВА | Наименование нагрузки | Мощность нагрузки, ВА | | | | Кол-во, шт | Мощность, ВА | Сумм. мощность, ВА | Нагрузка в % | Мощность с учетом перевода цепей ТН, ВА | Нагрузка в % | Решение | Принимаемая догрузка | без перевода цепей ТН | | с учетом перевода цепей ТН | | | |
| | | | | | | Sф или S3U0 | | Sab | Sbc | Sca | ВА | | | | | | | | | ВА | ВА | % | ВА | % | ВА |
| основная | 1 | Y | 110000 / √3 | 100/√3 | 0,2 | 20 | Терминал основной защиты ВЛ | 0,5 | | | | 1 | 0,5 | 4,1 | 20,5% | 7,5 | 37,5% | 4 ВА | 5 | 9,1 | 45,5% | 12,5 | 62,5% | | |
| | | | | | | | Терминал резервной защиты ВЛ | 0,5 | | | | 1 | 0,5 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Терминал АУВ, АПВ и УРОВ СВ | | | | | 1 | 0,5 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Терминал РАС | 1 | | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Терминал ОМП | 0,5 | | | | 1 | 0,5 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | АСУ ТП | 0,1 | | | | 6 | 0,6 | | | | | | | | | | | | |
| дополнительная | 2 | Y | 110000 / √3 | 100/√3 | 0,2 | 20 | АИИС КУЭ | 1,2 | | | | 2 | 2,4 | 2,4 | 12,0% | 7,2 | 36,0% | требуемая догрузка: 6 ВА | 5 | 7,4 | 37,0% | 14,6 | 73,0% | | |
| | | | | | | | Терминал основной защиты ВЛ | 1 | | | | 3 | 3,0 | 7,0 | 35,0% | 10,0 | 50,0% | - | | | | | | | |
| дополнительная | 3 | Δ | 110000 / √3 | 100 | 3P | 20 | Терминал резервной защиты ВЛ | 1 | | | | 3 | 3,0 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Терминал РАС | 1 | | | | 1 | 1,0 | | | | | | | | | | | | |

Име. № подл. Подп. и дата. Взам. инв. №

| | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата |
|------|---------|------|-------|---------|------|

29-2022/ПР-8701-РЗА.Т

Таблица 5.1.2.2– Расчет мощности ТН 6 кВ ПС 110/6 кВ «Печегубский карьер»

| ТН | | | ТН-1-6 | | | Расчет нагрузки | | | | | | | | | | Догрузка | | Итоговая нагрузка (с учетом догрузки) | | | | | |
|----------------|----------|----------|-------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|-----|-----|------------|--------------|--------------------|--------------|---|--------------|----------|----------------------|---------------------------------------|---|----------------------------|-------|------|-------|
| Обмотка | U1ном, В | U2ном, В | Класс точн. | Ном. Мощность на фазу, ВА | Наименование нагрузки | Мощность нагрузки, ВА | | | | Кол-во, шт | Мощность, ВА | Сумм. мощность, ВА | Нагрузка в % | Мощность с учетом перевода цепей ТН, ВА | Нагрузка в % | Решение | Принимаемая догрузка | без перевода цепей ТН | | с учетом перевода цепей ТН | | | |
| | | | | | | Sф или S3U0 | Sab | Sbc | Sca | | | | | | | | | ВА | % | ВА | % | ВА | % |
| основная | 1 | Y | 10000 / √3 | 100/√3 | 0,5 | 15 | Терминалы РЗА 10 кВ | 0,1 | | | | 9 | 0,9 | 2,0 | 13,3% | 3,9 | 26,0% | требуемая догрузка: 4 ВА | 5 | 7 | 46,7% | 8,9 | 59,3% |
| | | | | | | | Терминал резервной защиты Т | 0,1 | | | | 1 | 0,1 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Терминал основной защиты Т | 0,1 | | | | 1 | 0,1 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Терминал АРКТ | 0,1 | | | | 1 | 0,1 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Терминал РАС | 0,1 | | | | 1 | 0,1 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | АСУ ТП | 0,2 | | | | 1 | 0,2 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Измерение | 0,5 | | | | 1 | 0,5 | | | | | | | | | | |
| дополнительная | 2 | Y | 10000 / √3 | 100/√3 | 0,5 | 20 | АИИС КУЭ | 1,2 | | | | 8 | 9,6 | 9,6 | 48,0% | 19,2 | 96,0% | догрузка не требуется | 0 | 9,6 | 48,0% | 19,2 | 96,0% |
| | | | | | | | Терминалы РЗА 6 кВ | 0,1 | | | | 2 | 0,2 | 1,2 | 12,0% | 2,4 | 24,0% | - | | | | | |
| дополнительная | 3 | Δ | 10000 / √3 | 100 | 3P | 10 | Терминал РАС | 1 | | | | 1 | 1,0 | | | | | | | | | | |

| ТН | | | ТН-2-6 | | | Расчет нагрузки | | | | | | | | | | Догрузка | | Итоговая нагрузка (с учетом догрузки) | | | | | |
|----------------|----------|----------|-------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|-----|-----|------------|--------------|--------------------|--------------|---|--------------|----------|----------------------|---------------------------------------|---|----------------------------|-------|------|-------|
| Обмотка | U1ном, В | U2ном, В | Класс точн. | Ном. Мощность на фазу, ВА | Наименование нагрузки | Мощность нагрузки, ВА | | | | Кол-во, шт | Мощность, ВА | Сумм. мощность, ВА | Нагрузка в % | Мощность с учетом перевода цепей ТН, ВА | Нагрузка в % | Решение | Принимаемая догрузка | без перевода цепей ТН | | с учетом перевода цепей ТН | | | |
| | | | | | | Sф или S3U0 | Sab | Sbc | Sca | | | | | | | | | ВА | % | ВА | % | ВА | % |
| основная | 1 | Y | 10000 / √3 | 100/√3 | 0,5 | 15 | Терминалы РЗА 10 кВ | 0,1 | | | | 9 | 0,9 | 2,0 | 13,3% | 3,9 | 26,0% | требуемая догрузка: 4 ВА | 5 | 7 | 46,7% | 8,9 | 59,3% |
| | | | | | | | Терминал резервной защиты Т | 0,1 | | | | 1 | 0,1 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Терминал основной защиты Т | 0,1 | | | | 1 | 0,1 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Терминал АРКТ | 0,1 | | | | 1 | 0,1 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Терминал РАС | 0,1 | | | | 1 | 0,1 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | АСУ ТП | 0,2 | | | | 1 | 0,2 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Измерение | 0,5 | | | | 1 | 0,5 | | | | | | | | | | |
| дополнительная | 2 | Y | 10000 / √3 | 100/√3 | 0,5 | 30 | АИИС КУЭ | 1,2 | | | | 8 | 9,6 | 9,6 | 48,0% | 19,2 | 96,0% | догрузка не требуется | 0 | 9,6 | 48,0% | 19,2 | 96,0% |
| | | | | | | | Терминалы РЗА 6 кВ | 0,1 | | | | 2 | 0,2 | 1,2 | 12,0% | 2,4 | 24,0% | - | | | | | |
| дополнительная | 3 | Δ | 10000 / √3 | 100 | 3P | 10 | Терминал РАС | 1 | | | | 1 | 1,0 | | | | | | | | | | |

Име. № подл. Подп. и дата. Взам. инв. №

| | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата |
|------|---------|------|-------|---------|------|

29-2022/ПР-8701-РЗА.Т

Таблица 5.1.3 - Расчет контрольных кабелей ТН 110 кВ

| Обмотка | Трасса | | Нагр | Длин | Допустимые значения | | | Принятые значения | | | | | |
|---------------------------------|---------------------------------------|---|---------------------|-----------------|---------------------|--------|-------------|-------------------|--------------|-----------|------------|--------------|------------|
| | | | у-зка на фазу | а кабе ля | S, ВА | L, м | ΔUдоп, % | Rmax, Ом | qmin, мм2 | q, мм2 | Rпр, Ом | Rконт, Ом | Rав, Ом |
| Обмотка 0,5 (РЗА, измерения) | ОРУ 110 кВ. ТН-110 | ОРУ 110 кВ. ШЗН ТН-110 | 20 | 15 | 1,5 | 2,50 | 0,10 | 2,5 | 0,105 | 0,050 | 0,014 | 0,101 | 0,350 |
| | ОРУ 110 кВ. ШЗН ТН-110 | ОПУ. Шкаф АУВ СВ 110 кВ, ТН 110 кВ | 20 | 80 | 1,5 | 2,50 | 0,56 | 2,5 | 0,560 | 0,050 | | 0,366 | |
| | ОПУ. Шкаф ТН 110 кВ 1 с. и 2 с. | ОПУ. Шкаф РЗА | 1 | 20 | 1,5 | 50,00 | 0,01 | 2,5 | 0,140 | 0,050 | | 0,006 | |
| Обмотка 3Р (для РЗА) | ОРУ 110 кВ. ТН-110 | ОРУ 110 кВ. ШЗН ТН-110 | 20 | 15 | 1,5 | 3,75 | 0,07 | 2,5 | 0,105 | 0,050 | 0,014 | 0,068 | 0,409 |
| | ОРУ 110 кВ. ШЗН ТН-110 | ОПУ. Шкаф ТН 110 кВ 1 с. и 2 с. | 20 | 80 | 3 | 7,50 | 0,19 | 2,5 | 0,561 | 0,050 | | 0,245 | |
| | ОПУ. Шкаф ТН 110 кВ 1 с. и 2 с. | ОПУ. Шкаф РЗА | 1 | 20 | 3 | 150,00 | 0,00 | 2,5 | 0,140 | 0,050 | | 0,004 | |
| Обмотка 0,2 (Учет) | ОРУ 110 кВ. ТН-110 | ОРУ 110 кВ. ШЗН ТН-110 | 10 | 15 | 1,5 | 5,000 | 0,05 | 2,5 | 0,105 | 0,050 | 0,014 | 0,051 | 0,234 |
| | ОРУ 110 кВ. ШЗН ТН-110 | ОПУ. Шкаф Учета | 10 | 80 | 1,5 | 5,000 | 0,28 | 2,5 | 0,560 | 0,050 | | 0,183 | |

| | | |
|--------------|--------------|--------------|
| Инд. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № |
| | | |
| Изм. | Кол.уч. | Лист |
| № док | Подпись | Дата |

29-2022/ПР-8701-РЗА.Т

Лист

19

Таблица 5.1.4 – Выбор и проверка контрольных кабелей ТН 6 кВ

| Обмотка | Трасса | | Нагру-зка на фазу | Длин-а кабе-ля | Допустимые значения | | | Принятые значения | | | | | |
|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------|----------------|----------------------|-----------------------|------------------------------------|--------------------|----------------------|------------------------|----------------------|---------------------|-------------------------|
| | | | S, ВА | L, м | $\Delta U_{доп}$, % | R _{max} , Ом | q _{min} , мм ² | q, мм ² | R _{пр} , Ом | R _{конт} , Ом | R _{ав} , Ом | $\Delta U_{уч}$, % | ΔU_{Σ} , % |
| Обмотка 0,5 (РЗА, измерения) | ТН 6 кВ | Ячейка ТН 10 кВ. Клеммник | 15 | 5 | 1,5 | 3,333 | 0,03 | 2,5 | 0,035 | 0,050 | | 0,044 | 0,149 |
| | Ячейка ТН 6 кВ. Клеммник | Шинки ТН | 15 | 15 | 1,5 | 3,333 | 0,08 | 4 | 0,066 | 0,050 | 0,110 | 0,070 | |
| | Шинки ТН | ОПУ. Шкаф РЗА | 1 | 35 | 1,5 | 50,000 | 0,01 | 2,5 | 0,245 | 0,050 | | 0,009 | |
| Обмотка 3Р (для РЗА) | ТН 6 кВ | Ячейка ТН 6 кВ. Клеммник | 10 | 5 | 1,5 | 7,500 | 0,01 | 2,5 | 0,035 | 0,050 | | 0,020 | 0,068 |
| | Ячейка ТН 6 кВ. Клеммник | Шинки ТН | 10 | 15 | 3 | 15,000 | 0,02 | 4 | 0,066 | 0,050 | 0,110 | 0,031 | |
| | Шинки ТН | ОПУ. Шкаф РЗА | 1 | 35 | 3 | 150,000 | 0,00 | 2,5 | 0,246 | 0,050 | | 0,006 | |
| Обмотка 0,5 (Учет) | ТН 6 кВ | Ячейка ТН 6 кВ. Клеммник | 15 | 5 | 1,5 | 3,333 | 0,03 | 2,5 | 0,035 | 0,050 | | 0,044 | 0,150 |
| | Ячейка ТН 6 кВ. Клеммник | Шинки ТН | 15 | 15 | 1,5 | 3,333 | 0,08 | 4 | 0,066 | 0,050 | 0,110 | 0,070 | |
| | Шинки ТН | ОПУ. Шкаф РЗА | 1 | 35 | 1,5 | 50,000 | 0,01 | 2,5 | 0,245 | 0,050 | | 0,009 | |

| | | |
|--------------|--------------|--------------|
| Инд. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № |
| | | |

| | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

29-2022/ПР-8701-РЗА.Т

Лист

20

5.2 Расчет измерительных трансформаторов тока

5.2.1 Общие положения по расчету нагрузок трансформаторов тока

Расчеты выполнены с применением литературы: Е.П. Королев, Э.М. Либерзон “Расчеты допустимых нагрузок в токовых цепях релейной защиты”, М.А. Шабад “Расчеты”, гл.1.5 “Расчетная проверка пригодности трансформаторов тока (ТТ) по их погрешностям”.

Все трансформаторы тока, предназначенные для питания токовых цепей устройств релейной защиты, должны удовлетворять требованиям:

- обеспечить точную работу измерительных органов токовых и дистанционных защит (направленных и ненаправленных), погрешность ТТ не должна превышать 10%;

- не допускать при КЗ в начале зоны повышения напряжения на выводах вторичной обмотки ТТ для цепей защиты и измерения $U_{2max} \leq U_{2доп}$.

Расчет нагрузки вторичных обмоток ТТ

Фактическая нагрузка вторичной обмотки ТТ должна быть меньше номинального значения для заданного класса точности. Согласно ГОСТ 7746-2015 нагрузка вторичной измерительной обмотки для устанавливаемых ТТ должна составлять не менее 25% номинальной мощности ТТ (для обмоток учета и измерения).

Должно соблюдаться условия проверки:

$$\text{Для обмоток учета и измерения: } 0,25S_{\text{номТТ}} \leq S_{\text{нагр}} \leq S_{\text{номТТ}}, \quad (1)$$

$$\text{Для обмоток защит: } S_{\text{нагр}} \leq S_{\text{номТТ}}, \quad (2)$$

где $S_{\text{ТТ}} = S_{\text{приб}} + I_{\text{ном}}^2 (r_{\text{каб}} + r_{\text{конт}} + r_2)$ - фактическая расчетная нагрузка вторичной обмотки ТТ при трехфазном и двухфазном КЗ, ВА;

где $S_{\text{ТТ}} = S_{\text{приб}} + I_{\text{ном}}^2 (2 \cdot r_{\text{каб}} + r_{\text{конт}} + r_2)$ - фактическая расчетная нагрузка вторичной обмотки ТТ при однофазном КЗ, ВА;

$r_{\text{конт}} = 0,05$ Ом при двух-трех приборах и 0,1 Ом при большем числе приборов - переходное сопротивление контактов;

r_2 – сопротивление вторичной обмотки, Ом. Паспортная величина. При отсутствии паспортной величины принимается 20% от $S_{\text{ном}}$;

$I_{\text{ном}}$ - номинальный вторичный ток ТТ, А;

$r_{\text{каб}} = \rho \cdot L / q$ – сопротивление провода, Ом;

$\rho = 0,0172$ - удельное сопротивление провода с медными жилами Ом·мм²/м;

L – максимальная длина провода, м;

q – сечение провода мм².

| | | |
|--------------|--------------|--------------|
| Инд. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № |
| | | |

| | | | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|-----------------------|------|
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата | 29-2022/ПР-8701-РЗА.Т | Лист |
| | | | | | | | 21 |

Проверка трансформаторов тока по допустимой мощности нагрузки приведена в таблице (Таблица 5.2.1).

| | | | | | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|-----------------------|---------|------|--|--|--|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | | | | | | | Лист |
| | | | 29-2022/ПР-8701-РЗА.Т | | | | | | |
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата | | | | |

Таблица 5.2.1 - Проверка трансформаторов тока, установленных на ПС 110/6 кВ «Печегубский карьер», по допустимой мощности нагрузки

| Обмотка ТТ | | | Рабочая нагрузка на ТТ | | | | | | | | | | | Суммарная мощность нагрузки S _{нагр} , ВА | Номинальная мощность S _{НОМ} , ВА | Выполнение условия S _{нагр} < S _{НОМ} |
|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------|--|---|-----------------|---------------------------------|--------------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------------------------|----------|--|--|--|---|
| Обмотка | I _{1НОМ} , А | I _{2НОМ} , А | Наименование устройств | Потребляемая мощность, S _{НАГР.ПР.} , ВА | Нагрузка кабеля | | | | | | | | Сопротивление вторичной обмотки, R ₂ Ом | | | |
| | | | | | Длина, м | Материал, Ом·мм ² /м | Сечение, мм ² | Число жил в фазе | Число жил в нуле | Число П кабелей | Сопротивление, R _{каб} Ом | конт, Ом | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| ТТ QT1G 110 кВ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10PR/K3 | 800 | 5 | Резервная защита W1G, PAC | 0,5 | 120 | 0,0172 | 6 | 1 | 1 | 2 | 0,17 | 0,05 | 0,4 | 6,05 | 50 | Условие выполняется |
| 10PR/K1 | 800 | 5 | Резервная защита W1G, PAC | 0,5 | 120 | 0,0172 | 6 | 1 | 1 | 2 | 0,34 | 0,05 | 0,4 | 10,35 | 50 | Условие выполняется |
| ТТ QT2G 110 кВ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10PR/K3 | 800 | 5 | Резервная защита W1G, PAC | 0,5 | 100 | 0,0172 | 6 | 1 | 1 | 2 | 0,14 | 0,05 | 0,4 | 5,33 | 50 | Условие выполняется |
| 10PR/K1 | 800 | 5 | Резервная защита W2G, PAC | 0,5 | 100 | 0,0172 | 6 | 1 | 1 | 2 | 0,29 | 0,05 | 0,4 | 8,92 | 50 | Условие выполняется |
| ТТ СВ 110 кВ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10PR/K3 | 800 | 5 | Резервная защита W1G, Защиты, УРОВ, АУВ СВ | 0,25 | 120 | 0,0172 | 6 | 1 | 1 | 2 | 0,17 | 0,05 | 0,4 | 5,80 | 50 | Условие выполняется |
| 10PR/K1 | 800 | 5 | Резервная защита W1G, Защиты, УРОВ, АУВ СВ | 0,25 | 120 | 0,0172 | 6 | 1 | 1 | 2 | 0,34 | 0,05 | 0,4 | 10,10 | 50 | Условие выполняется |
| ТТ Ремонтной перемычки 110 кВ | | | | | | | | | | | | | | | | |

Име. № подл. Подп. и дата Взам. инв. №

| | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

29-2022/ПР-8701-РЗА.Т

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|------|---|-----------------------------|------|-----|--------|---|---|---|---|------|------|------|------|----|---------------------|
| 10PR/К3 | 800 | 5 | МТЗ, ЗП ВН, УРОВ, АУВ Т1 | 0,5 | 100 | 0,0172 | 6 | 1 | 1 | 2 | 0,14 | 0,05 | 0,4 | 5,33 | 50 | Условие выполняется |
| 10PR/К1 | 800 | 5 | МТЗ, ЗП ВН, УРОВ, АУВ Т1 | 0,5 | 100 | 0,0172 | 6 | 1 | 1 | 2 | 0,29 | 0,05 | 0,4 | 8,92 | 50 | Условие выполняется |
| ТТ ВВ 6 кВ Т1(Т2) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10PR/К3 | 1000 | 5 | ДЗТ Т1 | 0,25 | 30 | 0,0172 | 6 | 1 | 1 | 1 | 0,09 | 0,05 | 0,16 | 3,65 | 20 | Условие выполняется |
| 10PR/К3 | 1000 | 5 | МТЗ, УРОВ, АУВ+РАС | 0,5 | 2 | 0,0172 | 6 | 1 | 1 | 1 | 0,01 | 0,05 | 0,16 | 1,89 | 20 | 1000 |
| ТТ СВ 6 кВ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10P/К3 | 1000 | 5 | МТЗ, УРОВ, АУВ | 0,25 | 2 | 0,0172 | 6 | 1 | 1 | 1 | 0,01 | 0,05 | 0,24 | 1,64 | 30 | Условие выполняется |
| ТТ ОЛ 6 кВ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10P/К3 | 200 | 5 | МТЗ, УРОВ, АУВ | 0,25 | 2 | 0,0172 | 4 | 1 | 1 | 1 | 0,01 | 0,05 | 0,24 | 1,72 | 30 | Условие выполняется |

| | | |
|--------------|--------------|--------------|
| Име. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № |
|--------------|--------------|--------------|

| | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата |
|------|---------|------|-------|---------|------|

29-2022/ПР-8701-РЗА.Т

5.2.2 Проверка трансформаторов тока на 10% погрешность

Фактическая предельная кратность ТТ должна быть меньше номинального значения для работы с погрешностью менее 10%.

Должно соблюдаться условие проверки:

$$K_{10\text{расч}} \leq K_{10\text{доп}}$$

$$K_{10} = I_{\text{КЗmax}}/I_{1\text{ном}}$$

где $I_{1\text{ном}}$ – первичный номинальный ток ТТ;

$I_{\text{КЗmax}}$ – максимальное значение тока КЗ на шинах;

$$k_{10\text{доп}} = k_{\text{ном}} \cdot (S_2 + S_{\text{ном}})/(S_2 + S_{\text{н.факт.}})$$

где $K_{\text{ном}}$ - номинальная предельная кратность ТТ;

S_2 - мощность вторичной обмотки ТТ, ВА. Принимается при расчете примерно 20% от $S_{\text{ном}}$;

$S_{\text{ном}}$ – мощность номинальной нагрузки обмотки, ВА;

$S_{\text{н.факт.}}$ – мощность фактической нагрузки обмотки, ВА.

Проверка трансформаторов тока на 10% погрешность приведена в таблице (

Таблица 5.2.**Error! No text of specified style in document..2**).

Таблица 5.2.**Error! No text of specified style in document..2** Проверка трансформаторов тока, установленных на

ПС 110 кВ, на 10% погрешность

| Нагрузка | Обмотка | $I_{\text{КЗ.МАХ,}}$ А | | $I_{1\text{НО}}$ М, А | $S_{\text{наг}}$ р, ВА | $S_2,$ ВА | $S_{\text{но}}$ м, ВА | $K_{\text{н}}$ ОМ | $K_{10\text{р}}$ АСЧ | $K_{10\text{д}}$ ОП | Выполнени е условия $K_{10\text{расч}} < K_{10\text{доп}}$ |
|---------------------------|---------|---------------------------|-----------|-----------------------------|------------------------------|--------------|-----------------------------|----------------------|-------------------------|------------------------|--|
| | | $K^{(3)}$ | $K^{(1)}$ | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| ТТ QT1G 110 кВ | | | | | | | | | | | |
| Резервная защита W1G, PAC | 10PR/K3 | 140 00 | - | 800 | 6,0 5 | 10, 00 | 50 | 30 | 17,5 | 112, 1 | Условие выполняется |

| | | |
|--------------|--------------|-------------|
| Инд. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв.№ |
| | | |

| | | | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|-----------------------|------|
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата | 29-2022/ПР-8701-РЗА.Т | Лист |
| | | | | | | | 25 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|----|----|------|-----------|------------------------|
| Резервная защита W1G, PAC | 10PR/K1 | - | 47 80 | 800 | 10, 35 | 10, 00 | 50 | 30 | 6,0 | 88,5 | Условие выполняется |
| ТТ QT2G 110 кВ | | | | | | | | | | | |
| Резервная защита W1G, PAC | 10PR/K3 | 140 00 | - | 800 | 5,3 3 | 10, 00 | 50 | 30 | 17,5 | 117, 4 | Условие выполняется |
| Резервная защита W2G, PAC | 10PR/K1 | - | 47 80 | 800 | 8,9 2 | 10, 00 | 50 | 30 | 6,0 | 95,2 | Условие выполняется |
| ТТ СВ 110 кВ | | | | | | | | | | | |
| Резервная защита W1G, Защиты, УРОВ, АУВ СВ | 10PR/K3 | 140 00 | - | 800 | 5,8 0 | 10, 00 | 50 | 30 | 17,5 | 113, 9 | Условие выполняется |
| МТЗ, ЗП ВН, УРОВ, АУВ Т1 | 10PR/K1 | - | 47 80 | 800 | 10, 10 | 10, 00 | 50 | 30 | 6,0 | 89,6 | Условие выполняется |
| ТТ Ремонтной перемычки 110 кВ | | | | | | | | | | | |
| МТЗ, ЗП ВН, УРОВ, АУВ Т1 | 10PR/K3 | 140 00 | - | 800 | 5,3 3 | 10, 00 | 50 | 30 | 17,5 | 117, 4 | Условие выполняется |
| МТЗ, ЗП ВН, УРОВ, АУВ Т1 | 10PR/K1 | - | 47 80 | 800 | 8,9 2 | 10, 00 | 50 | 30 | 6,0 | 95,2 | Условие выполняется |
| ТТ ВВ 6 кВ Т1 | | | | | | | | | | | |
| ДЗТ Т1 | 8ТТ/10P R/K3 | 560 0 | - | 100 0 | 3,6 5 | 4,0 0 | 20 | 20 | 5,6 | 62,7 | Условие выполняется |
| МТЗ, УРОВ, АУВ+РАС | 8ТТ/10P R/K3 | 560 0 | - | 100 0 | 1,8 9 | 4,0 0 | 20 | 20 | 5,6 | 81,4 | Условие выполняется |
| ТТ СВ 6 кВ | | | | | | | | | | | |
| МТЗ, УРОВ, АУВ | 5ТТ/10P/ K3 | 560 0 | - | 100 0 | 1,6 4 | 6,0 0 | 30 | 30 | 5,6 | 141, 3 | Условие выполняется |
| ТТ ОЛ 6 кВ | | | | | | | | | | | |
| МТЗ, УРОВ, АУВ | 5ТТ/10P/ K3 | 560 0 | - | 200 | 1,7 2 | 6,0 0 | 30 | 30 | 28,0 | 140, 0 | Условие выполняется |

| | | |
|--------------|--------------|--------------|
| Инд. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № |
| | | |

| | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата |
|------|---------|------|-------|---------|------|

29-2022/ПР-8701-РЗА.Т

5.2.3 Проверка трансформаторов тока по напряжению на выводах вторичной обмотки

Максимальное напряжение на выводах трансформатора тока должно быть меньше допустимого напряжения.

Должно соблюдаться условие проверки:

$$U_{2max} < U_{2доп}$$

где $U_{2доп} = 1000$ В – допустимое действующее значение напряжения, при котором производится проверка прочности изоляции вторичных цепей, В.

Максимальное напряжение на выводах ТТ:

$$U_{2max} = I_{кзmax} \cdot \frac{I_{2.ном}}{I_{1.ном}} \cdot (R_{нагр} + R_2)$$

где R_2 – сопротивление вторичной обмотки ТТ, Ом;

$R_{нагр}$ – сопротивление нагрузки, Ом;

$$R_{нагр} = \frac{S_{н.факт}}{I_{2.ном}^2}$$

где $S_{н.факт}$ – фактическая нагрузка на обмотку, ВА;

Проверка трансформаторов тока по напряжению на выводах вторичной обмотки приведена в таблице (

| | | | | | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|-----------------------|---------|------|--|--|--|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | | | | | | | Лист |
| | | | 29-2022/ПР-8701-РЗА.Т | | | | | | |
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата | | | | |

Таблица 5.2.3).

| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | | | | | 29-2022/ПР-8701-РЗА.Т | Лист |
|--------------|--------------|--------------|-------|---------|------|----|-----------------------|------|
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата | 28 | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Таблица 5.2.3 Проверка трансформаторов тока, установленных на ПС 110 кВ по напряжению на выводах вторичной обмотки

| Нагрузка | Обмотка | I _{кз.макс} , А | | I _{1ном} , А | I _{2ном} , А | S _{нагр} , ВА | R ₂ , Ом | R _{нагр} , Ом | U _{2макс} , В | U _{2доп} , В | Выполнение условия U _{2макс} < U _{2доп} |
|--|---------|--------------------------|------|-----------------------|-----------------------|------------------------|---------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|---|
| | | К(3) | К(1) | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| ТТ QT1G 110 кВ | | | | | | | | | | | |
| Резервная защита W1G, PAC | 10PR/К3 | 14000 | - | 800 | 5 | 5,80 | 0,40 | 0,23 | 55,3 | 1000 | Условие выполняется |
| Резервная защита W1G, PAC | 10PR/К1 | - | 4780 | 800 | 5 | 10,10 | 0,40 | 0,40 | 24,0 | 1000 | Условие выполняется |
| ТТ QT2G 110 кВ | | | | | | | | | | | |
| Резервная защита W1G, PAC | 10PR/К3 | 14000 | - | 800 | 5 | 5,33 | 0,40 | 0,21 | 53,7 | 1000 | Условие выполняется |
| Резервная защита W2G, PAC | 10PR/К1 | - | 4780 | 800 | 5 | 8,92 | 0,40 | 0,36 | 22,6 | 1000 | Условие выполняется |
| ТТ СВ 110 кВ | | | | | | | | | | | |
| Резервная защита W1G, Защиты, УРОВ, АУВ СВ | 10PR/К3 | 14000 | - | 800 | 5 | 5,80 | 0,40 | 0,23 | 55,3 | 1000 | Условие выполняется |

| | | |
|--------------|--------------|--------------|
| Инд. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № |
| | | |

| | | | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|-----------------------|------|
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата | 29-2022/ПР-8701-РЗА.Т | Лист |
| | | | | | | | 29 |

| | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-------------|---|------|-----|---|-------|------|------|------|------|------------------------|
| МТЗ, ЗП ВН, УРОВ, АУВ Т1 | 10PR/K 1 | - | 4780 | 800 | 5 | 10,10 | 0,40 | 0,40 | 24,0 | 1000 | Условие выполняется |
|-----------------------------------|-------------|---|------|-----|---|-------|------|------|------|------|------------------------|

ТТ Ремонтной перемычки 110 кВ

| | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-------------|-------|---|-----|---|------|------|------|------|------|------------------------|
| МТЗ, ЗП ВН, УРОВ, АУВ Т1 | 10PR/K 3 | 14000 | - | 800 | 5 | 5,33 | 0,40 | 0,21 | 53,7 | 1000 | Условие выполняется |
|-----------------------------------|-------------|-------|---|-----|---|------|------|------|------|------|------------------------|

| | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-------------|---|------|-----|---|------|------|------|------|------|------------------------|
| МТЗ, ЗП ВН, УРОВ, АУВ Т1 | 10PR/K 1 | - | 4780 | 800 | 5 | 8,92 | 0,40 | 0,36 | 22,6 | 1000 | Условие выполняется |
|-----------------------------------|-------------|---|------|-----|---|------|------|------|------|------|------------------------|

ТТ ВВ 6 кВ Т1

| | | | | | | | | | | | |
|--------|-------------|------|---|------|---|------|------|------|-----|------|------------------------|
| ДЗТ Т1 | 10PR/K 3 | 5600 | - | 1000 | 5 | 3,65 | 0,16 | 0,15 | 8,6 | 1000 | Условие выполняется |
|--------|-------------|------|---|------|---|------|------|------|-----|------|------------------------|

| | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|-------------|------|---|------|---|------|------|------|-----|------|------------------------|
| МТЗ, УРОВ, АУВ+РА С | 10PR/K 3 | 5600 | - | 1000 | 5 | 1,89 | 0,16 | 0,08 | 6,6 | 1000 | Условие выполняется |
|------------------------------|-------------|------|---|------|---|------|------|------|-----|------|------------------------|

ТТ СВ 6 кВ

| | | | | | | | | | | | |
|----------------------|--------|------|---|------|---|------|------|------|-----|------|------------------------|
| МТЗ, УРОВ, АУВ | 10P/K3 | 5600 | - | 1000 | 5 | 1,64 | 0,24 | 0,07 | 8,6 | 1000 | Условие выполняется |
|----------------------|--------|------|---|------|---|------|------|------|-----|------|------------------------|

ТТ ОЛ 6 кВ

| | | | | | | | | | | | |
|----------------------|--------|------|---|-----|---|------|------|------|------|------|------------------------|
| МТЗ, УРОВ, АУВ | 10P/K3 | 5600 | - | 200 | 5 | 1,72 | 0,24 | 0,07 | 43,2 | 1000 | Условие выполняется |
|----------------------|--------|------|---|-----|---|------|------|------|------|------|------------------------|

5.2.4 Проверка обмоток ТТ с учетом апериодической составляющей без учета остаточной намагниченности сердечника

Расчет произведен в соответствии с ГОСТ Р 58669-2019 "Релейная защита. Трансформаторы тока измерительные индуктивные с замкнутым магнитопроводом для защиты. Методические указания по определению времени до насыщения при коротких замыканиях".

| | | |
|--------------|--------------|--------------|
| Инд. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № |
| | | |

| | | | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|-----------------------|------|
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата | 29-2022/ПР-8701-РЗА.Т | Лист |
| | | | | | | | 30 |

При отсутствии в сердечниках ТТ остаточной магнитной индукции время до насыщения ТТ необходимо рассчитывать по формуле (форм. 3 ГОСТ Р 58669-2019):

$$t_{\text{нас}} = T_{p.\text{ЭКВ}} \cdot \ln \frac{\omega \cdot T_{p.\text{ЭКВ}}}{\omega \cdot T_{p.\text{ЭКВ}} - A + 1}$$

где ω – угловая частота тока;

T – наименьшая из двух постоянных времени (T_p – постоянная времени системы, связанной с шинами, где рассматривается КЗ, рассчитывается ниже; T_s - постоянная времени вторичной цепи трансформатора тока).

A – коэффициент, учитывающий соотношение между номинальными параметрами ТТ и действительными в месте его установки.

Расчет по формуле 3 ГОСТ Р 58669-2019 допустим при соблюдении условия 4:

$$\omega \cdot T_{p.\text{ЭКВ}} + 1 > A$$

и условия 5 ГОСТ Р 58669-2019:

$$A > 1$$

Согласно ГОСТ Р 58669-2019, невыполнение условия 4 означает, что насыщение магнитопровода отсутствует, и время до насыщения ТТ равно бесконечности.

Невыполнение условия 5 означает, что эксплуатация ТТ в таких условиях недопустима, т. к. ток предельной кратности меньше действующего значения тока КЗ.

Коэффициент взаимосвязи (форм. 9 ГОСТ Р 58669-2019):

$$A = \frac{I_{1\text{НОМ}} \cdot K_{\text{НОМ}} \cdot \sqrt{(R_2 + z_{\text{Н.НОМ}} \cdot \cos \varphi_{\text{Н.НОМ}})^2 + (X_2 + z_{\text{Н.НОМ}} \cdot \sin \varphi_{\text{Н.НОМ}})^2}}{I_{\text{КЗ.мах}} \cdot \sqrt{(R_2 + R_{\text{Н.ФАКТ}})^2 + \omega^2 (L_2 + L_{\text{Н.ФАКТ}})^2}} =$$

$$= \frac{I_{1\text{НОМ}} \cdot K_{\text{НОМ}} \cdot z_{2\Sigma\text{НОМ}}}{I_{\text{КЗ.мах}} \cdot z_{2\Sigma}}$$

где $I_{1\text{НОМ}}$ – номинальный первичный ток ТТ;

$I_{\text{КЗ.мах}}$ – периодическая составляющая максимального тока КЗ в месте установки ТТ, в данном расчетном примере взят ток трехфазного КЗ;

R_2 – сопротивление вторичной обмотки ТТ, принимается равной 20% от номинальной мощности трансформатора тока;

L_2 – индуктивность рассеивания вторичной обмотки ТТ, пренебрегается;

$\varphi_{\text{НОМ}}$ – номинальный угол нагрузки ТТ ($\cos \varphi_{\text{НОМ}} = 0,8$).

Расчетное напряжение намагничивания:

| | |
|--------------|--------------|
| Инд. № подл. | Взам. инв. № |
| | Подп. и дата |

| | | | | | |
|------|----------|------|-------|---------|------|
| Изм. | Коп. уч. | Лист | № док | Подпись | Дата |
|------|----------|------|-------|---------|------|

29-2022/ПР-8701-РЗА.Т

Лист

31

$$U_{2\text{нам.расч}} = I_{2\text{ном}} \cdot K_{\text{ном}} \cdot Z_{2\Sigma} = I_{2\text{ном}} \cdot K_{\text{ном}} \cdot \sqrt{(R_2 + R_{\text{ном}})^2 + (Z_{\text{ном}} \cdot \sin\phi_{\text{ном}})^2}$$

где $I_{2\text{ном}}$ – номинальный вторичный ток ТТ;

$Z_{2\Sigma}$ - суммарное полное сопротивление вторичной цепи.

В таблицу (Таблица 5.2.4) сведены результаты расчета обмоток существующих ТТ с учетом апериодической составляющей без учета остаточной намагниченности сердечника для трехфазного и однофазного КЗ.

Графические обоснования времени до насыщения ТТ при коротких замыканиях, указанных в таблице 5.2.4, представлены на рис. 1 - 6.

| | | | | | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|-------|---------|------|-----------------------|--|--|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | |
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата | 29-2022/ПР-8701-РЗА.Т | | | |

Таблица 5.2.4 Проверка обмоток ТТ, установленных на ПС 110/6 кВ «Печегубский карьер», с учетом апериодической составляющей без учета остаточной намагниченности сердечника при трехфазном и однофазном КЗ

| Нагрузка и обмотка ТТ | I _{кз.мах} , А | | I _{1НОМ} , А | I _{2НОМ} , А | K _{НОМ} | cosφ _{н.НОМ} | S _{нагр} , ВА | R _{НОМ} , Ом | X _{НОМ} , Ом | Z _{н.НОМ} , Ом | Z _{н.факт} , Ом | R _{н.факт} , Ом | X _{н.факт} , Ом | L _м , Гн | L _Г , Гн | R ₂ , Ом | A, о.е. | U _{2нам.расч} , В | T _р , мс | T _с , мс | Заключение по 5.1.4 ГОСТ Р 58669-2019 A>1 | Заключение по 5.1.4 ГОСТ Р 58669-2019 ω·T _{р.экв} +1>A | cos α | Оценка по п. 5.1.4 t _{нас} , мс | t _{нас.доп} , мс | Условие t _{нас} >t _{нас.доп} | t _{нас} , мс | граф. метод |
|--|-------------------------|------------------|-----------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------|----------------------------|---------------------|---------------------|---|---|------------------|--|---------------------------|--|-----------------------|-------------|
| | K ⁽³⁾ | K ⁽¹⁾ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ТТ QT1G 110 кВ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Резервная защита W1G, PAC | 10PR/K3 | 14000 | - | 800 | 5 | 30 | 0,8 | 6,05 | 1,60 | 1,20 | 2,00 | 0,24 | 0,19 | 0,15 | 5,00 | 0,0 | 0,40 | 6,54 | 349,9 | 20 | 8668 | Выполняется | Выполняется | 0,97 | 42,8 | 25,0 | Выполняется | ∞ |
| Резервная защита W1G, PAC | 10PR/K1 | - | 4780 | 800 | 5 | 30 | 0,8 | 10,35 | 1,60 | 1,20 | 2,00 | 0,41 | 0,33 | 0,25 | 5,00 | 0,0 | 0,40 | 15,16 | 349,9 | 20 | 7178 | Выполняется | Нет насыщения ТТ | 0,95 | ∞ | 25,0 | Выполняется | ∞ |
| ТТ QT2G 110 кВ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Резервная защита W1G, PAC | 10PR/K3 | 14000 | - | 800 | 5 | 30 | 0,8 | 5,33 | 1,60 | 1,20 | 2,00 | 0,21 | 0,17 | 0,13 | 5,00 | 0,0 | 0,40 | 6,84 | 349,9 | 20 | 8986 | Выполняется | Выполняется | 0,98 | 53,0 | 25,0 | Выполняется | ∞ |
| Резервная защита W2G, PAC | 10PR/K1 | - | 4780 | 800 | 5 | 30 | 0,8 | 8,92 | 1,60 | 1,20 | 2,00 | 0,36 | 0,29 | 0,21 | 5,00 | 0,0 | 0,40 | 16,31 | 349,9 | 20 | 7608 | Выполняется | Нет насыщения ТТ | 0,95 | ∞ | 25,0 | Выполняется | ∞ |
| ТТ СВ 110 кВ> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Резервная защита W1G, Защиты, УРОВ, АУВ СВ | 1ТТ3/10PR/K3 | 14000 | - | 800 | 5 | 30 | 0,8 | 5,80 | 1,60 | 1,20 | 2,00 | 0,23 | 0,19 | 0,14 | 5,00 | 0,0 | 0,40 | 6,64 | 349,9 | 20 | 8776 | Выполняется | Выполняется | 0,97 | 45,8 | 25,0 | Выполняется | ∞ |
| Резервная защита W1G, Защиты, УРОВ, АУВ СВ | 1ТТ3/10PR/K1 | - | 4780 | 800 | 5 | 30 | 0,8 | 10,10 | 1,60 | 1,20 | 2,00 | 0,40 | 0,32 | 0,24 | 5,00 | 0,0 | 0,40 | 15,35 | 349,9 | 20 | 7249 | Выполняется | Нет насыщения ТТ | 0,95 | ∞ | 25,0 | Выполняется | ∞ |
| ТТ Ремонтной перемычки 110 кВ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| МТЗ, ЗП ВН, УРОВ, АУВ Т1 | 1ТТ4/10PR/K3 | 14000 | - | 800 | 5 | 30 | 0,8 | 5,33 | 1,60 | 1,20 | 2,00 | 0,21 | 0,17 | 0,13 | 5,00 | 0,0 | 0,40 | 6,84 | 349,9 | 20 | 8986 | Выполняется | Выполняется | 0,98 | 53,0 | 25,0 | Выполняется | ∞ |
| МТЗ, ЗП ВН, УРОВ, АУВ Т1 | 1ТТ4/10PR/K1 | - | 4780 | 800 | 5 | 30 | 0,8 | 8,92 | 1,60 | 1,20 | 2,00 | 0,36 | 0,29 | 0,21 | 5,00 | 0,0 | 0,40 | 16,31 | 349,9 | 20 | 7608 | Выполняется | Нет насыщения ТТ | 0,95 | ∞ | 25,0 | Выполняется | ∞ |

Ивл. № подл.

Подл. и дата

Взам. инв. №

| | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

29-2022/ПР-8701-РЗА.Т

Лист

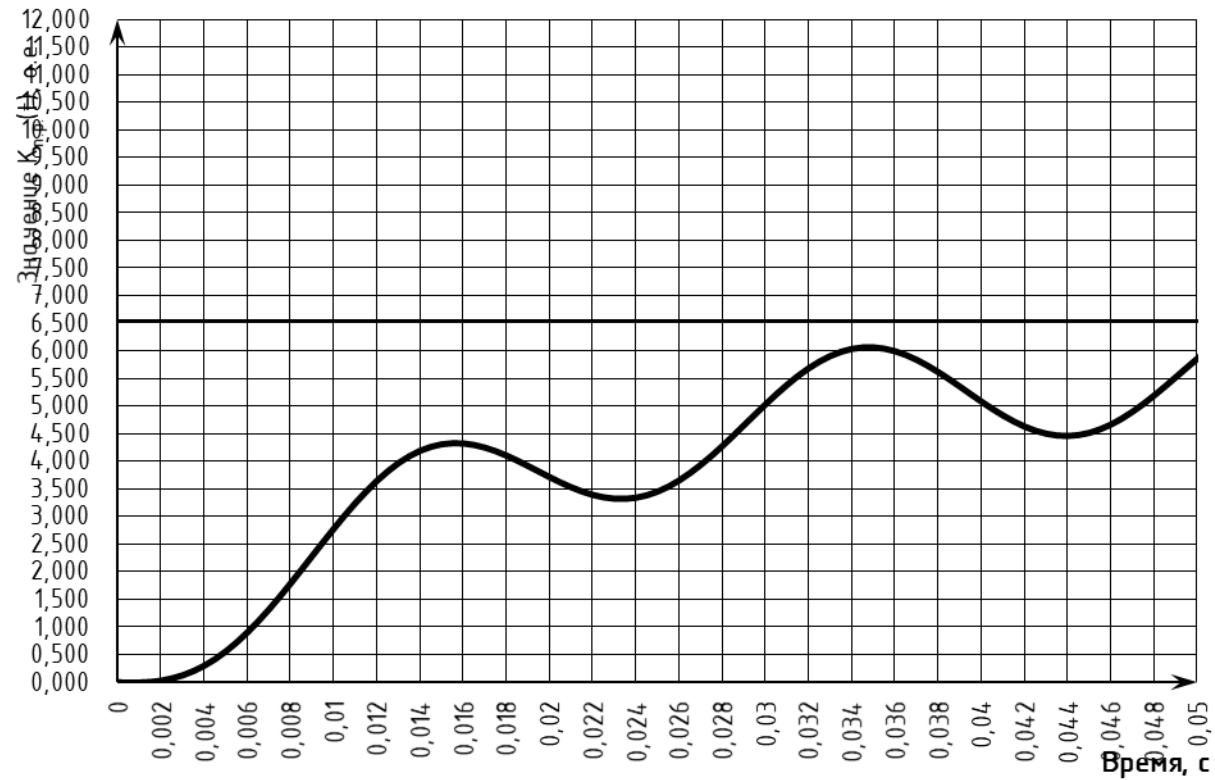
33

| ТТ ВВ 6 кВ Т1(Т2) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|------------|------|---|------|---|----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|-------|-------|----|-------|-------------|------------------|------|------|------|-------------|-------|
| ДЗТ Т1 | 8ТТ/10Р/К3 | 5600 | - | 1000 | 5 | 20 | 0,8 | 3,65 | 0,64 | 0,48 | 0,80 | 0,15 | 0,12 | 0,09 | 2,00 | 0,0 | 0,16 | 11,48 | 93,3 | 20 | 7542 | Выполняется | Нет насыщения ТТ | 0,95 | ∞ | 25,0 | Выполняется | ∞ |
| МТЗ, УРОВ, АУВ+РАС | 8ТТ/10Р/К3 | 5600 | - | 1000 | 5 | 20 | 0,8 | 1,89 | 0,64 | 0,48 | 0,80 | 0,08 | 0,06 | 0,05 | 2,00 | 0,0 | 0,16 | 14,79 | 93,3 | 20 | 9273 | Выполняется | Нет насыщения ТТ | 0,98 | ∞ | 25,0 | Выполняется | ∞ |
| ТТ СВ 6 кВ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| МТЗ, УРОВ, АУВ | 5ТТ/10Р/К3 | 5600 | - | 1000 | 5 | 30 | 0,8 | 1,64 | 0,96 | 0,72 | 1,20 | 0,07 | 0,05 | 0,04 | 3,00 | 0,0 | 0,24 | 25,39 | 209,9 | 20 | 10388 | Выполняется | Нет насыщения ТТ | 0,99 | ∞ | 25,0 | Выполняется | ∞ |
| ТТ ОЛ 6 кВ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| МТЗ, УРОВ, АУВ | 5ТТ/10Р/К3 | 5600 | - | 200 | 5 | 30 | 0,8 | 1,72 | 0,96 | 0,72 | 1,20 | 0,07 | 0,05 | 0,04 | 3,00 | 0,0 | 0,24 | 5,04 | 209,9 | 20 | 10313 | Выполняется | Выполняется | 0,99 | 20,6 | 25,0 | Выполняется | 30,00 |

| | | |
|-------------|--------------|--------------|
| Ив. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № |
| | | |

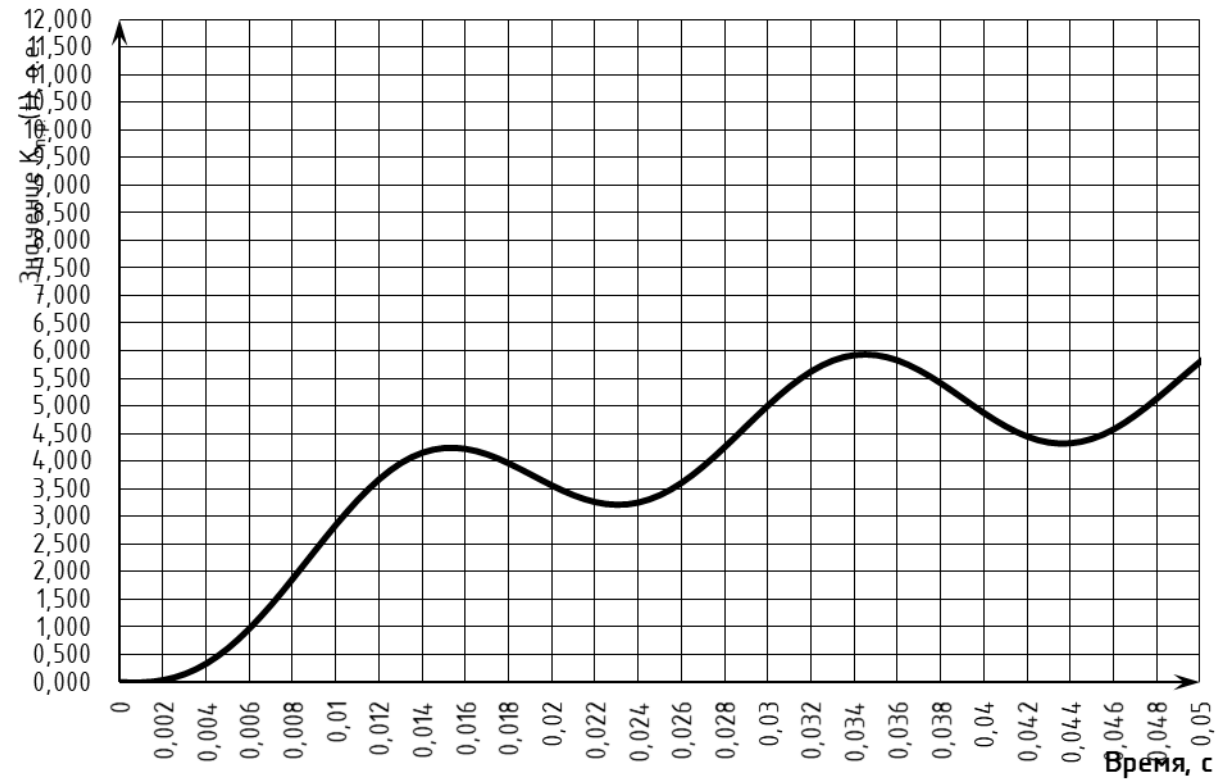
| | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

29-2022/ПР-8701-РЗА.Т



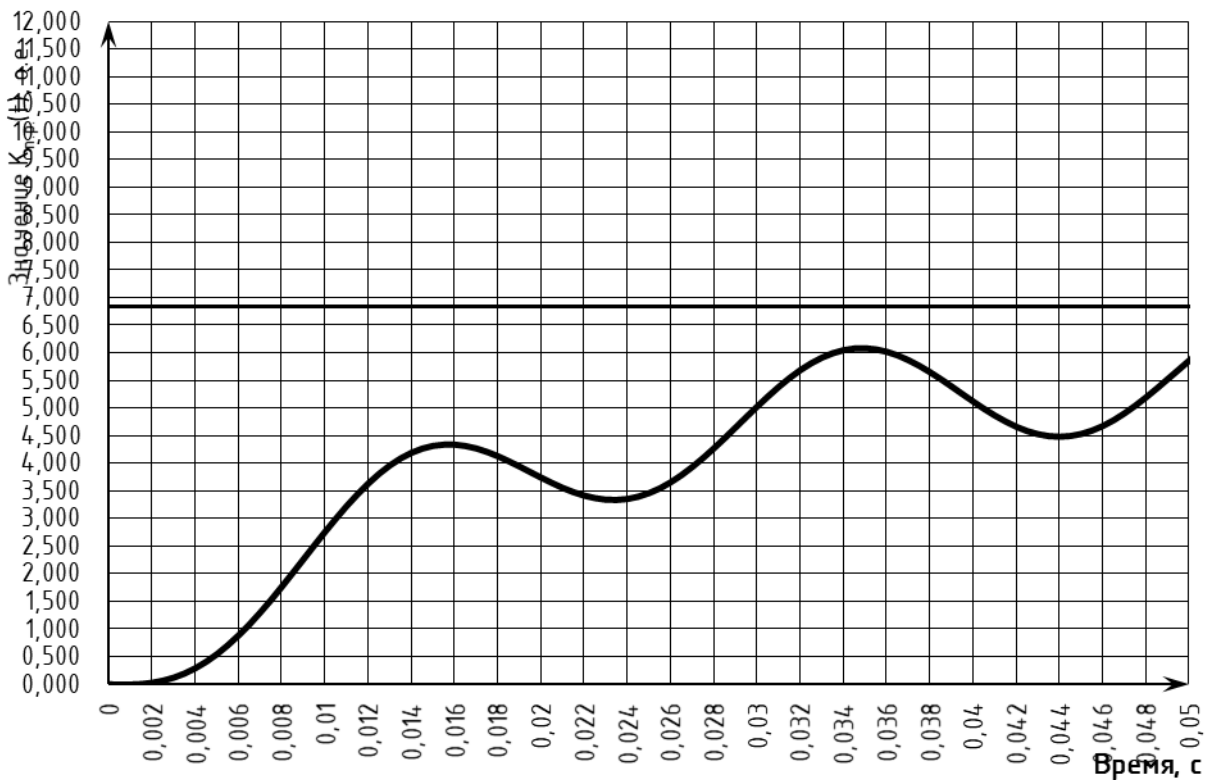
Утолщенной линией показана функция $K_{н.р.}(t)$, сплошной горизонтальной линией - значение коэффициента "А", пунктирной - огибающая функции $K_{н.р.}(t)$

Рисунок 1.1. ТТ QT1G 110 кВ 10PR/K3



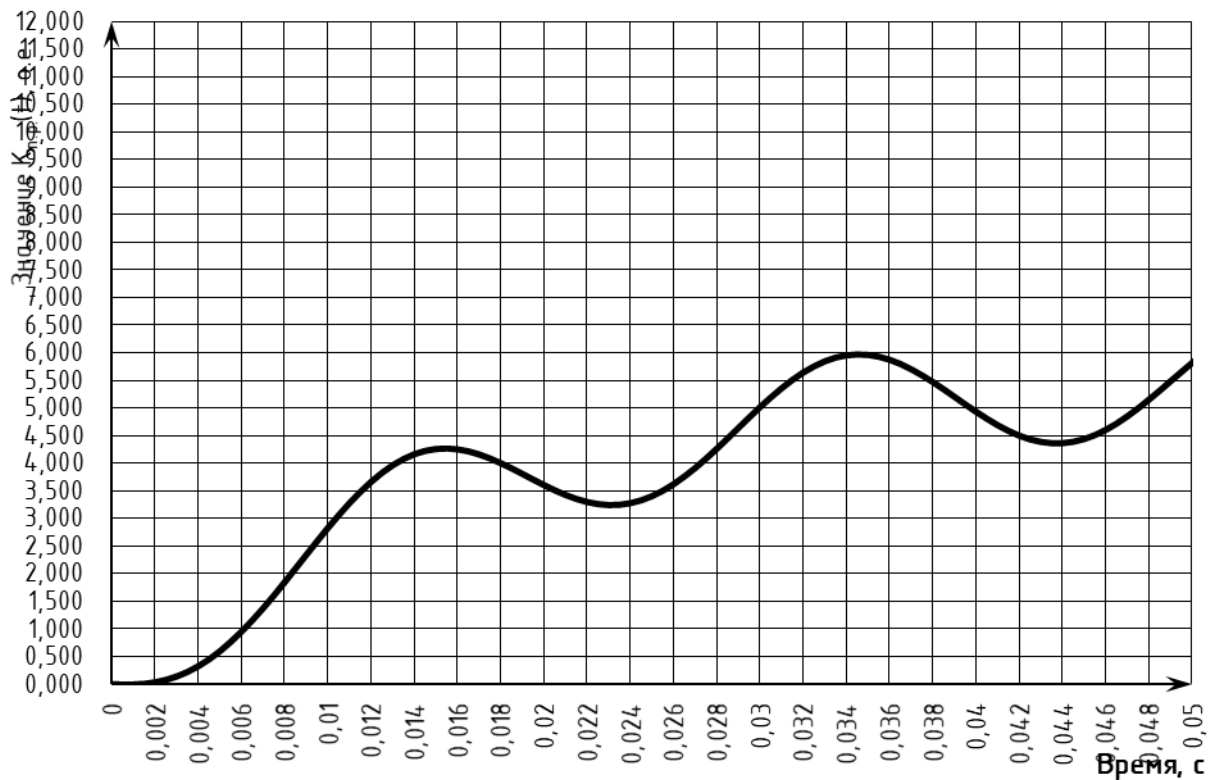
Утолщенной линией показана функция $K_{н.р.}(t)$, сплошной горизонтальной линией - значение коэффициента "А", пунктирной - огибающая функции $K_{н.р.}(t)$

Рисунок 2.2 ТТ QT1G 110 кВ 10PR/K1



Утолщенной линией показана функция $K_{н.р.}(t)$, сплошной горизонтальной линией - значение коэффициента "А", пунктирной - огибающая функции $K_{н.р.}(t)$

Рисунок 2.1. ТТ QT2G 110 кВ 10PR/K3



Утолщенной линией показана функция $K_{н.р.}(t)$, сплошной горизонтальной линией - значение коэффициента "А", пунктирной - огибающая функции $K_{н.р.}(t)$

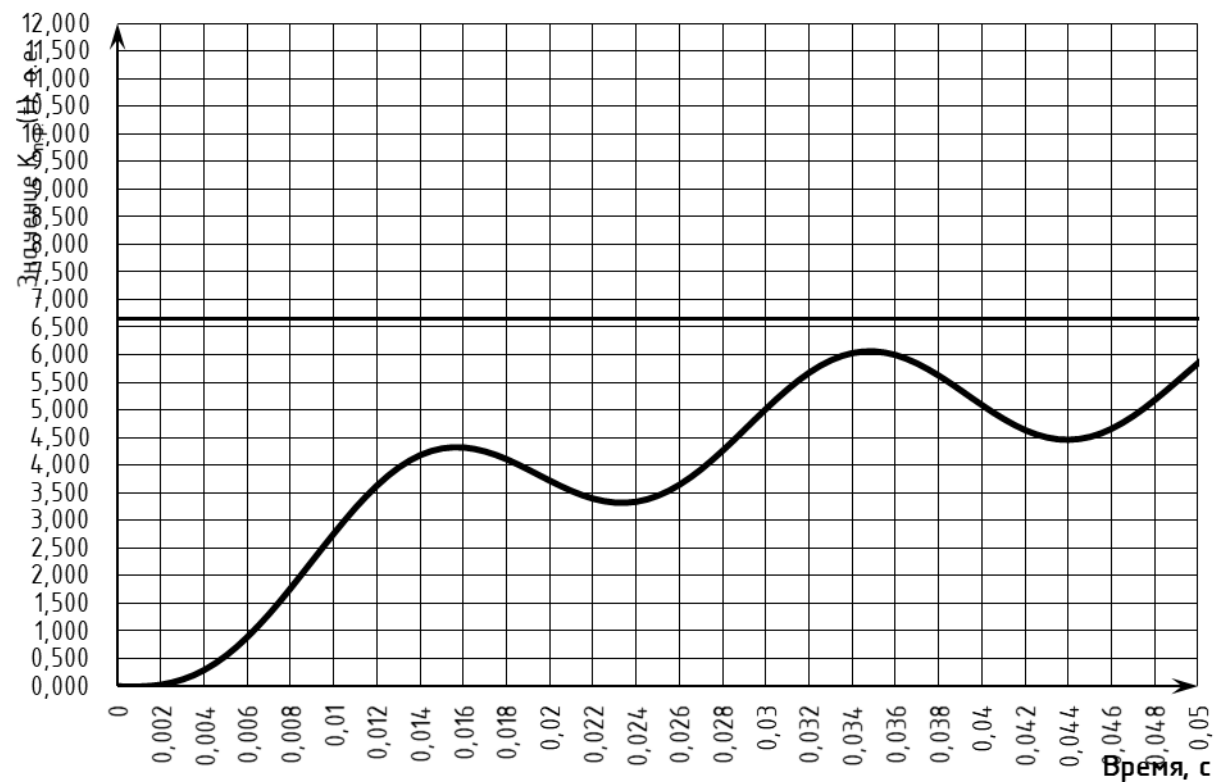
Рисунок 2.2. ТТ QT2G 110 кВ 10PR/K1

| | | |
|--------------|--------------|--------------|
| Ивл. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № |
| | | |

| | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

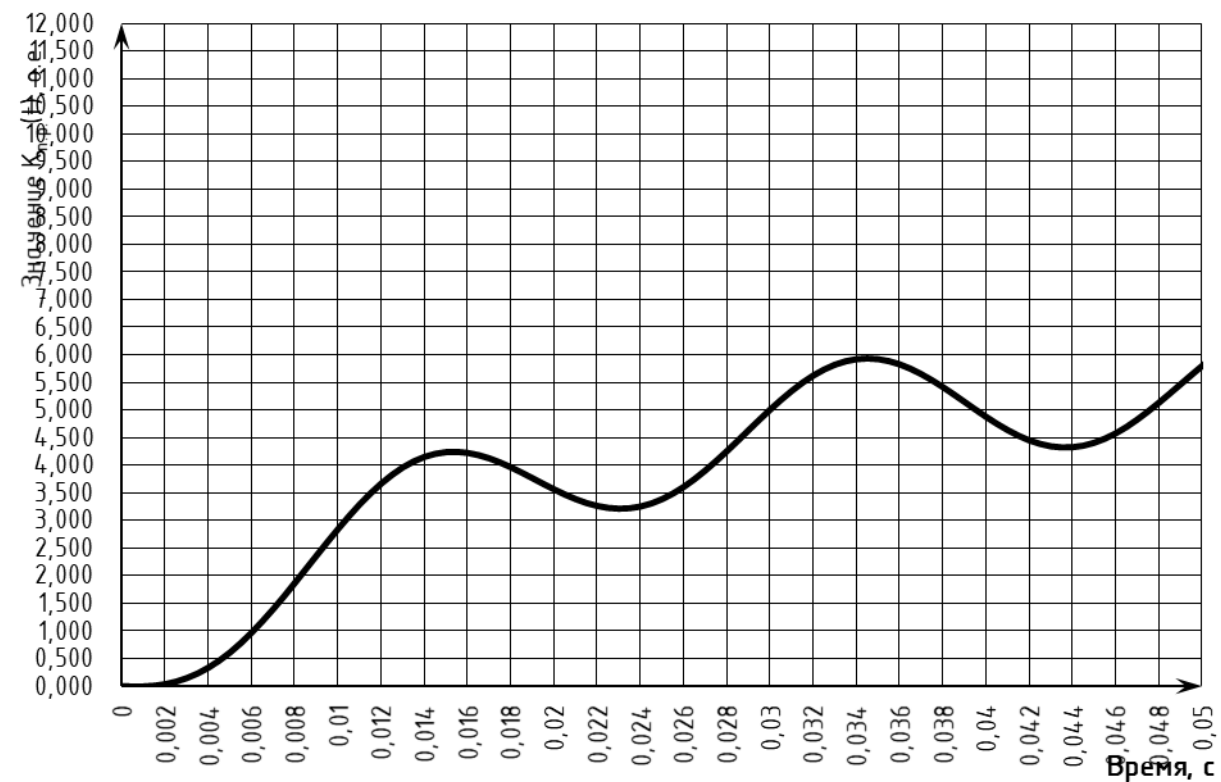
29-2022/ПР-8701-РЗА.Т

| | | |
|--------------|--------------|--------------|
| Изм. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № |
| | | |



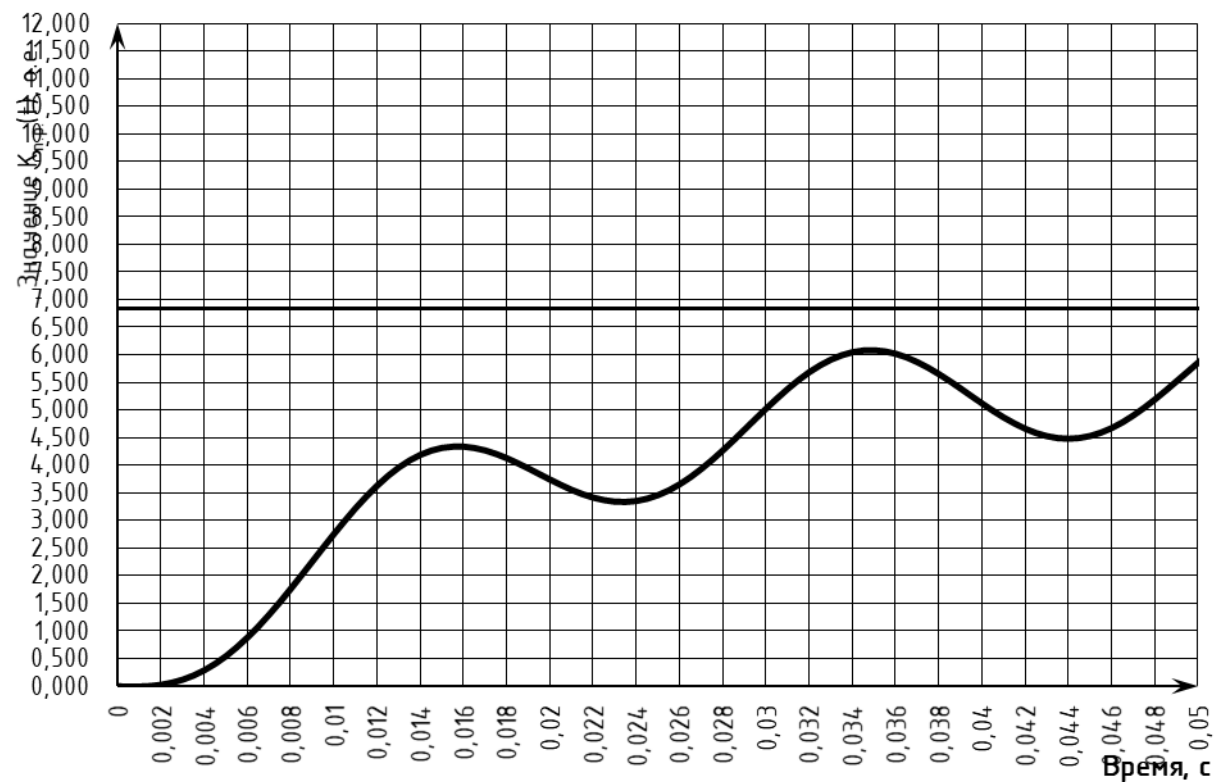
Утолщенной линией показана функция $K_{n.p.}(t)$, сплошной горизонтальной линией - значение коэффициента "А", пунктирной - огибающая функции $K_{n.p.}(t)$

Рисунок 3.1 ТТ СВ 110 кВ 10PR/K3



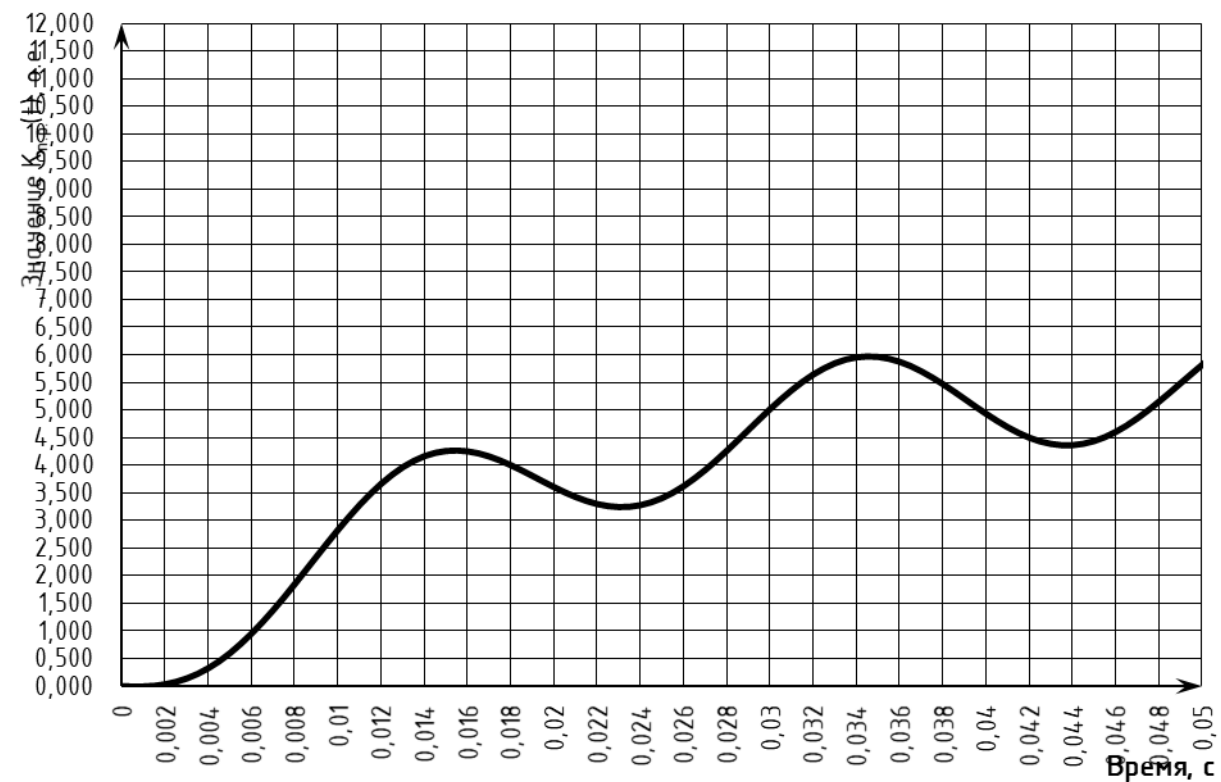
Утолщенной линией показана функция $K_{n.p.}(t)$, сплошной горизонтальной линией - значение коэффициента "А", пунктирной - огибающая функции $K_{n.p.}(t)$

Рисунок 3.2 ТТ СВ 110 кВ 10PR/K1



Утолщенной линией показана функция $K_{n.p.}(t)$, сплошной горизонтальной линией - значение коэффициента "А", пунктирной - огибающая функции $K_{n.p.}(t)$

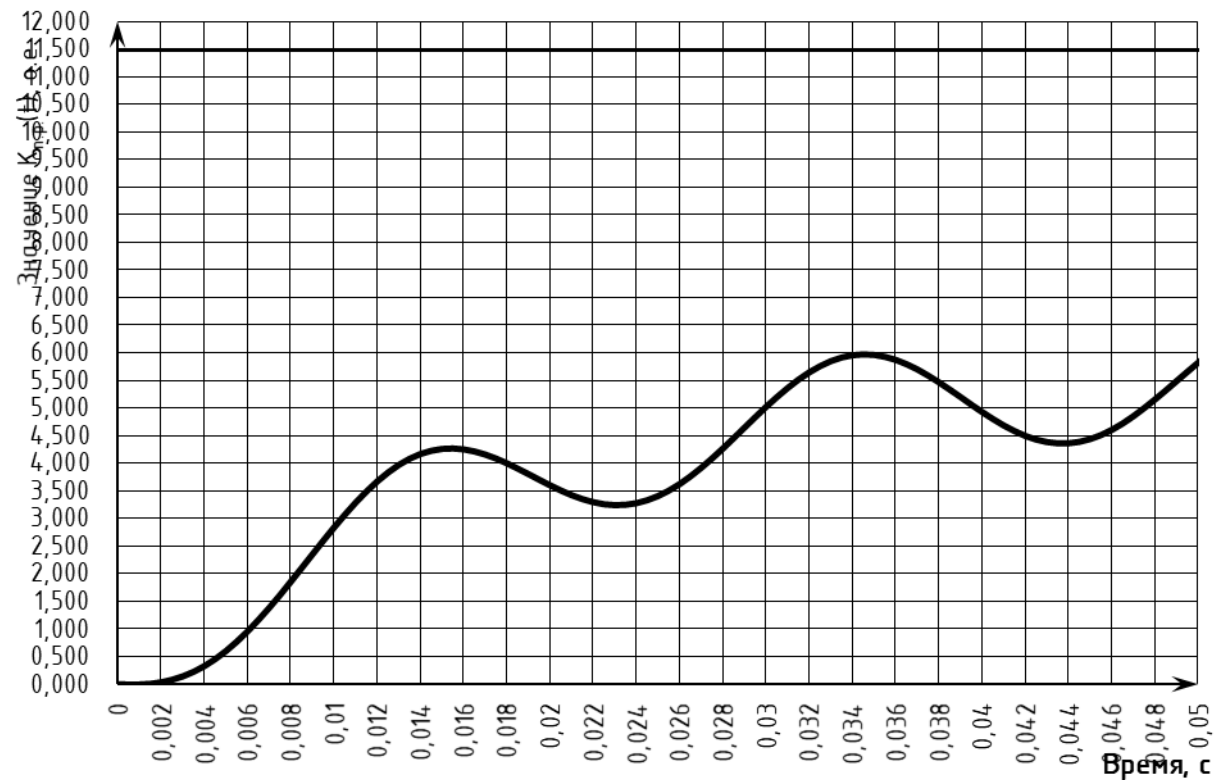
Рисунок 4.1 ТТ ремонтной переемычки 110 кВ 10PR/K3



Утолщенной линией показана функция $K_{n.p.}(t)$, сплошной горизонтальной линией - значение коэффициента "А", пунктирной - огибающая функции $K_{n.p.}(t)$

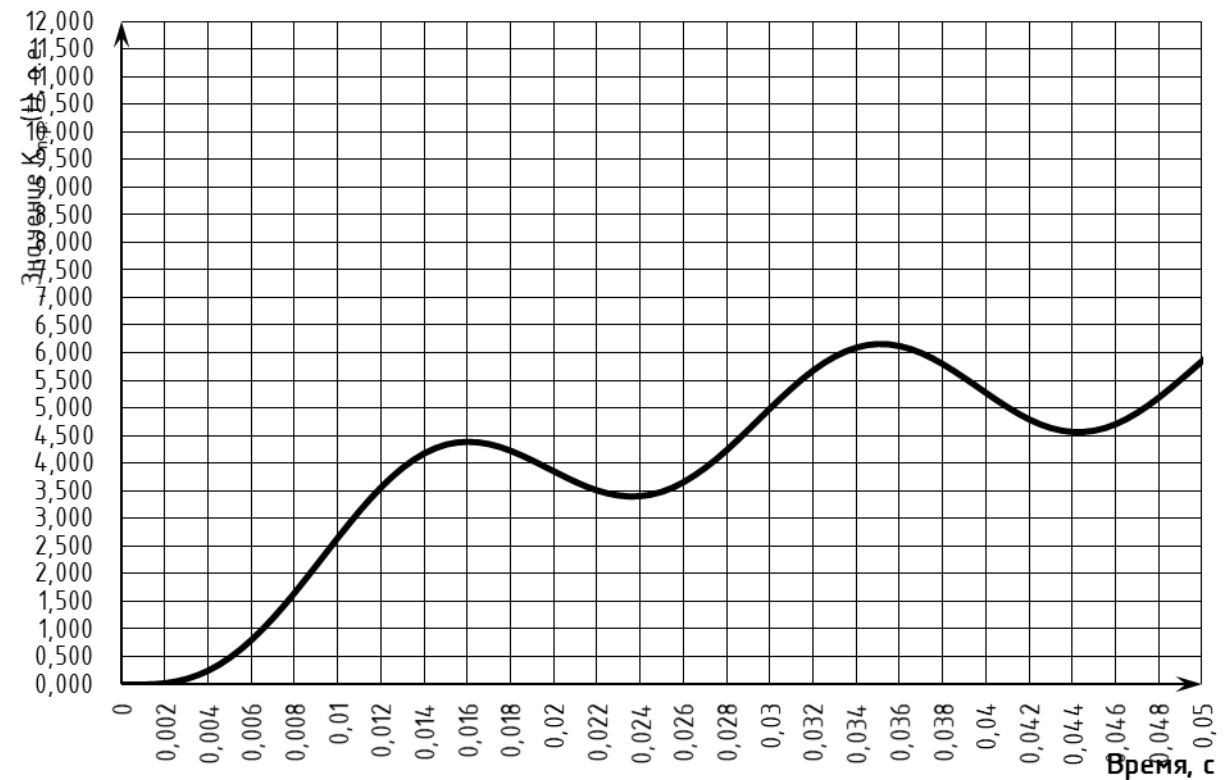
Рисунок 4.2 ТТ ремонтной переемычки 110 кВ 10PR/K1

| | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |



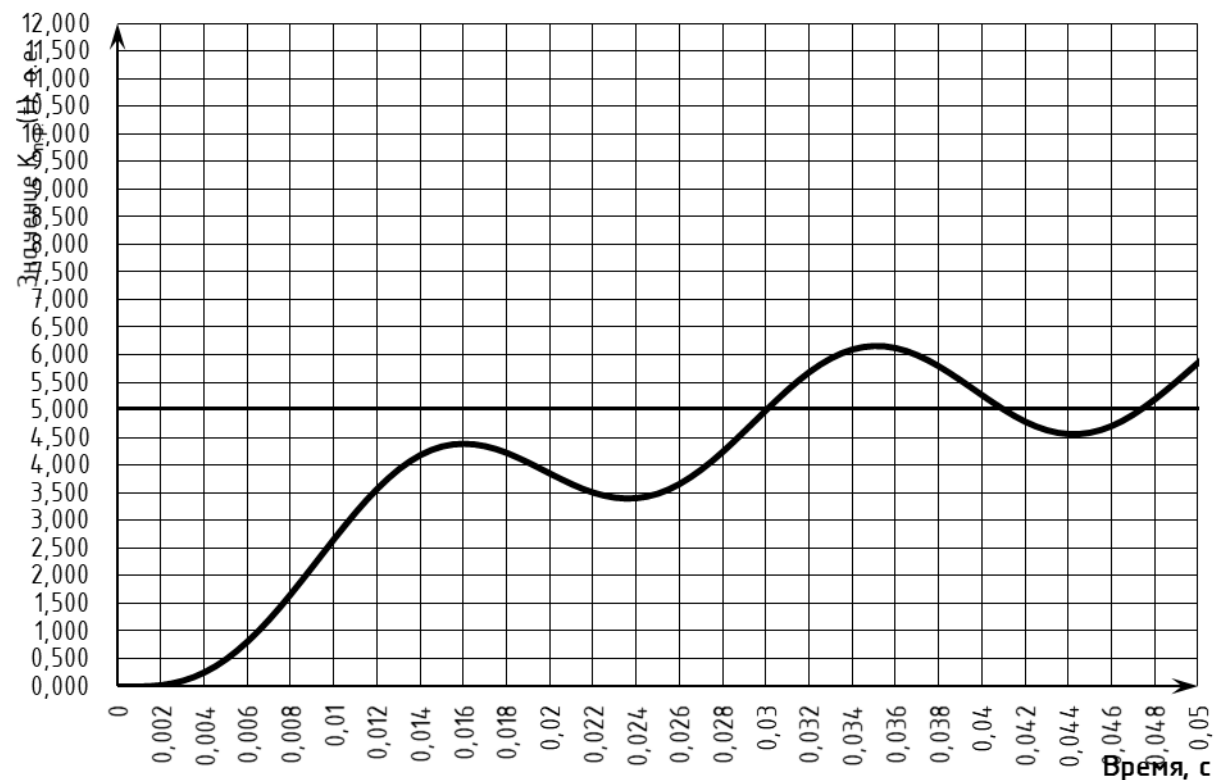
Утолщенной линией показана функция $K_{n.p.}(t)$, сплошной горизонтальной линией - значение коэффициента "А", пунктирной - огибающая функции $K_{n.p.}(t)$

Рисунок 5 ТТ ВВ 6 кВ Т1(Т2) 10PR/К3



Утолщенной линией показана функция $K_{n.p.}(t)$, сплошной горизонтальной линией - значение коэффициента "А", пунктирной - огибающая функции $K_{n.p.}(t)$

Рисунок 6 ТТ СВ 6 кВ 10P/К3



Утолщенной линией показана функция $K_{n.p.}(t)$, сплошной горизонтальной линией - значение коэффициента "А", пунктирной - огибающая функции $K_{n.p.}(t)$

Рисунок 6 ТТ ОЛ 6 кВ 10P/К3

| | | |
|--------------|--------------|--------------|
| Изм. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № |
| | | |

| | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

5.2.5 Проверка обмоток ТТ с учетом влияния апериодической составляющей и остаточной намагниченности сердечника

Расчет произведен в соответствии с ГОСТ Р 58669-2019 "Релейная защита. Трансформаторы тока измерительные индуктивные с замкнутым магнитопроводом для защиты. Методические указания по определению времени до насыщения при коротких замыканиях".

При наличии в сердечниках ТТ остаточной магнитной индукции время до насыщения ТТ необходимо рассчитывать по формуле (форм. 6 ГОСТ Р 58669-2019):

$$t_{\text{нас}} = T_{p.\text{ЭКВ}} \cdot \ln \frac{\omega \cdot T_{p.\text{ЭКВ}}}{\omega \cdot T_{p.\text{ЭКВ}} - A \cdot (1 - K_r) + 1}$$

Расчет по формуле 6 ГОСТ Р 58669-2019 допустим при соблюдении условия 7:

$$\omega \cdot T_{p.\text{ЭКВ}} + 1 > A \cdot (1 - K_r)$$

и условия 8 ГОСТ Р 58669-2019:

$$A \cdot (1 - K_r) > 1$$

где K_r – коэффициент остаточной намагниченности, принимается 0,86 для обмоток с классом точности "10P" и 0,1 для обмоток с классом точности "10PR";

Согласно ГОСТ Р 58669-2019, невыполнение условия 7 означает, что насыщение магнитопровода отсутствует и время до насыщения ТТ равно бесконечности.

В случае, если условие 8 не выполняется, значение $t_{\text{нас}}$, вычисленное по формуле 6, принимает отрицательное значение, и для определения времени до насыщения ТТ следует использовать графический метод по паспортным данным.

В таблице (Таблица 5.2.5) представлена проверка обмоток существующих ТТ с учетом влияния апериодической составляющей и остаточной намагниченности сердечника.

Графические обоснования времени до насыщения ТТ при коротких замыканиях, указанных в таблице 5.2.5, представлены на рис. 7 - 13.

| | | | | | | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|------|---------|------|-------|---------|------|-----------------------|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | | | | | | | 29-2022/ПР-8701-РЗА.Т | Лист |
| | | | | | | | | | 38 | |
| | | | Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата | | |

Таблица 5.2.5 Проверка обмоток ТТ, установленных на ПС 110/6 кВ «Печегубский карьер», с учетом влияния апериодической составляющей и остаточной намагниченности сердечника при трехфазном и однофазном КЗ

| Нагрузка и обмотка ТТ | | I _{кз.мах} , А | | I _{1НОМ} , А | I _{2НОМ} , А | K _{НОМ} | cosφ _{НОМ} | S _{нагр} , ВА | R _{НОМ} , Ом | X _{НОМ} , Ом | Z _{н.НОМ} , Ом | Z _{н.факт} , Ом | R _{н.факт} , Ом | X _{н.факт} , Гн | L _м , Гн | L ₂ , Гн | R ₂ , Ом | A, о.е. | U _{2нам.расч} , В | T _p , мс | T _s , мс | K _r , о.е. | A·(1-K _r), о.е. | Заключение по 5.1.5 ГОСТ Р 58669-2019 ω·T _{p.экв} +1>A·(1-K _r) | cos α | Оценка по п. 5.1.5 t _{нас} , мс | t _{нас.доп} , мс | Условие t _{нас} >t _{нас.доп} | t _{нас} , мс граф. метод |
|--|---------|-------------------------|------------------|-----------------------|-----------------------|------------------|---------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------|----------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------------|---|-------|--|---------------------------|--|--------------------------------------|
| | | K ⁽³⁾ | K ⁽¹⁾ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| ТТ QT1G 110 кВ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Резервная защита W1G, PAC | 10PR/K3 | 14000 | - | 800 | 5 | 30 | 0,8 | 6,05 | 1,60 | 1,20 | 2,00 | 0,24 | 0,19 | 0,15 | 5,00 | 0,00 | 0,40 | 6,54 | 349,86 | 20 | 8668 | 0,10 | 5,9 | ТТ насыщается | 0,97 | 30,1 | 25,0 | Выполняется | 32,0 |
| Резервная защита W1G, PAC | 10PR/K1 | - | 4780 | 800 | 5 | 30 | 0,8 | 10,35 | 1,60 | 1,20 | 2,00 | 0,41 | 0,33 | 0,25 | 5,00 | 0,00 | 0,40 | 15,16 | 349,86 | 20 | 7178 | 0,10 | 13,6 | Нет насыщения ТТ | 0,95 | ∞ | 25,0 | Выполняется | ∞ |
| ТТ QT2G 110 кВ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Резервная защита W1G, PAC | 10PR/K3 | 14000 | - | 800 | 5 | 30 | 0,8 | 5,33 | 1,60 | 1,20 | 2,00 | 0,21 | 0,17 | 0,13 | 5,00 | 0,00 | 0,40 | 6,84 | 349,86 | 20 | 8986 | 0,10 | 6,2 | ТТ насыщается | 0,98 | 34,4 | 25,0 | Выполняется | ∞ |
| Резервная защита W2G, PAC | 10PR/K1 | - | 4780 | 800 | 5 | 30 | 0,8 | 8,92 | 1,60 | 1,20 | 2,00 | 0,36 | 0,29 | 0,21 | 5,00 | 0,00 | 0,40 | 16,31 | 349,86 | 20 | 7608 | 0,10 | 14,7 | Нет насыщения ТТ | 0,95 | ∞ | 25,0 | Выполняется | ∞ |
| ТТ СВ 110 кВ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Резервная защита W1G, Защиты, УРОВ, АУВ СВ | 10PR/K3 | 14000 | - | 800 | 5 | 30 | 0,8 | 5,80 | 1,60 | 1,20 | 2,00 | 0,23 | 0,19 | 0,14 | 5,00 | 0,00 | 0,40 | 6,64 | 349,86 | 20 | 8776 | 0,10 | 6,0 | ТТ насыщается | 0,97 | 31,5 | 25,0 | Выполняется | 33,0 |

Име. № подл. Подп. и дата Взам. инв. №

| | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

29-2022/ПР-8701-РЗА.Т

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------|------|------|------|---|----|-----|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|--------|----|-------|------|------|------------------|------|-------------|------|----------------|------|
| Резервная защита WIG, Защиты, УРОВ, АУВ СВ | 1ТТ3/10PR/K1 | - | 4780 | 800 | 5 | 30 | 0,8 | 10,10 | 1,60 | 1,20 | 2,00 | 0,40 | 0,32 | 0,24 | 5,00 | 0,00 | 0,40 | 15,35 | 349,86 | 20 | 7249 | 0,10 | 13,8 | Нет насыщения ТТ | 0,95 | ∞ | 25,0 | Выполняется | ∞ |
| ТТ Ремонтной перемычки 110 кВ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| МТЗ, ЗП ВН, УРОВ, АУВ Т1 | 10PR/K3 | 5600 | - | 800 | 5 | 30 | 0,8 | 5,33 | 1,60 | 1,20 | 2,00 | 0,21 | 0,17 | 0,13 | 5,00 | 0,00 | 0,40 | 6,84 | 349,86 | 20 | 8986 | 0,10 | 6,2 | ТТ насыщается | 0,98 | 34,4 | 25,0 | Выполняется | ∞ |
| МТЗ, ЗП ВН, УРОВ, АУВ Т1 | 10PR/K1 | - | 4780 | 800 | 5 | 30 | 0,8 | 8,92 | 1,60 | 1,20 | 2,00 | 0,36 | 0,29 | 0,21 | 5,00 | 0,00 | 0,40 | 16,31 | 349,86 | 20 | 7608 | 0,10 | 14,7 | Нет насыщения ТТ | 0,95 | ∞ | 25,0 | Выполняется | ∞ |
| ТТ ВВ 6 кВ Т1(Т2) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ДЗТ Т1 | 10PR/K3 | 5600 | - | 1000 | 5 | 20 | 0,8 | 3,65 | 0,64 | 0,48 | 0,80 | 0,15 | 0,12 | 0,09 | 2,00 | 0,00 | 0,16 | 11,48 | 93,30 | 20 | 7542 | 0,10 | 10,3 | Нет насыщения ТТ | 0,95 | ∞ | 25,0 | Выполняется | ∞ |
| МТЗ, УРОВ, АУВ+РАС | 10PR/K3 | 5600 | - | 1000 | 5 | 20 | 0,8 | 1,89 | 0,64 | 0,48 | 0,80 | 0,08 | 0,06 | 0,05 | 2,00 | 0,00 | 0,16 | 14,79 | 93,30 | 20 | 9273 | 0,10 | 13,3 | Нет насыщения ТТ | 0,98 | ∞ | 25,0 | Выполняется | ∞ |
| ТТ СВ 6 кВ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| МТЗ, УРОВ, АУВ | 10PR/K3 | 5600 | - | 1000 | 5 | 30 | 0,8 | 1,64 | 0,96 | 0,72 | 1,20 | 0,07 | 0,05 | 0,04 | 3,00 | 0,00 | 0,24 | 25,39 | 209,91 | 20 | 10388 | 0,86 | 3,6 | ТТ насыщается | 0,99 | 10,4 | 25,0 | НЕ выполняется | 11,0 |
| ТТ ОЛ 6 кВ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| МТЗ, УРОВ, АУВ | 10PR/K3 | 5600 | - | 200 | 5 | 30 | 0,8 | 1,72 | 0,96 | 0,72 | 1,20 | 0,07 | 0,05 | 0,04 | 3,00 | 0,00 | 0,24 | 5,04 | 209,91 | 20 | 10313 | 0,86 | 0,7 | ТТ насыщается | 0,99 | Граф. метод | 25,0 | НЕ выполняется | 5,0 |

Име. № подл. Подп. и дата Взам. инв. №

| | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

29-2022/ПР-8701-РЗА.Т

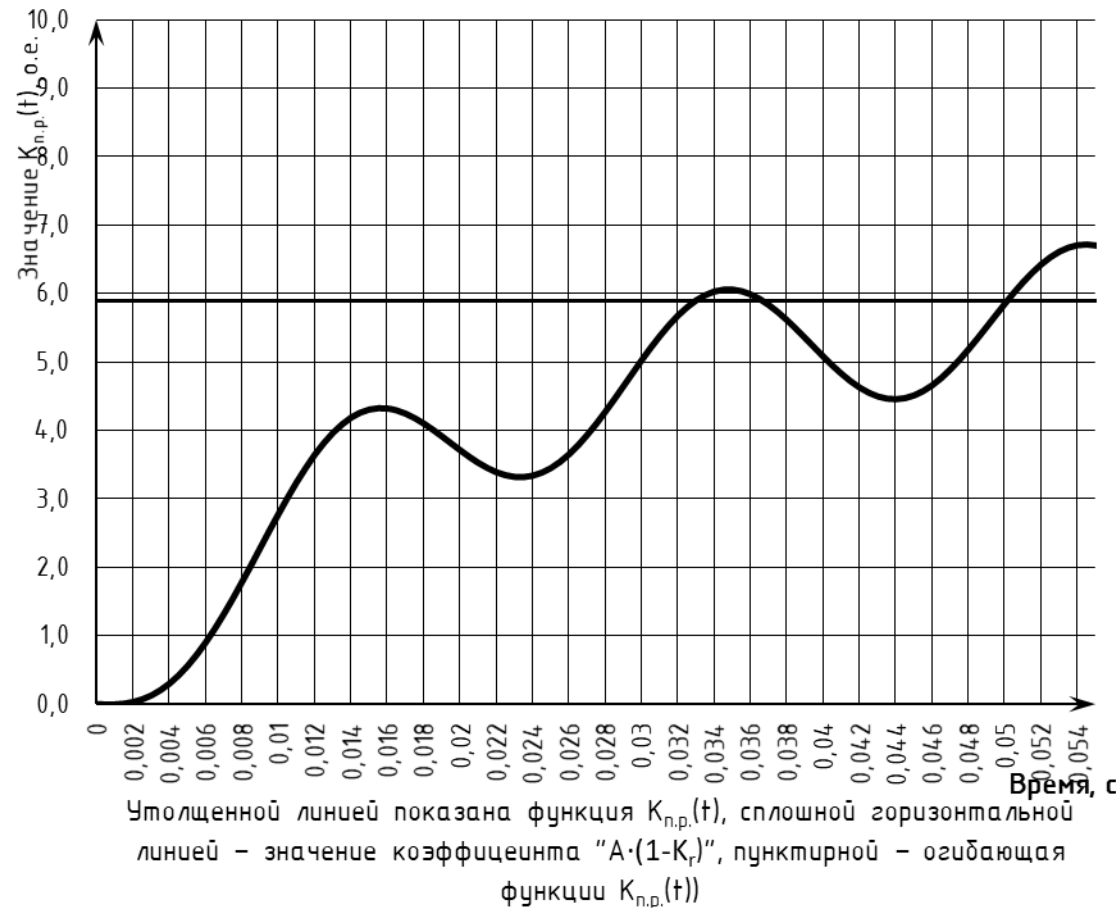


Рисунок 7.1 ТТ QT1G 110 кВ 10PR/K3

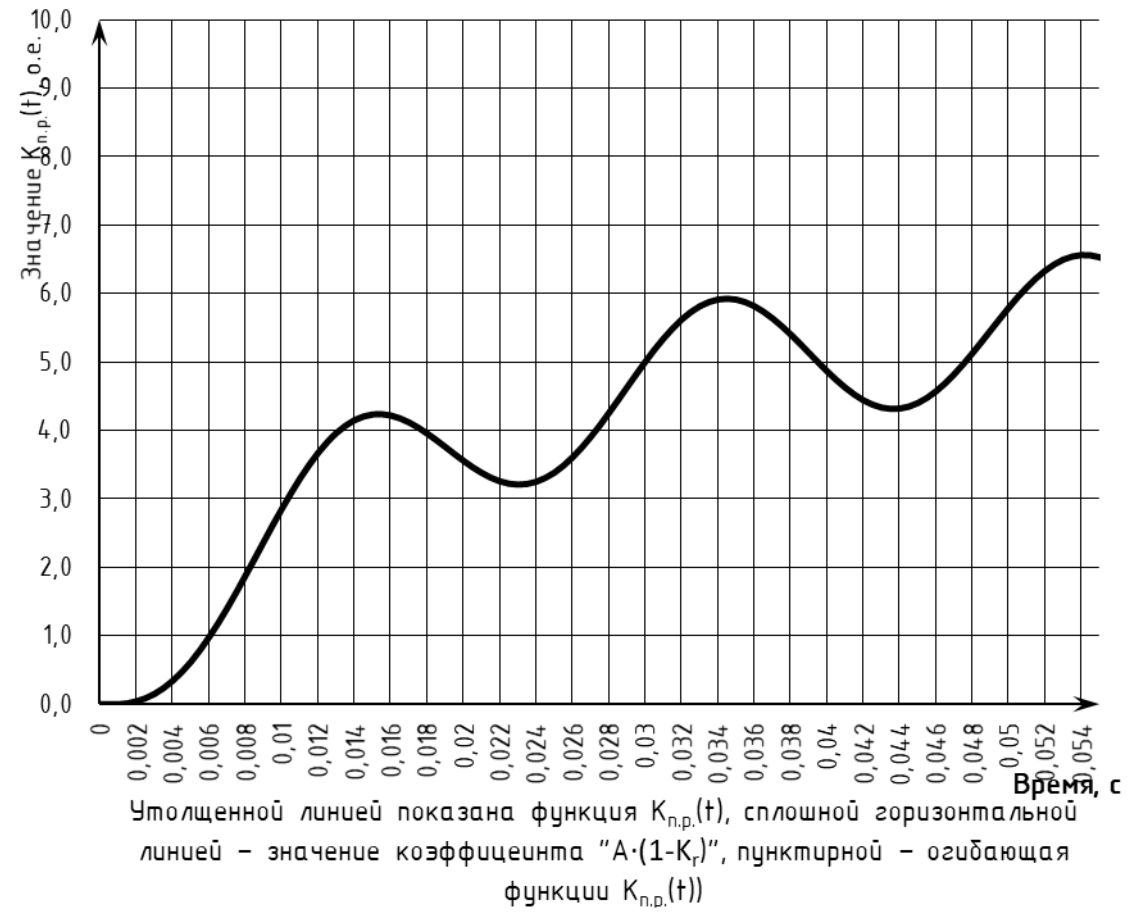


Рисунок 7.2 ТТ QT1G 110 кВ 10PR/K1

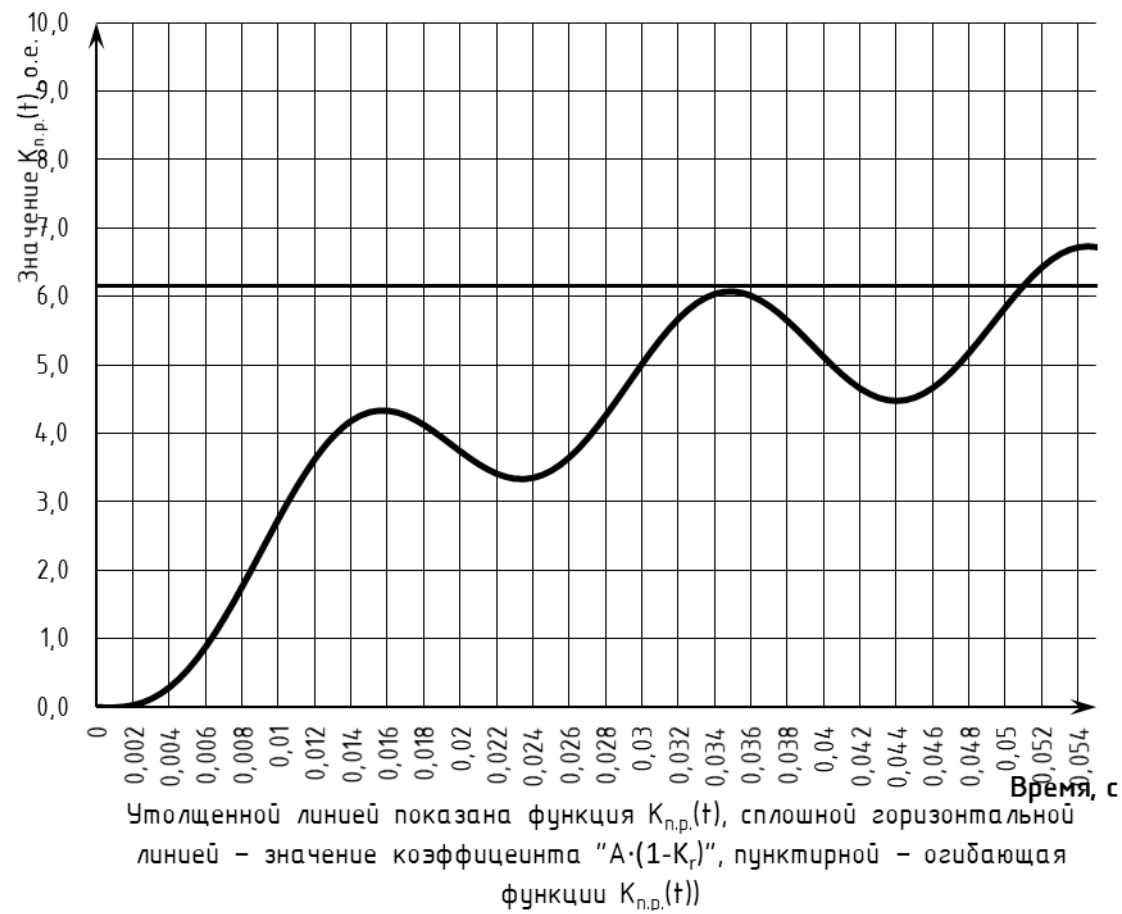


Рисунок 8.1. ТТ QT2G 110 кВ 10PR/K3

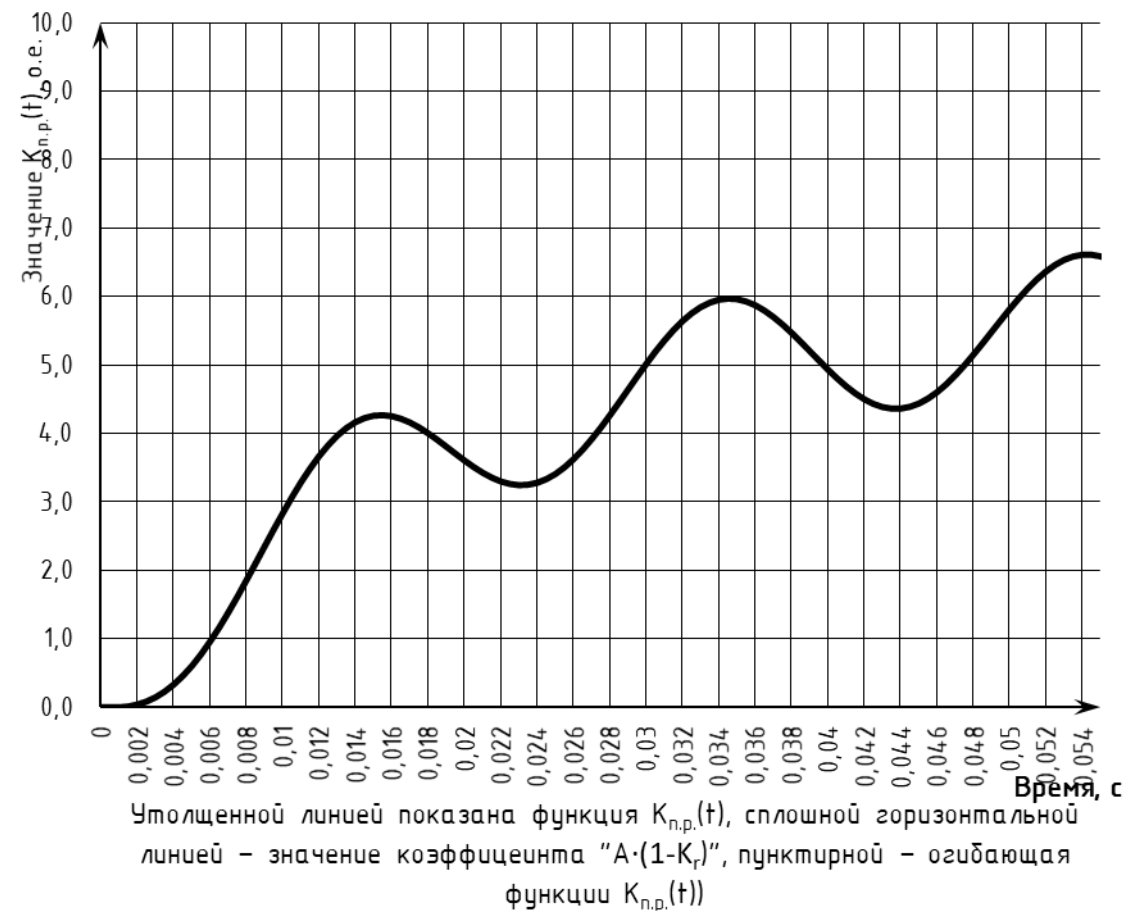
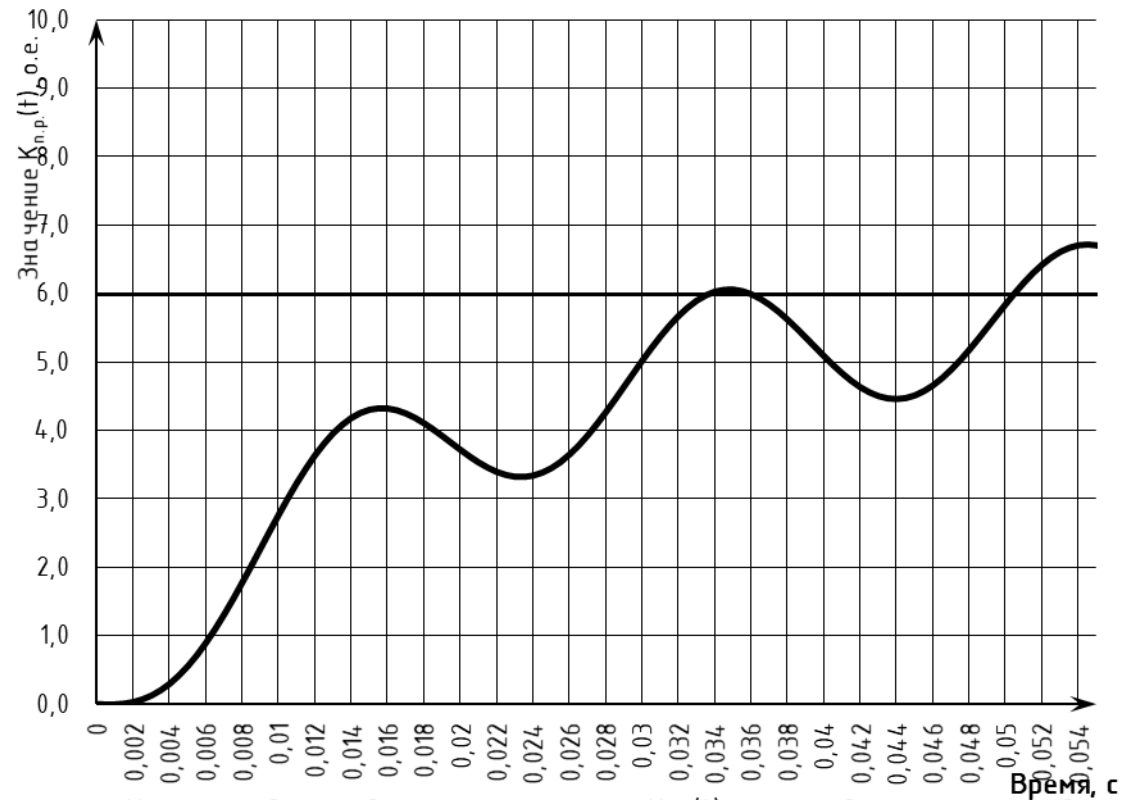


Рисунок 8.2 ТТ QT2G 110 кВ 10PR/K1

| | | |
|--------------|--------------|--------------|
| Изм. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № |
| | | |

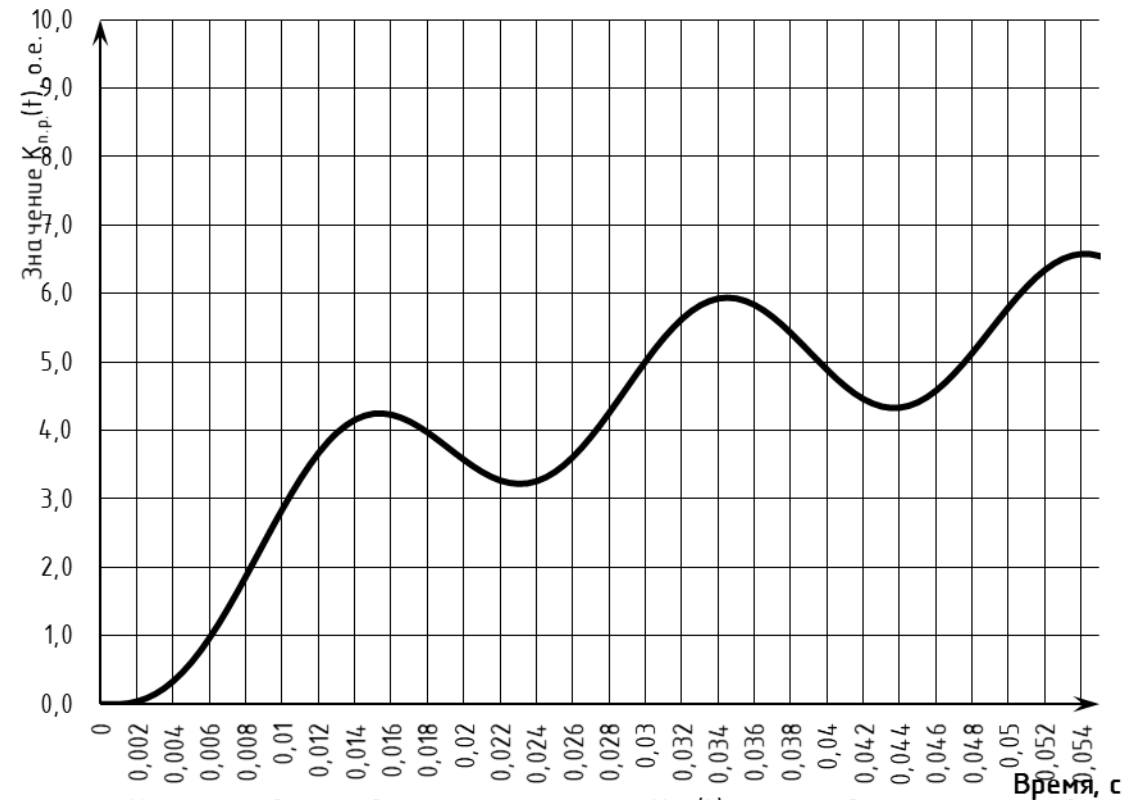
| | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

29-2022/ПР-8701-РЗА.Т



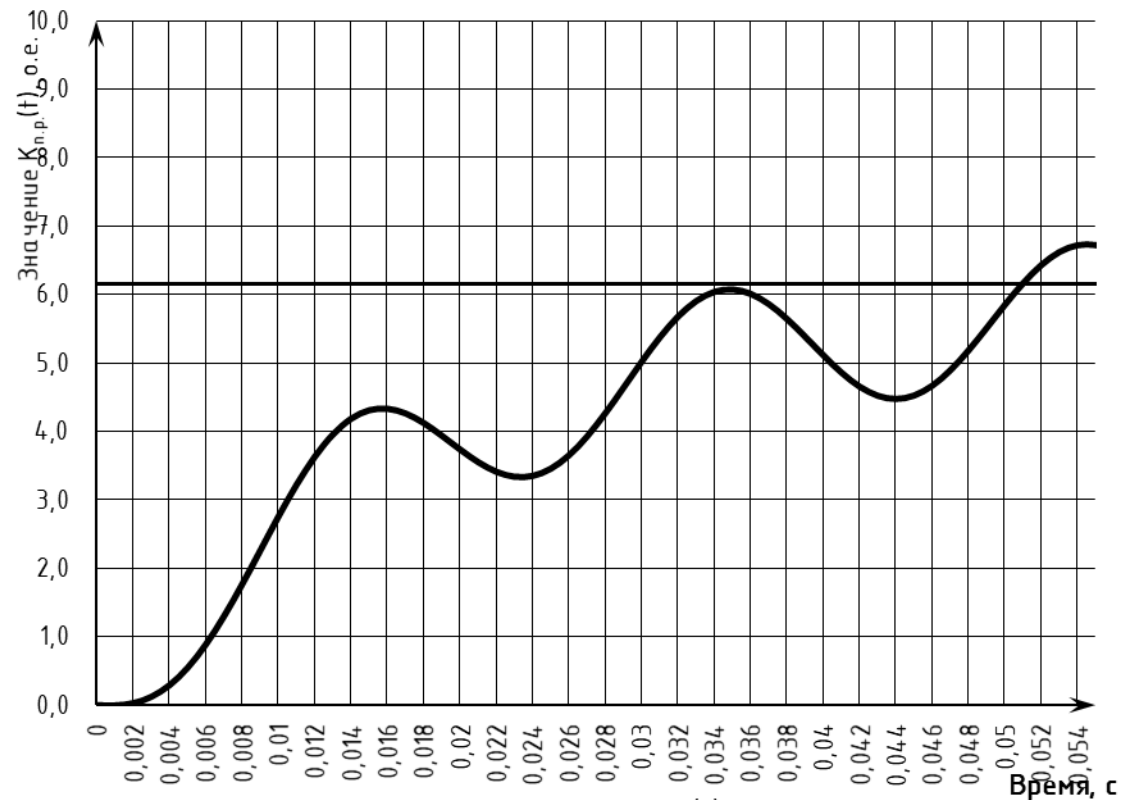
Утолщенной линией показана функция $K_{н.р.}(t)$, сплошной горизонтальной линией – значение коэффициента " $A \cdot (1 - K_r)$ ", пунктирной – огибающая функции $K_{н.р.}(t)$

Рисунок 9.1 ТТ СВ 110 кВ 10PR/K3



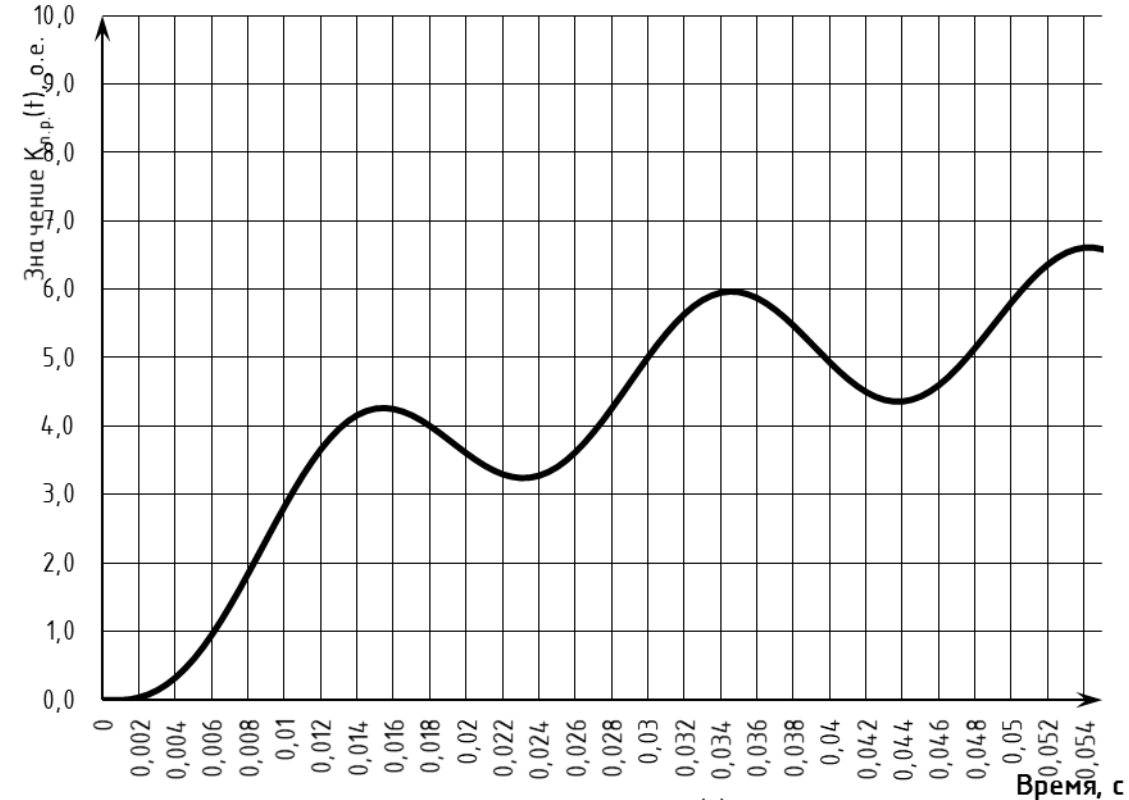
Утолщенной линией показана функция $K_{н.р.}(t)$, сплошной горизонтальной линией – значение коэффициента " $A \cdot (1 - K_r)$ ", пунктирной – огибающая функции $K_{н.р.}(t)$

Рисунок 9.2 ТТ СВ 110 кВ 10PR/K1



Утолщенной линией показана функция $K_{н.р.}(t)$, сплошной горизонтальной линией – значение коэффициента " $A \cdot (1 - K_r)$ ", пунктирной – огибающая функции $K_{н.р.}(t)$

Рисунок 10.1 ТТ ремонтной перемычки 110 кВ 10PR/K3



Утолщенной линией показана функция $K_{н.р.}(t)$, сплошной горизонтальной линией – значение коэффициента " $A \cdot (1 - K_r)$ ", пунктирной – огибающая функции $K_{н.р.}(t)$

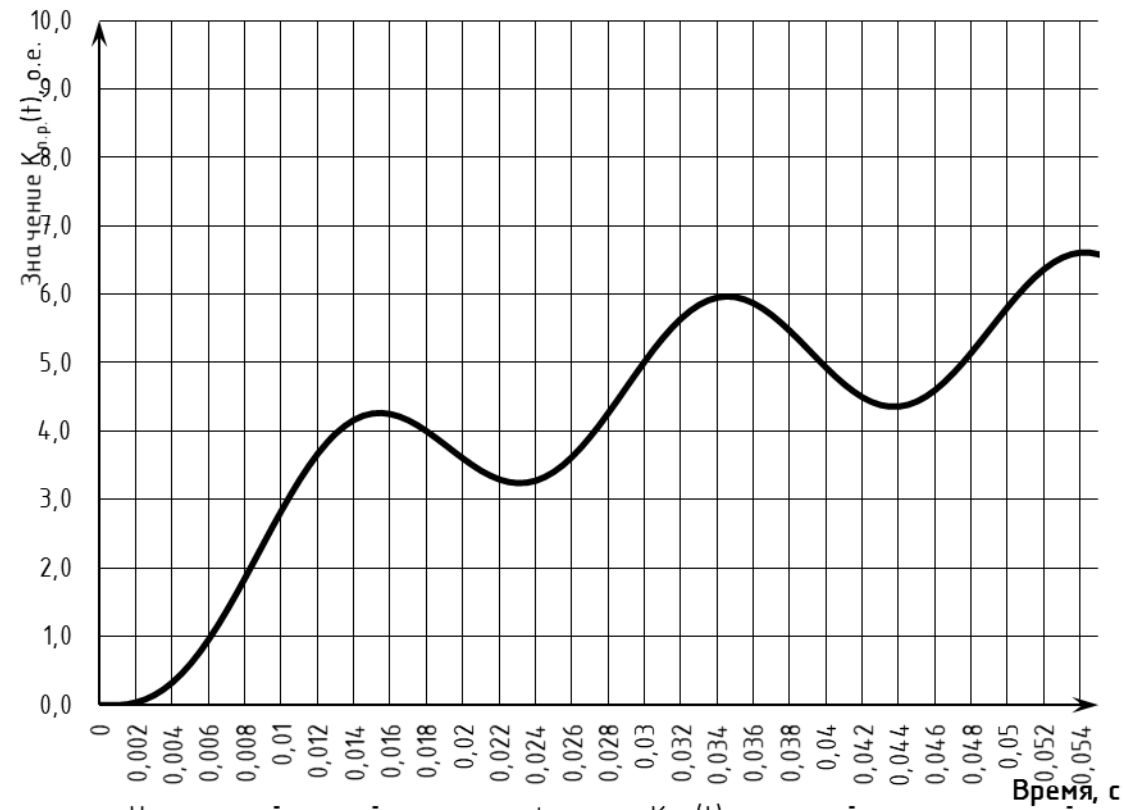
Рисунок 10.2 ТТ ремонтной перемычки 110 кВ 10PR/K1

| | | |
|--------------|--------------|--------------|
| Изм. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № |
| | | |

| | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

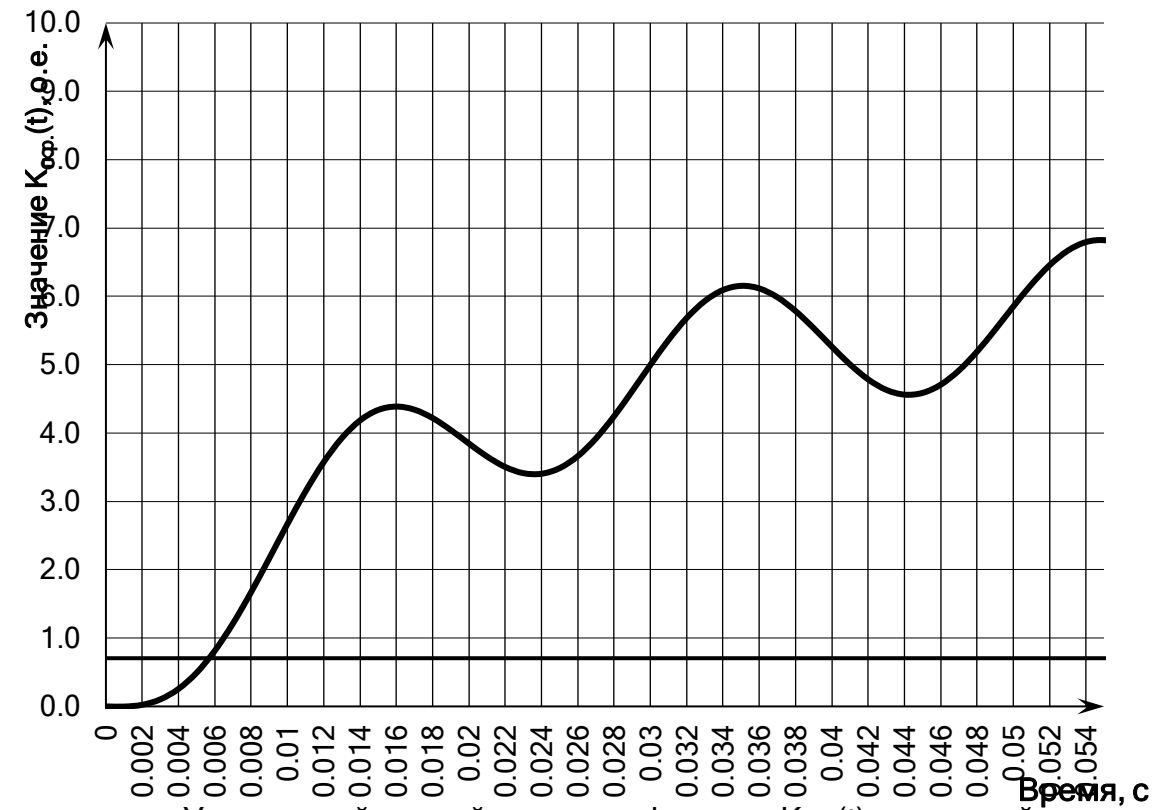
29-2022/ПР-8701-РЗА.Т

| | | |
|--------------|--------------|--------------|
| Име. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № |
| | | |



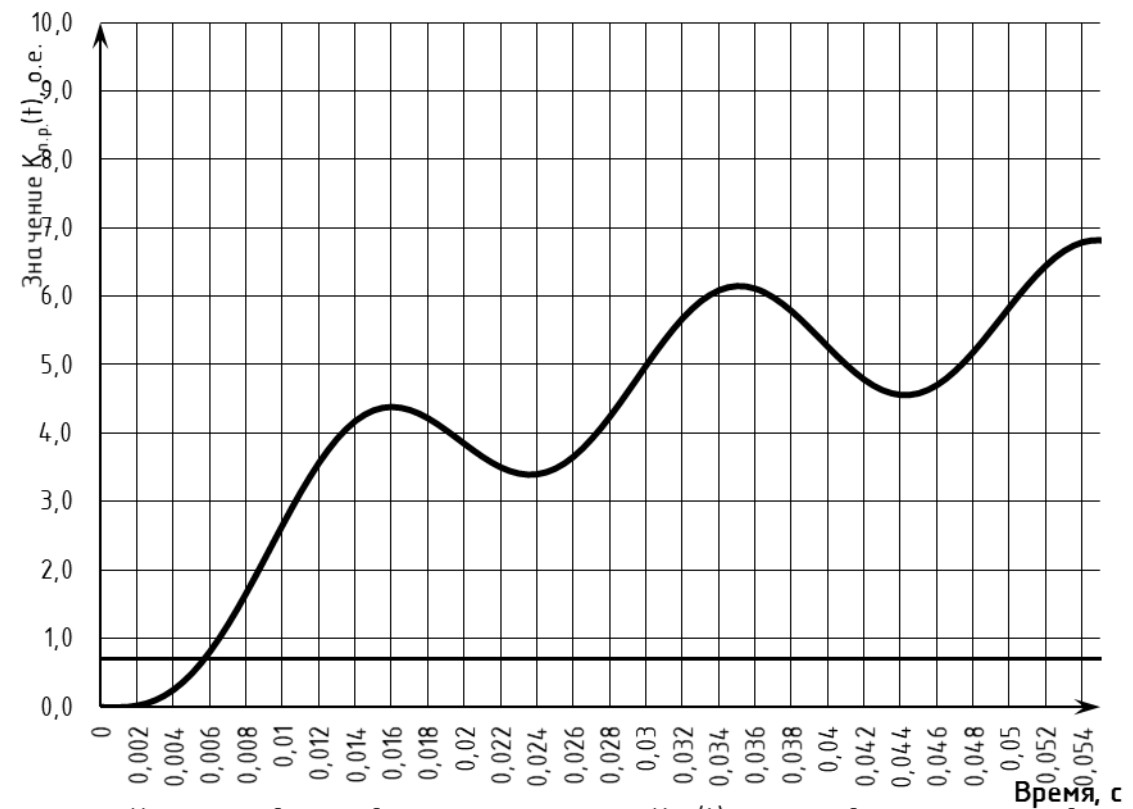
Утолщенной линией показана функция $K_{н.р.}(t)$, сплошной горизонтальной линией – значение коэффициента " $A \cdot (1 - K_r)$ ", пунктирной – огибающая функции $K_{н.р.}(t)$

Рисунок 11 ТТ ВВ 6 кВ Т1(Т2) 10PR/КЗ



Утолщенной линией показана функция $K_{н.р.}(t)$, сплошной горизонтальной линией – значение коэффициента " $A \cdot (1 - K_r)$ ", пунктирной – огибающая функции $K_{н.р.}(t)$

Рисунок 12 ТТ СВ 6 кВ 10P/КЗ



Утолщенной линией показана функция $K_{н.р.}(t)$, сплошной горизонтальной линией – значение коэффициента " $A \cdot (1 - K_r)$ ", пунктирной – огибающая функции $K_{н.р.}(t)$

Рисунок 13 ТТ ОЛ 6 кВ 10P/КЗ

| | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

29-2022/ПР-8701-РЗА.Т

5.3 Заключение по проведенным проверкам трансформаторов тока

Заключение по проведенным проверкам трансформаторов тока:

1. Проверка существующих трансформаторов тока по допустимой мощности нагрузки (Таблица 5.2.1) оказалась удовлетворительной;
2. Проверка существующих трансформаторов тока на 10% погрешность (Таблица 5.2.1) оказалась удовлетворительна;
3. Проверка существующих трансформаторов тока по напряжению на выводах вторичной обмотки (Таблица 5.2.3) оказалась удовлетворительна;
4. Расчет времени до наступления насыщения трансформаторов тока, в соответствии с методикой, изложенной в ГОСТ Р 58669-2019 при трехфазном и однофазном КЗ без учета остаточной индукции сердечника показал, что при максимальных токах короткого замыкания обеспечивается корректная работа вновь устанавливаемых защит (Таблица 5.2.4);
5. Расчет времени до наступления насыщения трансформаторов тока, в соответствии с методикой, изложенной в ГОСТ Р 58669-2019 при трехфазном и однофазном КЗ с учетом влияния остаточной намагниченности, проектируемых ТТ (Таблица 5.2.5) показал, что при максимальных токах короткого замыкания для быстродействующих защит 110 кВ, и для МТЗ ВВ 6 кВ, с учетом принятых сечений кабелей обеспечивается корректная работа РЗА. Для МТЗ, ТО СВ 6 кВ и отходящих линий 6 кВ насыщение в некоторых случаях может привести к небольшой задержке в срабатывании (порядка 0.1 с). Никаких специальных мер при этом не требуется..

5.4 Центральная сигнализация

В соответствии с НТП ПС п. 10 предусматривается сигнализация:

- Основная – индивидуальная световая и обобщенная звуковая предупредительная и аварийная сигнализация отклонения от нормального режима работы оборудования, неисправностях и аварийных режимах энергосистемы в составе АСУ ТП;
- Индивидуальная визуальная в составе шкафов и терминалов РЗ, обеспечивающая предварительный анализ ситуации;
- Резервная - центральная звуковая и обобщенная световая сигнализация.

На ПС 110/6 кВ «Печегубский карьер» будут использоваться микропроцессорные блоки центральной сигнализации, установленные в отдельном шкафу.

В дополнение к этому в нормальном режиме в работе находится локальная визуальная сигнализация каждого микропроцессорного терминала, каждого шкафа РЗ, управления.

| | | |
|---------------|--------------|--------------|
| Индв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № |
| | | |

| | | | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|-----------------------|------|
| Изм. | Коп.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата | 29-2022/ПР-8701-РЗА.Т | Лист |
| | | | | | | | 44 |

Световая сигнализация положения коммутационных аппаратов с дистанционным управлением должна предусматриваться:

- в составе АРМ ОП;
- на мнемонической схеме в составе шкафа ОБР.

Дополнительно положение коммутационных аппаратов указывает световая сигнализация, которая находится в составе шкафов защит трансформатора, шкафа с функцией АУВ СВ 110 кВ, релейных шкафов КРУ 6 кВ.

На ЦС возлагаются функции только выдачи звукового сигнала и визуального с дискретностью до монтажной единицы, дающие оперативному персоналу понять, что на ПС произошло событие, требующее его внимания. Дальнейшая оценка ситуации должна производиться по локальной сигнализации и по состоянию выключателей первичной схемы.

5.5 Оперативная блокировка разъединителей

Для предотвращения неправильных действий персонала с разъединителями, заземляющими разъединителями (заземлителями) при оперативных переключениях на ПС предусмотрена оперативная блокировка.

В рамках данного проектирования на подстанции предусматриваются следующие виды оперативной блокировки:

- программная (логическая) блокировка, реализуемая в контроллерах присоединений с использованием блокировочных элементов приводов;
- механическая блокировка непосредственного действия в заводском исполнении в комплектных распределительных устройствах;
- механическая блокировка разъединителей со своими заземляющими ножами;
- электромагнитная блокировка в заводском исполнении в комплектных распределительных устройствах.

В составе шкафа ОБР применяются МП устройства, на базе которых реализуется централизованная программная оперативная блокировка. Управление разъединителями осуществляется от ключей управления, размещенными на двери шкафа контроллера присоединений, либо от АРМ ОП-удаленно., Управление приводами разъединителей возможно по месту с блоков управления на ОРУ 110 кВ.

Для элементов 6 кВ применяется электромагнитная блокировка в заводском исполнении в комплектных распределительных устройствах.

| | | |
|--------------|--------------|--------------|
| Инд. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № |
| | | |

| | | | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|-----------------------|------|
| Изм. | Коп.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата | 29-2022/ПР-8701-РЗА.Т | Лист |
| | | | | | | | 45 |

В шкафах КРУ с выкатными тележками предусматриваются следующие виды блокировок, запрещающие:

- перемещение тележки из рабочего положения в контрольное, а также из контрольного в рабочее при включенном выключателе;
- перемещение тележки присоединения из контрольного положения тележки в рабочее при включенном заземляющем разъединителе в сторону присоединения;
- включение выключателя при нахождении тележки в промежуточном положении между рабочим и контрольным положениями;
- перемещение выкатных тележек с разъединяющими контактами из рабочего положение в контрольное и обратно под нагрузкой (шкафы без выключателей);
- включение заземляющих разъединителей сборных шин, если тележки с выключателями вводов рабочего и резервного питания находятся в рабочем положении;
- перевод тележек ввода рабочего и резервного питания в рабочее положение при включенном заземляющем разъединителе сборных шин;
- включение заземляющего разъединителя в шкафу секционирования при рабочем положении секционного выключателя.

5.6 Регистрация аварийных событий

На ПС 110/6 кВ «Печегубский карьер» предусматривается выполнение отдельной специализированной системы регистрации аварийных событий (далее «Регистраторы аварийных событий (РАС)») элементов 110, 6 кВ. При этом функции РАС, реализуемые терминалами РЗ, обеспечивают их резервирование.

РАС обеспечивает регистрацию, анализ и представление информации о процессах возникновения, развития и ликвидации аварийных событий и процессов на основном электрооборудовании подстанции, прилегающих участках электрической сети и системы ОПТ, сопровождающихся срабатыванием их пусковых органов РАС, срабатыванием устройств РЗ и ПА.

Регистрации подлежат:

- электромагнитные переходные процессы, связанные с короткими замыканиями и работой устройств РЗА;
- процессы, вызвавшие срабатывание пусковых органов специализированных регистраторов;
- сигналы/сообщения, поступающие от устройств РЗА, в процессе их работы;

| | | |
|--------------|--------------|--------------|
| Инд. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № |
| | | |

| | | | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|------------------------------|------|
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата | 29-2022/ПР-8701-РЗА.Т | Лист |
| | | | | | | | 46 |

- изменения положений выключателей.

Регистрация аварийных событий и процессов осуществляется:

- осциллографированием – запись дискретных сигналов и мгновенных значений аналоговых сигналов в файл осциллограммы;

- регистрацией дискретных сигналов/событий (работа устройств РЗА, изменение положений выключателей и т.п.) с записью в базу данных;

- регистрацией усредненных значений аналоговых параметров (режим «самописец»).

Специализированное средство осциллографирования, поддерживает стандартные протоколы информационного обмена, аварийная регистрация параметров осуществляется им с передачей данных в ПТК АСУТП по соответствующим протоколам.

Обеспечивается регистрация доаварийного, аварийного и послеаварийного режимов.

По времени запись аварийного режима соответствует:

- начало записи – при пуске регистратора;

- длительность записи – сработавшему состоянию любого пускового органа.

Зарегистрированная информация хранится в энергонезависимой памяти устройств нижнего уровня и затем передается в устройства среднего и верхнего уровней АСУТП.

Метка времени присваивается событиям и осциллограммам непосредственно в устройстве регистрации (терминале РЗА, АСУТП, УПК), причем единое время обеспечивается для всех устройств аварийной регистрации. Точность привязки по времени – не хуже 1 мс.

Доступ к зарегистрированной аварийной информации в терминале осуществляется через цифровые порты как удаленно, так и по месту посредством персонального компьютера.

Способы пуска устройств регистрации:

- по изменению состояния дискретного сигнала;

- по изменению значения (выше/ниже уставки) аналоговых сигналов (как измеряемых, так и вычисляемых, например – по симметричным составляющим);

- ручной пуск – для периодических проверок и снятия контрольных осциллограмм перед началом осенне-зимнего и грозового сезонов.

При появлении хотя бы одного условия для пуска устройства РАС записывают все подключенные сигналы (независимо от изменения их величины или состояния).

Пуск по аналоговым параметрам осуществляется:

- при превышении величины заданной уставки (фазные токи, I_0 , I_1 , I_2 , U_0 , U_1 , U_2);

- при снижении величины ниже заданной уставки (фазные напряжения, U_1).

| | | |
|--------------|--------------|--------------|
| Инд. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № |
| | | |

| | | | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|-----------------------|------------|
| Изм. | Коп.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата | 29-2022/ПР-8701-РЗА.Т | Лист 47 |
| | | | | | | | |

Предусматривается возможность ограничения записи до 5-10с и автоматический вывод из работы длительно сработанных пусковых органов.

Инструментальное программное обеспечение устройств аварийной регистрации должно позволять пользователю задавать в процессе настройки:

- наименования энергообъекта/присоединения/сигналов/регистраторов;
- условия пуска;
- частоту регистрации;
- масштабы для аналоговых величин;
- временных параметров (общая длительность записи, длительности предаварийного, аварийного и послеаварийного режимов);
- активация отдельных функций (самописец и др.).

Параметрирование устройств регистрации, получение от них статусной информации и текущего состояния регистрируемых сигналов должно осуществляться как посредством удаленного доступа, так и с персонального компьютера.

Для регистрации дискретных сигналов микроэлектронных устройств РЗА должны использоваться все дискретные сигналы, предусмотренные заводом-изготовителем, а также дополнительные сигналы, формируемые из неиспользуемых контактов реле этих устройств, если не требуется внесение изменений во внутренний монтаж данных устройств.

Предусматривается выдача сигналов, подлежащих записи автономным РАС, в соответствии со стандартом ОАО «СО ЕЭС» «Релейная защита и автоматика. Автономные регистраторы аварийных событий. Нормы и требования». СТО 59012820.29.020.006-2015.

В соответствии с требованиями СТО 59012820.29.020.009-2016 «Релейная защита и автоматика. Автоматизированный сбор, хранение и передача в диспетчерские центры АО «СО ЕЭС» информации об аварийных событиях с объектов электроэнергетики, оснащенных цифровыми устройствами регистрации аварийных событий» предусматривается организация передачи данных с РАС в Кольское РДУ в автоматическом режиме (с сервера РАС или ЦУС).

Таблица 5.6.1 – Перечень сигналов РАС ПС 110/6 кВ «Печегубский карьер»

| Присоединение | Тип сигнала | Наименование сигнала | Место формирования сигнала |
|------------------|--------------------|----------------------|----------------------------|
| РУ 110 кВ | | | |
| Т-1 | Аналоговые сигналы | Ia | Токовые цепи |
| | | Ib | |

| | | |
|--------------|--------------|-------------|
| Инд. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв.№ |
|--------------|--------------|-------------|

| | | | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|------------------------------|------|
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата | 29-2022/ПР-8701-РЗА.Т | Лист |
| | | | | | | | 48 |

| Присоединение | Тип сигнала | Наименование сигнала | Место формирования сигнала | |
|---------------|--------------------|----------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| | | Is | | |
| | | ЗИО | | |
| | | ТТ нейтрали | | |
| | Дискретные сигналы | РПО ВН | Привод ВН | |
| | | | Срабатывание основной защиты | Шкаф основной защиты |
| | | | Неисправность основной защиты | |
| | | Ключ "Отключение выключателя ВН" | | |
| | | Срабатывание резервной защиты | Шкаф резервной защиты и АУВ | |
| | | | | Неисправность резервной защиты |
| | | | | Работа УРОВ |
| | | | | Импульс отключения через ЭМО В 110 |
| | | | | Ключ "Отключение выключателя НН" |
| | | | | Ключ "Отключение выключателя СВ" |
| | | Ключ "УРОВ" | Шкаф РПН | |
| | | | | Неисправность терминала РПН |
| | | | | |
| Т-2 | Аналоговые сигналы | Ia | Токовые цепи | |
| | | Ib | | |
| | | Ic | | |
| | | ЗИО | | |
| | | ТТ нейтрали | | |
| | Дискретные сигналы | РПО ВН | Привод ВН | |
| | | Срабатывание основной защиты | Шкаф основной защиты | |
| | | Неисправность основной защиты | | |
| | | Ключ "Отключение выключателя ВН" | | |
| | | Ключ "Отключение выключателя НН" | | |

| | | |
|--------------|--------------|--------------|
| Инд. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № |
| | | |

| | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|
| | | | | | |
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата |

29-2022/ПР-8701-РЗА.Т

Продолжение таблицы 5.6.1

| Присоединение | Тип сигнала | Наименование сигнала | Место формирования сигнала |
|-------------------------------|--------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| Т-2 | Дискретные сигналы | Срабатывание резервной защиты | Шкаф резервной защиты и АУВ |
| | | Неисправность резервной защиты | |
| | | Работа УРОВ | |
| | | Импульс отключения через ЭМО В 110 | |
| | | Ключ "Отключение выключателя НН" | |
| | | Ключ "Отключение выключателя СВ" | |
| | | Ключ "УРОВ" | Шкаф РПН |
| Неисправность терминала РПН | | | |
| ВЛ 110 кВ W1G | Аналоговые сигналы | Ia | Токовые цепи |
| | | Ib | |
| | | Ic | |
| | | 3I0 | |
| | Дискретные сигналы | Срабатывание основной защиты | Шкаф основной защиты |
| | | Неисправность основной защиты | |
| | | Ключ "Отключение В 110 Т-1" | |
| | | Ключ "Отключение СВ 110" | |
| | | Ключ "Отключение В 110 Т-2" | |
| | | Ключ "Пуск УРОВ" | |
| | Дискретные сигналы | Срабатывание резервной защиты | Шкаф резервной защиты |
| | | Неисправность резервной защиты | |
| ВЛ 110 кВ W2G | Аналоговые сигналы | Ia | Токовые цепи |
| | | Ib | |
| | | Ic | |
| | | 3I0 | |
| | Дискретные сигналы | Срабатывание основной защиты | Шкаф основной защиты |
| | | Неисправность основной защиты | |
| | | Ключ "Отключение В 110 Т-1" | |
| | | Ключ "Отключение СВ 110" | |
| | | Ключ "Отключение В 110 Т-2" | |
| | | Ключ "Пуск УРОВ" | |
| | Дискретные сигналы | Срабатывание резервной защиты | Шкаф резервной защиты |
| | | Неисправность резервной защиты | |
| Ключ "Отключение выключателя" | | | |
| Ключ "Пуск УРОВ" | | | |

| | | |
|--------------|--------------|--------------|
| Инд. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № |
| | | |

| | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

29-2022/ПР-8701-РЗА.Т

Продолжение таблицы 5.6.1

| Присоединение | Тип сигнала | Наименование сигнала | Место формирования сигнала |
|---------------------|--------------------|------------------------------------|----------------------------|
| СВ 110 кВ | Аналоговые сигналы | Ia | Токовые цепи |
| | | Ib | |
| | | Ic | |
| | | 3I0 | |
| | Дискретные сигналы | РПО | Привод |
| | | Импульс отключения через ЭМО В 110 | Шкаф АУВ |
| Работа УРОВ | | | |
| Работа АПВ | | | |
| Ремонтная перемычка | Аналоговые сигналы | Ia | Токовые цепи |
| | | Ib | |
| | | Ic | |
| | | 3I0 | |
| 1 с 110 кВ | Аналоговые сигналы | Ua | Шкаф ТН 110 кВ |
| | | Ub | |
| | | Uc | |
| | | 3U0 | |
| 2 с 110 кВ | Аналоговые сигналы | Ua | Шкаф ТН 110 кВ |
| | | Ub | |
| | | Uc | |
| | | 3U0 | |
| РУ 10 кВ | | | |
| Ввод 6 кВ 1 с | Аналоговые сигналы | Ia | Токовые цепи |
| | | Ib | |
| | | Ic | |
| | Дискретные сигналы | РПО | Терминал защиты в КРУ |
| | | Срабатывание защит | |
| | | Неисправность защит | |
| Работа УРОВ | | | |
| Ввод 6 кВ 2 с | Аналоговые сигналы | Ia | Токовые цепи |
| | | Ib | |
| | | Ic | |
| | Дискретные сигналы | РПО | Терминал защиты в КРУ |
| | | Срабатывание защит | |
| | | Неисправность защит | |
| Работа УРОВ | | | |

| | | |
|--------------|--------------|--------------|
| Инд. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № |
| | | |

| | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

29-2022/ПР-8701-РЗА.Т

Лист

51

Продолжение таблицы 5.6.1

| Присоединение | Тип сигнала | Наименование сигнала | Место формирования сигнала |
|---------------|--------------------|------------------------|----------------------------|
| СВ 6 кВ | Аналоговые сигналы | Ia | Токовые цепи |
| | | Ib | |
| | | Ic | |
| | Дискретные сигналы | РПО | Терминал защиты в КРУ |
| | | Срабатывание защит | |
| | | Неисправность защит | |
| | | Работа УРОВ | |
| 1 с 6 кВ | Дискретные сигналы | Срабатывание ЗДЗ | Устройство ЗДЗ |
| | | 2 с 6 кВ | Срабатывание ЗДЗ |
| ТН 1 с 6 кВ | Аналоговые сигналы | Ua | Терминал защиты в КРУ |
| | | Ub | |
| | | Uc | |
| | | ЗУ0 | |
| | Дискретные сигналы | Неисправность ТН | |
| ТН 2 с 6 кВ | Аналоговые сигналы | Ua | Терминал защиты в КРУ |
| | | Ub | |
| | | Uc | |
| | | ЗУ0 | |
| | Дискретные сигналы | Неисправность ТН | |
| | | Земля в сети 2 с 10 кВ | |

| | | |
|--------------|--------------|--------------|
| Инд. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № |
| | | |

| | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

29-2022/ПР-8701-РЗА.Т

Лист

52

6. Потребность в устройствах РЗА и кабельной продукции

Ориентировочное количество шкафов РЗА, предусматриваемого на ПС 110/6 кВ «Печегубский карьер» в рамках данного проектирования, приведено в таблице 6.1

Таблица 6.1 - Потребность в шкафах и устройствах РЗА на ПС 110/6 кВ «Печегубский карьер»

| № п/п | Назначение шкафа | Наименование функции | Кол-во, шт |
|---|--|---|------------|
| 1 Защита и автоматика 110 кВ | | | |
| 1.1 | Шкаф защиты и АУВ СВ 110 кВ | А1:ТНЗНП; МТЗ; УРОВ; АПВ; АУВ; А2: ТН 110 кВ | 1 |
| | Шкаф АУВ , УРОВ и АПВ 110 кВ | УРОВ; АУВ, ТАПВ | 2 |
| 1.2 | Шкаф основной, резервной защиты трансформатора, АРКТ, АУВ и УРОВ 110 кВ Т | А1: ДЗТ Т, ГЗ Т, ГЗ РПН, МТЗ ВН/У, МТЗ НН/У, ЗП ВН, ЗП НН, ГЗ Т; ГЗ РПН; ТЗ Т; А2: МТЗ ВН/У; ТЗНП ВН; ГЗ Т; ГЗ РПН; ТЗ Т; А3: АРКТ | 2 |
| 1.3 | Шкаф ЦС | ЦС | 1 |
| 1.4 | Шкаф РАС | РАС | 1 |
| 2 Защита и автоматика 10 кВ | | | |
| 2.1 | Шкаф питания оперативных шин | | 2 |
| 3 Потребность в устройствах РЗА, устанавливаемых в ячейки КРУ 6 кВ | | | |
| 3.1 | Терминал защиты и АУВ линии 6 кВ | МТЗ, МФТО, НЗОЗЗ, ЗП, АУВ, УРОВ | 8 |
| 3.2 | Терминал защиты и АУВ ввода 6 кВ | МТЗ НН/У, АУВ, УРОВ, ТК ЗДЗ, ЛЗШ | 2 |
| 3.3 | Терминал защиты и АУВ СВ 6 кВ | МТЗ, АУВ, ЛЗШ, УРОВ, ТК ЗДЗ, АВР | 1 |
| 3.4 | Терминал защиты ТН 6 кВ | ЗМН, СЗЗ, АЧР | 2 |
| 3.5 | Комплект дуговой защиты КРУ 6 кВ на секцию | ЗДЗ | 2 |
| 4 Потребность в шкафах наружной установки | | | |
| 4.1 | Шкаф зажимов вторичных соединений выключателя | | 3 |
| 4.2 | Шкаф зажимов ТН | | 2 |
| 4.3 | Шкаф зажимов ТТ | | 4 |
| 5 Потребность в ЗИП | | | |
| 5.1 | ЗИП в составе отдельных терминалов, блоков и плат. Комплектность ЗИП должна быть достаточной для устранения любой неисправности в течении 72 часов | Не менее одного для каждого типа. Уточняется на стадии РД | |

Взам. инв.№

Подп. и дата

Инв. № подл.

29-2022/ПР-8701-РЗА.Т

Лист

53

Изм. Кол.уч. Лист № док Подпись Дата

Таблица 6.2 – Потребность в кабельной продукции на ПС 110/6 кВ «Печегубский карьер»

| № п/п | Тип кабеля | Длина, м. | Примечание |
|-------|--|-------------|-------------------------|
| 1 | Кабель контрольный с медными жилами, с изоляцией и оболочкой из ПВХ композиций пониженной пожароопасности, в общем экране, под оболочкой ГОСТ 22483-2012. КВВГЭнг(А)-LS, сечением: | | |
| 1.1 | 5x1,5 | 500 | |
| 1.2 | 7x1,5 | 500 | |
| 1.3 | 5x2,5 | 1500 | |
| 1.4 | 7x2,5 | 1000 | |
| 1.5 | 14x2,5 | 1000 | |
| 1.6 | 5x6 | 4200 | |
| | Итого: | 8700 | Уточняется на стадии РД |

| | | |
|---------------|--------------|--------------|
| Индв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № |
| | | |

| | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|
| | | | | | |
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата |

29-2022/ПР-8701-РЗА.Т

Лист

54

7. Общие требования к микропроцессорным терминалам РЗА

Данный раздел разработан на основании СТО 56947007-29.120.70.241-2017 «Технические требования к микропроцессорным устройствам РЗА» от 28.02.2017.

7.1 Основные номинальные параметры МП устройств РЗА

Основные номинальные параметры МП устройств РЗА приведены в таблице 7.1.

Таблица 7.1

| Наименование параметра | Значение |
|--|----------|
| 1. Номинальный переменный ток, А | 1; 5 |
| 2. Номинальная частота, Гц | 50 |
| 3. Номинальное переменное напряжение, линейное, В | 100 |
| 4. Номинальное напряжение оперативного постоянного тока, В | 220 |

7.2 Требования к конструктивному исполнению

Требования к конструктивному исполнению приведены согласно РД 34.35.310 и СТО 56947007-29.120.70.042-2010 в Таблице 7.2.

Таблица 7.2

| Наименование показателя | Значение |
|---|--|
| 1. Конструктивное исполнение | Модульное |
| 2. Охлаждение устройства | Естественная вентиляция |
| 3. Режим работы | Непрерывный |
| 4. Степень защиты оболочек по ГОСТ 14254 шкафа РЗА | |
| - от проникновения пыли | 5X |
| - от проникновения воды | X4 |
| Степень защиты оболочек для устройств, устанавливаемых в шкаф со степенью защиты IP54, размещенных в отапливаемых и неотапливаемых помещениях капитальных строительных конструкций: | |
| - от проникновения пыли | 2X |
| - от проникновения воды | X1 |
| 5. Защитное заземление | Клемма защитного заземления |
| Требования к конструктивному исполнению шкафов | |
| 6. Габариты шкафа: | |
| - высота, мм | 2200 |
| - ширина, мм | 800 |
| - глубина, мм | 600 или 800 |
| 7. Крепление аппаратуры | С помощью монтажных панелей |
| 8. Требования к удобству обслуживания | |
| 8.2. Обслуживание шкафа | двухстороннее |
| 8.3. Расположение и вид дверей | - металлические или стеклянные двери, должны запираются на стандартные замки; - фиксаторы для передних дверей с углом раскрытия не менее 110° - смотровое окно на металлической двери для визуального контроля за состоянием всего установленного оборудования |

Продолжение таблицы 7.2

| Наименование показателя | Значение |
|-------------------------|----------|
|-------------------------|----------|

| | | |
|--------------|--------------|--------------|
| Инд. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № |
| | | |

| | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

29-2022/ПР-8701-РЗА.Т

Лист

55

| | |
|---|--|
| 8.4. Способ крепления шкафа к полу | С помощью болтовых соединений, сварка запрещена |
| 8.5. Наличие мест для надписей, указывающих назначение шкафа в соответствии с диспетчерскими наименованиями | На лицевой и оборотной сторонах шкафа |
| 9. Материал корпуса | Листовая оцинкованная сталь |
| 10. Меры для снижения электромагнитных воздействий в шкафах РЗА | Применение кабельных вводов с уплотнителем, экранирующей шины, плоских полосовых заземлителей, клемм заземления |
| 11. Требования к компоновке шкафа | |
| 11.1. Размещение аппаратуры в шкафу | По монтажным единицам |
| 11.2. Обозначение номера МЕ | Арабскими двухзначными цифрами |
| 11.3. Расположение МЕ | Слева направо по возрастанию номеров по виду со стороны фасада |
| 11.4. Обозначение номера общешкафной лампы сигнализации | 00 |
| 11.5. Нумерация клемм ряда зажимов | Начинается с клеммы 1 и имеет нумерацию в пределах одной МЕ |
| 11.6. Обозначение аппарата | Позиционно |
| 11.7. Нумерация аппаратов | Слева направо и сверху вниз со стороны монтажа сквозными шкафными номерами независимо от принадлежности к монтажным единицам арабскими цифрами от 1 до 999, а так же номером МЕ, к которой относится аппарат |
| 11.8. Обозначения аппарата на фасаде двери | Установка таблички с позиционным обозначением аппарата и оперативной надписью в рамке-кармашке |
| 11.9. Расположение рамки-кармашка | Со стороны фасада под зоной аппарата по центру вертикальной оси |
| 11.10. Размещение аппаратов в шкафу | Соблюдение рядности |
| 11.11. Размер зоны расположения аппарата | дополнительно к габариту аппарата по 30 мм со сторон присоединения проводов и по 10 мм с других сторон |
| 11.12. Высота установки приборов и аппаратов от уровня пола, мм | |
| - аппараты ручного оперативного управления (переключатели, кнопки, ключи) | 700 - 1700 |
| - Измерительные приборы (шкала) | 1000 - 1800 |
| 12. Требования к монтажу внутри шкафа | |
| 12.1. Прокладка проводов и жил кабелей | В кабель-каналах и (или) жгутах |
| 12.2. Крепление проводников (жгутов) к металлическим элементам конструкции шкафа | Только с применением дополнительной изоляции |
| 12.3. Размер свободной зоны в нижней части шкафа для подвода кабелей | Не менее 250 мм от уровня пола |
| 12.4. Меры предотвращения попадания пыли и влаги внутрь шкафа при проходе кабелей | Уплотняющие устройства |
| 12.5. Расположение рядов зажимов | На боковых панелях шкафа |
| 12.6. Обслуживание рядов зажимов | Сзади |
| 12.7. Формирование рядов зажимов/расчетный ток, А | С помощью наборных зажимов / 16-40 |
| 12.8. Снятие и замена зажима | Без разбора ряда |
| 12.9. Количество проводников, присоединяемых к одному зажиму с каждой стороны, не более | 2 Одного сечения |
| 12.10. Типы зажимов | |
| - токовые цепи и цепи напряжения | винтовые |
| - оперативные цепи, цепи сигнализации и выходные цепи | винтовые или пружинные с разборной перемычкой |

| | | |
|--------------|--------------|-------------|
| Инд. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв.№ |
| | | |
| | | |

| | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|
| Изм. | Коп.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

29-2022/ПР-8701-РЗА.Т

Лист

56

Продолжение таблицы 7.2

| Наименование показателя | Значение |
|--|--|
| 12.11. Применение маркировочной колодки и нанесение надписи на ней | Наносится номера МЕ и ее буквенный код, наименование МЕ или функциональное назначения цепей; в начале и конце клеммного ряда монтируются концевые фиксаторы. Текст надписи выполняется не более чем в две строки. Количество знаков в каждой строке не более двенадцати. Каждая надпись занимает одну целую колодку |
| 12.12. Границы полезной высоты ряда зажимов от уровня пола, мм | 300 - 2100 |
| 12.13. Выполнение нумерации зажимов в пределах одного шкафа (за исключением шкафов с одинаковыми МЕ) | Сквозная, начиная с единицы, считая сверху вниз. Отсчет клемм начинается с левой боковины |
| 12.14. Разводка цепей в шкафу | <ul style="list-style-type: none"> - цепи с одинаковыми марками соединяются между собой в шкафу и выводятся на ряд зажимов, если это требуется, от аппарата ближайшего к ряду зажимов; - в шкафах защит, где расположено несколько отдельных защит, питание которых осуществляется от общего «+» и «-», подключение каждой защиты к «+» и «-» следует осуществлять через ряд зажимов; - при разводке оперативных цепей необходимо располагать их в ряду зажимов для удобства эксплуатации по возрастанию цифровых марок относительно полюсов цепей оперативного тока; - при использовании в шкафах защитных фильтров по цепям питания, входные цепи оперативного тока должны подключаться сразу к входным зажимам фильтра. Цепи питания с выходных зажимов фильтра должны подводиться непосредственно к входам питания устройств, установленных в шкафах |
| 12.15. Предотвращение ложных операций при случайном перемыкании клемм | Разделение цепей разного функционального назначения свободными клеммами для предотвращения включения или отключения присоединения, коротких замыканий в цепях оперативного тока при случайном соединении зажимов (клемм) |
| 12.16. Порядок следования цепей в рядах зажимов | <ul style="list-style-type: none"> - токовые цепи (фазы А, В, С, N) в пределах каждой группы трансформаторов тока; - цепи напряжения (фазы А, В, С, N, H, U, K, F) в пределах каждого трансформатора напряжения; - цепи оперативного тока: «+», плюсовые промежуточные цепи, цепь включения, цепь отключения, минусовые промежуточные цепи «-»; - цепи сигнализации: «+», вспомогательные шинки, промежуточные цепи сигнализации, «-»; - цепи телемеханики; - выходные контакты; - транзитные цепи (транзит токовых цепей выполняется через соединительные зажимы) |

| | | |
|--------------|--------------|--------------|
| Инд. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № |
| | | |

| | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

29-2022/ПР-8701-РЗА.Т

Лист

57

7.3 Требования к электропитанию постоянным оперативным током МП устройства РЗА

Требования к электропитанию постоянным оперативным током МП устройства РЗА согласно ГОСТ Р 51317.4.17, ГОСТ Р 51317.6.5, СТО 56947007-29.240.044-2010, СТО 56947007-33.040.20.004-2008 (Таблица 1), РД 34.35.310 п.4.5.2 приведены в Таблице 7.3.

Таблица 7.3

| Наименование показателя | Значение |
|---|-------------|
| 1. Номинальное напряжение, В | 220 |
| 2. Допустимые длительные отклонения напряжения, % | -20 ... +10 |
| 3. Допустимый уровень (размах) пульсаций, % | 10 |
| 4. Провалы напряжения электропитания в течение 1,0 с, % от номинального | 30 |
| 5. Допустимый перерыв питания без перезапуска, с | 0,5 |
| 6. Наличие защиты от подачи напряжения питания обратной полярности | + |

7.4 Требования к аналоговым входам МП устройств РЗА

Требования к аналоговым входам МП устройств РЗА приведены в Таблице 7.4.

Таблица 7.4

| Наименование показателя | Значение |
|--|------------|
| 1. Перегрузочная способность входов напряжения, не менее, U_n длительно: - для фазных входов - для входа «разомкнутый треугольник» | 1,5 1,8 |
| 2. Перегрузочная способность токовых входов, не менее, I_n - длительно - кратковременно (1 с) | 2 40 |
| 3. Динамический диапазон каналов тока, не менее, I_n | 0,1 - 30 |
| 4. Потребление на фазу - по цепям переменного тока при I_n , ВА, не более - по цепям переменного напряжения при U_n , ВА, не более | 0,5 0,5 |
| 5. Количество аналоговых входов по напряжению, не менее, шт. | 4 |
| 6. Количество аналоговых входов по току, не менее ¹ , шт. | 3 |

¹ Количество может быть уточнено в зависимости от типа защит

7.5 Требования к дискретным входам МП устройств РЗА

Требования к дискретным входам МП устройств РЗА согласно СТО 56947007-29.120.40.102-2011 приведены в Таблице 12.5.

Таблица 7.5

| Наименование показателя | Значение |
|--|-----------|
| 1. Напряжение срабатывания, В | 158 – 170 |
| 2. Напряжение возврата, В | 132 – 154 |
| 3. Диапазон регулировки программной задержки срабатывания, мс | 0 - 20 |
| 4. Аппаратная задержка срабатывания не более, мс | 5 |
| 5. Шаг регулировки задержки срабатывания, не более, мс | 1 |
| 6. Количество дискретных входов, не менее, шт. - для устройств РЗА присоединений 6-35 кВ - для устройств РЗА присоединений 110 кВ и выше | 8 16 |
| 7. Входное сопротивление при закрытом рабочем состоянии дискретного входа не более, кОм | 60 |

| | |
|--------------|--|
| Взам. инв.№ | |
| Подп. и дата | |
| Инв. № подл. | |

Продолжение таблицы 7.5

| Наименование показателя | Значение |
|---|----------|
| 8. Отсутствие срабатывания ДВ при подведении напряжения обратной полярности | + |
| 9. Количество электричества импульса режекции ¹ , не менее, мкКл | 200 |

¹ Длительность импульса режекции, формируемого при замыкании «сухого» контакта, определяется аппаратной задержкой не более 5 мс.

7.6 Требования к выходным контактам устройства в цепях постоянного тока напряжением 220 В

Требования к выходным контактам устройства в цепях постоянного тока напряжением 220 В $\tau^1=20$ мс согласно РД 34.35.310 приведены в Таблице 7.6.

Таблица 7.6

| Наименование показателя | Значение |
|--|----------|
| 1. Длительно допустимый ток, А | 1 |
| 2. Коммутационная способность, Вт ² | 30 |
| 3. Коммутационная износостойкость контактов, циклов, не менее | 10000 |
| 4. Количество сигнальных дискретных выходов, не менее, шт. - для устройств РЗА присоединений 6-35 кВ - для устройств РЗА присоединений 110 кВ и выше | 6 30 |

¹ τ - постоянная времени цепи постоянного тока с индуктивной нагрузкой.
² В цепях постоянного тока с индуктивной нагрузкой, с постоянной времени τ , равной 0,02 с при напряжениях от 24 до 250 В или при токе до 1,0 А, с коммутационной износостойкостью не менее 10000 циклов.

7.7 Требования к выходным контактам устройства в цепях постоянного тока напряжением 220 В, $\tau=50$ мс

Требования к выходным контактам устройства в цепях постоянного тока напряжением 220 В $\tau=50$ мс приведены в Таблице 7.7.

Таблица 7.7

| Наименование показателя | Значение |
|---|---------------------------|
| 1. Длительно допустимый ток А, не менее | 5 |
| 2. Коммутационная способность контактов на замыкание: - при токе до 10 А в течение, с - при токе до 15 А в течение, с - при токе до 30 А в течение, с - при токе до 40 А в течение, с | 1,0 0,3 0,2 0,03 |
| 3. Коммутационная способность контактов на размыкание, А, не менее | 0,25 |
| 4. Коммутационная износостойкость контактов, циклов, при выполнении пунктов 2 и 3, не менее | 2000 |
| 5. Количество отключающих дискретных выходов, не менее, шт. - для присоединений 6-35 и 110 кВ - для присоединений 220 кВ и выше | 5 12 |

7.8 Требования к надежности МА устройств РЗА

7.8. Требования к надежности МА устройств РЗА согласно ГОСТ 27.003 приведены в Таблице

| | |
|--------------|--|
| Взам. инв.№ | |
| Подп. и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|-----------------------|------|
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата | 29-2022/ПР-8701-РЗА.Т | Лист |
| | | | | | | | 59 |

Таблица 7.8

| Наименование показателя | Значение |
|---|--------------------------------------|
| 1. Среднее время наработки на отказ сменного элемента, час, не менее | 125 000 |
| 2. Срок службы, лет, не менее | 25 |
| 3. Режим работы системы самодиагностики | при включении; фоновый, постоянно |
| 4. Память для хранения констант, кода программ и данных саморегистрации | энергонезависимая |
| 5. Гарантийное сопровождение с момента ввода в эксплуатацию, лет, не менее | 3 |
| 6. Срок поставки запасных частей для оборудования в течение всего его срока службы с момента подписания договора на их покупку, мес., не более | 3 |
| 7. Неисправность памяти, используемой для регистрации аварийных событий, каналов связи с ПК, АСУ ТП ПС, местного пульта управления, не должны приводить к потере работоспособности устройства РЗА | + |

7.9 Требования к интерфейсу Человек-машина терминала и прикладного программного обеспечения

Интерфейс человек-машина (ИЧМ) терминала и прикладного ПО должен быть реализован на русском языке с использованием общеупотребительных терминов и сокращений и отвечать требованиям, изложенным в таблице 7.9.

Таблица 7.9

| Наименование показателя | Значение |
|--|--|
| 1. Управление устройством | местный пульт; переносной ПК |
| 2. Язык | русский |
| 3. Возможность конфигурирования параметров с помощью внешнего ПК с установленным ПО | + |
| 4. Возможность чтения журнала событий с помощью внешнего ПК | + |
| 5. Ведение журнала(ов) событий (неисправностей) в энергонезависимой памяти без возможности очищения (стирания, редактирования) данного журнала(ов) | + |
| 6. Функции ИЧМ (по выбору пользователя) | <ul style="list-style-type: none"> - ввод и отображение уставок и других параметров настройки; - отображение текущих действующих значений входных аналоговых величин, частоты, активной и реактивной мощности; - отображение результатов саморегистрации функционирования МП РЗА; - ввод в действие и вывод из действия отдельных функций, входящих в состав МП РЗА; - корректировку календаря и часов службы времени МП РЗА (если таковая предусмотрена); - вывод значений моментов времени трех последних срабатываний каждой из функций, входящих в состав МП РЗА; - вывод информации о расстоянии до места повреждения; - вывод кода неисправности, выявленной средствами внутренней диагностики, чтение (просмотр) журнала событий. |
| 7. Переключение управления устройством с дистанционного на местное | должно быть доступно только на местном уровне |

| | | | | | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|-----------------------|---------|------|--|--|--|------|
| Инд. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | | | | | | | Лист |
| | | | 29-2022/ПР-8701-РЗА.Т | | | | | | |
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата | | | | |

| | |
|---|---|
| 8. Файл параметров настройки терминала РЗА должен включать данные о дате и времени последнего изменения | + |
|---|---|

7.10 Требования к интерфейсам связи и протоколам обмена данными МП устройства РЗА

Требования к интерфейсам связи и протоколам обмена данными МП устройства РЗА приведены в Таблице 7.10 в соответствии с концепцией развития РЗА электросетевого комплекса (Протокол ПАО «Россети» от 22.06.2015 № 356пр), СТО 56947007-29.240.036-2009, СТО 56947007-29.130.01.092-2011.

Таблица 7.10

| Наименование показателя | Значение |
|--|--|
| 1. Требования к синхронизации времени, наличие протоколов | 1. RFC 5905 NTPv4 (SNTPv4) и/или 2. IEEE 1588v2 Precision Time Protocol (PTP) При отсутствии протоколов NTPv4 (SNTPv4): выделенная шина (IRIG B, NMEA, 1 PPS) + протокол передачи данных (ГОСТ Р МЭК 60870-5-104, ГОСТ Р МЭК 60870-5-103) |
| 2. Абсолютная погрешность синхронизации часов устройства РЗА с системным временем, мс, не более | 1,0 |
| 3. Автоматическое восстановление точного времени (синхронизация времени) при восстановлении питания оперативным током МП терминала после перерыва в его работе любой длительности | + |
| 4. Автоматическое восстановление точного времени (синхронизация времени) после пропадания внешнего источника синхронизации (системы синхронизация времени или синхронизации от АСУ ТП) | + |
| 5. Погрешность внутренних часов устройства при пропадании оперативного тока или потери внешней синхронизации | не более 1 с в сутки |
| 6. Интерфейсы для связи с АСУ ТП ПС | ETHERNET (витая пара или оптический) |
| 7. Протокол обмена данными с АСУ ТП: для горизонтального обмена для среднего и верхнего уровня | GOOSE, MMS по IEC 61850-8-1 |
| 8. Количество физических портов для связи с АСУ ТП ПС не менее, шт - для использования на объектах ЕНЭС | 2 |
| 9. Интерфейс для подключения переносного ПК | USB или ETHERNET |
| 10. Формирование осциллограмм в формате COMTRADE с поддержкой выдачи осциллограмм в АСУ ТП по протоколу IEC 61850-8-1 с использованием сервиса getFile | + |
| 11. Поддержка функции дистанционного управления устройствами РЗА из АСУ ТП по протоколу IEC 61850-8-1 | <ul style="list-style-type: none"> - изменение уставок и выбор параметров настройки устройств РЗА, в том числе, переключение групп уставок РЗА; - изменение режима работы АПВ; - оперативный ввод/вывод функций (оперативного ускорения, ТО и ТУ, чувствительного органа ДЗШ, пуска УРОВ) или всего устройства РЗА и других оперативных «виртуальных» накладок; - прочие функции по согласованию с заказчиком на этапе рабочего проектирования |

| |
|--------------|
| Взам. инв.№ |
| Подп. и дата |
| Инв. № подл. |

| | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

29-2022/ПР-8701-РЗА.Т

Лист

61

Продолжение таблицы 7.10

| Наименование показателя | Значение |
|---|---|
| 12. Наличие сертификата соответствия требованиям первой или второй редакции IEC 61850, выданного аккредитованной лабораторией уровня A(B) USA или иной лабораторией по согласованию с ПАО «ФСК ЕЭС» | части 6, 7-1, 7-2, 7-3, 7-4 и 8-1; Блоки испытаний на соответствие: 1 Basic Exchange (Базовый Обмен Данными) 2 Data Sets (Наборы Данных) 4 Setting Group Selection (Выбор Группы Уставок) 4+ Setting Group Definition (Определение Группы Уставок) 5 Unbuffered Reporting (Небуферируемые Отчеты) 6 Buffered Reporting (Буферируемые Отчеты) 9a GOOSE Publish (Публикация GOOSE) 9b GOOSE Subscribe (Подписка на GOOSE) 12a Direct Control (Прямое Управление) 12d Enhanced SBO control (Выбор перед управлением с повышенной безопасностью) только для АУВ 13 Time Synchronization (Синхронизация Времени) 14 File Transfer (Передача Файлов) |
| 13. Горизонтальный обмен данными между терминалами - для использования на объектах ЕНЭС, по протоколу | GOOSE по IEC 61850-8.1 |
| 14. Производительность GOOSE | IEC 61850-5, п. 13 и IEC 61850-10 |
| 15. Поддержка функции горячего резервирования портов или наличие протокола PRP | + |
| 16. Типы неоперативной технологической информации, передаваемой в АСУ ТП | - данные осциллограмм; - информация из журналов событий устройства РЗА; - информация о неисправности устройства РЗА |
| 17. Типы оперативной технологической информации, передаваемой в АСУ ТП | - текущие значения электрических величин; - токи аварийного отключения выключателей; - данные ОМП; - положение коммутационных аппаратов |

7.11 Дистанционное управление функциями РЗА

1 Терминал РЗА должен иметь возможность управлять функциями РЗА с помощью «виртуальных ключей».

2 «Виртуальные ключи» должны быть выполнены в логике терминала. Состояние «виртуального ключа» должно храниться в энергонезависимой памяти терминала РЗА и не изменять свое состояние при снятии оперативного тока или перезагрузке терминала.

3 «Виртуальный ключ» может быть реализован как встроенная функция терминала РЗА или быть создан с помощью свободно программируемой логики терминала доступной пользователю.

4 Управление «виртуальным ключом» должно выполняться:

- по месту с помощью кнопок терминала;
- дистанционно, путём управления по протоколу МЭК 61850-8-1.

5 Для перевода управления терминал должен иметь возможность перевода местное/дистанционное управление.

| | | | | | | | | | |
|-------------|--------------|------|---------|------|-------|---------|------|-----------------------|------|
| Взам. инв.№ | Подп. и дата | Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата | 29-2022/ПР-8701-РЗА.Т | Лист |
| | | | | | | | | | 62 |

В положении «МЕСТНОЕ» управление функциями РЗА возможно только кнопками терминала. В положении «ДИСТАНЦИОННОЕ» управление функциями РЗА осуществляется по протоколу МЭК 61850.

6 Для отображения состояния «виртуального ключа» в устройстве РЗА должны использоваться светодиоды (два светодиода или один двухцветный светодиод на ключ), показывающие состояние функции, управляемой данным ключом, с обязательным обозначением назначения.

7.12 Требования к регистрации аварийных событий МП устройством РЗА

Регистрация аварийных событий МП устройством РЗА должна отвечать требованиям, приведенным в таблице 7.12.

Таблица 7.12

| Наименование показателя | Значение |
|---|---|
| 1. Длительность доаварийной записи, с | 0,1 – 0,5 |
| 2. Максимальное время регистрации одной осциллограммы, с, не менее | 10 |
| 3. Количество сохраняемых осциллограмм, не менее | 30 |
| 4. Запись «последовательности» осциллограмм (при длительности процесса, превышающей полное время регистрации в одной осциллограмме) с возможностью просмотра этой информации на одной осциллограмме | + |
| 5. Погрешность регистрации дискретных сигналов, не более, мс | 1,0 |
| 6. Частота дискретизации ¹ аналоговых сигналов, точек на период, не менее | 20 |
| 7. Условия пуска регистратора | <ul style="list-style-type: none"> - по срабатыванию заданного логического (внутреннего) сигнала - по срабатыванию заданного дискретного (внешнего) сигнала - при действии на отключение вне зависимости от заданных условий пуска - фазное напряжение (UA, UB или UC); - напряжение прямой последовательности (U1) - напряжение обратной последовательности (U2); - утроенное напряжение нулевой последовательности (3U0); - фазный ток (IA, IB или IC); - ток прямой последовательности (I1); - ток обратной последовательности (I2); - утроенный ток нулевой последовательности (3I0) |
| 8. Удаление данных регистрации (осциллограмм и записей журнала событий) в устройстве РЗА | только вытеснением новыми записями старых (невозможность выборочного удаления осциллограмм в терминале) |
| 9. Блокировка от длительного пуска | + |
| 10. Формат зарегистрированных данных | IEC 60255-24 Edition 2.0 2013-04 / IEEE/IEC C37.111-2013 Measuring relays and protection equipment - Part 24: Common format for transient data exchange (COMTRADE) for power systems |
| 11. Содержательная часть файла заголовка Header (xxx.hdr) должна включать в себя | <ul style="list-style-type: none"> • Название ПС; • Дата и время записи аварии; • Причина пуска; |

| | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--|--|--|
| Инд. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | | | |
| | | | | | |

| | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|
| Изм. | Коп.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата |
| | | | | | |

29-2022/ПР-8701-РЗА.Т

Лист

63

| |
|--|
| |
|--|

- Обозначение линии, трансформатора, реактора, конденсатора или выключателя, где был переходный процесс;
- Длина поврежденной линии;
-

| | | |
|--------------|--------------|--------------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № |
| | | |

| | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|
| | | | | | |
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата |

29-2022/ПР-8701-РЗА.Т

Продолжение таблицы 7.12

| Наименование показателя | Значение |
|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Активные и реактивные сопротивления прямой и нулевой последовательности; • Взаимная индукция между параллельными линиями; • Расположение и параметры шунтирующих реакторов и конденсаторных батарей; • Номинальные напряжения обмоток трансформаторов; • Параметры трансформатора и схема соединения обмоток |
| <p>12. Содержательная часть файла конфигурации Config (xxx.cfg) должна включать в себя</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Название ПС; • Число и тип каналов; • Названия каналов; • Единицы измерения регистрируемых величин; • Коэффициенты трансформации измерительных трансформаторов (тока и напряжения); • Коэффициенты передачи каналов записи и диапазоны представления выборок; • Частоту выборки (дискретизации)² • Общее число выборок; • Дату и время пуска; • Время выборки первого значения данных и тип файла данных в символах ASCII |
| <p>13. Содержательная часть файла данных Data (xxx.dat) должна включать в себя</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Файлы данных должны быть разделены на строки. Каждая строка разделена на (n+2) колонок, где n - количество каналов в записи. • 1-й столбец содержит номер выборки данных - целое число (например, 110). • 2-й столбец содержит время в миллисекундах - целое число. • 3-й и остальные столбцы содержат величины, которые представляют напряжения и дискретные сигналы (их значения в момент выборки). • Единицы, в которых представлены значения аналоговых сигналов (токов и напряжений) записаны в файле конфигурации, в строке принадлежащей сигналу, номер которого в списке сигналов данного сеанса регистрации соответствует номеру его колонки в файле данных. • Последующие выборки отделяются возвратом каретки и переводом строки. • Значения данных должны представляться в формате целого числа из шести цифр (I6), разделяемых запятыми. Отсутствующие значения представляются, как 999999. • Дискретные сигналы (I1) представляются единицами и нолями. • Метка конца ASCII файла (EOF) ("1A" HEX) помещается сразу после скрытого символа "возврат каретки/перевод строки" (<CR,LF>) в конце записи файла |
| <p>¹ Частота дискретизации аналоговых сигналов встроенного РАС должна обеспечивать регистрацию всех размеров, используемых алгоритмами устройства защиты</p> <p>² Частота дискретизации для всех устройств должна быть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1000 при 20 отсчетов/период - 1200 при 24 отсчетах/период | |

| | |
|--------------|--|
| Взам. инв.№ | |
| Подп. и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|--|
| | | | | | | |
| Изм. | Коп.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата | |

8. Электромагнитная совместимость и помехозащищенность устройств релейной защиты и автоматики

Микропроцессорные устройства РЗА, в отличие от электромеханических устройств, более подвержены опасному влиянию импульсных помех из-за низкого уровня сигналов, на которых работают эти устройства.

Источниками помех на подстанциях могут быть: короткие замыкания, грозовые перенапряжения, коммутации высоковольтного оборудования, а также коммуникации в сети оперативного постоянного тока, электромагнитов включения и отключения выключателей, электромеханических реле и др.

Импульсные помехи, попадая на входы указанных устройств, могут приводить к их повреждению или вызывать неправильную работу. МП аппаратура РЗА обладает уровнями помехозащищенности, определяемыми соответствующими стандартами и оговоренными в технических условиях (технических описаниях) на конкретные устройства. Отечественный и зарубежный опыт показывает, что в общем случае без выполнения специальных мероприятий по снижению уровня помех во вторичных цепях ПС до значений, с запасом не превышающих уровней испытательных напряжений, на которые рассчитаны МП устройства РЗА, эти устройства не могут нормально функционировать.

В связи с этим проектирование РЗА элементов должно выполняться с учетом решения вопросов защиты вторичных цепей от импульсных и электромагнитных помех.

Необходимые мероприятия по защите от импульсных помех разрабатываются в соответствии с действующими «Методическими указаниями по обеспечению электромагнитной совместимости на объектах электросетевого хозяйства» (СТО 56947007-29.240.044-2010) и «Руководством по обеспечению электромагнитной совместимости вторичного оборудования и систем связи электросетевых объектов» (СТО 56947007-29.240.043-2010).

Наиболее действенным средством защиты от помех является применения в цепях трансформаторов тока, трансформаторов напряжения и цепях оперативного постоянного тока кабелей, имеющих проводящую оболочку, которая должна быть заземлена с обеих сторон.

Кроме того, для снижения уровня импульсных помех, поступающих по аналоговым и дискретным входам МП устройств РЗА, может потребоваться усиление мероприятий по обеспечению помехозащищенности на основе проведения предварительных натурных измерений и рекомендаций по устранению обнаруженных недостатков в части существующего контура

| | | |
|--------------|--------------|-------------|
| Инд. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв.№ |
| | | |

| | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|
| | | | | | |
| Изм. | Коп.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата |

29-2022/ПР-8701-РЗА.Т

заземления, заземления в местах установки оборудования, аппаратов и устройств, а также прокладки кабельных каналов.

Для проверки достаточности принятых проектных решений и качества их практической реализации строительной организацией после проведения реконструкции необходимо провести натурные измерения на стадии пусковых или приёмосдаточных испытаний.

| | | | | | | | |
|--------------|--------------|------|-------|---------|------|-----------------------|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | | | | | Взам. инв. № | |
| | | | | | | | |
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата | 29-2022/ПР-8701-РЗА.Т | Лист |
| | | | | | | | 67 |

Таблица регистрации изменений

| Изм. | Номера листов(страниц) | | | | Всего листов (страниц) в док. | Номер док. | Подп. | Дата |
|------|------------------------|------------|-------|----------------|-------------------------------|------------|-------|------|
| | Изменённых | Заменённых | Новых | Аннулированных | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

| | | |
|--------------|--------------|-------------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв.№ |
| | | |

| | | | | | |
|------|---------|------|-------|---------|------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата |






29-2022/ПР-8701-РЗА.Т

ВЕДОМОСТЬ ДОКУМЕНТОВ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ

| Обозначение | Наименование | Примечание |
|------------------------------|---|------------|
| 29-2022/ПР-8701-РЗА, лист 1 | Ведомость документов графической части | |
| 29-2022/ПР-8701--РЗА, лист 2 | Схема размещения по ТТ и ТН устройств ИТС | |

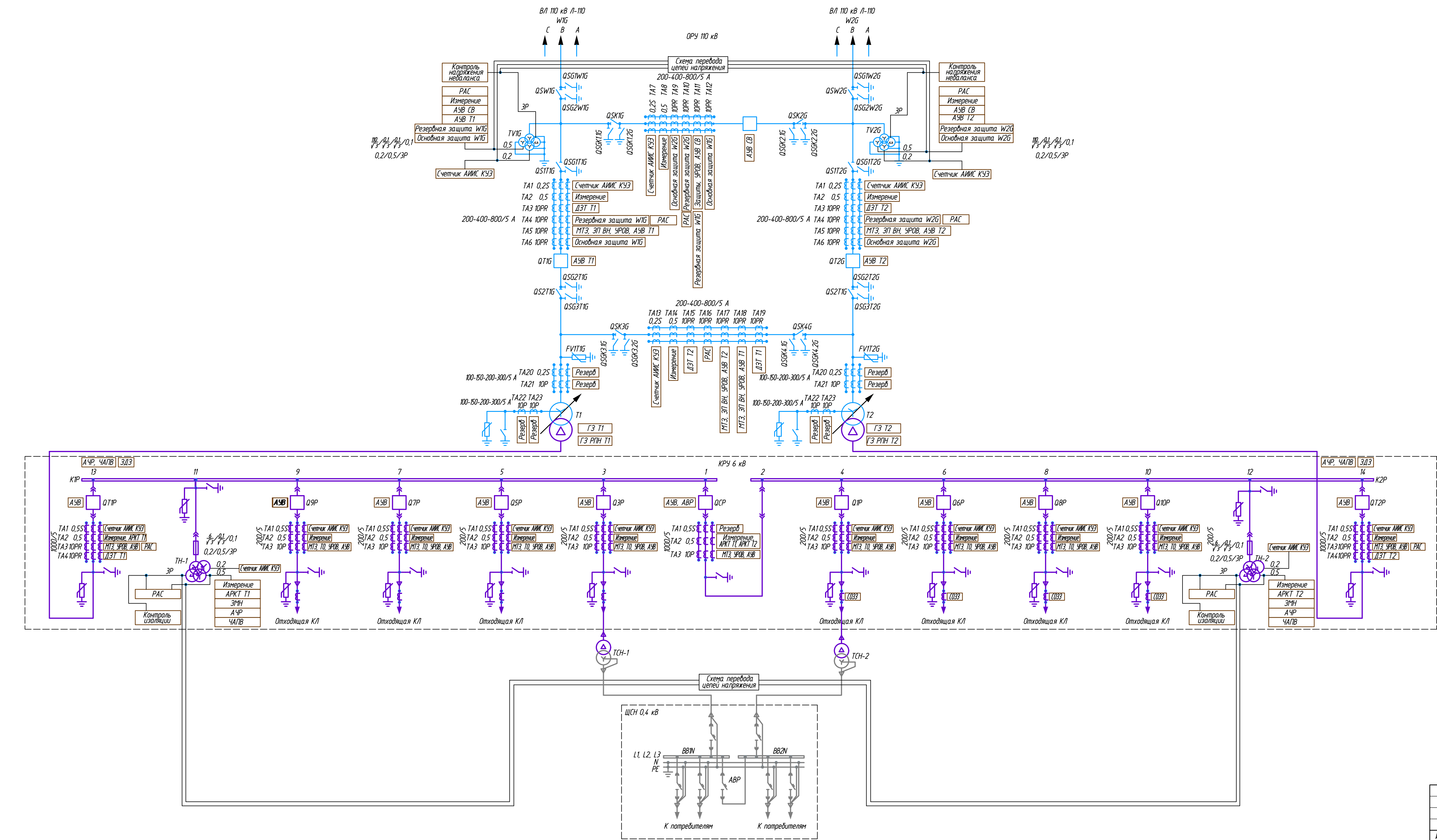
| | |
|-------------|--|
| Согласовано | |
| | |
| | |
| | |

| | |
|--------------|--|
| Взам. инв. № | |
| Подп. и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | | | | | |
|------------|----------|------|-------|---|-------|---|---|------|--------|
| | | | | | | 29-2022/ПР-8701-РЗА | | | |
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док | Подпись | Дата | Ведомость документов графической части | Стадия | Лист | Листов |
| Разработал | Муханов | | |  | 05.23 | | П | 1 | 1 |
| Проверил | Ушаков | | |  | 05.23 | | | | |
| Н.контр. | Назаров | | |  | 05.23 | | | | |
| ГИП | Погодина | | |  | 05.23 | | | | |
| | | | | | | |  ООО «ТСН-Электро» | | |

Обозначения:

АУВ - автоматика управления выключателем;
 УРОВ - устройство резервирования отключения выключателя;
 ЭП ВН - защита от перерезки, устанавливаемая на стороне высшего напряжения;
 ЭП - защита от перерезки;
 ГЗ Т - газовая защита трансформатора;
 ГЗ РПН Т - газовая защита устройства РПН трансформатора;
 РПН - регулирование напряжения под нагрузкой;
 МТЗ - максимальная токовая защита;
 ТО - токовая отсечка;
 ДЗТ - дифференциальная токовая защита;
 АВР - автоматический ввод резерва;
 ЛЗШ - логическая защита шин;
 ОЗЗ - однофазное замыкание на землю;
 ЗДЗ - защита от дуговых замыканий;
 АРКТ - автоматическое регулирование коэффициента трансформации;
 ДТР - дугогасящий реактор;
 АЧР - автоматическая частотная разгрузка;
 ЧАПВ - частотное автоматическое повторное включение;
 ЭМН - защита минимального напряжения;
 САУ ДТР - система управления дугогасящим реактором;
 АИИС КУЭ - автоматизированная информационно-измерительная система коммерческого учета электроэнергии;
 РАС - регистратор аварийных событий



1. Схема распределения по ТТ и ТН устройств ИТС выполнена на основании Технического задания на проектирование и строительство по объекту «Строительство ПС 110/6 кВ для электроснабжения карьера Печевубский».
2. Рабочие отайки обмоток ТТ будут уточнены на стадии разработки проектной документации.
3. Защиты ВЛ-110 кВ и места их подключения показаны условно. Их установка предусматривается по отдельному титулу.

| | | | | | |
|--|----------|-------|--------------------------------------|-------|--------|
| 29-2022/ПР-8701-СОПТ | | | | | |
| Строительство ПС 110/6 кВ для электроснабжения карьера Печевубский | | | | | |
| Часть 2. Технологические решения. | | | | | |
| Изм. | Колуч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
| Разраб. | Орлова | 05.23 | | | 05.23 |
| Проверил | Ушаков | | | | 05.23 |
| Релейная защита и автоматика. | | | Стадия | Лист | Листов |
| | | | п | 2 | |
| Схема размещения по ТТ и ТН устройств ИТС | | | ООО "ТСН-Электра" г. Нижний Новгород | | |
| И контроль | Назаров | | | | 05.23 |
| ГИП | Погодина | | | | 05.23 |