

Исполнитель: ООО «РС Техсервис».

Заказчик: ОАО «Череповецкий «Азот».

Предприятие: ОАО «Череповецкий «Азот».

Адрес: 162600, Вологодская область, г. Череповец, Северное шоссе, 36.

Объект: Модернизация существующей трансформаторной подстанции КТП-6
с заменой электрооборудования.

Рабочая документация.

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.

Пояснительная записка.


Москва 2011г.



ОАО «Череповецкий «Азот»
Вологодская область, г. Череповец,
Северное шоссе, 36
162600

 **rs techservice**

ООО «РС Техсервис»
Мясницкий пр-д, д 2/1, стр.1
г. Москва 107078

			17-24П-2011-ЭМ				
06.11							
		Номер проекта	Модернизация существующей трансформаторной подстанции КТП-6 с заменой электрооборудования				
		17-24П-2011					
Должность	Фамилия	Подпись	Дата	Пояснительная записка	Стадия	Лист	Листов
Рук.проекта	Чернов		06.11		РД	2.1	15
ГИП							
Исполн.	Рамзов		06.11		 rs techservice		
Провер.	Плохов		06.11				
Провер							

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Общая часть.....	3
2. Стандарты.....	4
2.1. Стандарты для проектирования.....	4
2.2. Стандарты для оборудования.....	4
3. Объем работ.....	5
3.1. Расчетные условия.....	5
4. Система электроснабжения.....	6
4.1. Основные технические решения.....	6
4.2. Категории надежности электроснабжения.....	6
4.3. Управление, сигнализация, измерения, учет, блокировки.....	6
5. Принцип работы схемы АВР.....	7
6. Выбор оборудования системы электроснабжения.....	9
6.1. Выбор силового трансформатора.....	9
6.2. Выбор кабеля для КЛ 6кВ.....	9
6.3. Выбор шинпровода.....	10
7. Защита силового трансформатора.....	10
7.1. Выбор типов защит.....	10
7.2. Расчет токов короткого замыкания.....	11
7.3. Расчет токовой отсечки.....	12
7.4. Расчет максимальной токовой защиты.....	12
7.5. Расчет защиты от однофазных замыканий на землю в КЛ 6 кВ.....	13
7.6. Проверка выбранного кабеля для КЛ 6 кВ на термическую стойкость.....	14
8. Выбор аппаратов стороны 0,4 кВ.....	14
8.1. Вводные автоматы.....	14
8.2. Секционный автомат.....	15
9. Выбор уставок защит автоматов и проверка селективности.....	15
9.1. Выбор уставок защит вводных автоматов.....	15
9.2. Выбор уставок защит секционного автомата.....	15
10. Канализация электроэнергии.....	16
11. Тепловыделение и теплоотведение.....	16
12. Электробезопасность.....	17
13. Противопожарные мероприятия и противопожарная защита.....	17
14. Комплект защитных средств.....	18

Изм	Колуч	Лист	Номер док.	Подпись	Дата	17-24П-2011-ЭМ	Лист
							2.2

1. Общая часть.

Данный документ разработан с целью модернизации системы электроснабжения цеха разделения газа ОАО «Череповецкий «Азот» и включает в себя описания произведенных работ по проектированию, соответствия энергосистемы действующим нормативным актам и правилам, методики и результаты расчётов, подтверждающих обоснованность выбора материалов, комплектующих, а также причины предпочтения тех или иных технических решений.

Данная записка подлежит рассмотрению вместе с прилагаемыми расчетами нагрузок, листами данных оборудования и чертежами.

Изм	Кол.уч	Лист	Номер док.	Подпись	Дата	17-24П-2011-ЭМ	Лист
							23

2. Стандарты.

2.1. Стандарты для проектирования.

- ПУЭ, Издание 6.
- ПУЭ, Издание 7 разделы 1, 4, 6, 7.
- СНиП 3.05.06–85. «Электротехнические устройства».
- СНиП 31-03–2001. «Производственные здания».
- СНиП II–89–80 «Генеральные планы промышленных предприятий».
- СН 245–71. «Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий».

2.2. Стандарты для оборудования.

Основные стандарты, которым будет соответствовать оборудование, включают в себя, но не ограничиваются, ниже следующими:

- Распределительные устройства (РУ), коммутационная аппаратура 6кВ – МЭК 298, МЭК 56, МЭК 439–1, ГОСТ 14694–76
- Трансформаторы – МЭК 76–1 – 76–5, МЭК 726, ГОСТ 11677–85
- Низковольтные кабели общего назначения – МЭК 502
- Автоматические выключатели – МЭК 947–2
- Выключатели – разъединители – МЭК 947–3

В дополнение к вышеперечисленному, все используемое оборудование сертифицировано и разрешено к применению на территории Российской Федерации, а также имеет сертификаты на соответствие нормам пожарной безопасности.

Изм	Кол.уч	Лист	Номер док.	Подпись	Дата	17-24П-2011-ЭМ	Лист
							24

3. Объем работ.

Объем проектных решений включает в себя следующее:

- Замена двух масляных трансформаторов ТМЗ-400 6/0,4 на сухие трансформаторы ABB Resibloc® 1000 кВА 6/0,4кВ — УЗ с изоляцией из эпоксидной смолы, армированной нитями стекловолокна в защитных кожухах IP23, группа соединения обмоток 11 (Δ/Y - с глухо-заземленной нейтралью);
- Замена РУ-0,4кВ;
- Боковое соединение выводов НН трансформаторов с вводными панелями РУ-0,4кВ;
- Замена шинных мостов, соединяющих вводные панели РУ-0,4кВ с распределительными панелями РУ-0,4кВ, на шинопроводы марки Canalis;
- Расчет релейной защиты трансформаторов 6/0,4кВ, предусматривающей отключение стороны ВН трансформаторов 6/0,4кВ
- Расчет уставок автоматических выключателей РУ-0,4кВ, проверка селективности.

3.1 Расчетные условия.

Наряду с требованиями Заказчика:

- Принять за основу проектирования существующую однолинейную схему электроснабжения КТП-6, а также требования технического задания.
- Система электроснабжения TN-C-S;
- Электропитание нового оборудования осуществить от ячеек 26.2 и 33.2 ЗРУ-6кВ ГПП-5;

Для выполнения проекта на выполненные работы приняты следующие дополнительные расчетные условия:

- Расчетная внешняя температура: от -35°C до $+40^{\circ}\text{C}$ (для выбора оборудования);
- Внутренние температуры здания в нормальном режиме: от $+10^{\circ}\text{C}$ до $+30^{\circ}\text{C}$;
- Внутренние температуры в аварийном режиме: от $+5^{\circ}\text{C}$ до $+35^{\circ}\text{C}$;
- Категории взрывопожароопасности (по ПУЭ) — специальных требований не предъявляется;
- Относительная влажность: от 30% до 80%.

Изм	Кол.уч	Лист	Номер док.	Подпись	Дата	17-24П-2011-ЭМ	Лист
							25

4. Система электроснабжения.

Электроснабжение цеха разделения газа осуществляется по двум кабельным линиям ЦАСБ-6 3х70 6 кВ от ячеек 26.2 и 33.2 ЗРУ-6кВ ГПП-5, в которых установлены масляные выключатели ВМП-10К.

4.1. Основные технические решения.

Трансформаторы и РУ-0,4кВ располагаются в помещении КТП-6 и установлены на железобетонном полу, обеспечивающем надежное крепление панелей РУ-0,4кВ и трансформаторов. Для подвода питающих кабелей ВНи отходящих кабелей ННв полу под панелями РУ-0,4кВ и трансформаторами предусмотрены кабельные каналы.

Для докового присоединения стороны НН трансформаторов с вводными панелями РУ-0,4кВ проектом предусмотрены комплекты шин.

Применены сухие трансформаторы ABB Resibloc® 1000 кВА 6/0,4кВ – УЗ с изоляцией из эпоксидной смолы, армированной нитями стекловолокна, в защитных кожухах IP23, группа соединения обмоток 11 (Δ/Υ– с глухо-заземленной нейтралью).

Релейная защита трансформаторов осуществляется с помощью микропроцессорных реле типа РС40М производства «РЗА системз».

Тепловая защита трансформаторов осуществляется с использованием блока измерения и контроля температуры Ziehl TR250.

В качестве оболочек РУ-0,4кВ применены шкафы Prisma Plus производства Schneider Electric.

РУ-0,4кВ укомплектовано вводными, секционным и фидерными автоматическими выключателями, секционным выключателем нагрузки производства Schneider Electric.

АВР на стороне НН применяется с использованием программируемого реле Zelio Logic производства Schneider Electric и обеспечивает непрерывное электроснабжение цеха разделения газа при аварийной ситуации на одном из вводов КТП-6.

4.2. Категории надежности электроснабжения.

В соответствии с техническими требованиями Заказчика, цех разделения газа относится к 1 категории надежности, перерыв в электроснабжении которого приведет к расстройству сложного технологического процесса.

4.3. Управление, сигнализация, измерения, учет, блокировки.

Отключение выключателей ВМП-10К 6кВ ячеек 26.2 и 33.2 ЗРУ-6кВ обеспечивает система РЗА, имеющая в своем составе следующие виды защит:

- максимальная токовая защита трансформатора 6/0,4кВ;
- максимальная токовая отсечка;
- защита от однофазных замыканий на землю в сети 6кВ;
- тепловая защита трансформатора 6/0,4кВ.

Управление выключателями секций шин 0,4кВ осуществляется посредством устройства АВР, построенном на логическом модуле Zelio Logic 26 I/O 240V AC и двух реле контроля фаз СМ-MPS.21.

Сигнализация состояния вводных и фидерных выключателей РУ-0,4кВ обеспечивается посредством светосигнальной арматуры DEKraft.

Изм	Кол.уч	Лист	Номер док.	Подпись	Дата	17-24П-2011-ЭМ	Лист
							26

Фазные токи на отходящих линиях вводных и фидерных выключателей РЧ-0,4кВ измеряются с помощью трансформаторов тока ИЭК и щитовых амперметров Circutor.

В ячейках 26.2 и 33.2 ЗРУ-6кВ предусмотрен технический учет электроэнергии счетчиками электроэнергии ПСЧ 4ТМ.05М.

5. Принцип работы схемы АВР.

Устройство АВР предназначено для осуществления автоматического или ручного резервирования питания секций низкого напряжения 0,4 кВ.

В нормальном режиме питания вводной автомат 1QF включен и питает 1 секцию низкого напряжения 0,4 кВ. Вводной автомат 2QF включен и питает 2 секцию низкого напряжения 0,4 кВ. Секционный автомат 3QF отключен.

При нарушении электроснабжения со стороны 1 или 2 ввода (симметричном снижении фазных напряжений до величины $< 0,77 U_{\text{ф.ном.}}$; снижении напряжения на одной из трех фаз до величины $< 0,6 U_{\text{ф.ном.}}$; обрыве одной, двух или трех фаз; обратном порядке чередования фаз) схема АВР с заданной выдержкой времени (3 сек.) отключает соответствующий вводной автомат (1QF и 2QF) и включает секционный автомат 3QF.

Таким образом осуществляется резервирование источников питания.

При восстановлении нормального питания схема с соответствующей выдержкой времени (10сек) возвращается в исходное положение (отключается 3QFS, и включается 1QF1 или 2QF).

Функции АВР и автоматического восстановления первоначальной схемы осуществляется только если переключатель режимов SA1 находится в положении «Авт.» (автоматическое).

При постановке переключателя в положение «Ручн.» (ручное) операции включения и отключения автоматов с необходимыми блокировками производятся с панели щита соответствующими кнопками «Включить» и «Отключить».

При постановке переключателя в положение «0» все функции АВР отключены.

Трехфазные реле контроля напряжения KSV1 и KSV2 при наличии на вводе (до вводных автоматов) симметричного напряжения достаточной величины с прямым порядком чередования фаз находятся в притянутом состоянии (закрывающий контакт 15–18 замкнут, размыкающий 15–16 разомкнут) и разрешают работу нормальной схемы электроснабжения с включенными 1 и 2 вводом (автомат 1QF и 2QF включен). В случае нарушения одного из ниже перечисленных параметров питающего напряжения реле отпадает, замыкая контакт 25–26 и размыкая контакт 21–24 и запускает схему АВР.

Реле отпадает при:

- а) симметричном снижении фазных напряжений до величины $< 0,77 U_{\text{ф.ном.}}$;
- б) снижении напряжения на одной из трех фаз до величины $< 0,6 U_{\text{ф.ном.}}$;
- в) обрыве (исчезновении напряжения) одной, двух или трех фаз;
- г) обратном порядке чередования фаз.

В пунктах а) и б) реле отпадает с выдержкой времени 0,1–10 с, в пунктах в) и г) реле отпадает без выдержки времени.

Вторичные цепи питаются фазным напряжением от силовых цепей вводов.

Напряжение подается через предохранители 1SF4–1SF6 (1-й ввод), 2SF4–2SF6 (2-й ввод) с использованием схемы резервирования по каждому из вводов.

Выключатель «Мастерпакт» имеет включающий электромагнит (XF), независимый расцепитель (MX) и моторный привод, с помощью которого взводится включающая пружина; применяемые для дистанционного включения/отключения.

При отсутствии напряжения в оперативных цепях пружину привода можно завести рукояткой ручного взвода пружины, расположенной на лицевой стороне выключателя. Для взвода пружины необходимо сделать семь качков рукояткой, щелчок будет свидетельствовать о готовности привода к работе. Сигнализация состояния пружины осуществляется надписью на выключателе в специальном окне: «charged» —пружина взведена, «discharged»—пружина не взведена. Включение

Изм	Кол.уч	Лист	Номер док.	Подпись	Дата	17-24П-2011-ЭМ	Лист
							27

выключателя вручную производится кнопкой «Вкл» («push ON»), а отключение производится кнопкой «Откл» («push OFF»). Кнопки расположены на лицевой стороне выключателя. При этом положение главных контактов выключателя отображается в специальном окне. При включенном выключателе в окне выпадает белая заставка с надписью «ON», при отключенном положении выключателя — зеленая заставка с надписью «OFF».

Блокировка выключателей (как вводных, так и секционного) может производиться с помощью навесного замка в положении «отключено».

При наличии в схеме АВР оперативного тока пружинный привод взводится автоматически, т. к. при этом напряжение на привод выключателя подается постоянно, но включающая пружина взводится после каждой операции включения. Остановка двигателя привода осуществляется при помощи конечного выключателя, разрывающего цепь питания двигателя при полностью заведенной пружине.

Исходное положение: автоматы 1QF, 2QF, 3QF отключены; переключатель SA1 находится в положении «0»;

При нормальном напряжении реле контроля KSV1 и KSV2 сработают и на нем загорятся зеленый и желтый светодиоды.

Переключатель SA1 перевести в положение «Ручн.» (ручное). Опробовать схему АВР в ручном режиме с помощью соответствующих кнопок.

Перевести переключатель режимов SA1 в положение «Авт.» (автоматическое).

Схема АВР готова к работе.

В автоматическом режиме работы АВР при нарушении одного из параметров питающего напряжения (перечисленных в п. 2.2) со стороны 1-го ввода отпадает трехфазное реле контроля напряжения KSV1, размыкает замыкающие контакты (11–14 и 21–24). Таким образом, идет подача сигнала на контроллер Zelio о нарушении питания 1-го ввода.

С определенной выдержкой времени (2с) контроллер выдаст сигнал об отключении 1-го ввода (1QF) и включении секционного автомата (1с) 3QF.

Таким образом, схема автоматически отключила 1-й ввод и включила секционный автомат.

В автоматическом режиме работы АВР при восстановлении нормального трехфазного напряжения со стороны 1-го ввода, трехфазное реле замкнет свой контакт 11–14 и разомкнет контакт 21–24. Контроллер получит команду о восстановлении ввода и с определенными выдержками времени отключит секционный аппарат 3QF и включит автомат 1-го ввода 1QF. Таким образом, восстанавливая первоначальную схему электроснабжения.

Работа схемы АВР при нарушении питания 2-го ввода происходит по аналогии с 1-м вводом, описанным в п.5.6 и 5.7.

При возникновении короткого замыкания, превышающий ток уставки вводного аппарата (к.з. на распределительных шинах ГРЩ и т.п.), аппарат 1QF отключится расцепителем максимального тока. Повторного включения выключателя при этом не произойдет, т.к. выключатель имеет устройство, блокирующее цепь включения при отключении токовой защитой. При отключении выключателя расцепителем максимального тока выключатель повторно не включается ни в автоматическом режиме, ни вручную.

Схема АВР предусматривает блокировку от включения выключателя ввода №2 (2QF) на неустранившееся короткое замыкание, т.к. на вводных аппаратах установлена защита, позволяющая реализовать данную функцию. При срабатывании расцепителя максимального тока разомкнется аварийный блок-контакт SDE выключателя 2QF (реле K2), в результате чего подается сигнал на Zelio, что не позволит в автоматическом режиме ни включить, ни отключить секционный выключателей (электрическая блокировка).

Изм	Колуч	Лист	Номер док.	Подпись	Дата	17-24П-2011-ЭМ	Лист
							28

Таким образом, после отключения расцепителем максимального тока автоматический выключатель ввода №2 (2QF) отключится, и секция останется обесточенной до устранения неисправности и восстановления схемы.

Для снятия блокировки выключателя после устранения неисправности (отключение от тока к.з.) необходимо нажать на кнопку «Сброс» («reset»), расположенную на лицевой стороне выключателя.

6. Выбор оборудования системы электроснабжения.

6.1. Выбор силового трансформатора.

– Выбор трансформаторов 6/0,4 кВ произведен на основании разработанной однолинейной схемы электроснабжения КТП-6 с учетом требований технического задания.

Выбраны трансформаторы Resibloc® – 1000кВА 6/0,4 – УЗ производства АВВ.

Присоединения силовых трансформаторов к вводным панелям РЧ-0,4 осуществляются по месту путём изготовления шинных переходов для докового присоединения.

6.2. Выбор кабеля для КЛ 6кВ.

Для выбора сечений кабелей определяется расчетный ток, по таблице выбирается стандартное сечение, соответствующее ближайшему большему току.

Расчетный ток определяется по формуле:

$$I_p = \frac{S_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}; I_p = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 6} = 96,3 \text{ A.}$$

Далее определяется длительно допустимый ток для КЛ по выражению:

$$I_{доп.} = I_p \cdot K_1 \cdot K_2,$$

где K_1 – коэффициент, учитывающий число работающих кабелей, проложенных в земле, $K_1 = 0,9$;

K_2 – коэффициент, учитывающий температуру окружающей среды и допустимую температуру кабеля, $K_2 = 1,11$.

$$I_{доп.} = 96,3 \cdot 0,9 \cdot 1,11 = 96,2 \text{ A.}$$

Определяется экономически выгодное сечение провода:

$$S_{эк.} = \frac{I_{доп.}}{j_{эк.}},$$

где $j_{эк.}$ – экономическая плотность тока, для данного случая $j_{эк.} = 1,2 \text{ A/мм}^2$.

$$S_{эк.} = \frac{96,2}{1,2} = 80 \text{ мм}^2.$$

Из условия $S > S_{эк.}$ выбирается кабель ЦААШв-10 3х95.

Условие допустимости по нагреву для ЦААШв-10 3х95:

$$I_{доп.} \geq I_{наиб.}$$

Для выбранного кабеля, проложенного в земле, $I_{доп.} = 205 \text{ A}$, т.е. $205 > 96,2$, что удовлетворяет условию проверки.

Проводится проверка по нагреву током послеаварийного режима с учетом пропускной способности по условию:

$$K_{пер.} \cdot I_{доп.} \geq 2 I_{наиб.},$$

Изм	Кол.уч	Лист	Номер док.	Подпись	Дата	17-24П-2011-ЭМ	Лист
							2.9

где $K_{пер.}$ — коэффициент перегрузки, в данном случае $K_{пер.} = 1,25$.

$$256,25 > 192,4 ,$$

что удовлетворяет условию проверки.

Для монтажа выбранного кабеля следует произвести демонтаж существующих кабелей ЦАСБ-6 3х70.

6.3. Выбор шинпровода.

Шинпровод должен отвечать следующим условиям:

$$I_{м.нн} \cdot K_{пер.} \leq I_{ш.}$$

где $I_{м.нн}$ — номинальный ток вторичной обмотки трансформатора 6/0,4кВ, А;

$K_{пер.}$ — коэффициент перегрузки трансформатора (для тр-ра ABB Resibloc® = 1,3);

$I_{ш.}$ — номинальный ток шинпровода, $I_{ш.} = 2000$ А.

$$I_{м.нн} = \frac{S_{ном.}}{\sqrt{3} \cdot U_{нн}} ;$$

$$I_{м.нн} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 1445 \text{ А} ;$$

$$I_{м.нн} \cdot K_{пер.} = 1445 \cdot 1,3 = 1878,5$$

$$1878,5 < 2000$$

По результатам проверки шинпровод с номинальным током в 2000 А подходит для применения в РУ-0,4кВ.

7. Защита силового трансформатора.

7.1. Выбор типов защит.

Основные данные силового трансформатора:

$$S_{т.ном.} = 1000 \text{ кВА};$$

$$U_{т.вн}/U_{т.нн} = 6/0,4\text{кВ};$$

$$U_k = 6 \text{ } \%;$$

$$\Delta P_k = 8800 \text{ Вт};$$

$$I_{т.вн} = 96,3 \text{ А};$$

$$I_{т.нн} = 1445 \text{ А};$$

Группа соединений обмоток Δ/Y_n .

Защита выбранного силового трансформатора включает в себя:

- токовую отсечку без выдержки времени от многофазных коротких замыканий в обмотках и на выводах трансформатора;
- максимальную токовую защиту от внешних многофазных токов короткого замыкания;
- защиту от однофазных замыканий на землю (с действием на сигнал);
- тепловую защиту.

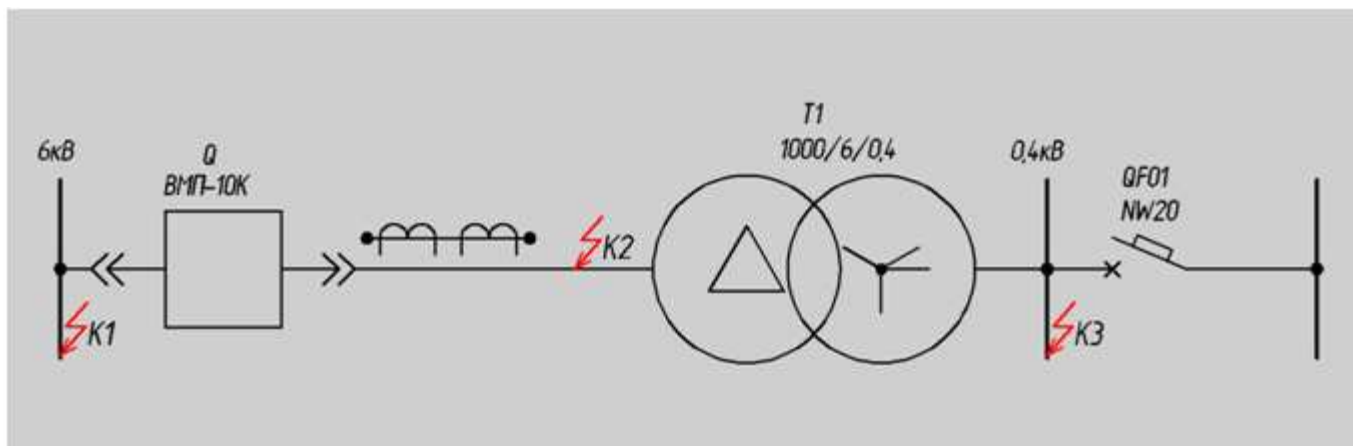
Изм	Колуч	Лист	Номер док.	Подпись	Дата	17-24П-2011-ЭМ	Лист
							2.10

7.2. Расчет токов короткого замыкания.

Исходные данные:

- $I_{k(3) \text{ макс.}} = 18350 \text{ А}$ (на шинах 6 кВ ячейек 26.2 и 33.2);
- кабель ЦААШв 3х95; $r_k = 0,31 \text{ Ом/км}$; $x_k = 0,083 \text{ Ом/км}$; $L = 0,3 \text{ км}$.

Составляется расчетная схема.



Сопротивление системы до точки K1:

$$Z_c = \frac{U_{\text{н.}}}{\sqrt{3} \cdot I_{k(3) \text{ макс.}}} ;$$

$$Z_c = \frac{6000}{\sqrt{3} \cdot 18350} = 0,19 \text{ Ом.}$$

Сопротивление линии до точки K2:

$$Z_{k2} = Z_c + \sqrt{(r_k^2 + x_k^2)};$$

$$Z_{k2} = 0,294 \text{ Ом.}$$

Максимальный ток короткого замыкания в точке K2:

$$I_{k(3) \text{ макс.}} = \frac{6000}{\sqrt{3} \cdot 0,294} = 11797 \text{ А.}$$

Минимальный ток короткого замыкания в точке K2:

$$I_{k(3) \text{ мин.}} = \frac{6000}{\sqrt{3} \cdot (0,294 + 0,15)} = 7812 \text{ А.}$$

Сопротивление трансформатора, приведенное к $U_{\text{н.}}$:

$$Z_m = \frac{U_k \% \cdot U_{\text{н.}}^2}{100 \cdot S_{\text{т. ном.}}} ;$$

$$Z_m = \frac{6 \cdot 39,69}{100 \cdot 1} = 2,38 \text{ Ом.}$$

Максимальный ток короткого замыкания в точке K3, приведенный к 6 кВ:

Изм	Кол.уч	Лист	Номер док.	Подпись	Дата	17-24П-2011-ЭМ	Лист
							2.11

$$I_{k.(3) \max} = \frac{6000}{\sqrt{3} \cdot 2,674} = 1297 \text{ A.}$$

Минимальный ток короткого замыкания в точке КЗ:

$$I_{k.(3) \min} = \frac{6000}{\sqrt{3} \cdot (2,674 + 0,15)} = 1228 \text{ A.}$$

7.3. Расчет токовой отсечки.

Для защиты трансформатора при междуфазных к.з. в обмотках и на выводах ВН принимается токовая отсечка без выдержки времени с использованием микроэлектронного реле типа РС40М.

Выбираются трансформаторы тока ТПЛ-10-М ; 150/5 ; 0,5/10Р.

$$I_{1H} = 150 \text{ A}; I_{2H} = 5 \text{ A}; k_i = 30.$$

Трансформаторы тока и реле включаются по схеме неполной звезды с реле в нулевом проводе: $k_{сх} = 1$.

Ток срабатывания отсечки и реле:

$$I_{с.о.} \geq k_{отс.} \cdot I_{k.(3) \max};$$

$$I_{с.о.} \geq 1,25 \cdot 1361 = 1701 \text{ A.}$$

$$I_{с.р.} = \frac{k_{сх.} \cdot I_{с.о.}}{k_i};$$

$$I_{с.р.} = \frac{1 \cdot 1701}{30} = 56,7 \text{ A.}$$

Коэффициент чувствительности определяется при минимальном значении двухфазного к.з. на выводах 6 кВ защищаемого трансформатора:

$$k_{ч.} = \frac{I_{k.(2)}}{I_{с.о.}};$$

$$k_{ч.} = \frac{0,865 \cdot 7812}{1701} = 4 > 2;$$

Принимается двухфазное микроэлектронное реле тока РС40М2-15/120.

Таблица 6.1. — Характеристики РС40М2-15/120.

Диапазон изменения уставок, А	30,0 – 124,5
Дискретность изменения уставок, А	1,5
Номинальный ток, А	25,0

7.4. Расчет максимальной токовой защиты.

Для защиты трансформатора при внешних к.з. выбирается максимальная токовая защита с выдержкой времени с использованием микроэлектронного реле типа РС40М21i.

Ток срабатывания защиты и реле выбирается по наиболее тяжелому условию обеспечения несрабатывания защиты при АВР на стороне 0,4 кВ:

$$I_{с.з.} = \frac{k_{отс.} \cdot I_{сам.}}{k_{д}} = \frac{k_{отс.} \cdot k_{сам.} \cdot I_{м.вн}}{k_{д}};$$

Изм	Кол.уч	Лист	Номер док.	Подпись	Дата	17-24П-2011-ЭМ	Лист
							2.12

$$I_{с.з.} = \frac{1,25 \cdot (1,5 \cdot 0,7 \cdot 96,3 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 96,3)}{0,85} = 297 \text{ A};$$

Коэффициент 0,7 учитывает фактическую загрузку каждого из трансформаторов. Коэффициенты самозапуска (1,5) и увеличения тока нагрузки неотключившейся секции (1,5) приняты в предположении, что нагрузка подстанции состоит преимущественно из асинхронных электродвигателей 0,4 кВ, участвующих в самозапуске.

$$I_{с.р.} = \frac{k_{сх} \cdot I_{с.з.}}{k_i};$$

$$I_{с.р.} = \frac{1 \cdot 297}{30} = 9,9 \text{ A}.$$

Коэффициент чувствительности определяется при минимальном трехфазном к.з. в точке КЗ, отнесенном к стороне ВН:

$$k_{ч.} = \frac{I_{к.(3)}}{I_{с.з.}};$$

$$k_{ч.} = \frac{1228}{297} = 4,13 > 1,5.$$

Принимается двухфазное микроэлектронное реле тока РС40М21-5/40i.

Таблица 6.2. — Характеристики РС40М21-5/40i.

Диапазон изменения уставок, А	5,0 – 20,75
Дискретность изменения уставок, А	0,25
Номинальный ток, А	10,0
Наличие индикации срабатывания	есть

Для силовых трансформаторов со схемой соединения обмоток Δ/Y_n в схему МТЗ два токовых реле включают на фазные токи, а одно реле — на сумму токов двух фаз. За счет такого включения повышается чувствительность защиты к двухфазным к.з. на стороне НН трансформатора.

Уставка времени срабатывания реле МТЗ $t = 0,5 \text{ с.}$

7.5. Расчет защиты от однофазных замыканий на землю в КЛ 6кВ.

Защита действует на сигнал. Принимается микроэлектронное реле типа РС40М.

Ток срабатывания защиты:

$$I_{с.з.} = k_{отс.} \cdot k_{\delta} \cdot I_{\Sigma};$$

где k_{δ} — коэффициент, учитывающий бросок емкостного тока, принимается $k_{\delta} = 1,5$;

I_{Σ} — суммарный емкостной ток, протекающий по защищаемому присоединению при однофазном замыкании на землю.

Изм	Кол.уч	Лист	Номер док.	Подпись	Дата	17-24П-2011-ЭМ	Лист
							2.13

$$I_{\Sigma} = I_c \cdot L ;$$

где $I_c = 0,9 \text{ А/км}$, $L = 0,3 \text{ км}$.

$$I_{\Sigma} = 0,9 \cdot 0,3 = 0,27 \text{ А}.$$

$$I_{c.з.} = 1,25 \cdot 1,5 \cdot 0,27 = 0,506 \text{ А} ;$$

Выбирается микроэлектронное реле типа РС40М-0,05/0,4.

Таблица 6.3. — Характеристики РС40М-0,05/0,4.

Диапазон изменения уставок, А	0,05 — 0,2075
Дискретность изменения уставок, А	0,0025
Номинальный ток, А	0,25

7.6. Проверка выбранного кабеля для КЛ 6 кВ на термическую стойкость.

Производится проверка выбранного сечения жил кабеля ЦААШв-10 3х95 на термическую стойкость токам к.з.

$$S_{min} \geq \frac{I_{к.з.} \cdot \sqrt{t_{пр.}}}{C} ;$$

где $I_{к.з.}$ — величина тока к.з. в начале кабельной линии, А;

$t_{пр.}$ — приведенное время, с;

C — постоянная, соответствующая разности выделенной теплоты в проводнике после и до к.з., для алюминиевой жилы кабеля с бумажной пропитанной изоляцией $C = 95 \text{ А} \cdot \text{с}^{0,5} / \text{мм}^2$.

$$S_{min} \geq \frac{11797 \cdot \sqrt{0,55}}{95} \geq 92 \text{ мм}^2.$$

Таким образом, выбранный кабель ЦААШв-10 3х95 устойчив к действию токов к.з.

8. Выбор аппаратов стороны 0,4 кВ.

8.1. Вводные автоматы.

Номинальный ток вводного автомата определяется по условию пропуска максимального тока нагрузки в аварийном режиме:

$$I_{ном}^{(ВА)} \geq K_{пер} \cdot I_{т.нн};$$

где $K_{пер.} = 1,3$ — коэффициент перегрузки трансформатора,

$I_{т.нн}$ — номинальный ток трансформатора на стороне 0,4 кВ.

$$I_{ном} \geq 1,3 \cdot 1445 \geq 1878,5 \text{ А}.$$

По каталогу Schneider Electric выбирается автомат Masterpact NW20, $I_{ном.} = 2000 \text{ А}$.

Отключающая способность автомата должна превосходить максимальный ток к.з. за автоматом на шинах 0,4 кВ:

Изм	Кол.уч	Лист	Номер док.	Подпись	Дата	17-24П-2011-ЭМ	Лист
							2.14

$$I_{к.}^{(3)} = \frac{100}{u_{к\%}} \cdot I_{т.нн};$$

$$I_{к.}^{(3)} = \frac{100}{6} \cdot 1445 = 24,1 \text{ кА.}$$

По каталогу Schneider Electric, ближайшее предельное значение отключаемого тока для Masterpact NW20 равно 65 кА. Выбирается автомат Masterpact NW20H1.

8.2. Секционный автомат.

Номинальный ток автомата определяется по формуле:

$$I_{ном}^{(CA)} \geq 0,7 \cdot I_{ном}^{(BA)};$$

где 0,7 — коэффициент неравномерности распределения нагрузки по секциям 0,4 кВ.

$$I_{ном}^{(CA)} \geq 0,7 \cdot 2000 = 1400 \text{ А.}$$

По каталогу выбирается автомат Masterpact NT16H1, $I_{ном} = 1600 \text{ А}$, $I_{cu} = 42 \text{ кА}$.

В распределительных панелях РУ-0,4 кВ отходящие присоединения защищаются автоматами Compack NSX производства Schneider Electric наибольшим $I_{ном} = 630 \text{ А}$.

9. Выбор уставок защит автоматов 0,4 кВ и проверка селективности.

В основу выбора уставок защит оборудования ТП положено два постулата:

- селективность смежных защит, как по току, так и по времени во всем возможном диапазоне токов к.з.;
- характеристики всех промежуточных защит должны укладываться в граничные условия как «сверху», так и «снизу».

Граничным условием «сверху» является характеристика МТЗ трансформатора ($I_{с.з.} = 297 \text{ А}$, $t_{с.з.} = 0,5 \text{ с.}$ в независимой части характеристики).

Граничным условием «снизу» является защитная характеристика автомата NSX630F $I_{ном} = 630 \text{ А}$.

9.1. Выбор уставок защит вводных автоматов.

Выбор тока I_{gr} времени t_r срабатывания защиты от перегрузки трансформатора в аварийном режиме:

$$I_{с.з.}^{(BA)} = K_{пер} \cdot I_{т.нн};$$

$$I_{с.з.}^{(BA)} = 1,3 \cdot 1445 = 1878,5 \text{ А.}$$

$$I_r = K \cdot I_{ном};$$

$$I_r = 0,95 \cdot 2000 = 1900 \text{ А.}$$

Уставка времени срабатывания защиты вводного автомата от перегрузки:

$$t_r = 1 \text{ с. при } I = 4 \cdot I_r.$$

Выбор тока I_{sd} и времени t_{sd} срабатывания селективной токовой отсечки.

Принимается уставка тока срабатывания $I_{sd} = 2 \cdot I_r = 2 \cdot 1900 = 3800 \text{ А}$.

Время срабатывания $t_{sd} = 0,3 \text{ с.}$ в зоне $I^2t \rightarrow \text{OFF}$.

Изм	Кол.уч	Лист	Номер док.	Подпись	Дата	17-24П-2011-ЭМ	Лист
							2.15

9.2. Выбор уставок защит секционного автомата.

Выбор тока I_r и времени t_r срабатывания ступени защиты от перегрузки:

1) По условию согласования с характеристикой автомата NSX630F.

$$I_{с.з.}^{(CA)} \geq K_{созл.} \cdot I_{ном}(NSX630F);$$

где $K_{созл.} = 1,6$ — коэффициент согласования, учитывающий разброс реле, разброс в токе срабатывания NSX630F и ток нагрузки неповрежденных кабелей.

$$I_{с.з.}^{(CA)} \geq 1,6 \cdot 630 \geq 1008 \text{ A.}$$

2) По условию отстройки от максимального тока нагрузки через секционный автомат в аварийном режиме:

$$I_{с.з.}^{(CA)} \geq 0,7 \cdot K_{пер.} \cdot I_{м.нн};$$

$$I_{с.з.}^{(CA)} \geq 0,7 \cdot 1,3 \cdot 1445 \geq 1315 \text{ A.}$$

За уставку предварительно принимается наибольший ток срабатывания защиты $I_{с.з.}^{(CA)} = 1315 \text{ A.}$

$$I_r = K \cdot I_{ном};$$

$$I_r = 0,85 \cdot 1600 = 1360 \text{ A.}$$

Уставка времени срабатывания защиты секционного автомата от перегрузки:

$$t_r = 1 \text{ с. при } I = 4 \cdot I_r.$$

Выбор тока I_{sd} времени t_{sd} срабатывания селективной токовой отсечки.

Принимается уставка тока срабатывания $I_{sd} = 2 \cdot I_r = 2 \cdot 1360 = 2720 \text{ A.}$

Время срабатывания $t_{sd} = 0,2 \text{ с. в зоне } I^2t \rightarrow \text{OFF.}$

Такая уставка позволяет выполнить роль отсечки при к.з. на шинах 0,4 кВ и сохранить в работе второй трансформатор.

Времятоковые характеристики срабатывания защит аппаратов от короткого замыкания на шинах 0,4 кВ представлены на карте селективности (лист 17-24П-2011-ЭМ-18).

10. Канализация электроэнергии.

Прокладка высоковольтных и контрольных кабелей между корпусом 150 (ЗРУ-6 кВ) и корпусом 106 (КТП-6) осуществляется в кабельных туннелях №№1, 3а (лист 17-24П-2011-ЭМ-16).

Прокладка высоковольтных и контрольных кабелей по помещению КТП-6 осуществляется в кабельном канале (лист 17-24П-2011-ЭМ-15).

Механическое крепление шинпроводов производится на специальной конструкции подвеса, чертеж которой приведен на листе 17-24П-2011-ЭМ-10.

11. Тепловыделение и теплоотведение.

При выборе решений использовались следующие нормативные документы:

ПУЭ;

СНиП 41-01-2003 “Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха”;

СНиП 23-01-99 «Строительная климатология».

Методика выбора уставок защит. Выпуск 10. Шнейдер электрик.

Изм	Колуч	Лист	Номер док.	Подпись	Дата	17-24П-2011-ЭМ	Лист
							2.16

Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха существующее.

12. Электробезопасность.

Основные нормы, определяющие технические решения, направленные на обеспечение электробезопасности электроустановок изложены в главе 1.7 ПУЭ, ГОСТ 12.1.019-79, ГОСТ 12.1.030-81, ГОСТ 12.1.038-82.

В настоящем проекте в соответствии с техническими условиями принята система заземления TN-S-C, что совместно с нормативными документами, отмеченными в начале данного раздела определяет комплекс мер по построению системы электробезопасности на предприятии.

Нейтральные точки обмоток НН трансформаторов и все открытые проводящие части электроустановок присоединены к заземляющей шине посредством защитных проводников.

К частям, подлежащим занулению или заземлению согласно 1.7.76 ПУЭ, отнесены:

корпуса электрических машин, трансформаторов, аппаратов, светильников и т.п.;

приводы электрических аппаратов;

вторичные обмотки измерительных трансформаторов;

каркасы распределительных щитов, щитов управления, щитков и шкафов, а также съемные или открывающиеся части, если на них установлено электрооборудование напряжением выше 50В переменного тока или более 120В постоянного тока;

металлические конструкции распределительных устройств, металлические кабельные конструкции, металлические кабельные соединительные муфты, металлические оболочки и броня контрольных и силовых кабелей, металлические оболочки проводов, металлические рукава и трубы электропроводки, кожухи и опорные конструкции шинопроводов, лотки, короба, струны, тросы и стальные полосы, на которых укреплены кабели и провода, а так же другие металлические конструкции, на которых устанавливается электрооборудование;

металлические оболочки и броня контрольных и силовых кабелей и проводов напряжением до 50В переменного тока и до 120В постоянного тока, проложенных на общих металлических конструкциях, в том числе в общих трубах, коробах, лотках и т.п.;

металлические корпуса передвижных и переносных электроприемников;

электрооборудование, размещенное на движущихся частях станков, машин и механизмов.

В качестве заземлителей были использованы находящиеся в соприкосновении с землей:

- фундаменты;
- стальная арматура железобетона;
- искусственные заземлители.

Заземляющий проводник надежно присоединен к заземлителю через соединительную колодку и имеет контакт с ним, удовлетворяющий требованиям ГОСТ 10434-82.

Присоединение систем заземления и уравнивания потенциалов производится к существующему контуру заземления КТП-6.

При выборе и монтаже электропроводки учитывались требования ГОСТ Р 50571.1 для кабелей и проводов к их оконцеванию и/или соединению, к их опорным или подвесным конструкциям, защитным оболочкам и способам защиты от внешних воздействий, а также обеспечивались общие требования безопасности по ГОСТ 50571.1 (часть 2).

Изм	Колуч	Лист	Номер док.	Подпись	Дата	17-24П-2011-ЭМ	Лист
							2.17

13. Противопожарные мероприятия и противопожарная защита.

В помещениях и сооружениях трансформаторной подстанции согласно НПБ 110-03 предусматривается автоматическая пожарная сигнализация. Наряду с размещением пожарных датчиков непосредственно в помещении подстанции датчики должны быть установлены под фальшполом, где располагаются кабельные трассы.

Помещения ТП соответствуют помещению II степени огнестойкости.

При длине РУ более 7 м имеются два выхода из помещения.

Двери из помещений РУ открываются наружу, или из помещения с большим напряжением в помещение с низшим напряжением и имеют замки, открываемые без ключа со стороны РУ.

Проходы кабеля сквозь стены и перегородки должны быть заложены огнеупорными брикетами или огнеупорным раствором.

14. Комплект защитных средств.

Все подстанции должны быть оснащены следующим комплектом защитных средств в соответствии с Правилами технической эксплуатации и техники безопасности:

- диэлектрические перчатки,
- диэлектрические боты,
- изолирующая штанга,
- переносное заземление,
- указатель напряжения,
- диэлектрический коврик,
- предупредительные таблички.

Изм	Кол.уч	Лист	Номер док.	Подпись	Дата	17-24П-2011-ЭМ	Лист
							2.18