ООО «АЛЬФАПРОМ»

Заказчик: АО «ДРСК»
Объект: ПС 110/35/10 кВ СМР
Адрес объекта: Хабаровский край, г. Хабаровск

«Расширение РУ-6 кВ ПС 110 кВ СМР»

ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Раздел 5. Сведения об инженерном оборудовании, о сетях и системах инженерно-технического обеспечения
Подраздел 1. Система электроснабжения
Книга 2. Релейная защита и автоматика

АП.241201-ИОС1.2

2025

ООО «АЛЬФАПРОМ»

Заказчик: АО «ДРСК»
Объект: ПС 110/35/10 кВ СМР
Адрес объекта: Хабаровский край, г. Хабаровск

«Расширение РУ-6 кВ ПС 110 кВ СМР»

ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Раздел 5. Сведения об инженерном оборудовании, о сетях и системах инженерно-технического обеспечения
Подраздел 1. Система электроснабжения
Книга 2. Релейная защита и автоматика

АП.241201-ИОС1.2

Генеральный директор Ткаченко Р.Е.

Главный инженер проекта Збрицкий Е.А.

Изм.	№ док.	Подп.	Дата
1	01-25		17.02.25
2	02-25		07.03.25

2025

СОДЕРЖАНИЕ ТОМА

Обозначение	Наименование	Примечание
АП.241201–ИОС1.2.С	Содержание тома	Изм.1 (зам.)
АП.241201–СП	Состав проектной документации	Изм.1 (зам.)
АП.241201– ИОС1.2.ПЗ	Пояснительная записка	Изм.2 (зам.)
АП.241201– ИОС1.2.ГЧ	Графическая часть	Изм.1 (зам.)

Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подпись	Дата
2	–	Зам.	02–25		07.03.25
1	–	Зам.	01–25		17.02.25

АП.241201–ИОС1.2.С

Разраб.	Баланцев Б.Е.		01.2025
Провер.	Ткаченко Р.Е.		01.2025
ГИП	Збрицкий Е.А.		01.2025
Н. контр.	Збрицкий Е.А.		01.2025
Утвердил	Ткаченко Р.Е.		01.2025

Содержание тома

Стадия	Лист	Листов
П		1

ООО «АЛЬФАПРОМ»

СОСТАВ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

№ тома	Шифр тома	Наименование тома	Примечание
1	АП.241201-ПЗ	Раздел 1. Пояснительная записка	
2	АП.241201-ПЗУ	Раздел 2. Схема планировочной организации земельного участка	Изм.1 (зам.)
3	АП.241201-АС	Раздел 3. Архитектурно-строительные решения	Изм.2 (зам.)
4	АП.241201-КР	Раздел 4. Конструктивные и объемно – планировочные решения	Изм.1 (зам.)
5		Раздел 5. Сведения об инженерном оборудовании, о сетях и системах инженерно-технического обеспечения	
5.1.1	АП.241201-ИОС1.1	Подраздел 1. Система электроснабжения Книга 1. Силовое электрооборудование 6 кВ	Изм.2 (зам.)
5.1.2	АП.241201-ИОС1.2	Подраздел 1. Система электроснабжения Книга 2. Релейная защита и автоматика	Изм.2 (зам.)
5.1.3	АП.241201-ИОС1.3	Подраздел 1. Система электроснабжения Книга 3. Телемеханика	
5.1.4	АП.241201-ИОС1.4	Подраздел 1. Система электроснабжения Книга 4. АИИСКУЭ	Изм.2 (зам.)
5.1.5	АП.241201-ИОС1.5	Подраздел 1. Система электроснабжения Книга 5. Собственные нужды	
5.2		Подраздел 2. Система водоснабжения	Не разрабатывается
5.3		Подраздел 3. Система водоотведения	Не разрабатывается
5.4	АП.241201-ИОС4	Подраздел 4. Отопление, вентиляция и кондиционирования воздуха, тепловые сети	Изм.2 (нов.)
6	АП.241201-ТР	Раздел 6. Технологические решения	Не разрабатывается
7	АП.241201-ПОС	Раздел 7. Проект организации строительства	Изм.2 (зам.)
8	АП.241201-ООС	Раздел 8. Перечень мероприятий по охране окружающей среды	
9	АП.241201-ПБ	Раздел 9. Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности	
10	АП.241201-БЭ	Раздел 10. Требования к обеспечению безопасной эксплуатации объектов капитального строительства	Не разрабатывается
12	АП.241201-СМ	Раздел 12. Смета на строительство объектов капитального строительства	

Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подпись	Дата
2	-	Зам.	02-25		07.03.25
1	-	Зам.	01-25		17.02.25

АП.241201-СП

Разраб.	Баланцев Б.Е.		01.2025
Провер.	Ткаченко Р.Е.		01.2025
ГИП	Збрицкий Е.А.		01.2025
Н. контр.	Збрицкий Е.А.		01.2025
Утвердил	Ткаченко Р.Е.		01.2025

Состав проекта

Стадия	Лист	Листов
П		1

ООО «АЛЬФАПРОМ»

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие данные и основание для проектирования 2
2. Технические решения 2
3. Расчет уставок срабатывания РЗА 6
4. Результат расчета уставок 12

ТАБЛИЦА РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ 14

Подпись и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подпись и дата | Инв. № подл.

Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подпись	Дата
2	–	Зам.	02-25		07.03.25
1	–	Зам.	01-25		17.02.25

АП.241201-ИОС1.2 ПЗ

Разраб.	Коротких В.А.	01.2025	Раздел 5. Сведения об инженерном оборудовании, о сетях и системах инженерно-технического обеспечения Подраздел 1. Система электроснабжения Книга 2. Релейная защита и автоматика Пояснительная записка
Провер.	Баланцев Б.Е.	01.2025	
ГИП	Збрицкий Е.А.	01.2025	
Н. контр.	Збрицкий Е.А.	01.2025	
Утвердил	Ткаченко Р.Е.	01.2025	

Стадия	Лист	Листов
П	1	14

ООО «АЛЬФАПРОМ»

Формат А4

1. Общие данные и основание для проектирования

В рамках подраздела «Система электроснабжения» Книга 2 «Релейная защита и автоматика» выполнены расчеты уставок срабатывания РЗиА, в Графической части настоящего тома приведены схемы размещения устройств ИТС по обмоткам измерительных трансформаторов, электрические принципиальные схемы ячеек.

Проектная документация по титулу: «Расширение РУ-6 кВ ПС 110 кВ СМР» выполнена на основании:

- договора подряда на выполнение проектно-изыскательских работ № 692/ХЭС от 29.11.2024г. заключенного между АО «ДРСК» и ООО «АЛЬФАПРОМ»;
- Технического задания на разработку проектной и рабочей документации по объекту «Расширение РУ-6 кВ ПС 110 кВ СМР»;
- Технических требований на выполнение рабочего проекта «Расширение РУ-6 кВ ПС 110 кВ СМР».

2. Технические решения

В рамках подраздела «Система электроснабжения» Книга 2 «Релейная защита и автоматика» выполняется реконструкция ПС 110 кВ СМР с установкой нового распределительно устройства КРУМ-2 6 кВ в блочно-модульном здании высокой заводской готовности с целью расширения действующего распределительно устройства 6 кВ.

Подключение проектируемого КРУМ2-6 кВ осуществляется от ячеек №100 и №212а существующего КРУМ-6 кВ, для чего производится их реконструкция (ретрофит) в объеме замены силового оборудования, на оборудование большей пропускной способности. Подлежат замене:

- трансформаторы тока – на аналогичные по конструктиву ТОЛ-СЭЩ-10;
- силовой выключатель.

Адаптация вторичных цепей ячеек производится в рамках перемонтажа цепей внутри релейного отсека ячейки и не требует отключения секции шин, что исключает перерывы в электроснабжении других потребителей подстанции. Цепи релейной защиты существующих ячеек не реконструируются и остаются существующие.

В качестве РУ-6 кВ в БМЗ установлено распределительное устройство на основе малогабаритных необслуживаемых ячеек типа КРУ «Etalon».

Подпись и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подпись и дата | Инв. № подл.

Шкафы КРУ РУВН комплектуются силовыми высоковольтными модулями ISM15_Mono_1 и ISM15_Mono_2, модулями управления СМ_15 с функцией учета, телемеханики и РЗиА, быстродействующей пневматической дуговой защитой, комплектом датчиков тока и напряжения (КДТН) VCS_Smart производства компании ООО "Таврида Электрик".

Шкафы КРУ серии Etalon выпускаются серийно по техническим условиям ТУ 3414-014-84861888-2014 (ТШАГ.674722.120 ТУ) и успешно прошли полный цикл испытаний на соответствие с ГОСТ 14693-90, а также ГОСТ Р 55190-2012. Модули управления в части коммерческого учета соответствуют ГОСТ Р 56750—2015.

В качестве измерительных органов в ячейках КРУ серии Etalon используются комбинированные датчики тока-напряжения (далее КДТН). В таблице 2.1 приведены метрологические характеристики КДТН для целей коммерческого учета.

Таблица 2.1. Метрологические характеристики КДТН

Наименование характеристики	**Значение**
Датчик напряжения	
Наибольшее рабочее напряжение $U_{раб}$, кВ	$12/\sqrt{3}$
Номинальное первичное напряжение $U_{ном1}$, кВ	$6/\sqrt{3}$, $10/\sqrt{3}$
Диапазон коэффициента масштабного преобразования, мВ/кВ	от 30 до 35
Класс точности	0,5
Номинальная частота переменного тока, Гц	от 48 до 51
Номинальное активное сопротивление нагрузки, МОм, не менее	1,0
Номинальное реактивное сопротивление нагрузки, пФ	34
Маломощный трансформатор тока	
Номинальный первичный ток $I_{ном1}$, А	50
Номинальный расширенный коэффициент первичного тока, $k_{ПРном}$	до 38,4
Диапазон коэффициента масштабного преобразования, В/кА	от 2,8 до 3,2
Класс точности	0,5S
Номинальная частота переменного тока, Гц	от 48 до 51
Номинальное активное сопротивление нагрузки, МОм, не менее	0,2
Номинальное реактивное сопротивление нагрузки, нФ	10,0

В качестве контроллера присоединения, выполняющего функции РЗиА, а также телемеханики и коммерческого учета применен модуль управления типа СМ_15. Модуль управления реализует функцию измерения и расчёта электрических параметров сети для целей РЗА на основании показаний датчика тока, датчика напряжения и датчика тока нулевой последовательности.

Метрологические характеристики сквозных каналов измерения для целей РЗА приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2. Метрологические характеристики каналов измерения для целей РЗА

Наименование параметра	Значение
Измерительный канал фазного напряжения	
Рабочий диапазон частот, Гц	45 – 55
Диапазон измерения, кВ	0,5–12
Относительная погрешность, %	±2,5
Температурный коэффициент, %/К	0,025
Измерительный канал фазного тока	
Рабочий диапазон частот, Гц	45 – 55
Диапазон измерения, А	10–31500
Относительная погрешность, %	±5 (10–100 А)
	±1 (100–31500 А)
Температурный коэффициент, %/К	0,025
Ток нулевой последовательности	
Диапазон измерения, А	0,1–300
Относительная погрешность, %	±1

Условное распределение устройств ИТС по обмоткам измерительных трансформаторов (КДТН) КРУМ2-6 кВ приведено в Графической части (АП.241201-ИОС1.2.ГЧ) на листе 2.

Возможности устройства по регистрации событий приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3. Регистрация событий

Наименование параметра	Значение
Параметры журналов	
Количество записей в журнале событий, шт.	1000
Количество записей в журнале связи, шт.	100
Количество записей в журнале неисправностей, шт.	1000
Количество записей в журнале аварий, шт.	1400
Количество записей в журнале нагрузок, шт.	9000
Количество записей в журнале изменений, шт.	100
Количество записей в профиле учета энергии, шт.	4800[1]
Количество записей в журнале учета энергии (по суткам)	180
Количество записей в журнале учета энергии (по месяцам)	48
Количество записей в журнале учета энергии (по расчетному периоду)	48
Количество записей в журнале учета энергии (по годам)	3
Количество записей в журнале событий счетчика, шт.	300 и не менее 100 последних записей для каждой группы

[1] 100 суток при использовании получасового интервала учёта

Таблица 2.3. Регистрация событий

Наименование параметра	Значение
Количество записей в журнале изменений счетчика, шт.	300 и не менее 10 последних записей для каждого типа
Параметры осциллографа	
Формат записи осциллограмм	Comtrade
Частота дискретизации, Гц	400, 800, 1600, 3200
Длительность записи доаварийного режима, с	0 – 0,5
Максимальная длительность осциллограммы, с	0 – 30
Количество осциллограмм длительностью 10,5 с при частоте дискретизации	
400	30
800	15
1600	10
3200	5

В настоящем проекте в КРУМ2-6 кВ применены следующие типы защит и автоматики:

- Максимальная токовая защита (МТЗ);
- Защита от однофазных замыканий на землю (ОЗЗ);
- Защита от обрыва фазы (ЗОФ);
- Защита минимального напряжения (ЗМН);
- Автоматическая частотная разгрузка (АЧР);
- Автоматический ввод резерва (АВР);
- Защита заземлителя (ЗЗ);
- Логическая защита (ЛЗ);
- Устройство резервирования отказа выключателя (УРОВ);
- Дуговая защита.

Логика работы РЗА для КРУ описана в документе TER_SGdoc_RPA_1 «Описание функций РЗА КРУ Etalon» завода-изготовителя («Таврида Электрик») и является типовой. Типовые принципиальные схемы для ячеек приведены в Графической части (АП.241201-ИОС1.2.ГЧ) на листах 3 и 4.

3. Расчет уставок срабатывания РЗА

Параметры срабатывания существующих устройств РЗА

Таблица 3.1 – Уставки срабатывания РЗиА

Наименование присоединения	Тр-р тока	Тип защиты	Тип реле	Ток сраб., А	Время сраб., с
Уставки защит аппаратов КРУМ-6 кВ					
яч.104 ВВ-6	4000/5	МТЗ	ТОР-200 В	4880	1,8
яч.208 ВВ-6	4000/5	МТЗ	ТОР-200 В	4880	1,8
яч.201 СВ-6	4000/5	МТЗ	ТОР-200 С	4440	1,5

Токи трехфазного короткого замыкания:

Расчет токов короткого замыкания приведен в АП.241201-ИОС1.1.

Таблица 3.2 – Значение токов короткого замыкания

Точка КЗ	Uст, кВ	Максимальный режим	Минимальный режим
К1	6	$I^{(3)}$ = 8574 А	$I^{(3)}$ = 6611 А
К2	6	$I^{(3)}$ = 8449 А	$I^{(3)}$ = 6536 А $I^{(2)}$ = 5660 А

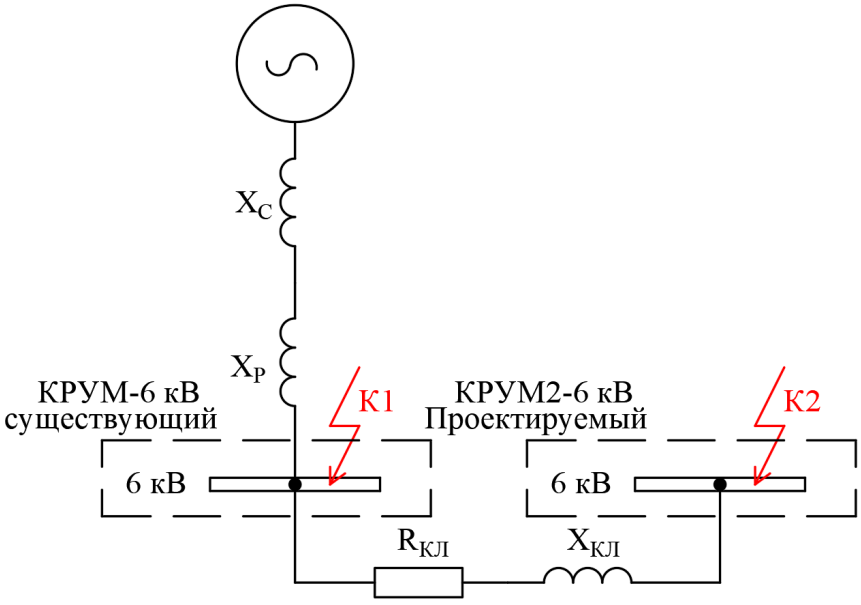


Рисунок 1 – Схема замещения

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	АП.241201-ИОС1.2 ПЗ	Лист
2	Зам.	02-25		07.03.25		6
1	Зам.	01-25		17.02.25		

Подпись и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подпись и дата | Инв. № подл.

Формат А4

Расчет уставок срабатывания РЗА СВ1(СВ2) КРУМ2-6 кВ
Максимальная токовая защита с выдержкой времени (МТЗ)

Ток срабатывания максимальной токовой защиты выбирается по условиями самозапуска нагрузки, в соответствии с условием:

$$I_{МТЗ} \geq \frac{K_н \cdot K_{СЗП}}{K_В} \cdot I_{раб.max} ,$$

где $K_{СЗП}$ – коэффициент самозапуска нагрузки, принимаемый равным 1,3;

$K_В$ – коэффициент возврата, принимаемый равным для МПЗ – 0,9;

$K_Н$ – коэффициент надежности, принимаемый равным для МПЗ– 1,15;

$I_{раб.max}$, А – максимальный рабочий ток, равный 1583/2=791,5 А.

$$I_{МТЗ} \geq \frac{1,15 \cdot 1,3}{0,9} \cdot 791,5 = 1315\ А.$$

Предварительно принимаем уставку срабатывания: $I_{МТЗ}$ = 2000 А, $t_{МТЗ}$ = 0,5 с.

Чувствительность защиты проверяется исходя из условия обеспечения чувствительности при минимальном значении тока при 2-х фазном металлическом КЗ в конце основной зоны действия защиты:

$$K_{Ч\,ОСН} = \frac{I^{(2)}_{КЗmin}}{I_{МТЗ}} > 1,5$$

$$K_{Ч\,ОСН} = \frac{5660}{2000} = 2,83 > 1,5 .$$

Принимаем: **$I_{МТЗ}$ = 2000 А, $t_{МТЗ}$ = 0,5 с.**

Расчет уставок срабатывания РЗА ВВ1(ВВ2) КРУМ2-6 кВ
Максимальная токовая защита с выдержкой времени (МТЗ)

Ток срабатывания максимальной токовой защиты выбирается по условиям:

1) самозапуска нагрузки, в соответствии с условием:

$$I_{МТЗ} \geq \frac{K_н \cdot K_{СЗП}}{K_В} \cdot I_{раб.max} ,$$

где $K_{СЗП}$ – коэффициент самозапуска нагрузки, принимаемый равным 1,3;

$K_В$ – коэффициент возврата, принимаемый равным для МПЗ – 0,9;

$K_Н$ – коэффициент надежности, принимаемый равным для МПЗ– 1,15;

$I_{раб.max}$, А – максимальный рабочий ток, равный 1583 А.

$$I_{МТЗ} \geq \frac{1,15 \cdot 1,3}{0,9} \cdot 1583 = 2629\ А.$$

2) обеспечения селективности действия с защитой нижестоящего аппарата:

$$I_{МТЗ} \geq k_{отс} \cdot I_{мтзнижест} ,$$

Подпись и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подпись и дата | Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	АП.241201-ИОС1.2 ПЗ	Лист
2	Зам.	02-25		07.03.25		7
1	Зам.	01-25		17.02.25		

Формат А4

где $K_{отс}$ – коэффициент отстройки, принимаемый равным 1,2;

$I_{мтзнижест}$– уставка срабатывания МТЗ нижестоящего аппарата;

Для отстройки от защит СВ1(СВ2) КРУМ2-6кВ:

$$I_{МТЗ} \geq 1,2 \cdot 2000 = 2400\ A.$$

Предварительно принимаем уставку срабатывания: $I_{мтз}$ = 3000 А.

Время срабатывания защиты определяется по условию селективности с защитой нижестоящего аппарата:

$$t_{МТЗ} \geq t_{МТЗнижест} + \Delta t.$$

где $t_{мтзвышест}$ – уставка времени срабатывания МТЗ нижестоящего аппарат;

Δt – ступень селективности, принимаемая равной 0,2-0,5 с.

Для отстройки от защит СВ1(СВ2) КРУМ2-6кВ:

$$t_{МТЗ} \geq 0,5 + 0,3 = 0,8\ с.$$

Предварительно принимаем уставку срабатывания: $I_{мтз}$ = 3000 А, $t_{мтз}$ = 0,8 с.

Чувствительность защиты проверяется исходя из условия обеспечения чувствительности при минимальном значении тока при 2-х фазном металлическом КЗ в конце основной зоны действия защиты:

$$K_{ч\,осн} = \frac{I^{(2)}_{КЗmin}}{I_{МТЗ}} > 1,5$$

$$K_{ч\,осн} = \frac{5660}{3000} = 1,88 > 1,5.$$

Принимаем: **$I_{мтз}$ = 3000 А, $t_{мтз}$ = 0,8 с.**

Расчет уставок срабатывания РЗА яч.100(яч.212А) КРУМ-6 кВ

Максимальная токовая защита с выдержкой времени (МТЗ)

Ток срабатывания максимальной токовой защиты выбирается по условиям:

1) самозапуска нагрузки, в соответствии с условием:

$$I_{МТЗ} \geq \frac{K_н \cdot K_{СЗП}}{K_В} \cdot I_{раб.мах},$$

где $K_{СЗП}$ – коэффициент самозапуска нагрузки, принимаемый равным 1,3;

$K_В$ – коэффициент возврата, принимаемый равным для МПЗ – 0,9;

$K_н$ – коэффициент надежности, принимаемый равным для МПЗ- 1,15;

$I_{раб.мах}$, А – максимальный рабочий ток, равный 1583 А.

$$I_{МТЗ} \geq \frac{1,15 \cdot 1,3}{0,9} \cdot 1583 = 2629\ A.$$

2) обеспечения селективности действия с защитой нижестоящего аппарата:

$$I_{МТЗ} \geq k_{отс} \cdot I_{мтзнижест},$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	АП.241201-ИОС1.2 ПЗ	Лист
2	Зам.	02-25		07.03.25		8
1	Зам.	01-25		17.02.25		

Подпись и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подпись и дата | Инв. № подл.

Формат А4

где $K_{отс}$ – коэффициент отстройки, принимаемый равным 1,2;

$I_{мтзнижест}$– уставка срабатывания МТЗ нижестоящего аппарата;

Для отстройки от защит ВВ1(ВВ2) КРУМ2-6кВ:

$$I_{МТЗ} \geq 1,2 \cdot 3000 = 3600\ А.$$

Предварительно принимаем уставку срабатывания: $I_{МТЗ}$ = 3600 А.

3) обеспечения селективности действия с защитой вышестоящего аппарата:

$$I_{МТЗ} \leq \frac{I_{мтзвышест}}{k_{отс}},$$

где $K_{отс}$ – коэффициент отстройки, принимаемый равным 1,2;

$I_{мтзвышест}$– уставка срабатывания МТЗ вышестоящего аппарат;

Для отстройки от защит ВВ 6 кВ:

$$I_{МТЗ} \leq \frac{4880}{1,2} = 4066\ А.$$

Для отстройки от защит СВ 6 кВ:

$$I_{МТЗ} \leq \frac{4440}{1,2} = 3700\ А.$$

Предварительно принимаем уставку срабатывания: $I_{МТЗ}$ = 3600 А.

Время срабатывания защиты определяется по условиям:

1. Селективности с защитой вышестоящего аппарата:

$$t_{МТЗ} \leq t_{МТЗвышест} - \Delta t.$$

где $t_{МТЗвышест}$ – уставка времени срабатывания МТЗ вышестоящего аппарат;

Δt – ступень селективности, принимаемая равной 0,3-0,5 с.

$$t_{МТЗ} \leq 1,5 - 0,4 = 1,1\ с.$$

2. Селективности с защитой нижестоящего аппарата:

$$t_{МТЗ} \geq t_{МТЗнижест} + \Delta t.$$

где $t_{МТЗвышест}$ – уставка времени срабатывания МТЗ нижестоящего аппарат;

Δt – ступень селективности, принимаемая равной 0,2-0,5 с.

$$t_{МТЗ} \geq 0,8 + 0,3 = 1,1\ с.$$

Предварительно принимаем уставку срабатывания: $I_{МТЗ}$ = 3600 А, $t_{МТЗ}$ = 1,1 с.

Чувствительность защиты проверяется исходя из условия обеспечения чувствительности при минимальном значении тока при 2-х фазном металлическом КЗ в конце основной зоны действия защиты:

$$K_{ч\ осн} = \frac{I^{(2)}_{КЗmin}}{I_{МТЗ}} > 1,5$$

$$K_{ч\ осн} = \frac{5660}{3600} = 1,57 > 1,5.$$

Принимаем: $I_{МТЗ}$ = 3600 А ($K_{ТТ}$ = 2000/5; 9 $А_{втор}$), $t_{МТЗ}$ = 1,1 с.

Защита от однофазных замыканий на землю (ОЗЗ)

Согласно выбору и проверке, приведенному в АП.241201-ИОС1.1, применяется кабель 3х3АПвВнг(А)-LS 1х300/25. Характеристики кабеля приведены в таблице

Таблица 3.3 – Параметры КЛ

Наименование присоединения	Марка кабеля, сечение, мм2	Длина, км	Удельный емкостной ток замыкания на землю Ic, А/км
Яч.100(212А) КРУМ-6 кВ	3х3АПвВнг(А)-LS 1х300/25	0,1	1,85

Собственный емкостной ток КЛ составит:

$$I_{С.ФИД} = I_C \cdot L$$

где $I_с$ – удельный емкостной ток замыкания на землю, А/км;

L – длина кабельной линии.

$$I_{С.ФИД} = 9 \cdot 1,85 \cdot 0,1 = 1,7\ А.$$

Ток срабатывания защит отстраивается по условию обеспечения несрабатывание защиты при внешнем однофазном замыкании на землю от собственного емкостного тока по формуле:

$$I_{ОЗЗ} \geq K_Н \cdot K_{БР} \cdot I_{С.ФИД}$$

где Кн – коэффициент надежности, принимаем равным 1,2 о.е.;

Кбр– коэффициент, учитывающий бросок емкостного тока в момент возникновения ОЗЗ, для МПЗ принимается равным 1-1,5;

$I_{С.ФИД}$ – максимальный емкостный ток защищаемого фидера, А.

$$I_{ОЗЗ} \geq 1,2 \cdot 1,5 \cdot 1,7 = 3,06\ А.$$

Принимаем $I_{ОЗЗ}$ = 5 А.

Согласно таблице 1.4.12 АИПБ.656122.005 РЭ чувствительность защиты от замыканий на землю, которую обеспечивают устройство при одном трансформаторе тока нулевой последовательности составляет 1,3.

Принимаем: **$I_{ОЗЗ}$ = 4 А ($K_{ТТ}$ = 60/1; 0,07 $А_{втор}$), $t_{ОЗЗ}$ = 9 с – на сигнал.**

Автоматическое включение резерва (АВР)

Время срабатывания АВР определяется по следующей формуле:

$$t_{АВР} \geq t_{АВР.ПС} + t_{ОВ} + \Delta t\ ,$$

где $t_{АВР.ПС}$ – время срабатывания АВР на вышестоящем объекте, 6 с;

$t_{ОВ}$ – время отключения выключателя,0,1 с;

Δt – время запаса 1,0 с.

$$t_{АВП} \geq 7 + 0,1 + 1 = 8,01$$

Принимаем: $t_{АВР}$ = 9 с.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	АП.241201-ИОС1.2 ПЗ	Лист
2	Зам.	02-25		07.03.25		10
1	Зам.	01-25		17.02.25		

Подпись и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подпись и дата | Инв. № подл.

Формат А4

Работа АВР на КРУ Etalon имеет особенности. При соединении резервных вводов перемычкой по схеме, указанной на рисунке 2, применяется АВР_Р (см. руководство по эксплуатации TER_SGdoc_UG_2).

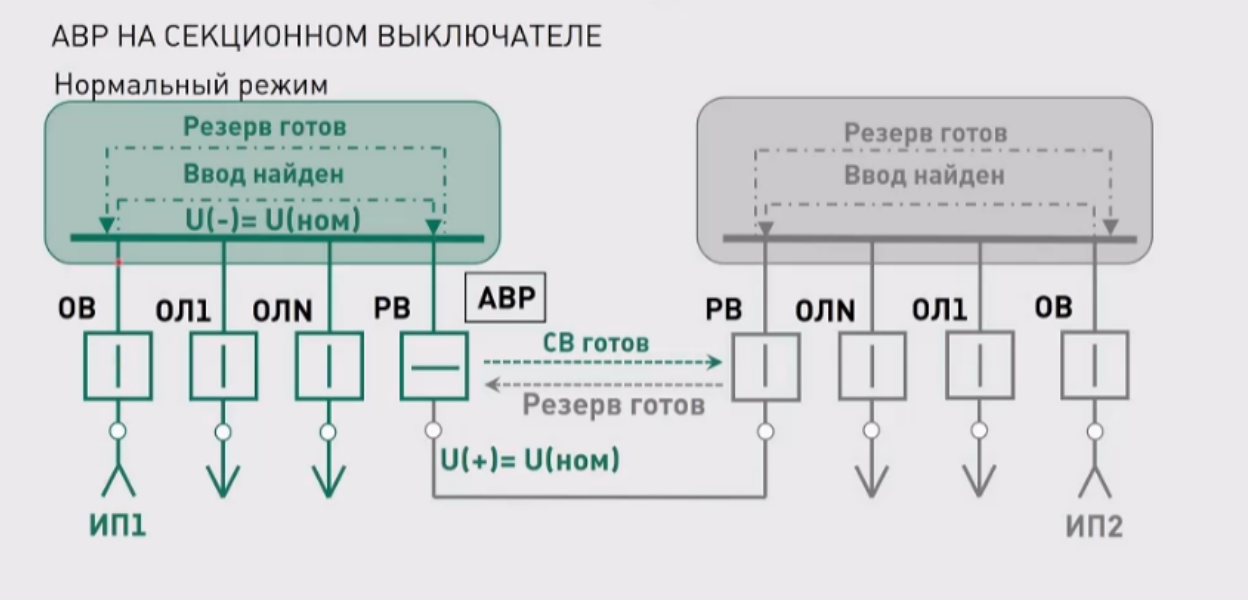


Рисунок 2 – Схема работы АВР на секционном выключателе

Логика работы АВР_Р на КРУ Etalon следующая:

Имеется 2 секции шин, соединенные по схеме СВ-СВ (ячейки РВ на рисунке 2). Каждая секция питается от своего ввода (ячейки ОВ на схеме). СВ секции 1 отключен, СВ секции 2 включен и выполняет роль разъединителя. АВР на СВ введен. СВ секции 1 получает информацию о напряжении на стороне «+» (со стороны секции 2) от своих датчиков, о напряжении со стороны «-» (со стороны секции 1) от ввода секции 1.

В каждой секции курсируют сигналы «Резерв готов» и «Ввод найден» по радиоканалу. Обмен данными между ячейками осуществляется через ячейки СВ по МДВВ (модуль дискретных входов/выходов). При наличии сигнала «Резерв готов» АВР пускающие защиты на вводах разблокирован.

АВР на СВ блокируется при наличии сигнала «Ввод найден».

При пропадании напряжения на секции 1(2) срабатывает ЗМН на ячейке ввода, ввод отключается, сигнал «Ввод найден» пропадает, СВ включается по АВР при наличии напряжения на секции 2(1).

Особенности работы АВР_Р:

- АВР является двусторонним;
- осуществляется контроль готовности СВ (АВР блокируется при повреждении во внутренних цепях ячеек СВ);
- АВР блокируется при КЗ;
- при неготовности резерва блокируется ЗМН, ЗПП, ЗПН, ЗОФ U2.

– после срабатывания АВР выводится (после ВНР необходимо вводить АВР в работу);

– АВР выводится из работы при срабатывании дуговой защиты

4. Результат расчета уставок

Результат расчет РЗА сведен в таблицу 4

Таблица 4 – Результат расчета уставок срабатывания РЗиА

Наименование присоединения	Тип защиты	Ток срабатывания		Время срабатывания, с
		Первичный, А	Вторичный, А	
КРУМ-6 кВ				
яч.201 (СВ)*	МТЗ	4440	5,55	1,5
	Перегруз	2040	2,55	9
	АВР			0
яч.100	МТЗ	3600	9	1,1
	ОЗЗ	4	0,07	9 – на сигнал
яч.212А	МТЗ	3600	9	1,1
	ОЗЗ	4	0,07	9 – на сигнал
АВР 6 кВ	7 с			
КРУМ2-6 кВ				
ВВ1(ВВ2)	МТЗ	3000	–	0,8
СВ1(СВ2)	МТЗ	2000	–	0,5
АВР 6 кВ	9 с			

* –уставки СВ КРУМ-6 кВ остаются без изменений, выполнен пересчет вторичных величин для ТТ 4000/5 взамен ТТ 2000/5.

Примечания к расчету:

1. Расчет уставок срабатывания защит ячеек отходящих линий КРУМ2-6кВ на данном этапе не производится ввиду отсутствия подключения потребителей. Уставки защит соответствуют выведенному состоянию.
2. Уставки РЗиА уточнить при вводе в эксплуатацию.

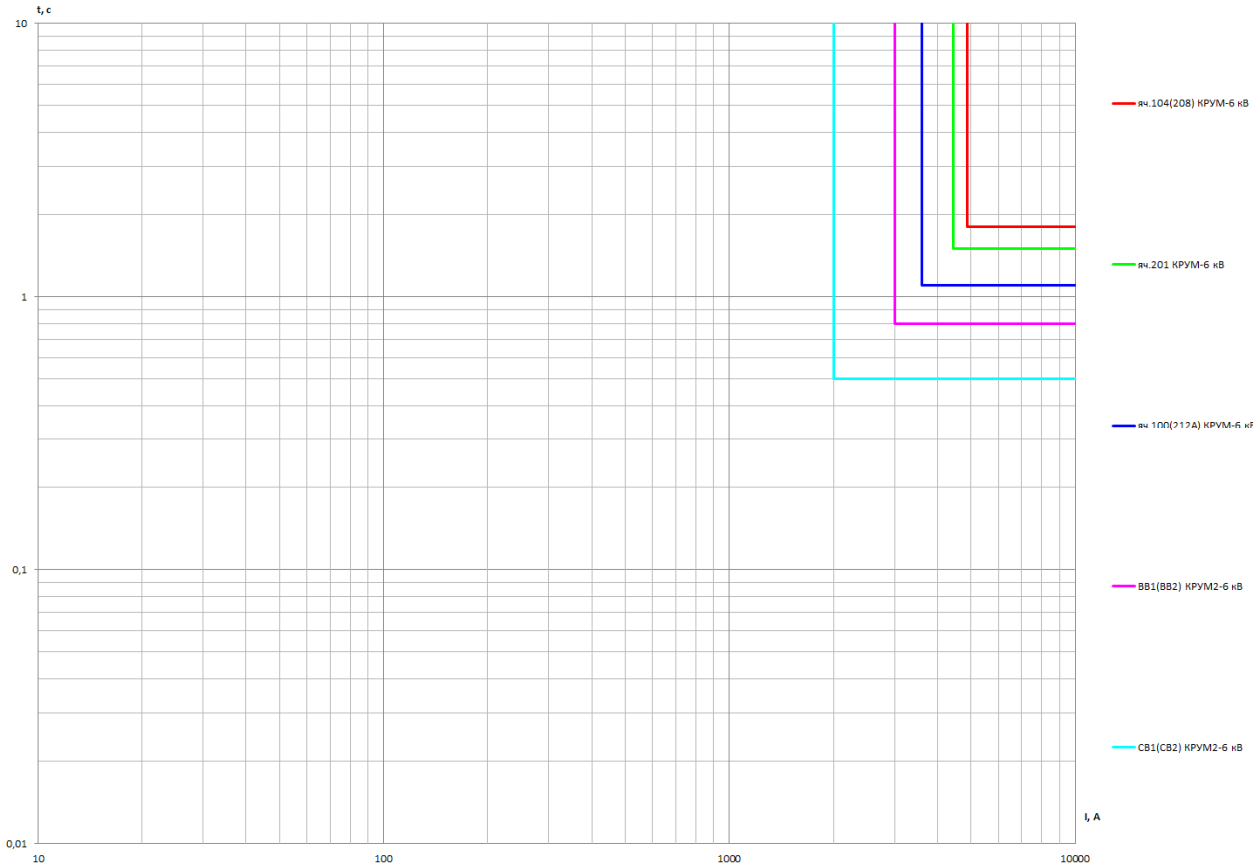


Рисунок 2 – Карта селективности

2	Зам.	02-25		07.03.25	АП.241201-ИОС1.2 ПЗ	Лист
1	Зам.	01-25		17.02.25		13
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Подпись и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подпись и дата | Инв. № подл.

Формат А4

ТАБЛИЦА РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Изм.	Номера листов (страниц)				Всего листов (страниц) в док.	Номер док.	Подп.	Дата
	измененных	замененных	новых	аннулированных				
1	–	16	–	–	21	01-25		17.02.2025
2	–	16	–	–	21	02-25		07.03.2025

Подпись и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подпись и дата | Инв. № подл.

2	Зам.	02-25		07.03.25	АП.241201-ИОС1.2 ПЗ	Лист 14
1	Зам.	01-25		17.02.25		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Формат А4

ВЕДОМОСТЬ ЧЕРТЕЖЕЙ ОСНОВНОГО КОМПЛЕКТА

Лист	Наименование	Примечание
1	Общие данные	
2	Схема распределения устройств ИТС по обмоткам измерительных трансформаторов	на 2 листах
3	Ячейка ввода. Схема электрическая принципиальная.	
4	Ячейка ОЛ/СВ. Схема электрическая принципиальная.	

ВЕДОМОСТЬ ССЫЛОЧНЫХ И ПРИЛАГАЕМЫХ ДОКУМЕНТОВ

	Наименование	Примечание
	Ссылочные документы	
ПУЭ 7 изд.	Правила устройств электроустановок	
СТО 56947007-29.240.10.028-2017	Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ	
TER_SGdoc_RPA_1	Описание функций РЗА КРУ Etalon	
	Прилагаемые документы	
АП.241201-ИОС1.2.СО	Спецификация оборудования, изделий и	Изм.1 (нов.)
	материалов	

Согласовано

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Изм.	Кол.уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата
1	-	Зам.	01-25		17.02.25
Разработал		Коротких В.А.			01.2025
Проверил		Баланцев Б.Е.			01.2025
ГИП		Збрицкий Е.А.			01.2025
Н.контр.		Збрицкий Е.А.			01.2025
Утвердил		Ткаченко Р.Е.			01.2025

АП.241201-ИОС1.2.ГЧ

Заказчик: АО«ДРСК»
Объект: «Расширение РУ-6 кВ ПС 110 кВ СМР»

Раздел 5. Сведения об инженерном оборудовании, о сетях и системах инженерно-технического обеспечения
Подраздел 1. Система электроснабжения
Книга 2. Релейная защита и автоматика

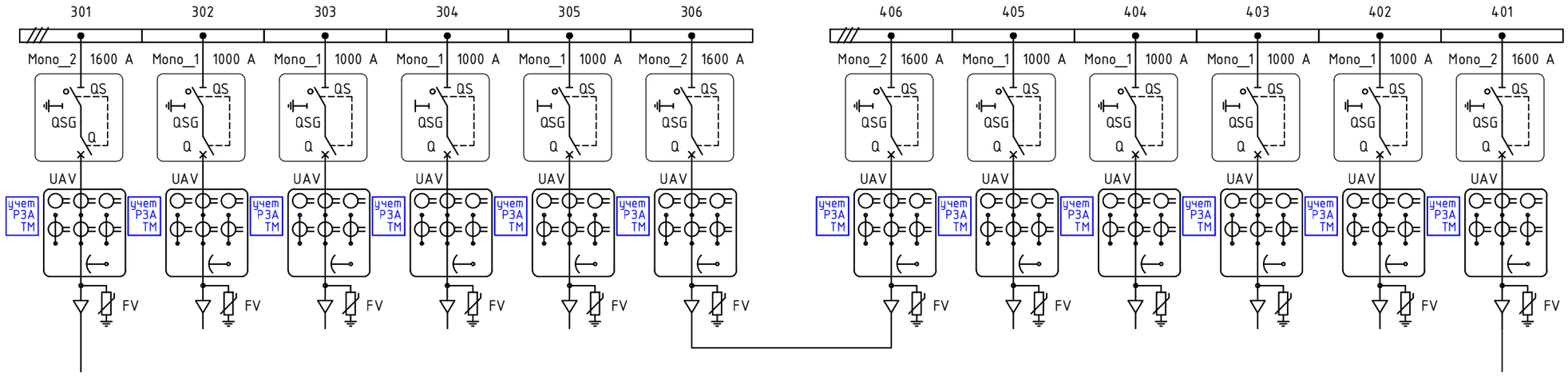
Стадия	Лист	Листов
П	1	4

Общие данные

ООО «АЛЬФАПРОМ»

Формат А4

КРУМ2-6кВ



Согласовано

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Изм.	Кол.уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата
Разработал		Коротких В.А.			01.2025
Проверил		Баланцев Б.Е.			01.2025
ГИП		Збрицкий Е.А.			01.2025
Н.контр.		Збрицкий Е.А.			01.2025
Утвердил		Ткаченко Р.Е.			01.2025

АП.241201-ИОС1.2.ГЧ

Заказчик: АО«ДРСК»

Объект: «Расширение РУ-6 кВ ПС 110 кВ СМР»

Раздел 5. Сведения об инженерном оборудовании, о сетях и системах инженерно-технического обеспечения
Подраздел 1. Система электроснабжения
Книга 2. Релейная защита и автоматика

Стадия	Лист	Листов
П	2	4

Схема распределения устройств ИТС по обмоткам измерительных трансформаторов

ООО «АЛЬФАПРОМ»

Формат А3

Главные цепи

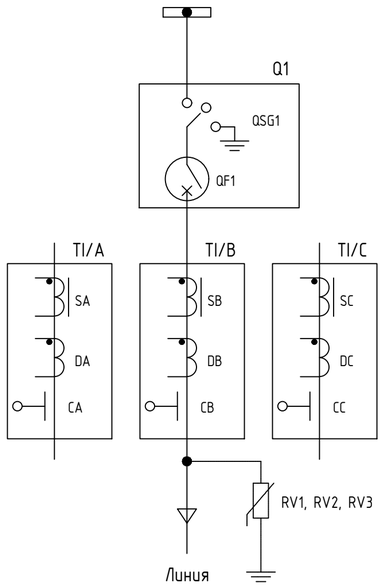
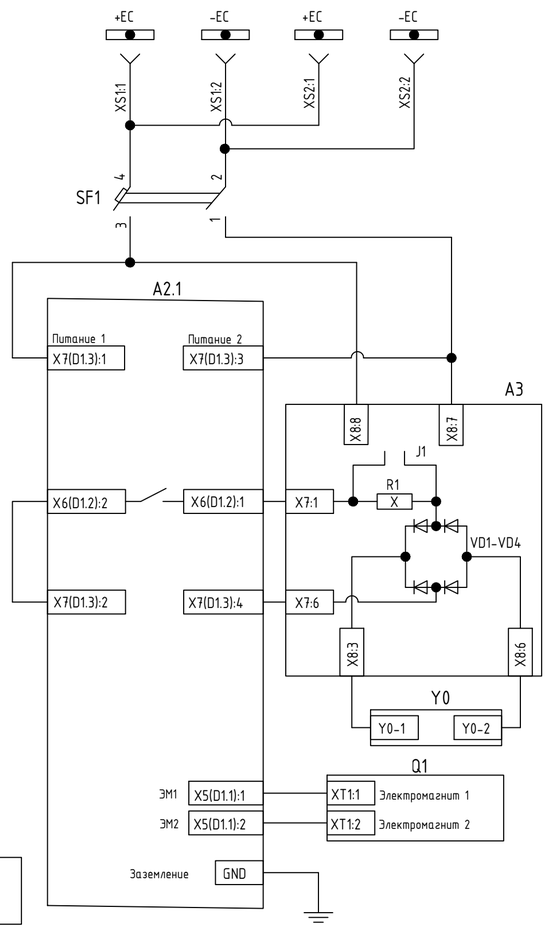


Таблица 1

Обозначение ограничителей перенапряжений	Номинальное напряжение шкафа коммутационного
ОПН-РТ_TEL-6_7.2 УХЛ2	6 кВ
ОПН-РТ_TEL-10_11.5 УХЛ2	10 кВ

Цепи оперативного тока

-/~ 85-265В



Шинки питания

Автомат оперативного питания

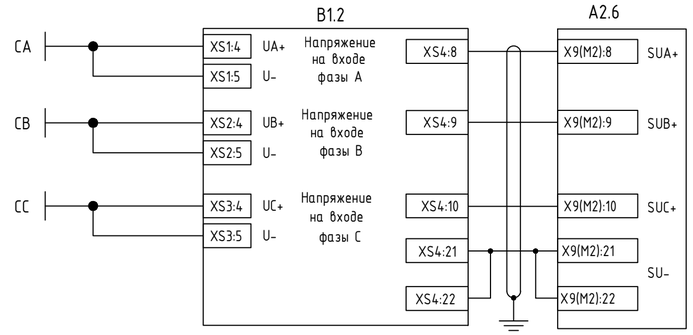
Цепи питания модуля управления

Цепи электромагнитной блокировки

Цепи электромагнитов коммутационного модуля

Защитное заземление модуля управления

Измерительные цепи напряжения

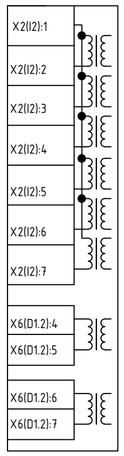


Измерение фазных напряжений

Уровень сигнала на выходе КДТН от 0 до 10В

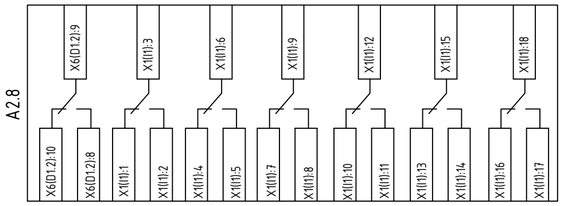
(класс точности 0.5)

A2.7



Дискретные входы

A2.8



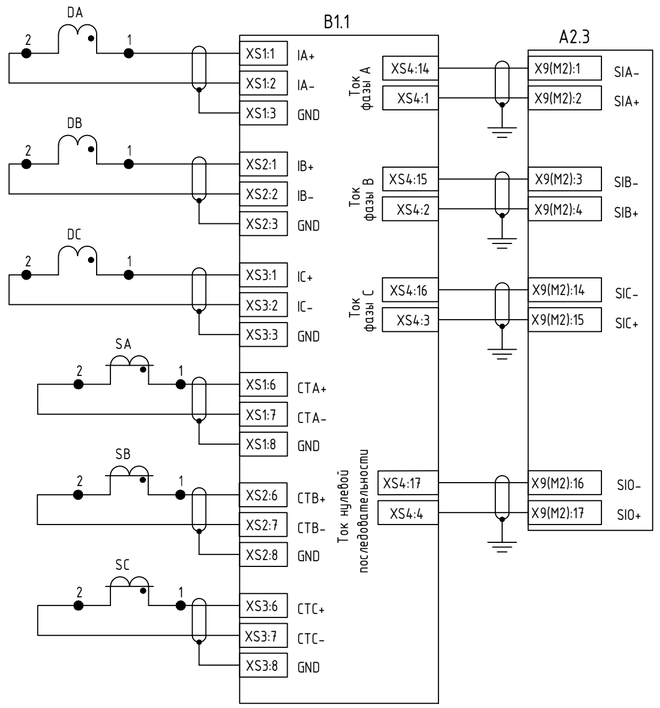
Дискретные выходы

Примечания:

1. На схеме приведена однолинейная схема главных цепей шкафов коммутационных Etalon_1 и Etalon_2 с датчиками VCS_Smart и модулем управления CM_15_5.
2. Питание схемы как постоянным, переменным или выпрямленным оперативным током составляем от 85 до 265 В. Конструктивно диапазон питания разделен на два интервала, первый 85-170В, обеспечивается при прямом подключении электромагнита с установленной перемычкой J1 в монтажном блоке A3, второй от 170 до 265 В, где в цепь резистивный балласт R1 и перемычка J1 снята.
3. Электромагнит предназначен для работы на любом роде тока от 85 до 265 В.
4. Клеммы A2:X7(D1.3)-1 и A2:X7(D1.3)-2 электрически соединены друг с другом.
5. Клеммы A2:X7(D1.3)-3 и A2:X7(D1.3)-4 электрически соединены друг с другом.
6. В Таблице 1 приведены сведения о типах ограничителей перенапряжений RV1, RV2,RV3, устанавливаемых опционально по требованию Заказчиков.
7. Для модуля управления A2 в круглых скобках представлено обозначение для модуля CM_15_3I, без скобок - CM_15_5.

Зона	Поз.	Наименование	Кол.	Примечание
	A1	Панель управления EA_MMI_1	1	
	A2	Модуль управления CM_15_5 (CM_15_3I)	1	
	A3	Монтажный блок SGunit_Plate_80	1	
	B1	Плата сопряжения Unit_PCA_131	1	
	CA, CB, CC	Датчики напряжения емкостные	3	
	DA, DB, DC	Датчики тока	3	
	J1	Перемычка StandDet_Jumper_CS(4_2_1_32_y)	1	
	Q1	Модуль коммутационный ISM15_Mono	1	
	QSG1	Трехпозиционный разъединитель модуля коммутационного	1	
	R1	Резистор балластный StandComp_Resistor_TH(C5-35B)	1	5600Ohm±5%; 25W
	RV1, RV2, RV3	Ограничитель перенапряжений ОПН-РТ_TEL-X_X УХЛ2	3	См. табл. 1
	SA, SB, SC	Трансформатор тока нулевой последовательности	3	
	SF1	Выключатель автоматический StandComp_MCCB_10	1	
	TI/(A,B,C)	Комбинированный датчик тока и напряжения VCS_Smart	1	
	VD1 - VD4	Диоды FS-TR_StandDet_Connector_SRD	4	
	XS1, XS2	Разъем StandDet_Connector_MCS(4_50_9_02_010)	2	
	Y0	Электромагнитная блокировка SGunit_Interlock_2	1	

Токовые цепи защиты

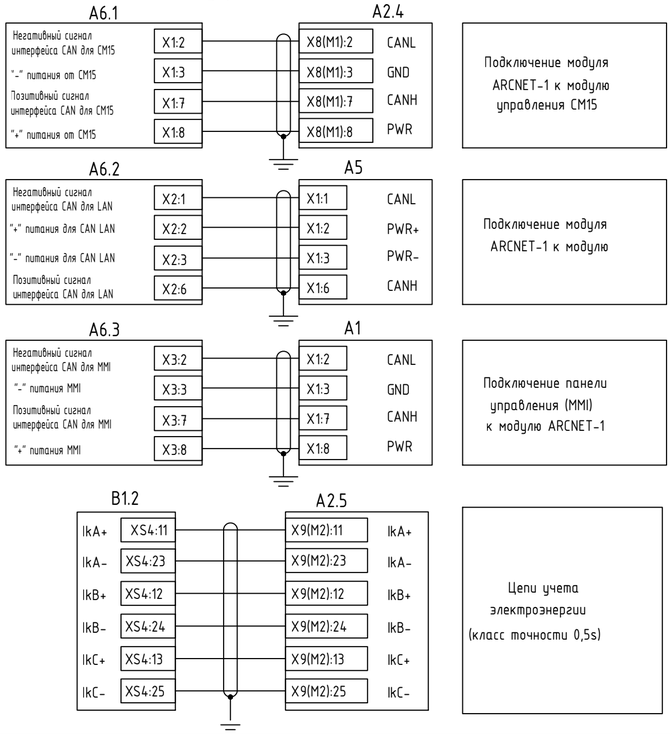


Измерение фазных токов

Уровень сигнала на выходе КДТН от 0 до 50В

Измерение токов нулевой последовательности

Цепи управления



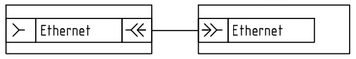
Подключение модуля ARCNET-1 к модулю управления CM15

Подключение модуля ARCNET-1 к модулю

Подключение панели управления (MMI) к модулю ARCNET-1

Цепи учета электроэнергии (класс точности 0,5s)

Цепи связи



Согласовано

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Изм.	Кол.уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата	АП.241201-ИОС1.2.ГЧ			
						Заказчик: АО«ДРСК» Объект: «Расширение РУ-6 кВ ПС 110 кВ СМР»			
Разработал		Коротких В.А.			01.2025	Раздел 5. Сведения об инженерном оборудовании, о сетях и системах инженерно-технического обеспечения Подраздел 1. Система электроснабжения Книга 2. Релейная защита и автоматика	Стадия	Лист	Листов
Проверил		Баланцев Б.Е.			01.2025		П	3	4
ГИП		Збрицкий Е.А.			01.2025	Ячейка ввода. Схема электрическая принципиальная	ООО «АЛЬФАПРОМ»		
Н.контр.		Збрицкий Е.А.			01.2025				
Утвердил		Ткаченко Р.Е.			01.2025				

Формат А3

Главные цепи

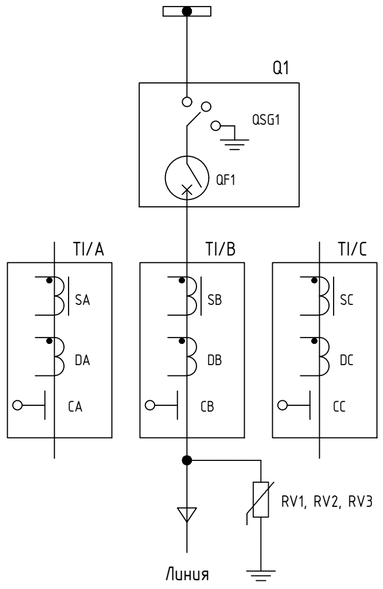
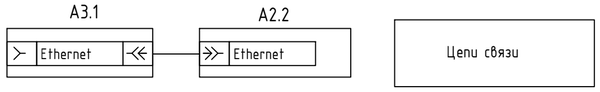


Таблица 1

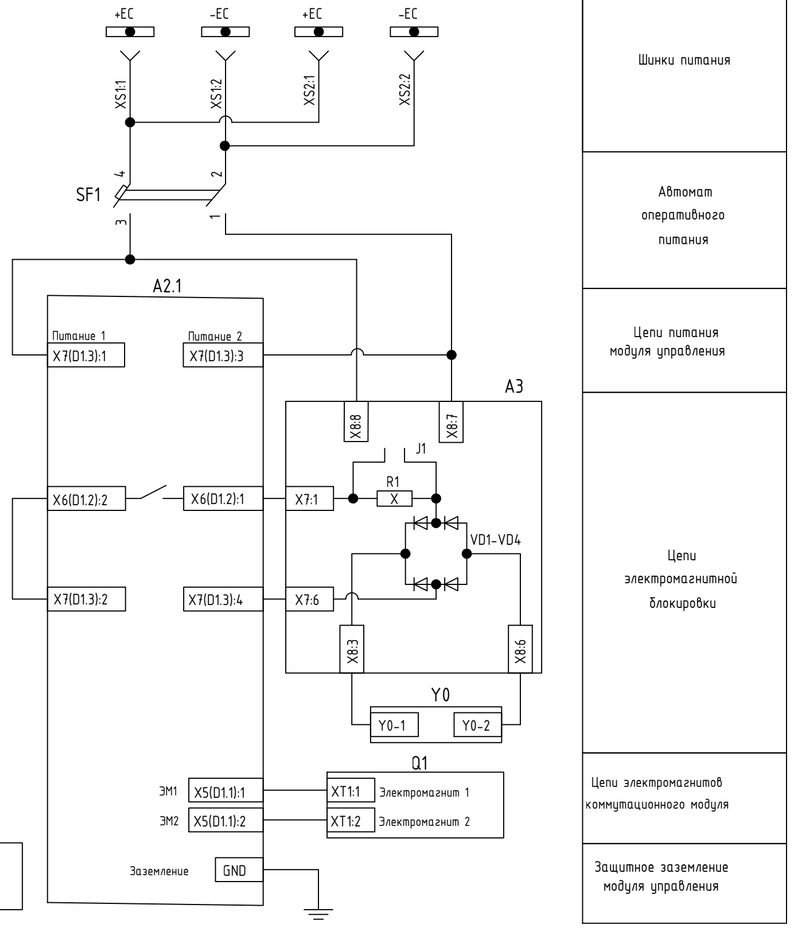
Обозначение ограничителей перенапряжений	Номинальное напряжение шкафа коммутационного
ОПН-РТ_TEL-6_7.2 УХЛ2	6 кВ
ОПН-РТ_TEL-10_11.5 УХЛ2	10 кВ



Цепи связи

Цепи оперативного тока

-/~ 85-265В



Шинки питания

Автомат оперативного питания

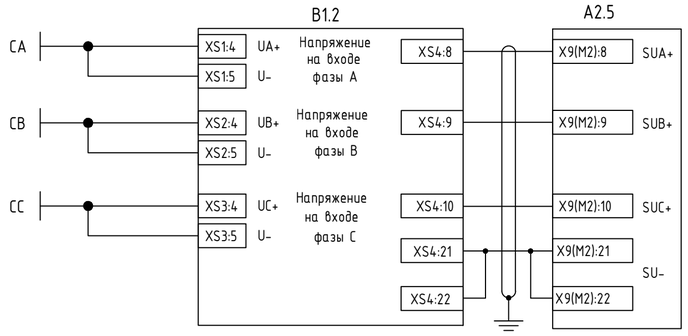
Цепи питания модуля управления

Цепи электромагнитной блокировки

Цепи электромагнитов коммутационного модуля

Защитное заземление модуля управления

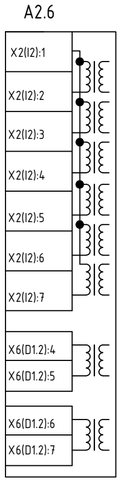
Измерительные цепи напряжения



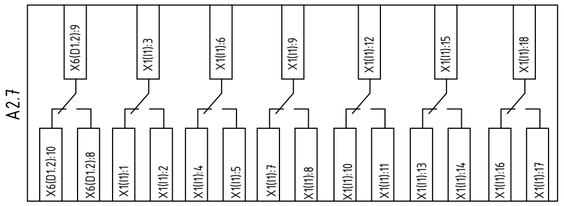
Измерение фазных напряжений

Уровень сигнала на выходе КДТН от 0 до 10В

(класс мочности 0.5)



Дискретные входы

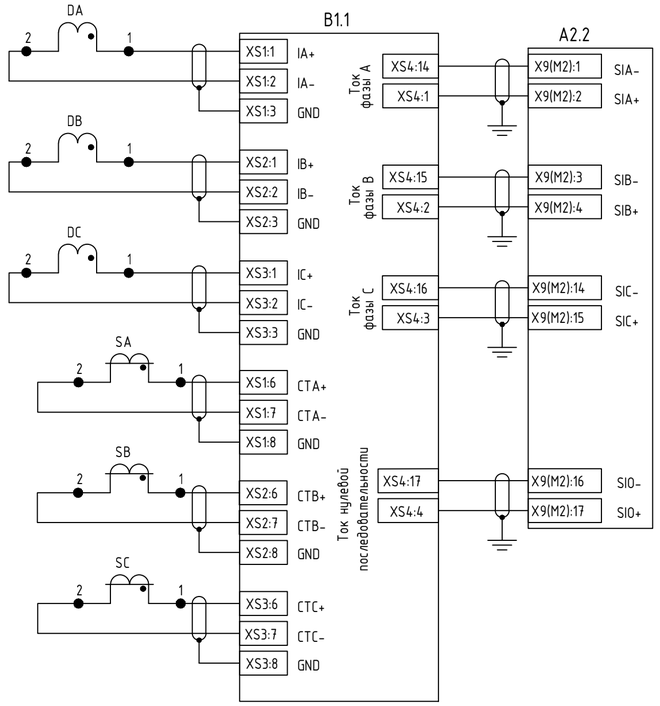


Дискретные выходы

Примечания:

1. На схеме приведена однолинейная схема главных цепей шкафов коммутационных Etalon_1 и Etalon_2 с датчиками VCS_Smart и модулем управления CM_15_5.
2. Питание схемы как постоянным, переменным или выпрямленным оперативным током составляет от 85 до 265 В. Конструктивно диапазон питания разделен на два интервала, первый 85-170В, обеспечивается при прямом подключении электромагнита с установленной перемычкой J1 в монтажном блоке A3, второй от 170 до 265 В, где в цепь резистивный балласт R1 и перемычка J1 снята.
3. Электромагнит предназначен для работы на любом роде тока от 85 до 265 В.
4. Клеммы A2:X7(D1.3)-1 и A2:X7(D1.3)-2 электрически соединены друг с другом.
5. Клеммы A2:X7(D1.3)-3 и A2:X7(D1.3)-4 электрически соединены друг с другом.
6. В Таблице 1 приведены сведения о типах ограничителей перенапряжений RV1, RV2,RV3, устанавливаемых опционально по требованию Заказчиков.
7. Для модуля управления A2 в круглых скобках представлено обозначение для модуля CM_15_3I, без скобок – CM_15_5.

Токовые цепи защиты

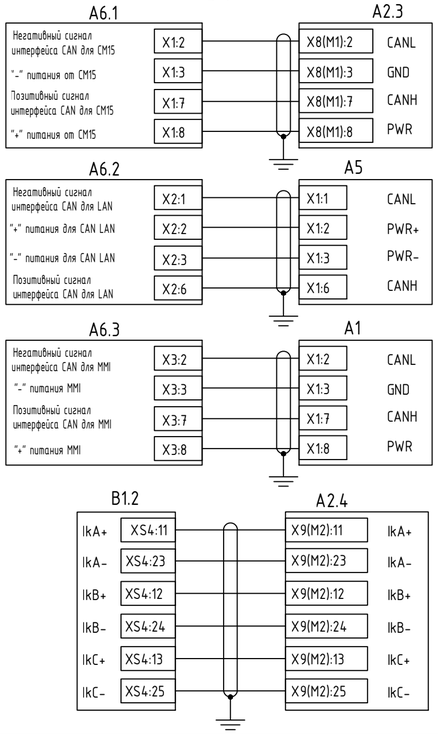


Измерение фазных токов

Уровень сигнала на выходе КДТН от 0 до 50В

Измерение токов нулевой последовательности

Цепи управления



Подключение модуля ARCNET-1 к модулю управления CM15

Подключение модуля ARCNET-1 к модулю CAN-1

Подключение панели управления (MMI) к модулю ARCNET-1

Цепи учета электроэнергии

(класс мочности 0,5s)

Зона	Поз.	Наименование	Кол.	Примечание
	A1	Панель управления EA_MMI_1	1	
	A2	Модуль управления CM_15_5 (CM_15_3I)	1	
	A3	Монтажный блок SGunit_Plate_80	1	
	B1	Плата сопряжения Unit_PCA_131	1	
	CA, CB, CC	Датчики напряжения емкостные	3	
	DA, DB, DC	Датчики тока	3	
	J1	Перемычка StandDet_Jumper_CS(4_2_1_32_y)	1	
	Q1	Модуль коммутационный ISM15_Mono	1	
	QSG1	Трехпозиционный разъединитель модуля коммутационного	1	
	R1	Резистор балластный StandComp_Resistor_TH(C5-35B)	1	5600hm±5%; 25W
	RV1, RV2, RV3	Ограничитель перенапряжений ОПН-РТ_TEL-X_X УХЛ2	3	См. табл. 1
	SA, SB, SC	Трансформатор тока нулевой последовательности	3	
	SF1	Выключатель автоматический StandComp_MCCB_10	1	
	TI/(A,B,C)	Комбинированный датчик тока и напряжения VCS_Smart	1	
	VD1 - VD4	Диоды FS-TR_StandDet_Connector_SRD	4	
	XS1, XS2	Разъем StandDet_Connector_MCS(4_50_9_02_010)	2	
	Y0	Электромагнитная блокировка SGunit_Interlock_2	1	

АП.241201-ИОС1.2.ГЧ

Заказчик: АО«ДРСК»

Объект: «Расширение РУ-6 кВ ПС 110 кВ СМР»

Изм.	Кол.уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата
Разработал		Коротких В.А.			01.2025
Проверил		Баланцев Б.Е.			01.2025
ГИП		Збрицкий Е.А.			01.2025
Н.контр.		Збрицкий Е.А.			01.2025
Утвердил		Ткаченко Р.Е.			01.2025

Раздел 5. Сведения об инженерном оборудовании, о сетях и системах инженерно-технического обеспечения
Подраздел 1. Система электроснабжения
Книга 2. Релейная защита и автоматика

Стадия	Лист	Листов
П	4	4

Ячейка ОЛ/СВ.
Схема электрическая принципиальная

ООО «АЛЬФАПРОМ»

Согласовано

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Формат А3

Позиция	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа, опросного листа	Код оборудования, изделия, материала	Завод-изготовитель	Единица измерения	Количество	Масса единицы, кг	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Оборудование							
1.	Комплект РЗА Тестер: устройство для проверки РЗА			Таврида Электрик	компл.	1		
	на базе LTR-EU-2-5 и LTR35							

Согласовано

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

1	–	Нов.	01-25		17.02.25
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подпись	Дата
Разраб.		Коротких В.А.			01.2025
Провер.		Ткаченко Р.Е.			01.2025
ГИП		Збрицкий Е.А.			01.2025
Н. контр.		Збрицкий Е.А.			01.2025
Утвердил		Ткаченко Р.Е.			01.2025

АП.241201–ИОС1.2.СО

Заказчик: АО«ДРСК»

Объект: «Расширение РУ-6 кВ ПС 110 кВ СМР»

Раздел 5. Сведения об инженерном оборудовании, о сетях и системах инженерно-технического обеспечения
Подраздел 1. Система электроснабжения
Книга 2. Релейная защита и автоматика

Стадия	Лист	Листов
П		1

Сводная спецификация оборудования, изделий и материалов

ООО «АЛЬФАПРОМ»