

Заказчик – Филиал ПАО «РусГидро» - «Каскад Верхневолжских ГЭС»

Техническое перевооружение собственных нужд Рыбинской ГЭС

ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Раздел 5

Сведения об инженерном оборудовании, о сетях инженерно-технического обеспечения, перечень инженерно-технических мероприятий, содержание технологических решений

Подраздел 1. Система электроснабжения

Часть 5. Расчет уставок

П1200-81-ИОС 5.1.5

Том 15

Изм.	№ док.	Подпись	Дата
1	03-28		27.03.23
2	03-34		23.06.23

Заказчик – Филиал ПАО «РусГидро» - «Каскад Верхневолжских ГЭС»

Техническое перевооружение собственных нужд Рыбинской ГЭС

ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Раздел 5

Сведения об инженерном оборудовании, о сетях инженерно-технического обеспечения, перечень инженерно-технических мероприятий, содержание технологических решений

Подраздел 1. Система электроснабжения

Часть 5. Расчет уставок

П1200-81-ИОС 5.1.5

Том 15

Технический директор



С. В. Иванов

Главный инженер проекта



А. В. Евдокимов

Изм.	№док.	Подпись	Дата
1	03-28		27.03.23
2	03-34		23.06.23

**Список исполнителей**

ГИП	Евдокимов А.В.		02.2023
Руководитель проекта	Могонов А. А.		02.2023
Заведующий сектором	Григорьева Т.В.		02.2023
Руководитель проекта	Горланов М. Л.		02.2023
Нормоконтроль	Евдокимов А.В.		02.2023



Состав проектной документации

Титул: «Техническое перевооружение собственных нужд Рыбинской ГЭС». Состав проектной документации приведён в томе П1200-81-СП «Состав проектной документации».



Содержание

Общие сведения.....	6
1 Краткая характеристика объекта.....	8
2 Расчет токов короткого замыкания на шинах РГЭС	11
3 Расчет и проверка уставок защит присоединений РГЭС	16
3.1 Проверка существующих уставок АТ1, АТ2.....	16
3.1.1 Проверка уставок МТЗ НН.....	33
3.1.2 Проверка уставок ДЗ ВН(СН).....	34
3.1.3 Проверка уставок МТЗ ВН (СН).....	36
3.1.4 Проверка уставок ЗП НН.....	36
3.1.5 Проверка уставок ДЗО НН.....	37
3.2 Проверка существующих уставок 4Т, 5Т и 6Т.....	38
3.2.1 Проверка уставок 4Т.....	45
Проверка уставок ДЗТ.....	45
Проверка уставок МТЗ ВН	47
3.2.2 Проверка уставок 5Т.....	48
Проверка уставок ДЗТ.....	48
Проверка уставок МТЗ ВН	50
3.2.3 Проверка уставок 6Т.....	50
Проверка уставок ДЗТ.....	50
3.3 Выбор уставок защит ТСН ТГ4(ТГ6) ЭКРА 213 034	53
3.3.1 Исходные данные для расчёта	53
3.3.2 Выбор уставок токовой отсечки (ТО)	53
3.3.3 Выбор уставок максимальной токовой защиты (МТЗ)	54
3.3.4 Выбор уставок защиты от перегрузки (ЗП).....	55
3.3.5 Выбор уставок токовой защиты по нулевой последовательности 0,4 кВ (ТЗНП 0,4 кВ).....	56
3.4 Выбор уставок защит ТСН ТВ1 (ТВ2)	56
3.4.1 Исходные данные для расчёта	56
3.4.2 Дифференциальная защита трансформатора	57
3.4.3 Максимальная токовая защита ВН.....	60
3.4.4 Защита от перегрузки (ЗП).....	61
3.4.5 Контроль тока ЗДЗ	61
3.4.6 Автоматическое регулирование напряжения трансформатора (АРНТ)	61
3.5 Расчёт уставок присоединений ГРУ и КРУН-6,3 кВ	65
4 Выбор уставок защит присоединений 0,4 кВ.....	79
4.1 Расчет токов короткого замыкания	79
4.2 Селективная токовая отсечка	83



4.3 Защита от перегрузки.....	84
4.4 Мгновенная отсечка	84
4.5 Расчёт уставок защит присоединений 0,4 кВ	85
Приложение А. Письмо АО «СО ЕЭС» с исходными данными.....	97



Общие сведения

Проектная документация является собственностью филиала ПАО «РусГидро» - «Каскад Верхневолжских ГЭС». Передача третьей стороне или иное разглашение проектной документации требует предварительного письменного согласования Заказчика (филиала ПАО «РусГидро» - «Каскад Верхневолжских ГЭС»). Документация не может быть использована для перевооружения без утверждения.

Основанием для проектирования являются:

- Программа ТПиР Филиала ПАО «РусГидро» - «Каскад Верхневолжских ГЭС»;
- Договор №1200-81-2022 от 05.05.2022г. «Разработка проекта технического перевооружения собственных нужд Рыбинской ГЭС»;
- Техническое задание на разработку документации по титулу «Техническое перевооружение собственных нужд Рыбинской ГЭС»;
- Технические требования «Разработка проекта технического перевооружения собственных нужд Рыбинской ГЭС»

Перечень титулов, работ и программ, с которыми требуется координация решений разрабатываемой проектной документации:

- «Техническое перевооружение Рыбинской ГЭС. Пневмохозяйство ВД и НД». Шифр проекта 1867.01;
- «Техническое перевооружение Рыбинской ГЭС. Система осушения проточного тракта гидротурбин и дренажная насосная здания ГЭС». Шифр проекта 1867.02;
- «Верхний уровень автоматизированной системы управления технологическими процессами КВВГЭС - Рыбинская ГЭС». Шифр проекта 10996791.28.99.39.190.174.

Основные нормативно-технические документы (НТД), определяющие требования к оформлению и содержанию проектной документации:

- Постановление Правительства РФ № 87 от 16 февраля 2008 года «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию»;
- Постановление правительства РФ №1044 от 21 декабря 2009 года «О внесении изменения в Положение о составе разделов проектной документации и требованиям к их содержанию»;
- Постановление правительства РФ №235 от 13 апреля 2010 года «О внесении изменений в Положение о составе разделов проектной документации и требованиям к их содержанию»;
- Национальный стандарт Российской Федерации. «Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации». ГОСТ Р 21.1101-2020;
- Правила Устройства Электроустановок 7-е издание;
- Техническая политика Группы РусГидро;
- Стандарт организации ОАО «РусГидро» «Гидроэлектростанции. Нормы



технологического проектирования». СТО РусГидро 01.01.78-2012

- Стандарт организации ОАО «РусГидро» «Системы питания собственных нужд ГЭС. Условия создания. Нормы и требования». СТО 17330282.27.140.020 -2008;
- Стандарт организации ОАО «РусГидро» «Системы питания собственных нужд ГЭС. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования»;
- Стандарт организации ОАО «РусГидро» «Гидроэлектростанции. Системы оперативного постоянного тока. Технические требования, типовые технические решения». СТО РусГидро 02.02.105-2013;
- Рекомендации по проектированию технологической части гидроэлектростанций и гидроаккумулирующих электростанций, утвержденные приказом Минэнерго России от 30 июня 2003г. №285. СО 153-34.20.161-2003;
- Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации, утвержденные приказом Минэнерго РФ от 19 июня 2003г. №229. СО 153-34.20.501-2003 (РД 34.20.501-95);
- Ц-02-98(Э) «О проверке кабелей на не возгорание при воздействии тока короткого замыкания»;
- Приказ Министерства энергетики Российской Федерации №97 от 13 февраля 2019 года «Требования к каналам связи для функционирования релейной защиты и автоматики»;
- Приказ Министерства энергетики Российской Федерации №546 от 10 июня 2020 года «Об утверждении требований к релейной защите и автоматике различных видов и ее функционированию в составе энергосистемы и о внесении изменений в приказы Минэнерго России от 8 февраля 2019 г. №80, от 13 февраля 2019 г. №100, от 13 февраля 2019 г. №101»;
- Правила взаимодействия субъектов электроэнергетики, потребителей электрической энергии при подготовке, выдаче и выполнении заданий по настройке устройств релейной защиты и автоматики, утвержденные приказом Минэнерго России от 13.02.2019 № 100;
- Правила создания (модернизации) комплексов и устройств релейной защиты и автоматики в энергосистеме, утвержденные приказом Минэнерго России от 13.07.2020 № 556;
- ГОСТ Р 58669-2019 «Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Релейная защита. Трансформаторы тока измерительные индуктивные с замкнутым магнитопроводом для защиты. Методические указания по определению времени до насыщения при коротких замыканиях»;
- «Типовые проектные решения при создании (модернизации) РЗА присоединений главных схем всех классов напряжения ГЭС», утвержденные приказом ПАО «РусГидро» от 19.08.2020 №643.



1 Краткая характеристика объекта

Гидротехнические сооружения Рыбинского г/у расположены в двух створах: Волжском и Шекснинском, на территории Ярославской области РФ, вблизи города Рыбинск. Входит в Волжско-Камский каскад ГЭС, являясь его третьей ступенью. Вместе с Угличской ГЭС входит в состав филиала ПАО «РусГидро» - «Каскад Верхневолжских ГЭС».

Установленная мощность ГЭС составляет 386,4 МВт, среднегодовая выработка электроэнергии – 935 млн. кВт*ч. В здании ГЭС установлены 6 поворотно-лопастных гидроагрегатов, работающих при расчетном напоре 13,4 м: 4 гидроагрегата мощностью по 65 МВт, 2 гидроагрегата мощностью 63,2 МВт.

Оборудование собственных нужд ГЭС введено в эксплуатацию в 1941 году и выполнено на напряжении 3,15 кВ по следующему схемному решению:

- закрытое распределительное устройство напряжением 3 кВ с двумя системами шин и шиносоединительным выключателем для обеспечения электроснабжения общестанционных систем и резервирования агрегатных нужд. Питание ЗРУ 3 кВ выполнено от трансформаторов собственных нужд ТСН-1 и ТСН-2 напряжением 13,8/3,15 типа ТДНС-10000/35 У1 с РПН типа SCY3 на стороне ВН, присоединенных к шинам 13,8 кВ генераторного напряжения;

- распределительное устройство 0,4 кВ для энергоснабжения потребителей общестанционных нужд (ОСН) и резервирования агрегатных СН 0,4 кВ;

- агрегатные распределительные устройства 0,4 кВ (АСН) для обеспечения энергоснабжения вспомогательных механизмов гидроагрегатов на классе напряжения 0,4 кВ.

В период с 1998 по 2021 гг. заменены гидроагрегаты станции. Электроснабжение агрегатных нужд которых осуществляется от индивидуальных трансформаторов типа ТСЗЛ-400/13,8/0,4 кВ, присоединенных к шинам 13,8 кВ генераторного напряжения. Резервирование выполнено от РУ общестанционных нужд.

В настоящее время произведена замена трансформаторов собственных нужд ТСН 1Г, ТСН 2Г, ТСН 3Г, ТСН 5Г типа ТСЗЛ 400 кВА и двухсекционных распределительных устройств РУ 0,4 кВ СН ГА собственных нужд гидроагрегатов 1Г, 2Г, 3Г, 5Г.

Распределительные устройства собственных нужд гидроагрегатов РУ 0,4 кВ СН ГА установлены в помещении РУ 0,4 кВ ГА на отметке 101,5. РУ 0,4 кВ СН ГА питается от ТСН гидрогенератора и по КЛ от шин секции 0,4 кВ соответствующего питпункта.

Трансформаторы ТСН 1Г, ТСН 2Г, ТСН 3Г и ТСН 5Г типа ТСЗЛ 400/13,8/0,4 установлены в помещении РУ 13,8 кВ 1-6Г на отм. 96,5 м.

РУ 380 В ОСН состоит из трех секций:

- секция осветительной нагрузки с питанием от трансформатора Л1Т, состоит из пяти ячеек (№№ 1-5);

- секция моторной нагрузки с питанием от трансформатора М11Т, состоит из пяти ячеек (№№ 1-5);

- секция моторной нагрузки с питанием от трансформатора М12Т, состоит из шести ячеек (№№ 6-11).



От ячеек №№1-11 секций трансформаторов М11Т и М12Т получают питание электрооборудование общестанционных нужд: компрессоров, пожарных насосов, механической мастерской, вентиляции, сборок временных подключений, дренажных насосов потерны, подзарядные агрегаты щита постоянного тока, силовые сборки трансформаторов 1Т-6Т, резерв питания РУ 0,4 кВ ТМХ, оборудование связи, бытовые помещения отм. 96,5 здания ГЭС, помещения административно-бытового корпуса здания ГЭС, ЩСН РЗ ОРУ.

Электроснабжение удаленных объектов, расположенных на территории ГЭС (здание управления, база дирекции, база ОМТС) осуществляется от распределительного пункта 3/6 кВ. Питание РП 3/6 кВ осуществляется по кабельной линии от ячейки №2 РУ 3 кВ ОСН.

Оперативный ток Рыбинской ГЭС – постоянный. Реализован проект замены оборудования постоянного тока.

Согласно требованиям к проектным решениям, электрическая сеть СН выполняется с двумя ступенями напряжения - 6,3 кВ и 0,4 кВ. В качестве источников питания СН принимаются шины генераторного напряжения 13,8 кВ блоков генератор-трансформатор 1Т-6Т и обмотки низкого напряжения 6,3 кВ автотрансформаторов АТ-1 и АТ-2, установленных на ОРУ-220/110 кВ.

Для обеспечения питанием потребителей переменного тока 220/380 В гидроагрегатов предусматривается двухсекционное РУ-0,4 кВ (АСН), секции которого питаются: одна от понижающего трансформатора 13,8/0,4 кВ, подключенного непосредственно на шины генераторного напряжения, а вторая - от секций щита ОСН-2, питающегося от трансформаторов 6/0,4 кВ подключенных к обмоткам 6,3 кВ АТ-1, АТ-2 через КРУН-6,3 кВ.

Для электроснабжения собственных нужд ГЭС в аварийной ситуации и полной потере питания предусматривается установка ДЭС мощностью 500 кВА с подключением к щиту ОСН-2.

РУ 0,4 кВ АСН и щит ОСН-2 располагаются на отметке 101,5. Трансформаторы 13,8/0,4 кВ на отметке 96,5 ГЭС. КРУН-6,3 кВ располагается на ОРУ 220 кВ.

Для обеспечения питанием общестанционных нужд предусматриваются щиты ОСН-1, 3, 4, секции которых питаются от трансформаторов 6/0,4 кВ. Распределение питания потребителей 6 кВ предусматривается от ГРУ-6,3 кВ. Питание секций ГРУ-6,3 кВ организуется от двух масляных трансформаторов ТВ-1 и ТВ-2 мощностью 4000 кВА с устройством РПН, подключенных на шины генераторного напряжения 13,8 кВ через элегазовые разъединители.

Щиты ОСН-1, 3 располагаются на отметке 101,5. Трансформаторы 6/0,4 кВ щитов ОСН-1,3, ГРУ-6,3 кВ, элегазовые разъединители 13,8 кВ располагаются на отметке 96,5. Трансформаторы 13,8/6,3 ГРУ 6,3 кВ размещаются на открытой трансформаторной площадке на отметке 96,5. ОСН-4 выполняется в виде КТПБ на месте демонтируемого РП 3/6 кВ.

Также предусматривается замена существующих трансформаторов 3/0,4 кВ базы ОМТС и трансформаторной мастерской на трансформаторы 6/0,4 кВ с питанием от шин ГРУ-6,3 кВ.



Схема электрическая принципиальная питания собственных нужд ГЭС приведена в томе П1200-81-ИОС 5.1.1.2.1 лист 7.



2 Расчет токов короткого замыкания на шинах РГЭС

Токи КЗ в максимальном и минимальном режимах работы сети на шинах 13,8 кВ генераторов 4Г, 5Г и 6Г, на шинах ГРУ-6,3 кВ и на шинах КРУН-6,3 кВ приведены в таблицах 2.1 – 2.6.

В качестве максимального рассматривался режим питания от внешней сети и от шести генераторов Рыбинской ГЭС (РГЭС), в качестве минимального – питание только от внешней сети, все генераторы РГЭС отключены.

Токи КЗ рассчитаны с помощью ПК «ТКЗ++». Схема замещения, использованная при расчете ТКЗ, приведена на рисунке 2.1. Эквиваленты прямой и нулевой последовательностей, сопротивления межсистемных связей, а также параметры ЛЭП, отходящих от шин 110-220 кВ, в модели сети Рыбинской ГЭС приняты согласно письму от филиала АО «СО ЕЭС» Ярославского РДУ от 11.08.2021 (см. Приложение А). Параметры автотрансформаторов АТ-1, АТ-2 и трансформаторов 1Т-6Т приняты согласно паспортным данным (файлы «ПАСПОРТ на АТ-1.pdf», «ПАСПОРТ на АТ-2.pdf», «Паспорт ТД-80 161734 1Т.pdf»). Параметры генераторов приняты согласно паспорту и заводской инструкции на генератор (файлы «Паспорт генератора.pdf», «заводская инструкция на генератор новая.doc»). Параметры трансформаторов ТГ1-ТГ6, ТВ1-ТВ2, ТН1-ТН6, ТСН, ДГУ и всех КЛ приняты согласно схеме электрической принципиальной питания собственных нужд ГЭС (приведена в томе П1200-81-ИОС 5.1.1.2.1 лист 7). Удельные сопротивления КЛ приняты согласно справочным данным. Для ДГУ в связи с отсутствием паспортных данных приняты усредненные значения для ДГУ схожей мощности.

Таблица 2.1 – Токи КЗ на шинах 13,8 кВ в максимальном режиме

Узел	U, кВ	Z1, Ом	Z2, Ом	Z0, Ом
шины 13,8 кВ 4Г	13,74/0	0,007+j0,200	0,000+j0,000	0,000+j0,000
Токи	КЗ/П, А	К1/П, А	К1/П2, А	К1/3П0, А
шины 13,8 кВ 4Г	40406/-88	—	—	—
4Г	27082/93	—	—	—
ТСН ТВ1	0/0	—	—	—
ТГ4	0/0	—	—	—
4Г	13328/91	—	—	—
Узел	U, кВ	Z1, Ом	Z2, Ом	Z0, Ом
шины 13,8 кВ 5Г	13,74/0	0,007+j0,200	0,000+j0,000	0,000+j0,000
Токи	КЗ/П, А	К1/П, А	К1/П2, А	К1/3П0, А
шины 13,8 кВ 5Г	40406/-88	—	—	—
5Г	27082/93	—	—	—
ТСН ТВ2	0/0	—	—	—
ТГ5	0/0	—	—	—
5Г	13328/91	—	—	—



Узел	U, кВ	Z1, Ом	Z2, Ом	Z0, Ом
шины 13,8 кВ 6Г	13,74/0	0,007+j0,200	0,000+j0,000	0,000+j0,000
Токи	K3/I1, А	K1/I1, А	K1/I2, А	K1/3I0, А
шины 13,8 кВ 6Г	40406/-88	—	—	—
6Г	27082/93	—	—	—
ТСН-2	0/0	—	—	—
TG6	0/0	—	—	—
6Г	13328/96	—	—	—

Таблица 2.2 – Токи КЗ на шинах ГРУ-6,3 кВ в максимальном режиме

Узел	U, кВ	Z1, Ом	Z2, Ом	Z0, Ом
1 секция ГРУ-6,3 кВ	6,28/0	0,000+j0,79	0,000+j0,000	0,000+j0,000
Токи	K3/I1, А	K1/I1, А	K1/I2, А	K1/3I0, А
1 секция ГРУ-6,3 кВ	4593/-90	—	—	—
ТСН ТВ1 6,3 кВ	4593/90	—	—	—
СВ 6,3 кВ	—	—	—	—
ТСН-1.1	0/0	—	—	—
ТСН-3.1	0/0	—	—	—
ТСН-4	0/0	—	—	—
ТСН-5	0/0	—	—	—
Узел	U, кВ	Z1, Ом	Z2, Ом	Z0, Ом
2 секция ГРУ-6,3 кВ	6,28/0	0,0137+j0,789	0,000+j0,000	0,000+j0,000
Токи	K3/I1, А	K1/I1, А	K1/I2, А	K1/3I0, А
2 секция ГРУ-6,3 кВ	4583/-89	—	—	—
ТСН ТВ2 6,3 кВ	4583/91	—	—	—
СВ 6,3 кВ	—	—	—	—
ТСН 6/3,15 кВ	0/0	—	—	—
ТСН-6	0/0	—	—	—
ТСН-1.2	0/0	—	—	—
ТСН-3.2	0/0	—	—	—



Таблица 2.3 – Токи КЗ на шинах КРУН-6,3 кВ в максимальном режиме

Узел	U, кВ	Z1, Ом	Z2, Ом	Z0, Ом
ВВЗР КРУН-6,3 кВ	6,66/0	0,017+j0,189	0,000+j0,000	0,000+j0,000
Токи	КЗ/И1, А	К1/И1, А	К1/И2, А	К1/3И0, А
ВВЗР КРУН-6,3 кВ	20428/-85	—	—	—
АТ1 6,3 кВ	20428/95	—	—	—
СВ 6,3 кВ	—	—	—	—
ТСН-2.1	0/0	—	—	—
Узел	U, кВ	Z1, Ом	Z2, Ом	Z0, Ом
ВВ4Р КРУН-6,3 кВ	6,66/0	0,017+j0,189	0,000+j0,000	0,000+j0,000
Токи	КЗ/И1, А	К1/И1, А	К1/И2, А	К1/3И0, А
ВВ4Р КРУН-6,3 кВ	20143/-85	—	—	—
АТ2 6,3 кВ	20143/95	—	—	—
СВ 6,3 кВ	—	—	—	—
ТСН-2.2	0/0	—	—	—

Таблица 2.4 – Токи КЗ на шинах 13,8 кВ в минимальном режиме

Узел	U, кВ	Z1, Ом	Z2, Ом	Z0, Ом
шины 13,8 кВ 4Г	13,70/0	0,016+j0,300	0,000+j0,000	0,000+j0,000
Токи	КЗ/И1, А	К1/И1, А	К1/И2, А	К1/3И0, А
шины 13,8 кВ 4Г	26355/-87	—	—	—
4Г	26355/93	—	—	—
ТСН ТВ1	0/0	—	—	—
TG4	0/0	—	—	—
4Г	—	—	—	—
Узел	U, кВ	Z1, Ом	Z2, Ом	Z0, Ом
шины 13,8 кВ 5Г	13,70/0	0,016+j0,300	0,000+j0,000	0,000+j0,000
Токи	КЗ/И1, А	К1/И1, А	К1/И2, А	К1/3И0, А
шины 13,8 кВ 5Г	26355/-87	—	—	—
5Г	26355/93	—	—	—
ТСН ТВ2	0/0	—	—	—
TG5	0/0	—	—	—
5Г	—	—	—	—
Узел	U, кВ	Z1, Ом	Z2, Ом	Z0, Ом
шины 13,8 кВ 6Г	13,70/0	0,016+j0,300	0,000+j0,000	0,000+j0,000
Токи	КЗ/И1, А	К1/И1, А	К1/И2, А	К1/3И0, А
шины 13,8 кВ 6Г	26355/-87	—	—	—
6Г	26355/93	—	—	—
ТСН-2	0/0	—	—	—
TG6	0/0	—	—	—



Узел	U, кВ	Z1, Ом	Z2, Ом	Z0, Ом
6Г	—	—	—	—

Таблица 2.5 – Токи КЗ на шинах ГРУ-6,3 кВ в минимальном режиме

Узел	U, кВ	Z1, Ом	Z2, Ом	Z0, Ом
1 секция ГРУ-6,3 кВ	6,25/0	0,014+j0,809	0,000+j0,000	0,000+j0,000
Токи	КЗ/И1, А	К1/И1, А	К1/И2, А	К1/3И0, А
1 секция ГРУ-6,3 кВ	4456/-89	—	—	—
ТСН ТВ1 6,3 кВ	4456/91	—	—	—
СВ 6,3 кВ	—	—	—	—
ТСН-1.1	0/0	—	—	—
ТСН-3.1	0/0	—	—	—
ТСН-4	0/0	—	—	—
ТСН-5	0/0	—	—	—
Узел	U, кВ	Z1, Ом	Z2, Ом	Z0, Ом
2 секция ГРУ-6,3 кВ	6,25/0	0,014+ j0,809	0,000+j0,000	0,000+j0,000
Токи	КЗ/И1, А	К1/И1, А	К1/И2, А	К1/3И0, А
2 секция ГРУ-6,3 кВ	4446/-89	—	—	—
ТСН ТВ2 6,3 кВ	4446/91	—	—	—
СВ 6,3 кВ	—	—	—	—
ТСН 6/3,15 кВ	0/0	—	—	—
ТСН-6	0/0	—	—	—
ТСН-1.2	0/0	—	—	—
ТСН-3.2	0/0	—	—	—

Таблица 2.6 – Токи КЗ на шинах КРУН-6,3 кВ в минимальном режиме

Узел	U, кВ	Z1, Ом	Z2, Ом	Z0, Ом
ВВЗР КРУН-6,3 кВ	6,65/0	0,017+j0,189	0,000+j0,000	0,000+j0,000
Токи	КЗ/И1, А	К1/И1, А	К1/И2, А	К1/3И0, А
ВВЗР КРУН-6,3 кВ	20275/-85	—	—	—
АТ1 6,3 кВ	20275/95	—	—	—
СВ 6,3 кВ	—	—	—	—
ТСН-2.1	0/0	—	—	—
Узел	U, кВ	Z1, Ом	Z2, Ом	Z0, Ом
ВВ4Р КРУН-6,3 кВ	6,65/0	0,020+j0,189	0,000+j0,000	0,000+j0,000
Токи	КЗ/И1, А	К1/И1, А	К1/И2, А	К1/3И0, А
ВВ4Р КРУН-6,3 кВ	19994/-85	—	—	—
АТ2 6,3 кВ	19994/95	—	—	—
СВ 6,3 кВ	—	—	—	—
ТСН-2.2	0/0	—	—	—

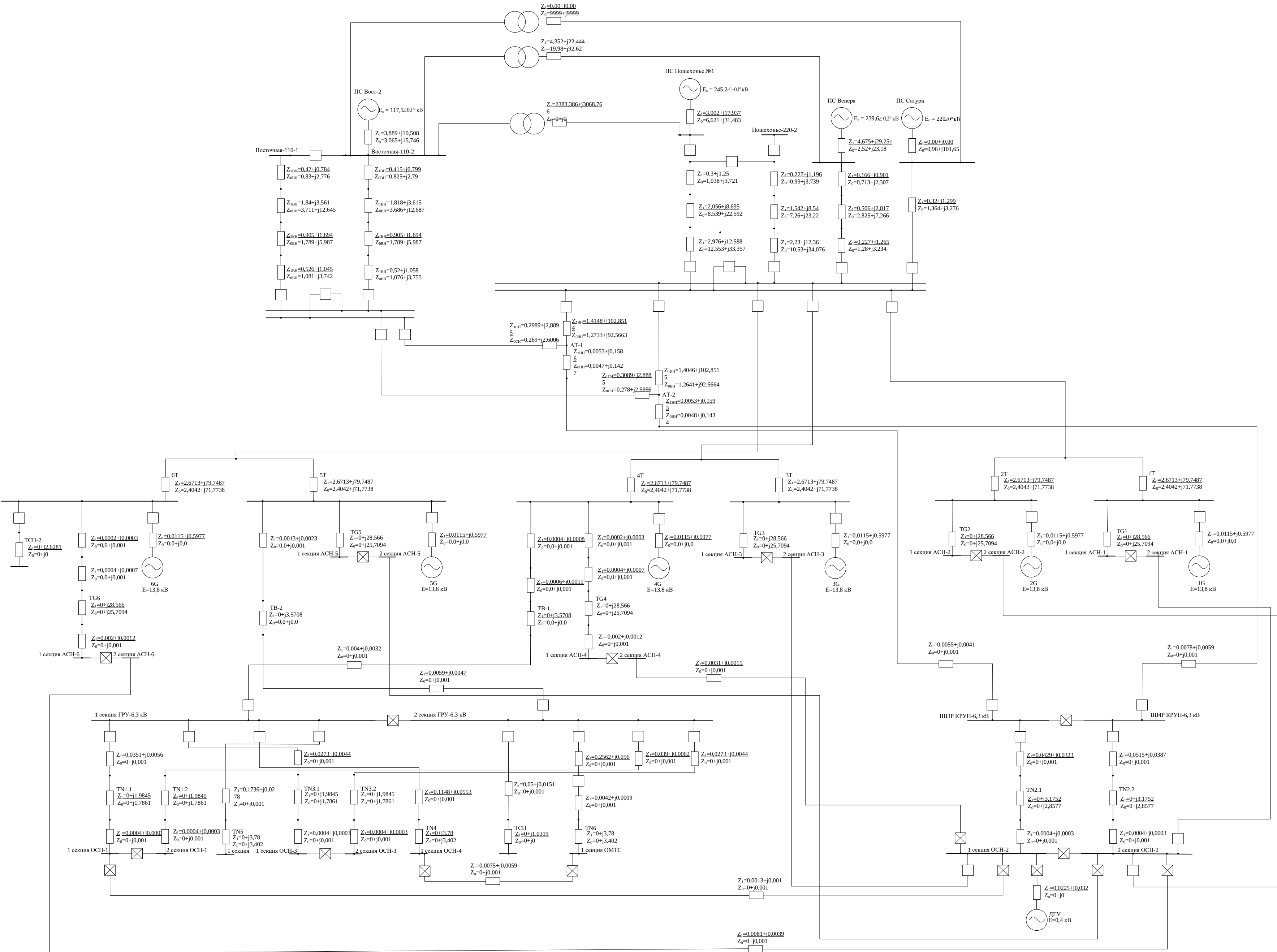


Рисунок 2.1 – Существующие уставки комплекта защит №2 АТ1



3 Расчет и проверка уставок защит присоединений РГЭС

3.1 Проверка существующих уставок АТ1, АТ2

В связи с появлением нагрузки на стороне 6,3 кВ АТ проведен анализ существующих уставок АТ1 и АТ2 на предмет необходимости корректировки. Ниже, на рисунках 3.1 и 3.2 приведены существующие уставки соответствующих АТ.

Анализ проводился только для уставок защит АТ1, поскольку существующие уставки и нагрузка со стороны НН для АТ1 и АТ2 аналогичны.

**Комплект защит № 2 АТ1 (ДЗТ, УРОВ, МТЗ НН, ДЗО НН) (ШЭ 2607 042043)**

Уставки защит терминала БЭ2704 042		
Коэффициенты трансформации	Трансформатора тока (КТТ) ВН	600/5
	Трансформатора тока (КТТ) СН	600/5
	Трансформатора тока (КТТ) НН	3000/5
	Трансформатора напряжения НН (КТН НН)	6600/100

Общая логика

№	Наименование	Значение
1	Базисный ток стороны ВН, А	1,317
2	Базисный ток стороны СН, А	2,50
3	Базисный ток стороны НН, А	9,19
4	Схема соединения трансформатора ВН/НН	Y/D
5	Схема соединения трансформатора СН/НН	Y/D
6	Сторона ВН	есть
7	Сторона СН	есть
8	Сторона НН	нет
9	Сторона ННЗ	нет
10	Время подхвата срабатывания выходных цепей, с (DT5)	0,05
11	Отключение АТ от ТЗ	не предусмотрено
12	Отключение АТ от предохранительного клапана	не предусмотрено
13	Приём сигнала «Срабатывание ТЗ» по входу	-
14	Приём сигнала «Срабатывание предохранительного клапана» по входу	-

Газовые защиты

№	Наименование	Значение
1	Действие ГЗ АТ сигнал на отключение (XB6)	не предусмотрено
2	Действие ГЗ ЛРТ сигнал на отключение (XB8)	не предусмотрено
3	Действие «Реле давления РПН ЛРТ» на отключение АТ	предусмотрено
4	Прием сигнала ГЗ ЛРТ сигнал по входу Set D15	89 ГЗ ЛРТ сигнал
5	Прием сигнала ГЗ ЛРТ (откл) по входу Set D16	118 ГЗ ЛРТ (откл.)
6	Перевод ГЗ ЛРТ на сигнал по входу Set D17	-
7	Прием сигнала от реле давления РПН ЛРТ по входу Set D18	119 Реле давления РПН ЛРТ
8	Прием сигнала «Оперативный ток ГЗ» по входу Set D19	120 Оперативный ток ГЗ

Уставки ДЗТ

№	Наименование	Значение
1	Ток срабатывания ДЗТ АТ, о.е.	0,40
2	Ток начала торможения ДЗТ АТ, о.е.	1,0
3	Ток торможения блокировки ДЗТ АТ, о.е.	3,0
4	Коэффициент торможения ДЗТ АТ	0,5
5	Уровень блокировки по 2 гармонике, о.е.	0,10
6	Ток срабатывания дифференциальной отсечки, о.е.	6,5
7	Перевод диф. отсечки в режим работы с в/в по входу Set D44	-

Уставки УРОВ ВН

№	Наименование	Значение
---	--------------	----------



1	Ток срабатывания реле тока УРОВ ВН, А	0,13
2	Время срабатывания УРОВ ВН, с	0,3
3	Подтверждение пуска УРОВ ВН от сигнала KQC (XB1)	предусмотрено
4	Действие УРОВ ВН 'на себя' (XB2)	предусмотрено
5	УРОВ ВН (XB18)	предусмотрен

Уставки УРОВ СН

№	Наименование	Значение
1	Ток срабатывания реле тока УРОВ СН, А	0,25
2	Время срабатывания УРОВ СН, с	0,3
3	Подтверждение пуска УРОВ СН от сигнала KQC (XB3)	не предусмотрено
4	Действие УРОВ СН 'на себя' (XB4)	не предусмотрено
5	УРОВ СН (XB9)	предусмотрен

МТЗ НН

№	Наименование	Значение
1	Ток срабатывания МТЗ НН, А	1,0
2	Напряжение срабатывания мин. реле пуска по напряжению НН, В	80,0
3	Напряжение срабатывания реле обратной последовательности НН, В	10
4	Действие Логической Защиты НН (XB5)	не предусмотрено
5	Пуск по напряжению МТЗ НН (XB7)	не предусмотрен
6	Время срабатывания логической защиты шин НН, с (DT8)	1,0
7	Время срабатывания МТЗ НН 1 ступень, с (DT9)	0,4
8	Время срабатывания МТЗ НН 2 ступень, с (DT10)	0,4
9	Прием сигнала KQC НН1 (инверсный) по входу (Set_D1)	75 KQC НН1 (инв.)
10	Прием сигнала KQC НН3 (инверсный) по входу (Set_D2)	76 KQC НН3 (инв.)
11	Прием сигнала от реле напряжения НН1 по входу (Set_D3)	77 Реле напряжения НН1
12	Прием сигнала от реле напряжения НН3 по входу (Set_D4)	78 Реле напряжения НН3
13	Прием сигнала от реле тока МТЗ НН1 по входу (Set_D5)	79 Реле тока МТЗ НН1
14	Прием сигнала от реле тока МТЗ НН3 по входу (Set_D6)	80 Реле тока МТЗ НН3
15	Вывод пуска МТЗ НН по Уни1 от переключателя по входу (Set_D7)	87 Вывод МТЗ НН по УНН1
16	Вывод пуска МТЗ НН по Уни3 от переключателя по входу (Set_D8)	74 Вывод МТЗ НН по УНН3
17	Вывод пуска МТЗ НН по Уни от переключателя по входу (Set_D9)	-
18	Вывод МТЗ НН от переключателя по входу (Set_D10)	86 Вывод МТЗ НН по Уни

Дуговая защита – функция не используется.

Уставки защиты от перегрузки

№	Наименование	Значение
1	Ток срабатывания ЗП на стороне ВН, А	1,54
2	Ток срабатывания ЗП на стороне нейтрали, А	1,38
3	Ток срабатывания ЗП на стороне НН, А	5,4
4	Время срабатывания ЗП, с	9,00

Блокировка РПН

№	Наименование	Значение
1	Ток срабатывания блокир.РПН по току СН, А	3,50

**Уставки контроль изоляции НН**

№	Наименование	Значение
1	Напряжение срабатывания реле контроля изоляции НН, В	15,00
2	Время срабатывания контроля изоляции НН, с (DT6)	1,50

Уставки защит терминала БЭ2704 043**Общая логика**

№	Наименование	Значение
1	Базисный ток стороны НН, А	5,0
2	Базисный ток стороны НН 1, А	5,0
3	Базисный ток стороны НН 3, А	5,0
4	Базисный ток стороны НН 2, А	16
5	Схема соединения трансформатора НН/НН3	Y/Y D/D
6	Схема соединения трансформатора НН1/НН3	Y/Y D/D
7	Сторона НН	есть
8	Сторона НН1	нет
9	Сторона НН3	нет
10	Время подхвата срабатывания выходных цепей, с (DT5)	0,05
11	Отключение от ТЗ по входу	-

Уставки ДЗО НН

№	Наименование	Значение
1	Ток срабатывания ДЗО НН, о.е	0,40
2	Ток начала торможения ДЗО НН, о.е.	1,0
3	Ток торможения блокировки ДЗО НН, о.е.	1,5
4	Коэффициент торможения ДЗО НН	0,5
5	Уровень блокировки по 2 гармонике, о.е.	0,10
6	Ток срабатывания дифференциальной отсечки, о.е.	6,5

Комплект РЗА 220 кВ АТ1 (ДЗ, ТНЗНП, МТЗ, ТО, УРОВ), ТАПВ, АУВ) (ШЭ 2607 071)

Коэффициенты трансформации	Трансформатора напряжения (КТН)	2200, 2200/√3
	Трансформатора тока (КТТ)	600/5
	Трансформатора тока ОВ (Кп)	-
	Трансформатора напряжения НН (КТН НН)	6600/100

Уставки УРОВ, АПВ и АУВ

№	Наименование	Значение
1	Ток срабатывания реле тока УРОВ, А	60
2	Напряжение срабатывания реле мин. напряжения на шинах (Пвс), В	88000
3	Напряжение срабатывания реле макс. напряжения на шинах (Лвс), В	176000
4	Напряжение срабатывания реле мин. напряжения на стороне НН, В	2640
5	Напряжение срабатывания реле макс. напряжения на стороне НН, В	5280
6	Разность напряжений реле контроля синхронизма, В	44000
7	Угол между напряжениями реле контроля синхронизма, град.	30
8	Скорость изменения угла реле контроля синхронизма, Гц	0,1

Уставки по времени УРОВ, АПВ и АУВ

№	Наименование	Значение
1	Задержка на срабатывание УРОВ, с	0,3



2	Время цикла АПВ, с	2,0
3	Задержка на срабатывание ЗНФ, с	0,1
4	Задержка на срабатывание ЗНФР, с	0,25

Логика работы УРОВ, АПВ и АУВ

№	Наименование	Значение
1	Подтверждение пуска УРОВ от сигнала КОС	предусмотрено
2	Контроль синхронизма	предусмотрено
3	Действие УРОВ «на себя»	предусмотрено
4	Второй электромагнит отключения	предусмотрено

Уставки ТНЗНП, МТЗ и ТО

№	Наименование	Значение
1	Ток срабатывания РНМНП прямой направленности (в АТ), А	100
2	Напряжение срабатывания РНМНП прямой направл. (в АТ), В	3810
3	Ток срабатывания РНМНП обратной направленности (в шины), А	100
4	Напряжение срабатывания РНМНП обратной направл. (в шины), В	3810
5	Ток срабатывания I ступени ТНЗНП (в АТ), А	2750
6	Ток срабатывания II ступени ТНЗНП (в АТ), А	890
7	Ток срабатывания III ступени ТНЗНП (в шины), А	280
8	Ток срабатывания III ступени ТНЗНП (в шины), А	130
9	Ток срабатывания V ступени ТНЗНП (в шины), А	900
10	Ток срабатывания реле тока МТЗ (А0, В0, С0), А	200
11	Ток срабатывания реле тока ТО (А0, В0, С0), А	2600
12	Напряжение срабатывания реле макс. напряжения по U2, В	13200

Уставки ДЗ

№	Наименование	Значение
1	Уставка по оси X характеристики РС I ступени ДЗ (в АТ), Ом	76,1
2	Уставка по оси R характеристики РС I ступени ДЗ, Ом	28,0
3	Угол наклона характеристики РС I ступени ДЗ ($\phi_1(I)$), °	85
4	Уставка по оси X характеристики РС II ступени ДЗ (в АТ), Ом	129,2
5	Уставка по оси R характеристики РС II ступени ДЗ, Ом	65,1
6	Угол наклона характеристики РС II ступени ДЗ ($\phi_1(II)$), °	85
7	Угол наклона нижней правой части хар. РС I и II ступени °	15
8	Угол наклона нижней левой части хар. РС I и II ступени ($\phi_3(I,II)$), °	165
9	Уставка по оси X характеристики РС III ступени ДЗ, Ом	91,8
10	Уставка по оси R характеристики РС III ступени ДЗ, Ом	47,4
11	Угол наклона характеристики РС III ступени ДЗ ($\phi_1(III)$), °	80
12	Угол наклона нижней правой части хар. РС III ступени ($\phi_2(III)$), °	15
13	Угол наклона нижней левой части хар. РС III ступени ($\phi_3(III)$), °	165
14	Уставка по оси X характеристики РС IV ступени ДЗ (в шины), Ом	257
15	Уставка по оси R характеристики РС IV ступени ДЗ, Ом	128,5
16	Угол наклона характеристики РС IV ступени ДЗ ($\phi_1(IV)$), °	80
17	Угол наклона нижней правой части хар. РС IV ступени ($\phi_2(IV)$), °	15
18	Угол наклона нижней левой части хар. РС IV ступени ($\phi_3(IV)$), °	165
19	Уставка по приращению I2 чувствительного РТ БК, А	58
20	Уставка по приращению I2 грубого РТ БК, А	116



21	Уставка по приращению II чувствительного РТ БК, А	232
22	Уставка по приращению II грубого РТ БК, А	464
23	Ток срабатывания РТ I2, А	140

Уставки времени

№	Наименование	Значение
1	Время ввода быстродействующих ступеней от чувствительного РТ БК, с	0,4
2	Время ввода быстродействующих ступеней от грубого РТ БК, с	0,4
3	Время ввода медленнодействующих ступеней от БК, с	9,0
4	Задержка на вывод защит, направленных в АТ и направленности ТНЗНП от БНН, с	10,0
5	Задержка на срабатывание I ступени ДЗ (DT20), с	0,3
6	Задержка на срабатывание II ступени ДЗ (DT17), с	1,9
7	Время продления запрета действия ускоряемой II ступени ДЗ от РС III ст., с	0,1
8	Задержка на срабатывание III ступени ДЗ (DT2), с	1,9
9	Задержка на срабатывание IV ступени ДЗ (DT3), с	6,5
10	Задержка на срабатывание I ступени ТНЗНП (DT21), с	0,3
11	Задержка на срабатывание II ступени ТНЗНП (DT18), с	1,9
12	Время продления запрета отключения АТ от РНМНП обратн. направленности, с	0,1
13	Задержка на срабатывание III ступени ТНЗНП (DT5), с	3,3
14	Задержка на срабатывание IV ступени ТНЗНП (DT6), с	3,9
15	Задержка на срабатывание V ступени ТНЗНП (DT7), с	3,9
16	Задержка на срабатывание с ОУ при выводе ДЗШ (DT4), с	0,1
17	Задержка на срабатывание с ОУ при выводе ДЗАТ (DT9), с	0,2
18	Время ввода автоматического ускорения, с	1,0
19	Задержка действия защит АТ на отключение выключателя при АУ (DT12), с	0,1
20	Задержка действия от защит АТ на отключение выключателя (DT10), с	0,3
21	Задержка действия защит АТ на отключение АТ (DT11), с	0,6
22	Задержка на срабатывание МТЗ (DT15), с	6,4
23	Задержка действия I ст. дз и ТНЗНП на отключение выкл-ля смеж. ст. (DT39), с	0,3
24	Задержка действия II ст. дз и ТНЗНП на отключение АТ (DT40), с	0,6
25	Задержка срабатывания токовой отсечки (DT47), с	0,05

Логика работы

№	Наименование	Значение
1	Контроль действия ступеней ДЗ и МТЗ от БНН	предусмотрено
2	Вывод I, II ст. ДЗ при неисправностях в цепях напряжениях БНН и U _{min}	предусмотрено
3	Ускоренный возврат БК при отключении выключателей	не предусмотрено
4	Действие II ступени ДЗ (в АТ)	предусмотрено
5	Контроль действия III ступени ДЗ (в шины)	от БКм
6	Вывод направленности ТНЗНП при срабатывании защит	не предусмотрено
7	Вывод направленности ТНЗНП при отключении выключателя	предусмотрено
8	Действие I, II ст. ТНЗНП при выводе I, II ст. ДЗ от БНН и U _{min}	блокировка
9	Вывод направленности III...V ст. ТНЗНП при выводе I, II ст. ДЗ от БНН и U _{min}	не предусмотрено
10	Контроль направленности I ступени ТНЗНП (в АТ)	не предусмотрено
11	Действие II ступени ТНЗНП (в АТ)	предусмотрено
12	Действие IV ступени ТНЗНП с ОУ при выводе ДЗШ	не предусмотрено
13	Автоматическое ускорение	предусмотрено
14	Контроль напряжения при действии с АУ	предусмотрено



15	Контроль МТЗ от комбинированного ПО напряжения	предусмотрено
16	Режим действия токовой отсечки	пофазный

Автоматика разгрузки по току (АРПТ) – функция не используется.

Примечание.

- 1) Пуск МТЗ стороны 220 кВ от МТЗ стороны 110 кВ АТ1 используется. 2)
В МТЗ стороны 220 кВ используется пуск по напряжению от ТН 6 кВ через дискретный сигнал от пускового органа комплекта защит Г1 1 АТ1 (ДЭТ, УРОВ, МТЗ НН) (Ш32607 042) и комплекта защит М2 2 АТ1 (ДЭТ, УРОВ, МТЗ НН, д3О НН) (Ш32607 042043).
3) Контроль действия 3 ступени д3 по цепи оперативного ускорения выполнен от БК6, а по цепи действия через элемент 0Т2(1,9 с) выполнен от БКм.
4) Автоматическое ускорение I, II и III ступени д3 вводится на Т=1 с при включении ЗГВ 220 АТ1 с КОШ 220 кВ или 6 кВ - на отключение ЭГВ 220 АТ1.
Автоматическое ускорение IV ступени ТЗНП вводится на Т 1 с при включении ЗГВ 220 АТ1 с КОШ 220 кВ или 6 кВ - на отключение ЗГВ 220 АТ1.
5) Проверить соответствие фактических Ктт и Ктн указанным в задании.

Комплект РЗА 110 кВ АТ1 (ДЗ, ТНЗНП, МТЗ, ТО, УРОВ) (ШЭ 2607 072)

Коэффициенты трансформации	Трансформатора напряжения (КТН)	1100, 1100/√3
	Трансформатора тока (КТТ)	600/5
	Трансформатора напряжения НН (КТН НН)	6600/100

Уставки ТНЗНП, МТЗ и ТО

№	Наименование	Значение
1	Ток срабатывания РНМНП прямой направленности (в АТ), А	100
2	Напряжение срабатывания РНМНП прямой направл. (в АТ), В	1905
3	Ток срабатывания РНМНП обратной направленности (в шины), А	100
4	Напряжение срабатывания РНМНП обратной направл. (в шины), В	1905
5	Ток срабатывания I ступени ТНЗНП (в АТ), А	1000
6	Ток срабатывания II ступени ТНЗНП (в АТ), А	200
7	Ток срабатывания III ступени ТНЗНП (в шины), А	2530
8	Ток срабатывания III ступени ТНЗНП (в шины), А	450
9	Ток срабатывания V ступени ТНЗНП (в шины), А	230
10	Ток срабатывания реле тока МТЗ (А0, В0, С0), А	400
11	Ток срабатывания реле тока ТО (А0, В0, С0), А	5200
12	Напряжение срабатывания реле макс. напряжения по U2, В	6600
13	Напряжение срабатывания реле мин. напряжения на шинах UBC, В	44000
14	Напряжение срабатывания реле мин. напряжения на стороне НН, В	2640

Уставки ДЗ

№	Наименование	Значение
1	Уставка по оси X характеристики РС I ступени ДЗ (в АТ), Ом	7,9
2	Уставка по оси R характеристики РС I ступени ДЗ, Ом	4,0
3	Угол наклона характеристики РС I ступени ДЗ (φI(I)), °	85
4	Уставка по оси X характеристики РС II ступени ДЗ (в АТ), Ом	37



5	Уставка по оси R характеристики РС II ступени ДЗ, Ом	18,6
6	Угол наклона характеристики РС II ступени ДЗ ($\phi 1(II)$), °	85
7	Угол наклона нижней правой части хар. РС I и II ступени °	15
8	Угол наклона нижней левой части хар. РС I и II ступени ($\phi 3(I,II)$), °	165
9	Уставка по оси X характеристики РС III ступени ДЗ, Ом	19,3
10	Уставка по оси R характеристики РС III ступени ДЗ, Ом	11,8
11	Угол наклона характеристики РС III ступени ДЗ ($\phi 1(III)$), °	65
12	Угол наклона нижней правой части хар. РС III ступени ($\phi 2(III)$), °	15
13	Угол наклона нижней левой части хар. РС III ступени ($\phi 3(III)$), °	165
14	Уставка по оси X характеристики РС IV ступени ДЗ (в шины), Ом	106,4
15	Уставка по оси R характеристики РС IV ступени ДЗ, Ом	79,4
16	Угол наклона характеристики РС IV ступени ДЗ ($\phi 1(IV)$), °	65
17	Угол наклона нижней правой части хар. РС IV ступени ($\phi 2(IV)$), °	42
18	Угол наклона нижней левой части хар. РС IV ступени ($\phi 3(IV)$), °	165
19	Уставка по приращению I2 чувствительного РТ БК, А	116
20	Уставка по приращению I2 грубого РТ БК, А	232
21	Уставка по приращению I1 чувствительного РТ БК, А	464
22	Уставка по приращению I1 грубого РТ БК, А	928
23	Ток срабатывания РТ I2, А	280

Уставки времени

№	Наименование	Значение
1	Время ввода быстродействующих ступеней от чувствительного РТ БК, с	0,4
2	Время ввода быстродействующих ступеней от грубого РТ БК, с	0,4
3	Время ввода медленнодействующих ступеней от БК, с	9,0
4	Задержка на вывод защит, направленных в АТ и направленности ТНЗНП от БНН, с	3,0
5	Задержка на срабатывание I ступени ДЗ (DT20), с	0,3
6	Задержка на срабатывание II ступени ДЗ (DT17), с	1,9
7	Время продления запрета действия ускоряемой II ступени ДЗ от РС III ст., с	0,1
8	Задержка на срабатывание III ступени ДЗ (DT2), с	1,9
9	Задержка на срабатывание IV ступени ДЗ (DT3), с	6,3
10	Задержка на срабатывание I ступени ТНЗНП (DT21), с	0,3
11	Задержка на срабатывание II ступени ТНЗНП (DT18), с	3,3
12	Время продления запрета отключения АТ от РНМНП обратн. направленности, с	0,1
13	Задержка на срабатывание III ступени ТНЗНП (DT5), с	1,9
14	Задержка на срабатывание IV ступени ТНЗНП (DT6), с	5,2
15	Задержка на срабатывание V ступени ТНЗНП (DT7), с	7,0
16	Задержка на срабатывание с ОУ при выводе ДЗШ (DT4), с	0,2
17	Задержка на срабатывание с ОУ при выводе ДЗАТ (DT9), с	0,4
18	Время ввода автоматического ускорения Q1 (DT8), с	1,0
19	Время ввода автоматического ускорения Q2 (DT28), с	1,0
20	Время ввода автоматического ускорения Q3 (DT38), с	1,0
21	Время ввода автоматического ускорения Q4 (DT39), с	1,0
22	Задержка действия на отключение выключателя при АУ (DT12), с	0,1
23	Задержка действия от защит АТ на отключение выключателя Q1 (DT10), с	0,3
24	Задержка действия от защит АТ на отключение выключателя Q2 (DT13), с	0,3
25	Задержка действия от защит АТ на отключение выключателя Q3 (DT34), с	0,3

26	Задержка действия от защит АТ на отключение выключателя Q4 (DT35), с	0
27	Задержка действия от защит АТ на отключение АТ (DT11), с	0,6
28	Задержка на срабатывание МТЗ (DT15), с	6,4
29	Задержка действия II ст. ДЗ и ТНЗНП на отключение Q1 смеж. ст. (DT31), с	0,3
30	Задержка действия II ст. ДЗ и ТНЗНП на отключение Q2 смеж. ст. (DT33), с	0,3
31	Задержка действия II ст. ДЗ и ТНЗНП на отключение АТ (DT40), с	0,6

Логика работы

№	Наименование	Значение
1	Контроль действия ступеней ДЗ и МТЗ от БНН	предусмотрено
2	Вывод I, II ст. ДЗ при неисправностях в цепях напряжениях БНН и U _{min}	предусмотрено
3	Ускоренный возврат БК при отключении выключателей	не предусмотрено
4	Действие II ступени ДЗ (в АТ)	предусмотрено
5	Контроль действия III ступени ДЗ (в шины)	от БКм
6	Вывод направленности ТНЗНП при срабатывании защит	не предусмотрено
7	Вывод направленности ТНЗНП при отключении выключателя	предусмотрено
8	Действие I, II ст. ТНЗНП при выводе I, II ст. ДЗ от БНН и U _{min}	блокировка
9	Вывод направленности III...V ст. ТНЗНП при выводе I, II ст. ДЗ от БНН и U _{min}	предусмотрено
10	Контроль направленности I ступени ТНЗНП (в АТ)	предусмотрено
11	Действие II ступени ТНЗНП (в АТ)	предусмотрено
12	Действие IV ступени ТНЗНП с ОУ при выводе ДЗШ	не предусмотрено
13	Автоматическое ускорение	предусмотрено
14	Контроль напряжения при действии с АУ	предусмотрено
15	Контроль МТЗ от комбинированного ПО напряжения	предусмотрено
16	Режим действия токовой отсечки	пофазный

Автоматика разгрузки по току (АРПТ) – функция не используется.

- 1) Пуск МТЗ стороны 110 кВ от МТЗ стороны 220 кВ АТ1 не используется.
- 2) В МТЗ стороны 110 кВ используется пуск по напряжению от ТН 6 кВ через дискретный сигнал от пускового органа комплекта защит № 1 АТ1 (ДЗТ, УРОВ, МТЗ НН) (ШЭ2607 042) и комплекта защит № 2 АТ1 (ДЗТ, УРОВ, МТЗ НН, ДЗО НН) (ШЭ2607 042043).
- 3) Контроль действия 3 ступени ДЗ по цепи оперативного ускорения выполнить от БКб, а по цепи действия через элемент DT2 выполнить от БКм.
- 4) Автоматическое ускорение II, III и IV ступени ДЗ вводится на T=1 с при включении МВ ВЛ-110 кВ Щербаковская 1 с КОНш 110 кВ или 6 кВ – на отключение МВ ВЛ-110 кВ Щербаковская 1.
При нарушенной фиксации присоединений 110 кВ автоматическое ускорение II, III и IV ступени ДЗ вводится на T=1 с при включении МВ ВЛ-110 кВ Щербаковская 1, 2 с КОНш 110 кВ или 6 кВ – на отключение МВ ВЛ-110 кВ Щербаковская 1, 2.
Автоматическое ускорение IV ступени ТЗНП вводится на T=1 с при включении МВ ВЛ 110 кВ Щербаковская 1 с КОНш 110 кВ или 6 кВ – на отключение МВ ВЛ 110 кВ Щербаковская 1.
При нарушенной фиксации присоединений 110 кВ автоматическое ускорение IV ступени ТЗНП вводится на T=1 с при включении МВ ВЛ 110 кВ Щербаковская 1, 2 с КОНш 110 кВ или 6 кВ – на отключение МВ ВЛ 110 кВ Щербаковская 1, 2.
- 5) Q1 – МВ ВЛ 110 кВ Щербаковская 1;
Q2 – МВ ВЛ 110 кВ Щербаковская 2;
Q3 – резерв;
Q4 – ШСВ 110;
Q1 смеж. ст. – ЭГВ 220 АТ1;
Q2 смеж. ст. – резерв.

Рисунок 3.1 – Существующие уставки комплекта защит №2 АТ1

**Комплект защит № 2 АТ2 (ДЗТ, УРОВ, МТЗ НН, ДЗО НН) (ШЭ 2607 042043)**

Уставки защит терминала БЭ2704 042		
Коэффициенты трансформации	Трансформатора тока (КТТ) ВН	600/5
	Трансформатора тока (КТТ) СН	600/5
	Трансформатора тока (КТТ) НН	3000/5
	Трансформатора напряжения НН (КТН НН)	6600/100

Общая логика

№	Наименование	Значение
1	Базисный ток стороны ВН, А	1,317
2	Базисный ток стороны СН, А	2,50
3	Базисный ток стороны НН, А	9,19
4	Схема соединения трансформатора ВН/НН	Y/D
5	Схема соединения трансформатора СН/НН	Y/D
6	Сторона ВН	есть
7	Сторона СН	есть
8	Сторона НН	нет
9	Сторона ННЗ	нет
10	Время подхвата срабатывания выходных цепей, с (DT5)	0,05
11	Отключение АТ от ТЗ	не предусмотрено
12	Отключение АТ от предохранительного клапана	не предусмотрено
13	Приём сигнала «Срабатывание ТЗ» по входу	-
14	Приём сигнала «Срабатывание предохранительного клапана» по входу	-

Газовые защиты

№	Наименование	Значение
1	Действие ГЗ АТ сигнал на отключение (XB6)	не предусмотрено
2	Действие ГЗ ЛРТ сигнал на отключение (XB8)	не предусмотрено
3	Действие «Реле давления РПН ЛРТ» на отключение АТ	предусмотрено
4	Прием сигнала ГЗ ЛРТ сигнал по входу Set_D15	89 ГЗ ЛРТ сигнал
5	Прием сигнала ГЗ ЛРТ (откл) по входу Set_D16	118 ГЗ ЛРТ (откл.)
6	Перевод ГЗ ЛРТ на сигнал по входу Set_D17	-
7	Прием сигнала от реле давления РПН ЛРТ по входу Set_D18	119 Реле давления РПН ЛРТ
8	Прием сигнала «Оперативный ток ГЗ» по входу Set_D19	120 Оперативный ток ГЗ

Уставки ДЗТ

№	Наименование	Значение
1	Ток срабатывания ДЗТ АТ, о.е.	0,40
2	Ток начала торможения ДЗТ АТ, о.е.	1,0
3	Ток торможения блокировки ДЗТ АТ, о.е.	3,0
4	Коэффициент торможения ДЗТ АТ	0,5
5	Уровень блокировки по 2 гармонике, о.е.	0,10
6	Ток срабатывания дифференциальной отсечки, о.е.	6,5



7	Перевод диф. отсечки в режим работы с в/в по входу Set_D44	-
---	--	---

Уставки УРОВ ВН

№	Наименование	Значение
1	Ток срабатывания реле тока УРОВ ВН, А	0,13
2	Время срабатывания УРОВ ВН, с	0,3
3	Подтверждение пуска УРОВ ВН от сигнала КQC (XB1)	предусмотрено
4	Действие УРОВ ВН 'на себя' (XB2)	предусмотрено
5	УРОВ ВН (XB18)	предусмотрен

Уставки УРОВ СН

№	Наименование	Значение
1	Ток срабатывания реле тока УРОВ СН, А	0,25
2	Время срабатывания УРОВ СН, с	0,3
3	Подтверждение пуска УРОВ СН от сигнала КQC (XB3)	не предусмотрено
4	Действие УРОВ СН 'на себя' (XB4)	не предусмотрено
5	УРОВ СН (XB9)	предусмотрен

МТЗ НН

№	Наименование	Значение
1	Ток срабатывания МТЗ НН, А	1,0
2	Напряжение срабатывания мин. реле пуска по напряжению НН, В	80,0
3	Напряжение срабатывания реле обратной последовательности НН, В	10
4	Действие Логической Защиты НН (XB5)	не предусмотрено
5	Пуск по напряжению МТЗ НН (XB7)	не предусмотрен
6	Время срабатывания логической защиты шин НН, с (DT8)	10,0
7	Время срабатывания МТЗ НН 1 ступень, с (DT9)	0,4
8	Время срабатывания МТЗ НН 2 ступень, с (DT10)	0,4
9	Прием сигнала КQC НН1 (инверсный) по входу (Set_D1)	75 КQC НН1 (инв.)
10	Прием сигнала КQC НН3 (инверсный) по входу (Set_D2)	76 КQC НН3 (инв.)
11	Прием сигнала от реле напряжения НН1 по входу (Set_D3)	77 Реле напряжения НН1
12	Прием сигнала от реле напряжения НН3 по входу (Set_D4)	78 Реле напряжения НН3
13	Прием сигнала от реле тока МТЗ НН1 по входу (Set_D5)	79 Реле тока МТЗ НН1
14	Прием сигнала от реле тока МТЗ НН3 по входу (Set_D6)	80 Реле тока МТЗ НН3
15	Вывод пуска МТЗ НН по Унн1 от переключателя по входу (Set_D7)	87 Вывод МТЗ НН по УНН1
16	Вывод пуска МТЗ НН по Унн3 от переключателя по входу (Set_D8)	74 Вывод МТЗ НН по УНН3
17	Вывод пуска МТЗ НН по Унн от переключателя по входу (Set_D9)	-
18	Вывод МТЗ НН от переключателя по входу (Set_D10)	86 Вывод МТЗ НН по Унн

Дуговая защита – функция не используется.

Уставки защиты от перегрузки

№	Наименование	Значение
1	Ток срабатывания ЗП на стороне ВН, А	1,54
2	Ток срабатывания ЗП на стороне нейтрали, А	1,38
3	Ток срабатывания ЗП на стороне НН, А	5,4
4	Время срабатывания ЗП, с	9,00

**Блокировка РПН**

№	Наименование	Значение
1	Ток срабатывания блокир.РПН по току СН, А	3,50

Уставки контроль изоляции НН

№	Наименование	Значение
1	Напряжение срабатывания реле контроля изоляции НН, В	15,00
2	Время срабатывания контроля изоляции НН, с (DT6)	1,50

Уставки защит терминала БЭ2704 043**Общая логика**

№	Наименование	Значение
1	Базисный ток стороны НН, А	5,0
2	Базисный ток стороны НН 1, А	5,0
3	Базисный ток стороны НН 3, А	5,0
4	Базисный ток стороны НН 2, А	16
5	Схема соединения трансформатора НН/НН3	Y/Y D/D
6	Схема соединения трансформатора НН1/НН3	Y/Y D/D
7	Сторона НН	есть
8	Сторона НН1	нет
9	Сторона НН3	нет
10	Время подхвата срабатывания выходных цепей, с (DT5)	0,05
11	Отключение от ТЗ по входу	-

Уставки ДЗО НН

№	Наименование	Значение
1	Ток срабатывания ДЗО НН, о.е	0,40
2	Ток начала торможения ДЗО НН, о.е.	1,0
3	Ток торможения блокировки ДЗО НН, о.е.	1,5
4	Коэффициент торможения ДЗО НН	0,5
5	Уровень блокировки по 2 гармонике, о.е.	0,10
6	Ток срабатывания дифференциальной отсечки, о.е.	6,5

Комплект РЗА 220 кВ АТ2 (ДЗ, ТНЗНП, МТЗ, ТО, УРОВ), ТАПВ, АУВ) (ШЭ 2607 071)

Коэффициенты трансформации	Трансформатора напряжения (КТН)	2200, 2200/√3
	Трансформатора тока (КТТ)	600/5
	Трансформатора тока ОВ (Кп)	-
	Трансформатора напряжения НН (КТН НН)	6600/100

Уставки УРОВ, АПВ и АУВ

№	Наименование	Значение
1	Ток срабатывания реле тока УРОВ, А	60
2	Напряжение срабатывания реле мин. напряжения на шинах (I _{вс}), В	88000
3	Напряжение срабатывания реле макс. напряжения на шинах (I _{вс}), В	176000
4	Напряжение срабатывания реле мин. напряжения на стороне НН, В	2640
5	Напряжение срабатывания реле макс. напряжения на стороне НН, В	5280



6	Разность напряжений реле контроля синхронизма, В	44000
7	Угол между напряжениями реле контроля синхронизма, град.	30
8	Скорость изменения угла реле контроля синхронизма, Гц	0,1

Уставки по времени УРОВ, АПВ и АУВ

№	Наименование	Значение
1	Задержка на срабатывание УРОВ, с	0,3
2	Время цикла АПВ, с	2,5
3	Задержка на срабатывание ЗНФ, с	0,1
4	Задержка на срабатывание ЗНФР, с	0,25

Логика работы УРОВ, АПВ и АУВ

№	Наименование	Значение
1	Подтверждение пуска УРОВ от сигнала КОС	предусмотрено
2	Контроль синхронизма	предусмотрен
3	Действие УРОВ «на себя»	предусмотрено
4	Второй электромагнит отключения	предусмотрен

Уставки ТНЗНП, МТЗ и ТО

№	Наименование	Значение
1	Ток срабатывания РНМНП прямой направленности (в АТ), А	100
2	Напряжение срабатывания РНМНП прямой направл. (в АТ), В	3810
3	Ток срабатывания РНМНП обратной направленности (в шины), А	100
4	Напряжение срабатывания РНМНП обратной направл. (в шины), В	3810
5	Ток срабатывания I ступени ТНЗНП (в АТ), А	2750
6	Ток срабатывания II ступени ТНЗНП (в АТ), А	890
7	Ток срабатывания III ступени ТНЗНП (в шины), А	280
8	Ток срабатывания III ступени ТНЗНП (в шины), А	130
9	Ток срабатывания V ступени ТНЗНП (в шины), А	900
10	Ток срабатывания реле тока МТЗ (А0, В0, С0), А	200
11	Ток срабатывания реле тока ТО (А0, В0, С0), А	2600
12	Напряжение срабатывания реле макс. напряжения по U2, В	13200

Уставки ДЗ

№	Наименование	Значение
1	Уставка по оси X характеристики РС I ступени ДЗ (в АТ), Ом	76,1
2	Уставка по оси R характеристики РС I ступени ДЗ, Ом	28,0
3	Угол наклона характеристики РС I ступени ДЗ ($\phi_1(I)$), °	85
4	Уставка по оси X характеристики РС II ступени ДЗ (в АТ), Ом	129,2
5	Уставка по оси R характеристики РС II ступени ДЗ, Ом	65,1
6	Угол наклона характеристики РС II ступени ДЗ ($\phi_1(II)$), °	85
7	Угол наклона нижней правой части хар. РС I и II ступени °	15
8	Угол наклона нижней левой части хар. РС I и II ступени ($\phi_3(I,II)$), °	165
9	Уставка по оси X характеристики РС III ступени ДЗ, Ом	91,8
10	Уставка по оси R характеристики РС III ступени ДЗ, Ом	47,4
11	Угол наклона характеристики РС III ступени ДЗ ($\phi_1(III)$), °	80
12	Угол наклона нижней правой части хар. РС III ступени ($\phi_2(III)$), °	15
13	Угол наклона нижней левой части хар. РС III ступени ($\phi_3(III)$), °	165



14	Уставка по оси X характеристики РС IV ступени ДЗ (в шины), Ом	257
15	Уставка по оси R характеристики РС IV ступени ДЗ, Ом	128,5
16	Угол наклона характеристики РС IV ступени ДЗ ($\phi_1(IV)$), °	80
17	Угол наклона нижней правой части хар. РС IV ступени ($\phi_2(IV)$), °	15
18	Угол наклона нижней левой части хар. РС IV ступени ($\phi_3(IV)$), °	165
19	Уставка по приращению I2 чувствительного РТ БК, А	58
20	Уставка по приращению I2 грубого РТ БК, А	116
21	Уставка по приращению I1 чувствительного РТ БК, А	232
22	Уставка по приращению I1 грубого РТ БК, А	464
23	Ток срабатывания РТ I2, А	140

Уставки времени

№	Наименование	Значение
1	Время ввода быстродействующих ступеней от чувствительного РТ БК, с	0,4
2	Время ввода быстродействующих ступеней от грубого РТ БК, с	0,4
3	Время ввода медленнодействующих ступеней от БК, с	9,0
4	Задержка на вывод защит, направленных в АТ и направленности ТНЗНП от БНН, с	10,0
5	Задержка на срабатывание I ступени ДЗ (DT20), с	0,3
6	Задержка на срабатывание II ступени ДЗ (DT17), с	1,9
7	Время продления запрета действия ускоряемой II ступени ДЗ от РС III ст., с	0,1
8	Задержка на срабатывание III ступени ДЗ (DT2), с	1,9
9	Задержка на срабатывание IV ступени ДЗ (DT3), с	6,5
10	Задержка на срабатывание I ступени ТНЗНП (DT21), с	0,3
11	Задержка на срабатывание II ступени ТНЗНП (DT18), с	1,9
12	Время продления запрета отключения АТ от РНМНП обратн. направленности, с	0,1
13	Задержка на срабатывание III ступени ТНЗНП (DT5), с	3,3
14	Задержка на срабатывание IV ступени ТНЗНП (DT6), с	3,9
15	Задержка на срабатывание V ступени ТНЗНП (DT7), с	3,9
16	Задержка на срабатывание с ОУ при выводе ДЗШ (DT4), с	0,1
17	Задержка на срабатывание с ОУ при выводе ДЗАТ (DT9), с	0,2
18	Время ввода автоматического ускорения, с	1,0
19	Задержка действия защит АТ на отключение выключателя при АУ (DT12), с	0,1
20	Задержка действия от защит АТ на отключение выключателя (DT10), с	0,3
21	Задержка действия защит АТ на отключение АТ (DT11), с	0,6
22	Задержка на срабатывание МТЗ (DT15), с	6,4
23	Задержка действия II ст. дЗ и ТНЗНП на отключение выкл-ля смеж. ст. (DT39), с	0,3
24	Задержка действия II ст. дЗ и ТНЗНП на отключение АТ (DT40), с	0,6
25	Задержка срабатывания токовой отсечки (DT47), с	0,05

Логика работы

№	Наименование	Значение
1	Контроль действия ступеней ДЗ и МТЗ от БНН	предусмотрено
2	Вывод I, II ст. ДЗ при неисправностях в цепях напряжениях БНН и U _{min}	предусмотрено
3	Ускоренный возврат БК при отключении выключателей	не предусмотрено
4	Действие II ступени ДЗ (в АТ)	предусмотрено
5	Контроль действия III ступени ДЗ (в шины)	от БКм
6	Вывод направленности ТНЗНП при срабатывании защит	не предусмотрено



7	Вывод направленности ТНЗНП при отключении выключателя	предусмотрено
8	Действие I, II ст. ТНЗНП при выводе I, II ст. ДЗ от БНН и U_{min}	блокировка
9	Вывод направленности III...V ст. ТНЗНП при выводе I, II ст. ДЗ от БНН и U_{min}	не предусмотрено
10	Контроль направленности I ступени ТНЗНП (в АТ)	не предусмотрено
11	Действие II ступени ТНЗНП (в АТ)	предусмотрено
12	Действие IV ступени ТНЗНП с ОУ при выводе ДЗШ	не предусмотрено
13	Автоматическое ускорение	предусмотрено
14	Контроль напряжения при действии с АУ	предусмотрено
15	Контроль МТЗ от комбинированного ПО напряжения	предусмотрено
16	Режим действия токовой отсечки	пофазный

Автоматика разгрузки по току (АРПТ) – функция не используется.

Примечание.

- 1) Пуск МТЗ стороны 220 кВ от МТЗ стороны 110 кВ АТ2 используется.
- 2) В МТЗ стороны 220 кВ используется пуск по напряжению от ТН 6 кВ через дискретный сигнал от пускового органа комплекта защит №1 АТ2 (ДЗТ, УРОВ, МТЗ НН) (ШЭ2607 042) и комплекта защит №2 АТ2 (ДЭТ, УРОВ, МТЗ НН, ДЗО НН) (ШЭ2607 042043).
- 3) Контроль действия 3 ступени ДЗ по цепи оперативного ускорения выполнен от БК6, а по цепи действия через элемент ДТ2(1,9 с) выполнен от БКм.
- 4) Автоматическое ускорение II, III и IV ступени ДЗ вводится на $T=1$ с при включении ЭГВ 220 АТ2 с КОИШ 220 кВ или 6 кВ - на отключение ЭГВ 220 АТ2. Автоматическое ускорение IV ступени ТЗНП вводится на $T=1$ с при включении ЭГВ 220 АТ2 с КОИШ 220 кВ или 6 кВ - на отключение ЭГВ 220 АТ2.

Комплект РЗА 110 кВ АТ2 (ДЗ, ТНЗНП, МТЗ, ТО, УРОВ) (ШЭ 2607 072)

Коэффициенты трансформации	Трансформатора напряжения (КТН)	1100, 1100/√3
	Трансформатора тока (КТТ)	600/5
	Трансформатора напряжения НН (КТН НН)	6600/100

Уставки ТНЗНП, МТЗ и ТО

№	Наименование	Значение
1	Ток срабатывания РНМНП прямой направленности (в АТ), А	100
2	Напряжение срабатывания РНМНП прямой направл. (в АТ), В	1905
3	Ток срабатывания РНМНП обратной направленности (в шины), А	100
4	Напряжение срабатывания РНМНП обратной направл. (в шины), В	1905
5	Ток срабатывания I ступени ТНЗНП (в АТ), А	1000
6	Ток срабатывания II ступени ТНЗНП (в АТ), А	200
7	Ток срабатывания III ступени ТНЗНП (в шины), А	2530
8	Ток срабатывания III ступени ТНЗНП (в шины), А	450
9	Ток срабатывания V ступени ТНЗНП (в шины), А	230
10	Ток срабатывания реле тока МТЗ (А0, В0, С0), А	400
11	Ток срабатывания реле тока ТО (А0, В0, С0), А	5200
12	Напряжение срабатывания реле макс. напряжения по U_2 , В	6600
13	Напряжение срабатывания реле мин. напряжения на шинах UBC, В	44000
14	Напряжение срабатывания реле мин. напряжения на стороне НН, В	2640



Уставки ДЗ

№	Наименование	Значение
1	Уставка по оси X характеристики РС I ступени ДЗ (в АТ), Ом	7,9
2	Уставка по оси R характеристики РС I ступени ДЗ, Ом	4,0
3	Угол наклона характеристики РС I ступени ДЗ ($\phi 1(I)$), °	85
4	Уставка по оси X характеристики РС II ступени ДЗ (в АТ), Ом	37
5	Уставка по оси R характеристики РС II ступени ДЗ, Ом	18,6
6	Угол наклона характеристики РС II ступени ДЗ ($\phi 1(II)$), °	85
7	Угол наклона нижней правой части хар. РС I и II ступени °	15
8	Угол наклона нижней левой части хар. РС I и II ступени ($\phi 3(I,II)$), °	165
9	Уставка по оси X характеристики РС III ступени ДЗ, Ом	19,3
10	Уставка по оси R характеристики РС III ступени ДЗ, Ом	11,8
11	Угол наклона характеристики РС III ступени ДЗ ($\phi 1(III)$), °	65
12	Угол наклона нижней правой части хар. РС III ступени ($\phi 2(III)$), °	15
13	Угол наклона нижней левой части хар. РС III ступени ($\phi 3(III)$), °	165
14	Уставка по оси X характеристики РС IV ступени ДЗ (в шины), Ом	106,4
15	Уставка по оси R характеристики РС IV ступени ДЗ, Ом	79,4
16	Угол наклона характеристики РС IV ступени ДЗ ($\phi 1(IV)$), °	65
17	Угол наклона нижней правой части хар. РС IV ступени ($\phi 2(IV)$), °	42
18	Угол наклона нижней левой части хар. РС IV ступени ($\phi 3(IV)$), °	165
19	Уставка по приращению I2 чувствительного РТ БК, А	116
20	Уставка по приращению I2 грубого РТ БК, А	232
21	Уставка по приращению I1 чувствительного РТ БК, А	464
22	Уставка по приращению I1 грубого РТ БК, А	928
23	Ток срабатывания РТ I2, А	280

Уставки времени

№	Наименование	Значение
1	Время ввода быстродействующих ступеней от чувствительного РТ БК, с	0,4
2	Время ввода быстродействующих ступеней от грубого РТ БК, с	0,4
3	Время ввода медленнодействующих ступеней от БК, с	9,0
4	Задержка на вывод защит, направленных в АТ и направленности ТНЗНП от БНН, с	3,0
5	Задержка на срабатывание I ступени ДЗ (DT20), с	0,3
6	Задержка на срабатывание II ступени ДЗ (DT17), с	1,9
7	Время продления запрета действия ускоряемой II ступени ДЗ от РС III ст., с	0,1
8	Задержка на срабатывание III ступени ДЗ (DT2), с	1,9
9	Задержка на срабатывание IV ступени ДЗ (DT3), с	6,3
10	Задержка на срабатывание I ступени ТНЗНП (DT21), с	0,3
11	Задержка на срабатывание II ступени ТНЗНП (DT18), с	3,3
12	Время продления запрета отключения АТ от РНМНП обратн. направленности, с	0,1
13	Задержка на срабатывание III ступени ТНЗНП (DT5), с	1,9
14	Задержка на срабатывание IV ступени ТНЗНП (DT6), с	5,2
15	Задержка на срабатывание V ступени ТНЗНП (DT7), с	7,0
16	Задержка на срабатывание с ОУ при выводе ДЗШ (DT4), с	0,2
17	Задержка на срабатывание с ОУ при выводе ДЗАТ (DT9), с	0,4
18	Время ввода автоматического ускорения Q1 (DT8), с	1,0

19	Время ввода автоматического ускорения Q2 (DT28), с	1,0
20	Время ввода автоматического ускорения Q3 (DT38), с	1,0
21	Время ввода автоматического ускорения Q4 (DT39), с	1,0
22	Задержка действия на отключение выключателя при АУ (DT12), с	0,1
23	Задержка действия от защит АТ на отключение выключателя Q1 (DT10), с	0,3
24	Задержка действия от защит АТ на отключение выключателя Q2 (DT13), с	0,3
25	Задержка действия от защит АТ на отключение выключателя Q3 (DT34), с	0,3
26	Задержка действия от защит АТ на отключение выключателя Q4 (DT35), с	0
27	Задержка действия от защит АТ на отключение АТ (DT11), с	0,6
28	Задержка на срабатывание МТЗ (DT15), с	6,4
29	Задержка действия II ст. ДЗ и ТНЗНП на отключение Q1 смеж. ст. (DT31), с	0,3
30	Задержка действия II ст. ДЗ и ТНЗНП на отключение Q2 смеж. ст. (DT33), с	0,3
31	Задержка действия II ст. ДЗ и ТНЗНП на отключение АТ (DT40), с	0,6

Логика работы

№	Наименование	Значение
1	Контроль действия ступеней ДЗ и МТЗ от БНН	предусмотрено
2	Вывод I, II ст. ДЗ при неисправностях в цепях напряжения БНН и U _{min}	предусмотрено
3	Ускоренный возврат БК при отключении выключателей	не предусмотрено
4	Действие II ступени ДЗ (в АТ)	предусмотрено
5	Контроль действия III ступени ДЗ (в шины)	от БКм
6	Вывод направленности ТНЗНП при срабатывании защит	не предусмотрено
7	Вывод направленности ТНЗНП при отключении выключателя	предусмотрено
8	Действие I, II ст. ТНЗНП при выводе I, II ст. ДЗ от БНН и U _{min}	блокировка
9	Вывод направленности III...V ст. ТНЗНП при выводе I, II ст. ДЗ от БНН и U _{min}	предусмотрено
10	Контроль направленности I ступени ТНЗНП (в АТ)	предусмотрено
11	Действие II ступени ТНЗНП (в АТ)	предусмотрено
12	Действие IV ступени ТНЗНП с ОУ при выводе ДЗШ	не предусмотрено
13	Автоматическое ускорение	предусмотрено
14	Контроль напряжения при действии с АУ	предусмотрено
15	Контроль МТЗ от комбинированного ПО напряжения	предусмотрено
16	Режим действия токовой отсечки	пофазный

Автоматика разгрузки по току (АРПТ) – функция не используется.

Примечание.

- 1) Пуск МТЗ стороны 110 кВ от МТЗ стороны 220 кВ АТ2 не используется.
- 2) В МТЗ стороны 110 кВ используется пуск по напряжению от ТН 6 кВ через дискретный сигнал от пускового органа комплекта защит № 1 АТ2 (ДЗТ, УРОВ, МТЗ НН) (ШЭ2607 042) и комплекта защит № 2 АТ2 (ДЗТ, УРОВ, МТЗ НН, ДЗО НН) (ШЭ2607 042043).
- 3) Контроль действия 3 ступени ДЗ по цепи оперативного ускорения выполнить от БКБ, а по цепи действия через элемент DT2 выполнить от БКм.
- 4) Автоматическое ускорение II, III и IV ступени ДЗ вводится на T=1 с при включении МВ ВЛ-110 кВ Щербаковская 2 с КОНш 110 кВ или 6 кВ – на отключение МВ ВЛ-110 кВ Щербаковская 2.
При нарушении фиксации присоединений 110 кВ автоматическое ускорение II, III и IV ступени ДЗ вводится на T=1 с при включении МВ ВЛ-110 кВ Щербаковская 1, 2 с КОНш 110 кВ или 6 кВ – на отключение МВ ВЛ-110 кВ Щербаковская 1, 2.
Автоматическое ускорение IV ступени ТНЗНП вводится на T=1 с при включении МВ ВЛ 110 кВ Щербаковская 2 с КОНш 110 кВ или 6 кВ – на отключение МВ ВЛ 110 кВ Щербаковская 2.
При нарушении фиксации присоединений 110 кВ автоматическое ускорение IV ступени ТНЗНП вводится на T=1 с при включении МВ ВЛ 110 кВ Щербаковская 1, 2 с КОНш 110 кВ или 6 кВ – на отключение МВ ВЛ 110 кВ Щербаковская 1, 2.
- 5) Q1 – МВ ВЛ 110 кВ Щербаковская 1;
Q2 – МВ ВЛ 110 кВ Щербаковская 2;
Q3 – резерв;
Q4 – ШСВ 110;
Q1 смеж. ст. – ЭГВ 220 АТ1;
Q2 смеж. ст. – резерв.

Рисунок 3.2 – Существующие уставки комплекта защит №2 АТ2



Согласно рекомендациям по расчету уставок резервных защит автотрансформаторов фирмы ООО НПП «ЭКРА» (далее РРУ), от параметров нагрузки/МТЗ со стороны НН АТ зависят следующие функции устройства РЗА:

- МТЗ НН;
- МТЗ ВН;
- ЗП НН;
- ДЗО НН;
- ДЗ ВН(СН).

Анализ расчетных условий, использующих токи КЗ не производился, поскольку источники питания не менялись.

3.1.1 Проверка уставок МТЗ НН

Производится расчет уставки по току МТЗ НН с учетом изменения нагрузки со стороны НН АТ по следующим условиям:

- отстройка от максимального рабочего тока

$$I_{с.з} \geq \frac{k_{отс} \cdot k_{сзп}}{k_{в}} \cdot I_{раб, макс} = \frac{1,1 \cdot 2,5}{0,95} \cdot 92 = 266 \text{ А},$$

где $k_{отс} = 1,1$ – коэффициент отстройки;

$k_{сзп} = 2,5$ – коэффициент самозапуска нагрузки;

$k_{в} = 0,95$ – коэффициент возврата;

$I_{раб, макс} = 92 \text{ А}$ – нагрузочный ток со стороны НН АТ, рассчитанный исходя из мощности ТСН 1000 кВА;

- согласование с МТЗ вводного выключателя

$$I_{с.з} \geq k_{отс} \cdot I_{с.з, смеж} = 1,1 \cdot 374 = 411,4 \text{ А},$$

где $k_{отс} = 1,1$ – коэффициент отстройки;

$I_{с.з, смеж} = 374 \text{ А}$ – рассчитанное значение уставки МТЗ вводного выключателя.

В качестве итогового принимается наибольшее из полученных значений, т.е. 411,4 А. Существующая уставка по току МТЗ НН АТ равна 1 А во вторичных величинах, что соответствует $1 \cdot K_{тт} = 1 \cdot 600 = 600 \text{ А}$ в первичных величинах. Поскольку $600 \text{ А} > 411,4 \text{ А}$, корректировка существующей уставки МТЗ НН по току не требуется.

Выдержка времени МТЗ НН с учетом изменения нагрузки со стороны НН АТ рассчитывается по следующему выражению

$$t_{с.з} \geq t_{с.з, смеж} + \Delta t = 1,6 + 0,2 = 1,8 \text{ с},$$

где $t_{с.з, смеж} = 1,6 \text{ с}$ – время срабатывания МТЗ вводного выключателя;

$\Delta t = 0,2 \text{ с}$ – ступень селективности.

Существующее время срабатывания МТЗ НН АТ равно 0,4 с, что меньше рассчитанного для МТЗ вводного выключателя времени срабатывания 1,8 с. Требуется корректировка времени срабатывания МТЗ НН АТ. Рекомендуется для МТЗ НН АТ



принять выдержку времени, рассчитанную по условию согласования с МТЗ вводного выключателя, т.е. 1,8 с.

3.1.2 Проверка уставок ДЗ ВН(СН)

Согласно РРУ, параметры срабатывания МТЗ НН и параметры нагрузки учитываются в следующих пунктах:

а) выбор сопротивления срабатывания второй ступени ДЗ АТ по условию согласования с МТЗ НН АТ

$$Z_{с.зII}^{ВН(СН)} \leq 0,87 \left(\frac{U_{с мин м/ф}}{2 \times 1,1 \times I_{с.з.МТЗ} \times K_{ток4}} - Z_{с мин} \right).$$

Поскольку уставка по току МТЗ НН АТ не требует корректировки, значение, рассчитанное по вышеприведенному выражению, не изменится.

б) выбор сопротивления срабатывания второй ступени ДЗ АТ по условию отстройки от нагрузочного режима

$$Z_{с.зII}^{ВН(СН)} \leq \frac{Z_{нагр расч} \times e^{j\varphi_{нагр}}}{K_{отс} \times K_{в}},$$

где $K_{отс}$ – коэффициент отстройки, который учитывает погрешности реле, ИТТ и ИТН, параметров нагрузочного режима, принятого в качестве расчетного, и необходимый запас, принимается равным 1,15–1,2;

$K_{в}$ – коэффициент возврата;

$e^{j\varphi_{нагр}}$ – фаза вектора нагрузки;

$Z_{нагр расч}$ – модуль вектора сопротивления нагрузки, значение которого может быть определено по выражению

$$Z_{нагр расч} = \frac{U_{мин}}{\sqrt{3} \times I_{раб макс}},$$

где $U_{мин}$ – минимальное значение первичного напряжения в месте установки защиты в расчетном нагрузочном режиме;

$I_{раб макс}$ – максимальное значение первичного рабочего тока через АТ в расчетном нагрузочном режиме.

Ориентировочные расчеты по вышеприведенному условию для:

– ДЗ ВН (направленной в АТ)

$$Z_{нагр, расч} = \frac{U_{мин}}{\sqrt{3} \cdot I_{раб, макс}} = \frac{0,9 \cdot 220000}{\sqrt{3} \cdot 238} = 480 \text{ Ом},$$

где $I_{раб, макс} = 1,5 \cdot 158 = 238 \text{ А}$ – максимальный нагрузочный ток обмотки ВН АТ с учетом возможной перегрузки.



$$Z_{сз} \leq \frac{Z_{нагр,расч} \cdot e^{j\varphi_{нагр}}}{k_{отс} \cdot k_b} = \frac{480 \cdot e^{j30}}{1,2 \cdot 1,05} = 380 \text{ Ом}.$$

Существующая уставка срабатывания второй ступени ДЗ АТ (направленной в АТ) равна

$$Z_{сз} = \frac{X_{сз}}{\sin \varphi} = \frac{129,2}{\sin 85} = 129,69 \text{ Ом}.$$

Рассчитанное значение больше значения существующей уставки (380 Ом > 129,69 Ом).

– ДЗ СН (направленной в АТ)

$$Z_{нагр,расч} = \frac{U_{мин}}{\sqrt{3} \cdot I_{раб,макс}} = \frac{0,9 \cdot 110000}{\sqrt{3} \cdot 451} = 126 \text{ Ом},$$

где $I_{раб,макс} = 1,5 \cdot 301 = 451 \text{ А}$ – максимальный рабочий ток со стороны СН АТ с учетом возможной перегрузки.

$$Z_{сз} \leq \frac{Z_{нагр,расч} \cdot e^{j\varphi_{нагр}}}{k_{отс} \cdot k_b} = \frac{126 \cdot e^{j30}}{1,2 \cdot 1,05} = 100 \text{ Ом}.$$

Существующая уставка срабатывания второй ступени ДЗ АТ (направленной в АТ) равна

$$Z_{сз} = \frac{X_{сз}}{\sin \varphi} = \frac{37}{\sin 85} = 37 \text{ Ом}.$$

Рассчитанное значение больше значения существующей уставки (100 Ом > 37 Ом).

При нагрузочных токах, равных номинальным, условие не является определяющим. Таким образом, при нагрузочных токах, меньших номинальных, расчетные сопротивления будут иметь еще большие значения и не повлекут изменения уставок.

Первая выдержка времени второй ступени ДЗ ВН(СН) по условию согласования с временем срабатывания МТЗ НН АТ равна

$$t_{сз} \geq t_{сз,смеж} + \Delta t = 1,8 + 0,2 = 2,0 \text{ с},$$

где $t_{сз,смеж} = 1,8 \text{ с}$ – время срабатывания МТЗ НН АТ;

$\Delta t = 0,2 \text{ с}$ – степень селективности.

Существующие выдержки времени на срабатывание вторых ступеней ДЗ ВН и ДЗ СН составляют 1,9 с. Расчетное значение времени срабатывания, найденное по условию согласования с МТЗ НН АТ, превышает существующую уставку выдержки времени на срабатывание (ВВС) (2,0 с > 1,9 с). Следовательно, рекомендуется скорректировать ВВС МТЗ НН АТ.



3.1.3 Проверка уставок МТЗ ВН (СН)

МТЗ ВН (СН) АТ с пуском по напряжению. В результате анализа существующей карты уставок определяющим условием при выборе уставки является условие отстройки от нагрузочного тока:

– для МТЗ ВН

$$I_{с.з} \geq \frac{k_{отс} \cdot k_{сзп}}{k_{в}} I_{раб, макс} = \frac{1,2 \cdot 1}{0,95} \cdot 158 = 200 \text{ А},$$

где $k_{отс} = 1,2$ – коэффициент отстройки;

$k_{сзп} = 1$ – коэффициент самозапуска нагрузки;

$k_{в} = 0,95$ – коэффициент возврата;

$I_{раб, макс} = 158 \text{ А}$ – номинальный ток со стороны ВН АТ;

– для МТЗ СН

$$I_{с.з} \geq \frac{k_{отс} \cdot k_{сзп}}{k_{в}} I_{раб, макс} = \frac{1,2 \cdot 1}{0,9} \cdot 301 = 400 \text{ А},$$

где $k_{отс} = 1,2$ – коэффициент отстройки;

$k_{сзп} = 1$ – коэффициент самозапуска нагрузки;

$k_{в} = 0,9$ – коэффициент возврата;

$I_{раб, макс} = 301 \text{ А}$ – номинальный ток со стороны СН АТ.

Существующие уставки: МТЗ ВН - 200 А, МТЗ СН - 400 А. Таким образом, уставки по току МТЗ ВН(СН) не зависят от нагрузочного тока НН АТ и не требуют корректировок.

Существующее значение выдержки времени на срабатывание МТЗ ВН (СН) 6,4 с, МТЗ НН – 0,4 с. Учитывая, что ступень селективности при согласовании с МП защитами 0,2 с (согласно РРУ), определяющим при выборе времени срабатывания МТЗ ВН (СН) являлось не условие согласования с ВВС МТЗ НН.

Время срабатывания МТЗ ВН (СН) с учетом скорректированного времени срабатывания МТЗ НН равно

$$t_{с.з} \geq t_{с.з, смск} + \Delta t = 2,0 + 0,2 = 2,2 \text{ с}.$$

Значение, полученное по условию согласования со скорректированной выдержкой времени МТЗ НН, меньше существующей уставки с учетом ступени селективности ($2,2 < 6,4 \text{ с}$). Таким образом, время срабатывания МТЗ ВН(СН) не требует корректировки.

3.1.4 Проверка уставок ЗП НН

Исходя из анализа существующей карты уставок, уставка рассчитана по условию отстройки от номинального тока НН АТ

$$I_{с.з} \geq \frac{k_{отс}}{k_{в}} \frac{I_{ном, НН}}{k_{тт}} = \frac{1,05}{0,9} \cdot \frac{2800}{600} = 5,4 \text{ А},$$



где $k_{отс} = 1,05$ – коэффициент отстройки;
 $k_{ТТ} = 3000 \text{ А}/5 \text{ А} = 600$ – коэффициент трансформации ТТ;
 $k_{в} = 0,9$ – коэффициент возврата;
 $I_{ном,НН} = 2800 \text{ А}$ – номинальный ток со стороны НН АТ.

Поскольку при подстановке реального нагрузочного тока со стороны НН расчетное значение намного меньше существующей уставки, корректировка уставки ЗП НН не требуется.

3.1.5 Проверка уставок ДЗО НН

Согласно РРУ, параметры нагрузки со стороны НН АТ учитываются в ДЗО НН только при расчете уставки тока торможения блокировки. Уставка тока торможения блокировки рассчитывается по выражению

$$I_{Т.БЛ.} = K_{отс} \cdot K_{пред.нагр} \cdot \frac{I_{ном,нагр}}{I_{баз.стор}} \cdot \frac{K_{сх,ТТ,стор}}{K_{ТТ,стор}} \text{ о.е.},$$

где $K_{отс} = 1,1$ – коэффициент отстройки;
 $K_{пред.нагр} = 1,5 \dots 2,0$ – коэффициент, определяющий предельную нагрузочную способность Т(АТ) в зависимости от его мощности: $K_{пред.нагр} = 1,5$ - для Т(АТ) большой мощности; $K_{пред.нагр} = 1,8$ - для Т(АТ) средней мощности; $K_{пред.нагр} = 2,0$ - для распределительных Т(АТ);

$K_{ТТ,стор}$ - коэффициент трансформации ТТ, соответствующей стороны Т(АТ), ошиновки НН Т(АТ);

$K_{сх,ТТ,стор}$ - коэффициент, учитывающий схему соединения вторичных обмоток главных ТТ соответствующей стороны.

Исходя из анализа существующей карты уставок, уставка рассчитана по условию отстройки от номинального тока НН

$$I_{Т.БЛ.} = K_{отс} \cdot K_{пред.нагр} \cdot \frac{I_{ном,нагр}}{I_{баз.стор}} \cdot \frac{K_{сх,ТТ}}{K_{ТТ}} = 1,1 \cdot 1,5 \cdot \frac{2800}{5} \cdot \frac{1}{600} = 1,54 \text{ А},$$

где $K_{отс} = 1,1$ – коэффициент отстройки;
 $K_{пред.нагр} = 1,5$ – коэффициент, определяющий предельную нагрузочную способность АТ;
 $I_{ном,нагр} = 2800 \text{ А}$ – номинальный ток со стороны НН АТ;
 $I_{баз.стор} = 5 \text{ А}$ - базисный ток со стороны НН АТ (существующая уставка);
 $K_{сх,ТТ}$ – коэффициент, учитывающий схему соединения вторичных обмоток ТТ;
 $K_{ТТ} = 3000 \text{ А}/5 \text{ А} = 600$ – коэффициент трансформации ТТ.

Поскольку при подстановке реального нагрузочного тока со стороны НН расчетное значение намного меньше существующей уставки, корректировка уставок ДЗО НН не требуется.



3.2 Проверка существующих уставок 4Т, 5Т и 6Т

В связи с корректировкой нагрузки на стороне 13,8 кВ 4Г, 5Г и 6Г проведен анализ существующих уставок 4Т, 5Т и 6Т на предмет необходимости корректировки. Ниже, на рисунках 3.3, 3.4 и 3.5 приведены существующие уставки соответствующих трансформаторов.



Бланк уставок шкафа ШЭ1113-215UT04 (Рыбинская ГЭС) от 03.10.2018

П			Обозначение защиты	Наименование уставок	Обозначение уставок	ед. изм.	Диапазон уставок (вторич)			Значение уставки	Примечание
Обозначение	Ном. знач.	ед. изм.					мин	макс	шаг		
I _{вн тб_лин}	2,76	A	Id TБ	Начальный ток срабатывания	I _{ср.д}	о.е.	0,10	1,20	0,01	0,34	Действует без выдержки времени на отключение с пуском УРОВ и запретом АПВ выключателя ЭГВ-220 3Т-4Т, на отключение ЭГВ-13,8 ЗГ, АПП ЗГ, ЭГВ-13,8 4Г от основных защит 4Т, на пуск пожаротушения 4Т.
I _{рдТ}	4,180	A		Коэффициент торможения	K _т	-	0,20	0,95	0,05	0,39	
				Точка излома характеристики (блокировка)	В	о.е.	1,00	6,00	0,01	2,20	
				Ток срабатывания дифференциальной отсечки	I _{отс}	о.е.	2,00	12,00	0,01	6,90	
				Ток начала торможения	I _{нт}	о.е.	0,10	6,00	0,01	0,87	
				Коэффициент фазовой коррекции (группа 1) - I _{вн тб_ли}	K1	-	-1	1	-	-1*	
				Коэффициент фазовой коррекции (группа 2) - I _{рдТ}	K2	-	-1	1	-	1*	
				Начальный ток срабатывания при включении	I _{вкл}	о.е.	0,10	2,00	0,01	0,80	
				Время задержки защиты при включении	t _{вкл}	с	0,00	10,00	0,01	1,00	
I _{вн тб}	1,59	A	I1>TБ	Ток срабатывания	I _{ср}	о.е.	0,16	125,79	0,01	1,10	Действует на сигнал
				Коэффициент возврата	K _{воз}	-	0,50	1,00	0,01	0,95	
				Выдержка времени защиты на сигнал	Сраб_t	с	0,00	9999,99	0,01	9,00	
I _{вн тб}	1,59	A	PT ВН	Ток срабатывания	I _{ср}	о.е.	0,16	125,79	0,01	***	Уставки задаются Ярославским РДУ
				Коэффициент возврата	K _в	-	0,50	1,00	0,01	***	
				Выдержка времени на возврат при сраб. M1	M1_t	с	0	9999,99	0,01	***	
				Выдержка времени УРОВ выключателя 220 кВ	УРОВ_220	с	0	9999,99	0,01	***	
I _{вн тб}	1,59	A	I > (U2,U<)	I > Ток срабатывания	I _{ср}	о.е.	0,16	125,79	0,01	1,3**	С первой выдержкой времени действует на отключение на ЭГВ-13,8 4Г от резервных защит ТБ, АПП 4Г. Со второй выдержкой времени - на отключение с пуском УРОВ и запретом АПВ выключателя ЭГВ-220 3Т-4Т, на отключение ЭГВ-13,8 4Г от резервных защит 4Т.
				Коэффициент возврата	K _в	-	0,50	1,00	0,01	0,95	
U _{нн тб_у}	57,74	B		U<NH Напряжение срабатывания	U _{ср}	о.е.	0,01	3,46	0,01	0,8**	
				Коэффициент возврата	K _{воз}	-	1,00	1,50	0,01	1,05	
U _{нн тб_у}	57,74	B		U ₂ NH Напряжение срабатывания	U _{ср}	о.е.	0,01	3,46	0,01	0,1**	
				Коэффициент возврата	K _{воз}	-	1,00	1,50	0,01	0,95	
U _{вн тб_у}	57,74	B		U<BH Напряжение срабатывания	U _{ср}	о.е.	0,01	3,46	0,01	0,7**	
				Коэффициент возврата	K _{воз}	-	1,00	1,50	0,01	1,05	
U _{вн тб_у}	57,74	B		U ₂ BH Напряжение срабатывания	U _{ср}	о.е.	0,01	3,46	0,01	0,1**	
				Коэффициент возврата	K _{воз}	-	1,00	1,50	0,01	0,95	
				Пуск по U _{нн тб} (1 - введена; 0 - выведена)	VXN1	-	0	1	-	1	
				Пуск по U _{вн тб} (1 - введена; 0 - выведена)	VXN2	-	0	1	-	1	
				Первая выдержка времени на отключение	Откл_t1	с	0,00	9999,99	0,01	6,7**	
				Вторая выдержка времени на отключение	Откл_t2	с	0,00	9999,99	0,01	7**	
I _{вн}	5,00	A	Io (групп)	Ток срабатывания	I _{ср}	A	0,05	40,00	0,01	***	Уставки задаются Ярославским РДУ
				Коэффициент возврата	K _{воз}	-	0,50	1,00	0,01	***	
				Первая выдержка времени на срабатывании	Сраб_t1	с	0,00	9999,99	0,01	***	
				Вторая выдержка времени на срабатывании	Сраб_t2	с	0,00	9999,99	0,01	***	
I _{вн}	5,00	A	Io (чувств)	Ток срабатывания	I _{ср}	A	0,05	40,00	0,01	***	Уставки задаются Ярославским РДУ
				Коэффициент возврата	K _{воз}	-	0,50	1,00	0,01	***	
				Первая выдержка времени на срабатывании	Сраб_t1	с	0,00	9999,99	0,01	***	
				Вторая выдержка времени на срабатывании	Сраб_t2	с	0,00	9999,99	0,01	***	
				Третья выдержка времени на срабатывании	Сраб_t3	с	0,00	9999,99	0,01	***	
U _{нн тб_д}		B	UoTБ	Напряжение срабатывания защиты	U _{ср}	B	0,30	200,00	0,01	10,00	Действует на сигнал
				Коэффициент возврата	K _{воз}	-	0,50	1,00	0,01	0,90	
				Выдержка времени при срабатывании защиты	Сраб_t	с	0,00	9999,99	0,01	9,00	



П			Обозначение защиты	Наименование уставок	Обозначение уставки	ед. изм.	Диапазон уставок (вторич)			Значение уставки	Примечание
Обозначение	Ном. знач.	ед. изм.					мин	макс	шаг		
I _{вн тб}	1,59	A	РОТ ТБ	Ток срабатывания	I _{ср}	о.е.	0,16	125,79	0,01	0,60	Действует на включение вентиляторов обдува трансформатора
				Коэффициент возврата	K _в	-	0,50	1,00	0,01	0,80	
				Выдержка времени при срабатывании защиты	Сраб _t	с	0,00	9999,99	0,01	1,00	
U _{нн тб,у}	57,73	B	КИНТ	Напряжение срабатывания	U _{ср}	о.е.	0,01	3,46	0,01	0,30	Действует на блокировку защит, использующих цепи напряжения, и на сигнал
U _{нн тб,дин}	1,00	B		Коэффициент возврата	K _{воз}	-	0,50	1,00	0,01	0,90	
U _{нн тб,динс}	33,33	B		Коэффициент фазы А	K _а	-	-2,00	2,00	0,01	2*	
				Коэффициент фазы В	K _б	-	-2,00	2,00	0,01	1*	
				Коэффициент фазы С	K _с	-	-2,00	2,00	0,01	1*	
				Коэффициент схемы обмотки НИ	K _{ни}	-	-2,00	2,00	0,01	-1,73	
				Коэффициент схемы обмотки НК	K _{нк}	-	-2,00	2,00	0,01	-1,73	
				Выдержка времени на сигнал	Сраб _t	с	0,00	9999,99	0,01	9,00	
I _{вн сн бг}	0,329	A	I1>TCH	Ток срабатывания	I _{ср}	о.е.	0,76	607,90	0,01	1,10	Действует на сигнал
				Коэффициент возврата	K _{воз}	-	0,50	1,00	0,01	0,95	
				Выдержка времени защиты на сигнал	Сраб _t	с	0,00	9999,99	0,01	9,00	
I _{вн сн бг}	0,329	A	I>TCH	Ток срабатывания	I _{ср}	о.е.	0,76	607,90	0,01	6,50	Действует на отключение с пуском УРОВ и запретом АПВ выключателя ЭГВ- 220 ЗТ-4Т от резервных защит, на отключение ЭГВ-13,8 4Г от резервных защит ТБ, АПГ 4Г, на отключение ЭГВ-13,8 3Г от резервных защит 4Т, отключение ввода 0,4 кВ.
				Коэффициент возврата	K _{воз}	-	0,50	1,00	0,01	0,95	
				Выдержка времени при срабатывании защиты	Сраб _t	с	0,00	9999,99	0,01	0,75	
I _{вн сн бг}	0,329	A	I>>TCH	Ток срабатывания	I _{ср}	о.е.	0,76	607,90	0,01	23,00	Действует на отключение вводного выключателя 0,4 кВ
				Коэффициент возврата	K _{воз}	-	0,50	1,00	0,01	0,95	
				Выдержка времени на отключение	Сраб _t	с	0,00	9999,99	0,01	0,50	
I _{н сн бг}	5,00	A	Io TCH	Ток срабатывания	I _{ср}	A	0,05	40,00	0,01	10,00	Действует на отключение вводного выключателя 0,4 кВ
				Коэффициент возврата	K _{воз}	-	0,50	1,00	0,01	0,90	
				Выдержка времени на отключение	Сраб _t	с	0,00	9999,99	0,01	0,50	
Дополнительные уставки			ГЗ Т	Выдержка времени при отс.питания цепей ГЗ	Отсут лит t	с	0	9999,99	0,01	2*	
				Выдержка времени при сниж.изоляции ГЗ (ОЗ)	ОЗ Сн из t	с	0	9999,99	0,01	1*	
				Выдержка времени на возврат при сраб. ГЗ (откл.)	ОЗ Откл t	с	0	9999,99	0,01	1*	
				Выдержка времени на возврат при сраб. ГЗ (сигн.)	ОЗ Сигн t	с	0	9999,99	0,01	1*	
				Блокировка ГЗ по снижению изоляции (ОЗ) (1-введ, 0-выв)	VXN1_ГЗ_ТБ_ОЗ	-	0	1	-	1*	
				Выдержка времени при сниж.изоляции ГЗ (СЗ)	СЗ Сн из t	с	0	9999,99	0,01	1*	
				Выдержка времени на возврат при сраб. ГЗ (СЗ)	СЗ t	с	0	9999,99	0,01	1*	
				Блокировка ГЗ по снижению изоляции (СЗ) (1-введ, 0-выв)	VXN2_ГЗ_ТБ_СЗ	-	0	1	-	1*	
				Выдержка времени при отс.питания прием. цепей	Л1 t	с	0	9999,99	0,01	1*	

* - уставка уточняется/определяется при наладке

** - уставка согласовывается с Ярославским РДУ

*** - уставка задается Ярославским РДУ

Расчет выполнил: Димитриев К.М.

Расчет утвердил: Ткачев В.В.

Рисунок 3.3 – Существующие уставки комплекта защит 4Т



Бланк уставок шкафа ШЭ1113-215G05

Объект: Рыбинская ГЭС

Присоединение: Т5

Версия ПО: 7.1.0.3.478

Дата: 28.06.2021

П			Обозначение защиты	Наименование уставок	Обозначение уставок	ед. изм.	Диапазон уставок (вторич)			Значение уставки	Примечание
Обозначение	Ном. знач.	ед. изм.					мин	макс	шаг		
I _{вн тб_лин}	2,76	A	Id ТБ	Начальный ток срабатывания	I _{ср.д}	о.е.	0,10	1,20	0,01	0,30	Действует без выдержки времени на отключение с пуском УРОВ и запретом АПВ выключателя ЭГВ-220 ЗБ, на отключение ЭГВ 5Г от основных защит 5Т, ЭГВ 6Г от основных защит 5Т, отключение МВ-13,8 ТСН-2, на пуск пожаротушения 5Т.
I _{рдТ}	4,180	A		Коэффициент торможения	K _т	-	0,20	0,95	0,05	0,39	
I _{вн тсн-2дТ}	41,837	A		Точка излома характеристики (блокировка)	B	о.е.	1,00	6,00	0,01	2,00	
				Ток срабатывания дифференциальной отсечки	I _{отс}	о.е.	2,00	12,00	0,01	6,50	
				Ток начала торможения	I _{нт}	о.е.	0,10	6,00	0,01	0,77	
				Коэффициент фазовой коррекции (группа 1) - I _{вн тб_лин}	K1	-	-1	1	-	-1*	
				Коэффициент фазовой коррекции (группа 2) I _{г_дТ}	K2	-	-1	1	-	1*	
				Начальный ток срабатывания при включении	I _{вкл}	о.е.	0,10	2,00	0,01	0,80	
				Время задержки защиты при включении	t _{вкл}	с	0,00	10,00	0,01	1,00	
I _{вн тб}	1,59	A	I1>ТБ	Ток срабатывания	I _{ср}	о.е.	0,16	125,79	0,01	1,10	Действует на сигнал
				Коэффициент возврата	K _{воз}	-	0,50	1,00	0,01	0,95	
				Выдержка времени защиты на сигнал	Сраб_t	с	0,00	9999,99	0,01	9,00	
I _{вн тб}	1,59	A	PT ВН	Ток срабатывания	I _{ср}	о.е.	0,16	125,79	0,01	0,28**	**пуск УРОВ-220 кВ
				Коэффициент возврата	K _в	-	0,50	1,00	0,01	0,95**	
				Выдержка времени на возврат при сраб. M1	M1_t	с	0	9999,99	0,01	1**	
				Выдержка времени УРОВ выключателя 220 кВ	УРОВ_220	с	0	9999,99	0,01	0,3**	
I _{вн тб}	1,59	A	I > (U2, U<)	I > Ток срабатывания	I _{ср}	о.е.	0,16	125,79	0,01	1,3**	**С первой выдержкой времени действует на отключение на ЭГВ-13,8 5Г от резервных защит ТБ. Со второй выдержкой времени - на отключение с пуском УРОВ и за-претом АПВ выключателя ЭГВ- 220 ЗБ, на отключение ЭГВ-13,8 6Г от резервных защит 5Т, отключение МВ-13,8 ТСН-2.
				Коэффициент возврата	K _в	-	0,50	1,00	0,01	0,95**	
U _{нн тб, у}	57,74	B		U< Напряжение срабатывания	U _{ср}	о.е.	0,01	3,46	0,01	0,8**	
				Коэффициент возврата	K _{воз}	-	1,00	1,50	0,01	1,05**	
U _{нн тб, у}	57,74	B		U< Напряжение срабатывания	U _{ср}	о.е.	0,01	3,46	0,01	0,1**	
				Коэффициент возврата	K _{воз}	-	1,00	1,50	0,01	0,95**	
U _{вн тб, у}	57,74			U<ВН Напряжение срабатывания	U _{ср}	о.е.			0,01	0,7**	
				Коэффициент возврата	K _{воз}	-	1,00	1,50	0,01	1,05**	
U _{вн тб, у}	57,74			U< ВН Напряжение срабатывания	U _{ср}	о.е.			0,01	0,1**	
				Коэффициент возврата	K _{воз}	-	1,00	1,50	0,01	0,95**	
				Пуск по U _{нн тб} (1 - введена; 0 - выведена)	VXN1	-	0	1	-	1**	
				Пуск по U _{вн тб} (1 - введена; 0 - выведена)	VXN2	-	0	1	-	1**	
				Первая выдержка времени на отключение	Откл_t 1	с	0,00	9999,99	0,01	6,7**	
				Вторая выдержка времени на отключение	Откл_t 2	с	0,00	9999,99	0,01	7**	
I _{НВН}	5,00	A	Io (груб)	Ток срабатывания	I _{ср**}	A	0,05	40,00	0,01	11**	**С первой выдержкой времени действует на отключение ШСВ 220 кВ, со второй выдержкой времени на отключение ЭГВ ЗБ
				Коэффициент возврата	K _{воз}		0,50	1,00	0,01	0,95**	
				Первая выдержка времени на срабатывании	Сраб_t1	с	0,00	9999,99	0,01	3,9**	
				Вторая выдержка времени на срабатывании	Сраб_t2	с	0,00	9999,99	0,01	4,2**	
I _{НВН}	5,00	A	Io (чувств)	Ток срабатывания	I _{ср**}	A	0,05	40,00	0,01	2,42**	**С первой выдержкой времени действует на отключение ШСВ-220 кВ со второй выдержкой времени Сраб_t2 на отключение ЭГВ-220 кВ ЗБ с третьей выдержкой времени Сраб_t3 действует на отключение ЭГВ-13,8 5Г
				Коэффициент возврата	K _{воз}		0,50	1,00	0,01	0,95**	
				Первая выдержка времени на срабатывании	Сраб_t1	с	0,00	9999,99	0,01	6,5**	
				Вторая выдержка времени на срабатывании	Сраб_t2	с	0,00	9999,99	0,01	6,8**	
				Третья выдержка времени на срабатывании	Сраб_t3	с	0,00	9999,99	0,01	7,1**	
U _{нн тб,д}		B	UoТБ	Напряжение срабатывания защиты	U _{ср}	B	0,30	200,00	0,01	10,00	Действует на сигнал
				Коэффициент возврата	K _{воз}	-	0,50	1,00	0,01	0,90	
				Выдержка времени при срабатывании защиты	Сраб_t	с	0,00	9999,99	0,01	9,00	



п			Обозначение защиты	Наименование уставок	Обозначение уставок	ед. изм.	Диапазон уставок (вторич)			Значение уставки	Примечание
Обозначение	Ном. знач.	ед. изм.					мин	макс	шаг		
$I_{\text{внтб}}$	1,59	A	РОТ ТБ	Ток срабатывания	$I_{\text{ср}}$	о.е.	0,16	125,79	0,01	0,60	Действует на включение вентиляторов обдува трансформатора
				Коэффициент возврата	$K_{\text{в}}$	-	0,50	1,00	0,01	0,80	
				Выдержка времени при срабатывании защиты	$\text{Сраб } t$	с	0,00	9999,99	0,01	1,00	
$U_{\text{ннтб,у}}$	57,73	B	КИНТ	Напряжение срабатывания	$U_{\text{ср}}$	о.е.	0,01	3,46	0,01	0,30	Действует на блокировку защит, использующих цепи напряжения, и на сигнал
$U_{\text{ннтб,дн}}$	1,00	B		Коэффициент возврата	$K_{\text{воз}}$	-	0,50	1,00	0,01	0,90	
$U_{\text{ннтб,днк}}$	33,33	B		Коэффициент фазы А	$K_{\text{а}}$	-	-2,00	2,00	0,01	2*	
				Коэффициент фазы В	$K_{\text{в}}$	-	-2,00	2,00	0,01	1*	
				Коэффициент фазы С	$K_{\text{с}}$	-	-2,00	2,00	0,01	1*	
				Коэффициент схемы обмотки НН	$K_{\text{нн}}$	-	-2,00	2,00	0,01	-1,73	
				Коэффициент схемы обмотки НК	$K_{\text{нк}}$	-	-2,00	2,00	0,01	-1,73	
				Выдержка времени на сигнал	$\text{Сраб } t$	с	0,00	9999,99	0,01	9,00	
$I_{\text{вн сн бг}}$	0,210	A	П>ТСН	Ток срабатывания	$I_{\text{ср}}$	о.е.	1,19	952,38	0,01	1,10	Действует на сигнал
				Коэффициент возврата	$K_{\text{воз}}$	-	0,50	1,00	0,01	0,95	
				Выдержка времени защиты на сигнал	$\text{Сраб } t$	с	0,00	9999,99	0,01	9,00	
$I_{\text{вн сн бг}}$	0,210	A	П>ТСН	Ток срабатывания	$I_{\text{ср}}$	о.е.	1,19	952,38	0,01	5,00	Действует на отключение с пуском УРОВ и запретом АПВ выключателя ЗГВ-220 3Б, на отключение ЗГВ-13,6 5Г от резервных защит ЗТ, на отключение ЗГВ-13,6 0Г от резервных защит 5Т, отключение МБ-13,6 ТСН-2, отключение ввода 0,4 кВ ТСН-5Г.
				Коэффициент возврата	$K_{\text{воз}}$	-	0,50	1,00	0,01	0,95	
				Выдержка времени при срабатывании защиты	$\text{Сраб } t$	с	0,00	9999,99	0,01	0,90	
$I_{\text{вн сн 1г}}$	0,210	A	П>ТСН	Ток срабатывания	$I_{\text{ср}}$	о.е.	1,19	952,38	0,01	24,00	Действует на отключение с пуском УРОВ и запретом АПВ выключателя ЗГВ-220 3Б, на отключение ЗГВ-13,6 5Г от резервных защит ЗТ, на отключение ЗГВ-13,6 0Г от резервных защит 5Т, отключение МБ-13,6 ТСН-2, отключение ввода 0,4 кВ ТСН-5Г.
				Коэффициент возврата	$K_{\text{воз}}$	-	0,50	1,00	0,01	0,95	
				Выдержка времени при срабатывании защиты	$\text{Сраб } t$	с	0,00	9999,99	0,01	0,90	
$I_{\text{н сн 1г}}$	9,62	A	Ю ТСН	Ток срабатывания	$I_{\text{ср}}$	A	0,05	40,00	0,01	30,00	Действует на отключение ввода 0,4 кВ ТСН-5Г.
				Коэффициент возврата	$K_{\text{воз}}$	-	0,50	1,00	0,01	0,90	
				Выдержка времени на отключение	$\text{Сраб } t$	с	0,00	9999,99	0,01	0,90	
$I_{\text{внтб}}$	1,590	A	Фз	Уставка сопротивления срабатывания ИО Z1	$Z1_{\text{ср}}^{**}$	Ом	0,10	300,00	0,01	**	Выведена из работы на основании письма Филиала АО "СО ЕЭС" Ярославское РДУ №Р65-01-И-19-645 от 18.06.2021
$U_{\text{внтб,у}}$	57,74	B		Уставка по сопротивлению смещения ИО Z1	$Z1_{\text{см}}^{**}$	Ом	-80,00	300,00	0,01	**	
				Уставка по углу макс. чувств-ти ИО Z1	$\Phi_{\text{мн}}$	град	0,0	359,9	0,1	**	
				Коэффициент возврата	$K_{\text{возвр } 1.}$	-	1,00	1,50	0,01	**	
				Уставка сопротивления срабатывания ИО Z2	$Z2_{\text{ср}}^{**}$	Ом	0,10	300,00	0,01	**	
				Уставка по сопротивлению смещения ИО Z2	$Z2_{\text{см}}^{**}$	Ом	-80,00	300,00	0,01	**	
				Уставка по углу макс. чувств-ти ИО Z2	$\Phi_{\text{м2}}$	град	0,00	359,90	0,01	**	
				Коэффициент возврата	$K_{\text{возвр } 2.}$	-	1,00	1,50	0,01	**	
				Уставка фазочувствительного органа	$W_{\text{ф}}$	град	0,0	359,9	0,1	**	
				Выдержка времени срабатывания 1 ступени	$T1$	с	0,010	0,020	0,001	**	
				Выдержка времени срабатывания 2 ступени	$T2$	с	0,010	0,020	0,001	**	
				Выдержка времени на возврат	$T_{\text{воз}}$	с	0,5	5,0	0,1	**	
				Счетчик циклов проворота, отвечающих за 1 ступень	$N_{\text{сч1}}$	-	1	5	1	**	
				Счетчик циклов проворота, отвечающих за 2 ступень	$N_{\text{сч2}}$	-	1	5	1	**	
				Счетчик циклов проворота, отвечающих за 3 ступень	$N_{\text{сч3}}$	-	1	8	1	**	
				Выдержка времени на возврат при срабатывании 1ст.	$1\text{ст } t$	с	0,00	9999,99	0,01	**	
				Выдержка времени на возврат при срабатывании 1 _л сигн	$1\text{л } t$	с	0,00	9999,99	0,01	**	
				Выдержка времени на возврат при срабатывании 2ст.	$2\text{ст } t$	с	0,00	9999,99	0,01	**	
Дополнительные уставки			ГЗ Т	Выдержка времени при отс.питания цепей ГЗ	$\text{Отсут пит } t$	с	0	9999,99	0,01	2*	
				Выдержка времени при сниж.изоляции ГЗ (ОЭ)	$\text{ОЭ Сн из } t$	с	0	9999,99	0,01	1*	
				Выдержка времени на возврат при сраб. ГЗ (откл.)	$\text{ОЭ Откл } t$	с	0	9999,99	0,01	1*	
				Выдержка времени на возврат при сраб. ГЗ (сигн.)	$\text{ОЭ Сигн } t$	с	0	9999,99	0,01	1*	
				Блокировка ГЗ по снижению изоляции (ОЭ) (1-введ. 0-выв)	VXN1_ГЗ_ТБ_ОЭ	-	0	1	-	1*	
				Выдержка времени при сниж.изоляции ГЗ (СЭ)	$\text{СЭ Сн из } t$	с	0	9999,99	0,01	1*	
				Выдержка времени на возврат при сраб. ГЗ (СЭ)	$\text{СЭ } t$	с	0	9999,99	0,01	1*	
				Блокировка ГЗ по снижению изоляции (СЭ) (1-введ. 0-выв)	VXN2_ГЗ_ТБ_СЭ	-	0	1	-	1*	
				Выдержка времени при отс.питания прием. цепей	$\text{Л1 } t$	с	0	9999,99	0,01	1*	

Рисунок 3.4 – Существующие уставки комплекта защит 5Т



Бланк уставок шкафа ШЭ1113-215UT06 (Рыбинская ГЭС)

П			Обозначение защиты	Наименование уставок	Обозначение уставок	ед. изм.	Диапазон уставок (вторич)			Значение уставки	Примечание
Обозначение	Ном. знач.	ед. изм.					мин	макс	шаг		
I _{вн тб_лин}	2,76	A	Id ТБ	Начальный ток срабатывания	I _{ср.0}	о.е.	0,10	1,20	0,01	0,34	Действует без выдержки времени на отключение с пуском УРОВ и запретом АПВ выключателя ЭГВ-220 5Т-6Т, на отключение ЭГВ-13,8 6Г, АГП, ЭГВ-13,8 5Г генератора 5Г от основных защит 6Т, отключение МВ-13,8 ТСН-2, на пуск пожаротушения 6Т.
I _{rdT}	4,180	A		Коэффициент торможения	K _T	-	0,20	0,95	0,05	0,39	
I _{вн тсн-2дТ}	8,370	A		Точка излома характеристики (блокировка)	B	о.е.	1,00	6,00	0,01	2,20	
				Ток срабатывания дифференциальной отсечки	I _{отс}	о.е.	2,00	12,00	0,01	6,90	
				Ток начала торможения	I _{нт}	о.е.	0,10	6,00	0,01	0,87	
				Коэффициент фазовой коррекции (группа 1) - I _{вн тб_лин}	K1	-	-1	1	-	-1*	
				Коэффициент фазовой коррекции (группа 2) I _{r_dT}	K2	-	-1	1	-	1*	
				Коэффициент фазовой коррекции (группа 3) I _{вн тсн_dT}	K3	-	-1	1	-	1*	
				Начальный ток срабатывания при включении	I _{вкл}	о.е.	0,10	2,00	0,01	0,80	
				Время задержки защиты при включении	t _{вкл}	с	0,00	10,00	0,01	1,00	
I _{вн тб}	1,59	A	I1>ТБ	Ток срабатывания	I _{ср}	о.е.	0,16	125,79	0,01	1,10	Действует на сигнал
				Коэффициент возврата	K _{воз}	-	0,50	1,00	0,01	0,95	
				Выдержка времени защиты на сигнал	Сраб_t	с	0,00	9999,99	0,01	9,00	
I _{вн тб}	1,59	A	PT ВН	Ток срабатывания	I _{ср}	о.е.	0,16	125,79	0,01	***	Уставки задаются Ярославским РДУ
				Коэффициент возврата	K _в	-	0,50	1,00	0,01	***	
				Выдержка времени на возврат при сраб. M1	M1_t	с	0	9999,99	0,01	***	
				Выдержка времени УРОВ выключателя 220 кВ	УРОВ_220	с	0	9999,99	0,01	***	
I _{вн тб}	1,59	A	I > (U2,U<)	I > Ток срабатывания	I _{ср}	о.е.	0,16	125,79	0,01	1,3**	С первой выдержкой времени действует на отключение на ЭГВ-13,8 6Г от резервных защит ТБ, АГП 6Г, отключение МВ-13,8ТСН-2. Со второй выдержкой времени - на отключение с пуском УРОВ и запретом АПВ выключателя ЭГВ-220 5Т-6Т, на отключение ЭГВ-13,8 5Г от резервных защит 6Т.
				Коэффициент возврата	K _в	-	0,50	1,00	0,01	0,95	
U _{нн тб,у}	57,74	B		U< Напряжение срабатывания	U _{ср}	о.е.	0,01	3,46	0,01	0,6**	
				Коэффициент возврата	K _{воз}	-	1,00	1,50	0,01	1,05	
U _{нн тб,у}	57,74	B		U ₂ > Напряжение срабатывания	U _{ср}	о.е.	0,01	3,46	0,01	0,1**	
				Коэффициент возврата	K _{воз}	-	1,00	1,50	0,01	0,95	
U _{вн тб,у}	57,74			U<ВН Напряжение срабатывания	U _{ср}	о.е.			0,01	0,7**	
				Коэффициент возврата	K _{воз}	-	1,00	1,50	0,01	1,05	
U _{вн тб,у}	57,74			U ₂ ВН Напряжение срабатывания	U _{ср}	о.е.			0,01	0,1**	
				Коэффициент возврата	K _{воз}	-	1,00	1,50	0,01	0,95	
				Пуск по U нн тб (1 - введена; 0 - выведена)	VXN1	-	0	1	-	1	
				Пуск по U вн тб (1 - введена; 0 - выведена)	VXN2	-	0	1	-	1	
				Первая выдержка времени на отключение	Откл_t 1	с	0,00	9999,99	0,01	6,7**	
				Вторая выдержка времени на отключение	Откл_t 2	с	0,00	9999,99	0,01	7**	
I _{н вн}	5,00	A	Io (груп)	Ток срабатывания	I _{ср}	A	0,05	40,00	0,01	***	Уставки задаются Ярославским РДУ
				Коэффициент возврата	K _{воз}	-	0,50	1,00	0,01	***	
				Первая выдержка времени на срабатывании	Сраб_t1	с	0,00	9999,99	0,01	***	
				Вторая выдержка времени на срабатывании	Сраб_t2	с	0,00	9999,99	0,01	***	
I _{н вн}	5,00	A	Io (чувств)	Ток срабатывания	I _{ср}	A	0,05	40,00	0,01	***	Уставки задаются Ярославским РДУ
				Коэффициент возврата	K _{воз}	-	0,50	1,00	0,01	***	
				Первая выдержка времени на срабатывании	Сраб_t1	с	0,00	9999,99	0,01	***	
				Вторая выдержка времени на срабатывании	Сраб_t2	с	0,00	9999,99	0,01	***	
				Третья выдержка времени на срабатывании	Сраб_t3	с	0,00	9999,99	0,01	***	
U _{нн тб,а}		B	UoТБ	Напряжение срабатывания защиты	U _{ср}	B	0,30	200,00	0,01	10,00	Действует на сигнал
				Коэффициент возврата	K _{воз}	-	0,50	1,00	0,01	0,90	
				Выдержка времени при срабатывании защиты	Сраб_t	с	0,00	9999,99	0,01	9,00	



П			Обозначение защиты	Наименование уставок	Обозначение уставок	ед. изм.	Диапазон уставок (вторич)			Значение уставки	Примечание
Обозначение	Ном. знач.	ед. изм.					мин	макс	шаг		
I _{вн тб}	1,59	A	POT TБ	Ток срабатывания	I _{ср}	о.е.	0,16	125,79	0,01	0,60	Действует на включение вентиляторов обдува трансформатора
				Коэффициент возврата	K _в	-	0,50	1,00	0,01	0,80	
				Выдержка времени при срабатывании защиты	Сраб_т	с	0,00	9999,99	0,01	1,00	
U _{нн тб,у}	57,73	B	KINт	Напряжение срабатывания	U _{ср}	о.е.	0,01	3,46	0,01	0,30	Действует на блокировку защит, использующих цепи напряжения, и на сигнал
U _{нн тб,ни}	1,00	B		Коэффициент возврата	K _{воз}	-	0,50	1,00	0,01	0,90	
U _{нн тб,нв}	33,33	B		Коэффициент фазы A	K _а	-	-2,00	2,00	0,01	2*	
				Коэффициент фазы B	K _б	-	-2,00	2,00	0,01	1*	
				Коэффициент фазы C	K _с	-	-2,00	2,00	0,01	1*	
				Коэффициент схемы обмотки НИ	K _{ни}	-	-2,00	2,00	0,01	-1,73	
				Коэффициент схемы обмотки НК	K _{нк}	-	-2,00	2,00	0,01	-1,73	
				Выдержка времени на сигнал	Сраб_т	с	0,00	9999,99	0,01	9,00	
I _{вн сн бг}	0,329	A	I1>TCH	Ток срабатывания	I _{ср}	о.е.	0,76	607,90	0,01	1,10	Действует на сигнал
				Коэффициент возврата	K _{воз}	-	0,50	1,00	0,01	0,95	
				Выдержка времени защиты на сигнал	Сраб_т	с	0,00	9999,99	0,01	9,00	
I _{вн сн бг}	0,329	A	I>TCH	Ток срабатывания	I _{ср}	о.е.	0,76	607,90	0,01	6,50	Действует на отключение с пуском УРОВ и запретом АПВ выключателя ЭГВ- 220 5Т-6Т от резервных защит, на отключение ЭГВ-13,8 6Г от резервных защит ТБ, АТП 6Г, на отключение ЭГВ-13,8 5Г от резервных защит 6Т, отключение МВ-13,8 ТСН-2, отключение ввода 0,4 кВ.
				Коэффициент возврата	K _{воз}	-	0,50	1,00	0,01	0,95	
				Выдержка времени при срабатывании защиты	Сраб_т	с	0,00	9999,99	0,01	0,75	
I _{вн сн бг}	0,329	A	I>>TCH	Ток срабатывания	I _{ср}	о.е.	0,76	607,90	0,01	23,00	Действует на отключение вводного выключателя 0,4 кВ
				Коэффициент возврата	K _{воз}	-	0,50	1,00	0,01	0,95	
I _{н сн бг}	5,68	A	Io TCH	Ток срабатывания	I _{ср}	A	0,05	40,00	0,01	10,00	Действует на отключение вводного выключателя 0,4 кВ
				Коэффициент возврата	K _{воз}	-	0,50	1,00	0,01	0,90	
				Выдержка времени на отключение	Сраб_т	с	0,00	9999,99	0,01	0,50	
Дополнительные уставки			ГЗ Т	Выдержка времени при отс.питания цепей ГЗ	Отсут_пит_т	с	0	9999,99	0,01	2*	
				Выдержка времени при сниж.изоляции ГЗ (ОЗ)	ОЗ_СН_из_т	с	0	9999,99	0,01	1*	
				Выдержка времени на возврат при сраб. ГЗ (откл.)	ОЗ_Откл_т	с	0	9999,99	0,01	1*	
				Выдержка времени на возврат при сраб. ГЗ (сигн.)	ОЗ_Сигн_т	с	0	9999,99	0,01	1*	
				Блокировка ГЗ по снижению изоляции (ОЗ) (1-введ, 0-выв)	VXN1_ГЗ_ТБ_ОЗ	-	0	1	-	1*	
				Выдержка времени при сниж.изоляции ГЗ (СЗ)	СЗ_СН_из_т	с	0	9999,99	0,01	1*	
				Выдержка времени на возврат при сраб. ГЗ (СЗ)	СЗ_т	с	0	9999,99	0,01	1*	
				Блокировка ГЗ по снижению изоляции (СЗ)(1-введ, 0-выв)	VXN2_ГЗ_ТБ_СЗ	-	0	1	-	1*	
				Выдержка времени при отс.питания прием. цепей	Л1_т	с	0	9999,99	0,01	1*	

* - уставка уточняется/определяется при наладке

** - уставка согласовывается с Ярославским РДУ

*** - уставка задается Ярославским РДУ

Расчет выполнил: Калишова Н.Л.

Расчет утвердил: Ткачев В.В.

Рисунок 3.5 – Существующие уставки комплекта защит 6Т



Следующие защиты (из списка существующих) зависят от параметров нагрузки на шинах 13,8 кВ 4Т, 5Т и 6Т:

- ДЗТ;
- МТЗ ВН ТБ.

Анализ расчетных условий, использующих токи КЗ не производился, поскольку источники питания не менялись.

3.2.1 Проверка уставок 4Т

Проверка уставок ДЗТ

В отсутствии исходных данных предполагается, что схема соединения ИТТ не изменилась.

ТТ ДЗТ переподключаются с ТСН TG4 на ТСН ТВ1, появляется четвертое плечо, на котором нет ТТ. В связи с вышесказанным, производится проверка существующей уставки начального тока срабатывания по следующим условиям:

- отстройка от максимального тока при КЗ за ТСН TG4

$$I_{Д0*} \geq k_{отс} \cdot I_{кз, макс*} = 1,3 \cdot 0,069 = 0,09 \text{ о.е.},$$

где $k_{отс} = 1,3$ – коэффициент отстройки, учитывающий ошибки расчета и необходимый запас;

$$I_{кз, макс*} = \frac{I_{кз, макс} \cdot k_{сх}}{I_{баз} \cdot k_{ТТ}} = \frac{275 \cdot 1}{5 \cdot 4000/5} = 0,069 \text{ о.е.} - \text{относительное значение дифференциального}$$

тока при КЗ за ТСН TG4;

$I_{кз, макс} = 275 \text{ А}$ – максимальное значение дифференциального тока в первичных величинах при КЗ за ТСН TG4 (ток приведен к напряжению 13,8 кВ);

$I_{баз} = 5 \text{ А}$ – базисный ток;

$k_{ТТ} = 4000/5$ - коэффициент трансформации ТТ, установленного на линейных выводах генератора 4Г;

- отстройка от максимального нагрузочного тока ТСН TG4

$$I_{Д0*} \geq k_{отс} \cdot I_{нагр, макс*} = 1,3 \cdot 0,004 = 0,006 \text{ о.е.},$$

где $k_{отс} = 1,3$ – коэффициент отстройки, учитывающий ошибки расчета и необходимый запас;

$$I_{нагр, макс*} = \frac{I_{нагр, макс} \cdot k_{сх}}{I_{баз} \cdot k_{ТТ}} = \frac{17 \cdot 1}{5 \cdot 4000/5} = 0,004 \text{ о.е.} - \text{относительное значение максимального}$$

нагрузочного тока ТСН TG4;

$I_{нагр, макс} = 17 \text{ А}$ – значение максимального нагрузочного тока ТСН TG4 (ток приведен к напряжению 13,8 кВ);

$I_{баз} = 5 \text{ А}$ – базисный ток;

$k_{ТТ} = 4000/5$ - коэффициент трансформации ТТ, установленного на линейных выводах генератора 4Г.



Корректировка начального тока срабатывания не требуется, так как полученные значения (0,09 и 0,006 о.е.) меньше существующей уставки (0,34 о.е.).

Проверка уставки коэффициента торможения

$$K_{т1} = \frac{k_{отс} \cdot I_{нб(кз)*} - I_{д0*}}{I_{т*} - I_{т0*}} = \frac{1,1 \cdot 2,7 - 0,34}{8,28 - 0,87} = 0,36,$$

где $k_{отс} = 1,1$ – коэффициент отстройки;

$$I_{нб(кз)*} = (k_{АП} \cdot k_{одн} \cdot f_i + \Delta U_{РПН} + \Delta f_{выр}) \cdot I_{скз, КЗ*} = (2 \cdot 1,0 \cdot 0,1 + 0,05 + 0,02) \cdot 10 = 2,7 \text{ о.е.}$$

максимальный ток небаланса при внешнем КЗ;

$k_{АП} = 2$ - коэффициент, учитывающий наличие апериодической составляющей тока;

$f_i = 0,1$ - относительная погрешность ТТ;

$k_{одн} = 1,0$ - максимальный ток небаланса при внешнем КЗ;

$\Delta U_{РПН} = 0,05$ - относительная погрешность, обусловленная наличием РПН;

$\Delta f_{выр} = 0,02$ - относительная погрешность выравнивания токов плеч;

$$I_{скз, КЗ*} = \frac{I_{кз, внеш, макс} \cdot k_{сх}}{I_{баз} \cdot k_{ТТ}} = \frac{39911 \cdot 1}{5 \cdot 4000/5} = 10 \text{ о.е.}$$

сквозного тока при внешнем КЗ (трехфазное КЗ на выводах ВН ТСН ТВ1);

$I_{кз, внеш, макс} = 39911 \text{ А}$ – первичное значение максимального сквозного тока при внешнем КЗ (трехфазное КЗ на выводах ВН ТСН ТВ1);

$I_{баз} = 5 \text{ А}$ – базисный ток;

$k_{ТТ} = 4000/5$ - коэффициент трансформации ТТ, установленного на линейных выводах генератора 4Г;

$I_{д0*} = 0,34 \text{ о.е.}$ – значение существующей уставки начального тока срабатывания;

$I_{т*} = \sqrt{I_{скз, КЗ*} \cdot (I_{скз, КЗ*} - I_{нб(кз)*}) \cdot \cos \beta} = \sqrt{10 \cdot (10 - 2,7) \cdot \cos 20} = 8,28 \text{ о.е.}$ – ток торможения при принятом способе формирования торможения;

$I_{т0*} = 0,87 \text{ о.е.}$ - значение существующей уставки тока начала торможения.

Корректировка коэффициента торможения не требуется, так как полученное значение (0,36 о.е.) не превышает значение существующей уставки (0,39 о.е.).

Уставка дифференциальной отсечки проверяется по следующим условиям:

– отстройка от броска тока намагничивания $I_{ср,отс*} = 6,0 \text{ о.е.};$

– отстройка от расчетного максимального тока небаланса при внешнем КЗ

$$I_{ср,отс*} \geq k_{отс} \cdot I_{нб(кз)*} = 1,5 \cdot 3,7 = 5,55 \text{ о.е.},$$

где $k_{отс} = 1,5$ – коэффициент отстройки;

$$I_{нб(кз)*} = (k_{АП} \cdot k_{одн} \cdot f_i + \Delta U_{РПН} + \Delta f_{выр}) \cdot I_{скз, КЗ*} = (3 \cdot 1,0 \cdot 0,1 + 0,05 + 0,02) \cdot 10 = 3,7 \text{ о.е.}$$

- максимальный ток небаланса при внешнем КЗ;

$k_{АП} = 3$ - коэффициент, учитывающий наличие апериодической составляющей тока;



$f_i = 0,1$ - относительная погрешность ТТ;

$k_{\text{одн}} = 1,0$ - максимальный ток небаланса при внешнем КЗ;

$\Delta U_{\text{РПН}} = 0,05$ - относительная погрешность, обусловленная наличием РПН;

$\Delta f_{\text{выр}} = 0,02$ - относительная погрешность выравнивания токов плеч;

$$I_{\text{скз, КЗ}^*} = \frac{I_{\text{КЗ,внеш,макс}} \cdot k_{\text{сх}}}{I_{\text{баз}} \cdot k_{\text{ТТ}}} = \frac{39911 \cdot 1}{5 \cdot 4000 / 5} = 10 \text{ о.е.} - \text{относительное значение максимального}$$

сквозного тока при внешнем КЗ (трехфазное КЗ на выводах ВН ТСН ТВ1);

$I_{\text{КЗ,внеш,макс}} = 39911 \text{ А}$ – относительное значение максимального сквозного тока при внешнем КЗ (трехфазное КЗ на выводах ВН ТСН ТВ1);

$I_{\text{баз}} = 5 \text{ А}$ – базисный ток;

$k_{\text{ТТ}} = 4000/5$ - коэффициент трансформации ТТ, установленного на линейных выводах генератора 4Г.

Корректировка тока срабатывания дифференциальной отсечки не требуется, так как полученные значения (6,0 и 5,55 о.е.) меньше существующей уставки (6,9 о.е.).

Тормозной ток В должен удовлетворять следующему условию

$$B \geq \frac{I_{\text{Д0}^*}}{k_{\text{Т}}}.$$

Поскольку уставки начального тока срабатывания и коэффициента торможения не изменились, корректировка уставки не требуется.

Проверка уставок МТЗ ВН

Ввиду того, что уставка МТЗ трансформатора 4Г рассчитывается либо по условию отстройки от номинального тока генератора, либо от номинального тока рассматриваемого трансформатора, нет необходимости корректировать уставку по току МТЗ ВН.

Время срабатывания МТЗ ВН проверяется по следующим условиям:

– согласование с МТЗ ВН ТСН ТВ1

$$t_{\text{с.з}} \geq t_{\text{с.з,смеж}} + \Delta t = 1,8 + 0,3 = 2,1 \text{ с},$$

где $t_{\text{с.з,смеж}} = 1,8 \text{ с}$ – время срабатывания МТЗ ВН ТСН ТВ1, с которой производится согласование;

$\Delta t = 0,3$ – степень селективности;

– согласование с МТЗ ВН ТСН ТГ4

$$t_{\text{с.з}} \geq t_{\text{с.з,смеж}} + \Delta t = 0,7 + 0,3 = 1,0 \text{ с},$$

где $t_{\text{с.з,смеж}} = 0,7 \text{ с}$ – время срабатывания МТЗ ВН ТСН ТГ4, с которой производится согласование;

$\Delta t = 0,3 \text{ с}$ – степень селективности;



Значения, полученные по условию согласования с выдержками времени МТЗ ВН ТСН, меньше существующей уставки с учетом ступени селективности ($2,1 < 6,7$ с). Таким образом, время срабатывания МТЗ ВН не требует корректировки.

3.2.2 Проверка уставок 5Т

Проверка уставок ДЗТ

ДЗТ подключается к ТТ со стороны ВН ТБ 5Т, линейных выводов генератора 5Г и со стороны ВН ТСН ТВ2. Четвертое плечо, присоединение ТСН ТГ5, не контролируется. В связи с вышесказанным, производится проверка существующей уставки начального тока срабатывания по следующим условиям:

- отстройка от максимального тока при КЗ за ТСН ТГ5

$$I_{Д0*} \geq k_{отс} \cdot I_{кз, макс*} = 1,3 \cdot 0,069 = 0,09 \text{ о.е.},$$

где $k_{отс} = 1,3$ – коэффициент отстройки, учитывающий ошибки расчета и необходимый запас;

$$I_{кз, макс*} = \frac{I_{кз, макс} \cdot k_{сх}}{I_{баз} \cdot k_{ТТ}} = \frac{275 \cdot 1}{5 \cdot 4000/5} = 0,069 \text{ о.е.} - \text{относительное значение дифференциального}$$

тока при КЗ за ТСН ТГ5;

$I_{кз, макс} = 275$ А – максимальное значение дифференциального тока в первичных величинах при КЗ за ТСН ТГ5 (трехфазное КЗ, ток приведен к напряжению 13,8 кВ);

$I_{баз} = 5$ А – базисный ток;

$k_{ТТ} = 4000/5$ - коэффициент трансформации ТТ, установленного на линейных выводах генератора 5Г;

- отстройка от максимального нагрузочного тока ТСН ТГ5

$$I_{Д0*} \geq k_{отс} \cdot I_{нагр, макс*} = 1,3 \cdot 0,004 = 0,006 \text{ о.е.},$$

где $k_{отс} = 1,3$ – коэффициент отстройки, учитывающий ошибки расчета и необходимый запас;

$$I_{нагр, макс*} = \frac{I_{нагр, макс} \cdot k_{сх}}{I_{баз} \cdot k_{ТТ}} = \frac{17 \cdot 1}{5 \cdot 4000/5} = 0,004 \text{ о.е.} - \text{относительное значение максимального}$$

нагрузочного тока ТСН ТГ5;

$I_{нагр, макс} = 17$ А – значение максимального нагрузочного тока ТСН ТГ5 (ток приведен к напряжению 13,8 кВ);

$I_{баз} = 5$ А – базисный ток;

$k_{ТТ} = 4000/5$ - коэффициент трансформации ТТ, установленного на линейных выводах генератора 5Г.

Корректировка начального тока срабатывания не требуется, так как полученные значения (0,09 и 0,006 о.е.) меньше существующей уставки (0,3 о.е.).

Проверка уставки коэффициента торможения



$$K_{т1} = \frac{k_{отс} \cdot I_{нб(кз)*} - I_{Д0*}}{I_{т*} - I_{т.0*}} = \frac{1,1 \cdot 2,7 - 0,3}{8,26 - 0,77} = 0,36,$$

где $k_{отс} = 1,1$ – коэффициент отстройки;

$$I_{нб(кз)*} = (k_{АП} \cdot k_{одн} \cdot f_i + \Delta U_{РПН} + \Delta f_{выр}) \cdot I_{скз, КЗ*} = (2 \cdot 1,0 \cdot 0,1 + 0,05 + 0,02) \cdot 9,98 = 2,7 \text{ о.е.} -$$

максимальный ток небаланса при внешнем КЗ;

$k_{АП} = 2$ - коэффициент, учитывающий наличие апериодической составляющей тока;

$f_i = 0,1$ - относительная погрешность ТТ;

$k_{одн} = 1,0$ - максимальный ток небаланса при внешнем КЗ;

$\Delta U_{РПН} = 0,05$ - относительная погрешность, обусловленная наличием РПН;

$\Delta f_{выр} = 0,02$ - относительная погрешность выравнивания токов плеч;

$$I_{скз, КЗ*} = \frac{I_{кз, внеш, макс} \cdot k_{сх}}{I_{баз} \cdot k_{ТТ}} = \frac{39934 \cdot 1}{5 \cdot 4000/5} = 9,98 \text{ о.е.} - \text{относительное значение максимального}$$

сквозного тока при внешнем КЗ (трехфазное КЗ на выводах ВН ТСН ТВ2);

$I_{кз, внеш, макс} = 39934 \text{ А}$ – первичное значение максимального сквозного тока при внешнем КЗ (трехфазное КЗ на выводах ВН ТСН ТВ2);

$I_{баз} = 5 \text{ А}$ – базисный ток;

$k_{ТТ} = 4000/5$ - коэффициент трансформации ТТ, установленного на линейных выводах генератора 5Г;

$I_{Д0*} = 0,3 \text{ о.е.}$ – значение существующей уставки начального тока срабатывания;

$$I_{т*} = \sqrt{I_{скз, КЗ*} \cdot (I_{скз, КЗ*} - I_{нб(кз)*}) \cdot \cos \beta} = \sqrt{9,98 \cdot (9,98 - 2,7) \cdot \cos 20} = 8,26 \text{ о.е.} - \text{ток торможения}$$

при принятом способе формирования торможения;

$I_{т.0*} = 0,77 \text{ о.е.}$ - значение существующей уставки тока начала торможения.

Корректировка коэффициента торможения не требуется, так как полученное значение (0,36 о.е.) не превышает значение существующей уставки (0,39 о.е.).

Уставка дифференциальной отсечки проверяется по следующим условиям:

– отстройка от броска тока намагничивания $I_{ср,отс*} = 6,0 \text{ о.е.}$;

– отстройка от расчетного максимального тока небаланса при внешнем КЗ

$$I_{ср,отс*} \geq k_{отс} \cdot I_{нб(кз)*} = 1,5 \cdot 3,7 = 5,55 \text{ о.е.},$$

где $k_{отс} = 1,5$ – коэффициент отстройки;

$$I_{нб(кз)*} = (k_{АП} \cdot k_{одн} \cdot f_i + \Delta U_{РПН} + \Delta f_{выр}) \cdot I_{скз, КЗ*} = (3 \cdot 1,0 \cdot 0,1 + 0,05 + 0,02) \cdot 9,98 = 3,7 \text{ о.е.} -$$

- максимальный ток небаланса при внешнем КЗ;

$k_{АП} = 3$ - коэффициент, учитывающий наличие апериодической составляющей тока;

$f_i = 0,1$ - относительная погрешность ТТ;

$k_{одн} = 1,0$ - максимальный ток небаланса при внешнем КЗ;

$\Delta U_{РПН} = 0,05$ - относительная погрешность, обусловленная наличием РПН;



$\Delta f_{\text{выр}} = 0,02$ - относительная погрешность выравнивания токов плеч;

$$I_{\text{скз, КЗ}^*} = \frac{I_{\text{КЗ, внеш, макс}} \cdot k_{\text{сх}}}{I_{\text{баз}} \cdot k_{\text{ТТ}}} = \frac{39934 \cdot 1}{5 \cdot 4000/5} = 9,98 \text{ о.е.} - \text{относительное значение максимального}$$

сквозного тока при внешнем КЗ (трехфазное КЗ на выводах ВН ТСН ТВ2);

$I_{\text{КЗ, внеш, макс}} = 39934 \text{ А}$ – относительное значение максимального сквозного тока при внешнем КЗ (трехфазное КЗ на выводах ВН ТСН ТВ2);

$I_{\text{баз}} = 5 \text{ А}$ – базисный ток;

$k_{\text{ТТ}} = 4000/5$ - коэффициент трансформации ТТ, установленного на линейных выводах генератора 5Г.

Корректировка тока срабатывания дифференциальной отсечки не требуется, так как полученные значения (6,0 и 5,55 о.е.) меньше существующей уставки (6,5 о.е.).

Тормозной ток В должен удовлетворять следующему условию

$$B \geq \frac{I_{\text{Д0}^*}}{k_{\text{Т}}}.$$

Поскольку уставки начального тока срабатывания и коэффициента торможения не изменились, корректировка уставки не требуется.

Проверка уставок МТЗ ВН

Ввиду того, что уставка МТЗ трансформатора 5Г рассчитывается либо по условию отстройки от номинального тока генератора, либо от номинального тока рассматриваемого трансформатора, нет необходимости корректировать уставку по току МТЗ ВН.

Время срабатывания МТЗ ВН проверяется по условию согласования с МТЗ ВН ТСН ТВ2

$$t_{\text{с.з}} \geq t_{\text{с.з, смеж}} + \Delta t = 1,8 + 0,3 = 2,1 \text{ с},$$

где $t_{\text{с.з, смеж}} = 1,8 \text{ с}$ – время срабатывания МТЗ ВН ТСН ТВ2, с которой производится согласование;

$\Delta t = 0,3$ – степень селективности;

Значение, полученное по условию согласования с выдержкой времени МТЗ ВН ТСН, меньше существующей уставки с учетом степени селективности ($2,1 < 6,7 \text{ с}$). Таким образом, время срабатывания МТЗ ВН не требует корректировки.

3.2.3 Проверка уставок 6Г

Проверка уставок ДЗТ

ДЗТ подключается к ТТ со стороны ВН ТБ 6Г, линейных выводов генератора 6Г и со стороны ВН ТСН-2. Четвертое плечо, присоединение ТСН ТГ6, не контролируется. В связи с вышесказанным, производится проверка существующей уставки начального тока срабатывания по следующим условиям:

– отстройка от максимального тока при КЗ за ТСН ТГ6

$$I_{\text{Д0}^*} \geq k_{\text{отс}} \cdot I_{\text{КЗ, макс}^*} = 1,3 \cdot 0,069 = 0,09 \text{ о.е.},$$



где $k_{отс} = 1,3$ – коэффициент отстройки, учитывающий ошибки расчета и необходимый запас;

$$I_{кз, макс*} = \frac{I_{кз, макс} \cdot k_{сх}}{I_{баз} \cdot k_{ТТ}} = \frac{275 \cdot 1}{5 \cdot 4000 / 5} = 0,069 \text{ о.е.} - \text{относительное значение}$$

дифференциального тока при КЗ за ТСН TG6;

$I_{кз, макс} = 275 \text{ А}$ – максимальное значение дифференциального тока в первичных величинах при КЗ за ТСН TG6 (трехфазное КЗ, ток приведен к напряжению 13,8 кВ);

$I_{баз} = 5 \text{ А}$ – базисный ток;

$k_{ТТ} = 4000/5$ - коэффициент трансформации ТТ, установленного на линейных выводах генератора 6Г;

– отстройка от максимального нагрузочного тока ТСН TG6

$$I_{д0*} \geq k_{отс} \cdot I_{нагр, макс*} = 1,3 \cdot 0,004 = 0,006 \text{ о.е.},$$

где $k_{отс} = 1,3$ – коэффициент отстройки, учитывающий ошибки расчета и необходимый запас;

$$I_{нагр, макс*} = \frac{I_{нагр, макс} \cdot k_{сх}}{I_{баз} \cdot k_{ТТ}} = \frac{17 \cdot 1}{5 \cdot 4000 / 5} = 0,004 \text{ о.е.} - \text{относительное значение максимального}$$

нагрузочного тока ТСН TG6;

$I_{нагр, макс} = 17 \text{ А}$ – значение максимального нагрузочного тока ТСН TG6 (ток приведен к напряжению 13,8 кВ);

$I_{баз} = 5 \text{ А}$ – базисный ток;

$k_{ТТ} = 4000/5$ - коэффициент трансформации ТТ, установленного на линейных выводах генератора 6Г.

Корректировка начального тока срабатывания не требуется, так как полученные значения (0,09 и 0,006 о.е.) меньше существующей уставки (0,34 о.е.).

Проверка уставки коэффициента торможения

$$K_{т1} = \frac{k_{отс} \cdot I_{нб(кз)} - I_{д0*}}{I_{т*} - I_{т0*}} = \frac{1,1 \cdot 2,7 - 0,34}{8,28 - 0,87} = 0,36,$$

где $k_{отс} = 1,1$ – коэффициент отстройки;

$$I_{нб(кз)} = (k_{АП} \cdot k_{одн} \cdot f_i + \Delta U_{РПН} + \Delta f_{выр}) \cdot I_{скз, КЗ*} = (2 \cdot 1,0 \cdot 0,1 + 0,05 + 0,02) \cdot 10 = 2,7 \text{ о.е.} -$$

максимальный ток небаланса при внешнем КЗ;

$k_{АП} = 2$ - коэффициент, учитывающий наличие апериодической составляющей тока;

$f_i = 0,1$ - относительная погрешность ТТ;

$k_{одн} = 1,0$ - максимальный ток небаланса при внешнем КЗ;

$\Delta U_{РПН} = 0,05$ - относительная погрешность, обусловленная наличием РПН;

$\Delta f_{выр} = 0,02$ - относительная погрешность выравнивания токов плеч;



$$I_{\text{скв, КЗ}^*} = \frac{I_{\text{кз,внеш,макс}} \cdot k_{\text{сх}}}{I_{\text{баз}} \cdot k_{\text{ТТ}}} = \frac{40406 \cdot 1}{5 \cdot 4000/5} = 10 \text{ о.е.} - \text{относительное значение максимального}$$

сквозного тока при внешнем КЗ (трехфазное КЗ на выводах ВН ТСН-2);

$I_{\text{кз,внеш,макс}} = 40406 \text{ А}$ – относительное значение максимального сквозного тока при внешнем КЗ (трехфазное КЗ на выводах ВН ТСН-2);

$I_{\text{баз}} = 5 \text{ А}$ – базисный ток;

$k_{\text{ТТ}} = 4000/5$ - коэффициент трансформации ТТ, установленного на линейных выводах генератора 6Г;

$I_{\text{Д.0}^*} = 0,34 \text{ о.е.}$ – значение существующей уставки начального тока срабатывания;

$I_{\text{Т}^*} = \sqrt{I_{\text{скв, КЗ}^*} \cdot (I_{\text{скв, КЗ}^*} - I_{\text{нб(кз)}^*}) \cdot \cos \beta} = \sqrt{10 \cdot (10 - 2,7) \cdot \cos 20} = 8,28 \text{ о.е.}$ – ток торможения при принятом способе формирования торможения;

$I_{\text{Т.0}^*} = 0,87 \text{ о.е.}$ - значение существующей уставки тока начала торможения;

Корректировка коэффициента торможения не требуется, так как полученное значение (0,36 о.е.) не превышает значение существующей уставки (0,39 о.е.).

Уставка дифференциальной отсечки проверяется по следующим условиям:

– отстройка от броска тока намагничивания $I_{\text{ср,отс}^*} = 6,0 \text{ о.е.}$;

– отстройка от расчетного максимального тока небаланса при внешнем КЗ

$$I_{\text{ср,отс}^*} \geq k_{\text{отс}} \cdot I_{\text{нб(кз)}^*} = 1,5 \cdot 3,7 = 5,55 \text{ о.е.},$$

где $k_{\text{отс}} = 1,5$ – коэффициент отстройки;

$$I_{\text{нб(кз)}^*} = (k_{\text{АП}} \cdot k_{\text{одн}} \cdot f_i + \Delta U_{\text{РПН}} + \Delta f_{\text{выр}}) \cdot I_{\text{скв, КЗ}^*} = (3 \cdot 1,0 \cdot 0,1 + 0,05 + 0,02) \cdot 10 = 3,7 \text{ о.е.} -$$

- максимальный ток небаланса при внешнем КЗ;

$k_{\text{АП}} = 3$ - коэффициент, учитывающий наличие апериодической составляющей тока;

$f_i = 0,1$ - относительная погрешность ТТ;

$k_{\text{одн}} = 1,0$ - максимальный ток небаланса при внешнем КЗ;

$\Delta U_{\text{РПН}} = 0,05$ - относительная погрешность, обусловленная наличием РПН;

$\Delta f_{\text{выр}} = 0,02$ - относительная погрешность выравнивания токов плеч;

$$I_{\text{скв, КЗ}^*} = \frac{I_{\text{кз,внеш,макс}} \cdot k_{\text{сх}}}{I_{\text{баз}} \cdot k_{\text{ТТ}}} = \frac{40406 \cdot 1}{5 \cdot 4000/5} = 10 \text{ о.е.} - \text{относительное значение максимального}$$

сквозного тока при внешнем КЗ (трехфазное КЗ на выводах ВН ТСН ТВ1);

$I_{\text{кз,внеш,макс}} = 40406 \text{ А}$ – относительное значение максимального сквозного тока при внешнем КЗ (трехфазное КЗ на выводах ВН ТСН-2);

$I_{\text{баз}} = 5 \text{ А}$ – базисный ток;

$k_{\text{ТТ}} = 4000/5$ - коэффициент трансформации ТТ, установленного на линейных выводах генератора 4Г.

Корректировка начального тока срабатывания не требуется, так как полученные значения (6,0 и 5,55 о.е.) меньше существующей уставки (6,9 о.е.).

Тормозной ток В должен удовлетворять следующему условию

$$B \geq \frac{I_{Д.0*}}{k_T}.$$

Поскольку уставки начального тока срабатывания и коэффициента торможения не изменились, корректировка уставки не требуется.

3.3 Выбор уставок защит ТСН TG4(TG6) ЭКРА 213 034

Приводится расчет уставок только для защит TG4, для TG6 расчет аналогичный.

3.3.1 Исходные данные для расчёта

Параметры защищаемого трансформатора TG4(TG6) приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Параметры защищаемого ТСН

Наименование параметра	Значение
$S_{ном}$, МВА	0,4
$U_{ном,ВН}$, кВ	13,8
$U_{ном,НН}$, кВ	0,4

Коэффициент трансформации ИТТ со стороны ВН $k_{ИТТ,ВН} = 1000/1$.

Значения токов короткого замыкания, используемых при выборе параметров срабатывания УРЗА, приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Значения токов короткого замыкания, использованные при выборе параметров срабатывания РЗА трансформатора

Вид КЗ	Место КЗ	Режим	Величина расчетного параметра
ABC	КЗ на выводах НН ТСН TG4(TG6)	Максимальный режим	$I_{кз} = 262 \text{ А}$
AB	КЗ на выводах ВН ТСН TG4(TG6)	Минимальный режим (отключены все генераторы)	$I_{кз} = 22745 \text{ А}$
A0	КЗ на шинах НН ТСН TG4(TG6)	Минимальный режим (отключены все генераторы)	$3I_{0кз} = 156 \text{ А}$
A0	КЗ через $R_d=10 \text{ мОм}$ на шинах НН ТСН TG4(TG6)	Минимальный режим (отключены все генераторы)	$3I_{0кз} = 140 \text{ А}$
AB	КЗ на шинах НН ТСН TG4(TG6)	Минимальный режим (отключены все генераторы)	$I_{кз} = 260 \text{ А}$

Примечание – Значения токов КЗ в таблице 3.2 приведены к напряжению ВН ТСН.

3.3.2 Выбор уставок токовой отсечки (ТО)

Уставку по току срабатывания ТО рекомендуется выбирать по следующим условиям:

– отстройка от максимального тока КЗ при повреждении на шинах НН защищаемого трансформатора

$$I_{с.з} \geq k_{отс} \cdot I_{КЗ,макс} = 1,2 \cdot 262 = 315 \text{ А},$$



где $k_{отс} = 1,2$ – коэффициент отстройки;

$I_{КЗ, макс} = 262$ А – максимальный ток КЗ в месте установки защиты при трехфазном КЗ на шинах НН защищаемого трансформатора.

Определение максимального значения тока трехфазного КЗ за трансформатором с РПН необходимо производить при таком положении регулятора напряжения, которое соответствует наименьшему сопротивлению трансформатора;

– отстройка от броска намагничивающего тока

$$I_{с.з} \geq k_{отс} \cdot I_{ном,тр} = 6 \cdot 17 = 102 \text{ А},$$

где $k_{отс} = 6$ – коэффициент отстройки;

$I_{ном,тр} = 17$ А – номинальный ток защищаемого трансформатора.

Уставка ТО принимается равной наибольшему из полученных значений, т.е. 315 А.

Чувствительность ТО проверять при минимальном токе КЗ на выводах ВН защищаемого трансформатора по выражению

$$k_{ч} = \frac{I_{КЗ, мин}}{I_{с.з}} = \frac{22745}{315} = 72,2 > 1,5,$$

где $I_{КЗ, мин} = 22745$ А – минимальное значение тока в месте установки защиты при междуфазном КЗ на выводах ВН защищаемого трансформатора.

Чувствительность достаточная.

Выдержка времени ТО принимается равной минимально возможному значению 0 с.

3.3.3 Выбор уставок максимальной токовой защиты (МТЗ)

Уставка по току срабатывания МТЗ выбирается по условию отстройки от максимального тока нагрузки с учетом самозапуска двигательной нагрузки

$$I_{с.з} \geq \frac{k_{отс} k_{сзп}}{k_{в}} \cdot I_{раб, макс} = \frac{1,2 \cdot 2,5}{0,95} \cdot 17 = 54 \text{ А},$$

где $k_{отс} = 1,2$ – коэффициент отстройки;

$k_{сзп} = 2,5$ – коэффициент самозапуска, учитывающий увеличение тока заторможенной двигательной нагрузки после восстановления напряжения;

$k_{в} = 0,95$ – коэффициент возврата;

$I_{раб, макс} = I_{ном,тр,ВН} = 17$ А – первичный максимальный рабочий ток в месте установки защиты, равный номинальному току защищаемого трансформатора со стороны ВН.

Проверка чувствительности МТЗ при междуфазном КЗ на шинах НН ТСН производится по выражению

$$k_{ч} = \frac{I_{КЗ, мин}}{I_{с.з}} = \frac{260}{54} = 4,8 > 1,5,$$

где $I_{КЗ, мин} = 260$ А – минимальное значение тока в месте установки защиты при междуфазном КЗ на шинах НН ТСН.



Чувствительность достаточная.

Проверка чувствительности МТЗ при однофазном дуговом КЗ на шинах НН ТСН производится по выражению

$$k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{КЗ,мин}}}{I_{\text{с.з}}} = \frac{140}{54} = 2,5 > 1,5,$$

где $I_{\text{КЗ,мин}} = 140$ А – минимальное значение тока в месте установки защиты при однофазном дуговом КЗ ($R_{\text{д}} = 10$ мОм) на шинах НН ТСН.

Чувствительность достаточная.

Выдержка времени на отключение выбирается по условию согласования с последними, наиболее чувствительными ступенями защит от многофазных КЗ предыдущих элементов, в частности, с МТЗ, установленными на сторонах того же или более низкого напряжения защищаемого трансформатора

$$t_{\text{с.з}} \geq t_{\text{с.з,пред}} + \Delta t = 0,3 + 0,4 = 0,7 \text{ с},$$

где $t_{\text{с.з,пред}} = 0,3$ с – время срабатывания МТЗ элемента, с которой производится согласование;

$\Delta t = 0,4$ с – степень селективности.

3.3.4 Выбор уставок защиты от перегрузки (ЗП)

Уставку по току срабатывания ЗП рекомендуется рассчитывать по условию отстройки от номинального тока защищаемого трансформатора по выражению

$$I_{\text{с.з}} \geq \frac{k_{\text{отс}}}{k_{\text{в}}} \cdot I_{\text{ном,тр.ВН}} = \frac{1,05}{0,95} \cdot 19 = 21 \text{ А},$$

где $k_{\text{отс}} = 1,05$ – коэффициент отстройки;

$k_{\text{в}} = 0,95$ – коэффициент возврата.

$I_{\text{ном,тр.ВН}} = 19$ А – номинальный ток обмотки ВН защищаемого трансформатора с учетом регулирования напряжения.

Расчетное значение уставки меньше минимального значения из задаваемого диапазона уставок устройства. В связи с этим предлагается сигнализацию перегрузки трансформатора TG4 или TG6 (ступень перегрузки) выполнять по стороне 0,4 кВ трансформатора. Для этого в ячейке ввода щита ~0,4 кВ АСН необходимо предусмотреть установку трансформаторов тока, токовых реле типа РТ-40 и реле времени. Срабатывание перегрузки трансформатора должно выполняться с действием на сигнал через устройство центральной сигнализации. Ввиду того, что трансформаторы TG4 и TG6 не перегружаются, согласно выполненным расчетам (см. том П1200-81-ИОС 5.1.2.1), то необходимость выполнения ступени перегрузки должна быть уточнена на этапе выполнения Рабочей документации.

Время срабатывания защиты от перегрузки принимается равным 9 с.



3.3.5 Выбор уставок токовой защиты по нулевой последовательности 0,4 кВ (ТЗНП 0,4 кВ)

Уставка по току срабатывания ТЗНП 0,4 кВ выбирается по условию отстройки от тока небаланса, обусловленного несимметрией нагрузки (на стороне 0,4 кВ) и погрешностью ИТТ, установленного в нейтрали трансформатора

$$3I_{0с.з} \geq k_{отс} \cdot 3I_{0доп} = 1,5 \cdot 433,5 = 651 \text{ А},$$

где $k_{отс} = 1,5$ – коэффициент отстройки;

$3I_{0доп} = k \cdot I_{ном,тр} = 433,5 \text{ А}$ – максимально допустимый в нормальном режиме ток в заземленной нейтрали обмотки НН;

$k = 0,75$ – коэффициент; для трансформаторов со схемой соединения обмоток $\Delta/Y0$ – $k = 0,75$;

$I_{ном,тр} = 578 \text{ А}$ – номинальный ток обмотки НН трансформатора.

Коэффициент чувствительности ТЗНП рассчитывается по выражению

$$k_{\text{ч}} = \frac{3I_{0N}}{3I_{0с.з}} = \frac{8382}{651} = 12,8 > 1,5,$$

где $3I_{0N} = 8382 \text{ А}$ – ток, протекающий в нейтрали при металлическом однофазном дуговом КЗ в расчетной точке (однофазное КЗ на шинах НН ТСН через $R_d = 10 \text{ мОм}$);

$3I_{0с.з} = 651 \text{ А}$ – первичное значение тока срабатывания ТЗНП 0,4 кВ.

В случае применения устройства для защиты от однофазных КЗ на стороне 0,4 кВ выдержка времени на отключение выбирается по возможности минимальной.

На элементах сети 0,4 кВ имеется защита нулевой последовательности. Ввиду отсутствия данных по времени срабатывания ТЗНП нижестоящих присоединений, выдержка времени ТЗНП 0,4 кВ рассматриваемого трансформатора принимается равной значению 0,8 с. Принятое значение выдержки времени уточняется при ПНР.

3.4 Выбор уставок защит ТСН ТВ1 (ТВ2)

3.4.1 Исходные данные для расчёта

Параметры защищаемого трансформатора ТВ1 приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 - Параметры защищаемого ТСН

Наименование параметра	Значение
$S_{ном}$, МВА	4
$U_{ном,ВН}$, кВ	13,8
$U_{ном,НН}$, кВ	6,3

Коэффициент трансформации ИТТ со стороны ВН $k_{ИТТ,ВН} = 1000/1$.

Коэффициент трансформации ИТТ со стороны НН $k_{ИТТ,НН} = 600/1$.

Значения токов короткого замыкания, используемых при выборе параметров срабатывания УРЗА, приведены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – ТКЗ, использованные при выборе параметров срабатывания УРЗА трансформатора

Вид КЗ	Место КЗ	Режим	Величина расчетного параметра
ABC	КЗ на выводах НН ТСН ТВ1 (ТВ2)	Максимальный режим	$I_{\text{кз}} = 2092 \text{ А}$
AB	КЗ на выводах НН ТСН ТВ1 (ТВ2)	Минимальный режим (отключены все генераторы)	$I_{\text{кз}} = 1757,8 \text{ А}$

Примечание – Значения токов КЗ в таблице 3.4 приведены к напряжению ВН ТСН

3.4.2 Дифференциальная защита трансформатора

Расчет номинальных токов трансформатора

Номинальный (базисный) ток трансформатора со стороны ВН

$$I_{\text{номтр,ВН}} = \frac{S_{\text{ном}}}{\sqrt{3}U_{\text{номВН}}} = \frac{4 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 13,8 \cdot 10^3} = 167,3 \text{ А},$$

Номинальный (базисный) ток трансформатора со стороны НН

$$I_{\text{номтр,НН}} = \frac{S_{\text{ном}}}{\sqrt{3}U_{\text{номНН}}} = \frac{4 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 6,3 \cdot 10^3} = 366,6 \text{ А},$$

Вторичный номинальный (базисный) ток защищаемого трансформатора со стороны ВН

$$I_{\text{ном,вторВН}} = \frac{I_{\text{номВН}}}{k_{\text{ТТ}}} \cdot k_{\text{сх,Т}} \cdot k_{\text{сх,ТТ}} = \frac{167,3}{1000/1} \cdot \sqrt{3} \cdot 1 = 0,29 \text{ А},$$

Вторичный номинальный (базисный) ток защищаемого трансформатора со стороны НН

$$I_{\text{ном,вторНН}} = \frac{I_{\text{номНН}}}{k_{\text{ТТ}}} \cdot k_{\text{сх,Т}} \cdot k_{\text{сх,ТТ}} = \frac{366,6}{600/1} \cdot \sqrt{3} \cdot 1 = 1,06 \text{ А}.$$

Выбор уставки начального дифференциального тока срабатывания ДТЗ

Начальный дифференциальный ток срабатывания выбирается по условию отстройки от тока небаланса в нормальном режиме работы трансформатора

$$I_{\text{ср0}*} = K_{\text{отс}} I_{\text{нб, расч}*} = 1,2 \cdot 0,22 = 0,264 \text{ о.е.},$$

где $K_{\text{отс}} = 1,2$ – коэффициент отстройки, учитывающий погрешности измерительного органа терминала, ошибки расчета и необходимый запас;

$$I_{\text{нб, расч}*} = (K_{\text{пер}} \cdot K_{\text{одн}} \cdot \varepsilon + \Delta U_{\text{РПН}} + \Delta f_{\text{выр}}) \cdot I_{\text{расч}*} = (1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,1 + 0,1 + 0,02) \cdot 1 = 0,22 -$$

расчетный ток небаланса в максимальном нагрузочном режиме;

$K_{\text{одн}} = 1$ – коэффициент однотипности ИТТ (с запасом принимается равным 1,0);

$K_{\text{пер}} = 1$ – коэффициент, учитывающий переходный режим (наличие апериодической составляющей тока);



$\varepsilon = 0,1$ – относительное значение полной погрешности ТТ, соответствующее установившемуся режиму КЗ или качаний;

$\Delta U_{РПН} = 0,1$ – погрешность, обусловленная РПН на сторонах защищаемого трансформатора и принимается равной половине используемого диапазона регулирования;

$\Delta f_{\text{выр}} = 0,02$ – погрешность выравнивания токов плеч в терминале защиты;

$I_{\text{расч}^*} = 1$ о.е – относительный ток, равный номинальному.

Уставка « $I_{\text{ср}0}$ » принимается равной 0,3 о.е.

Выбор уставки коэффициента торможения на первом наклонном участке

Коэффициент торможения на первом наклонном участке рекомендуется рассчитывать по выражению

$$K_{\text{т1}} = \frac{k_{\text{отс}} \cdot I_{\text{нбрасч}^*}}{I_{\text{т}^*}} = \frac{1,2 \cdot 4}{10} = 0,48,$$

где $k_{\text{отс}} = 1,2$ – коэффициент отстройки;

$I_{\text{нбрасч}^*} = (K_{\text{пер}} \cdot K_{\text{одн}} \cdot \varepsilon + \Delta U_{\text{рег}} + \Delta f_{\text{выр}}) \cdot I_{\text{т,расч}^*} = (2,0 \cdot 1,0 \cdot 0,1 + 0,1 + 0,02) \cdot 12,5 = 4$ о.е – расчетный ток небаланса при $K_{\text{пер}} = 2,0$;

$I_{\text{т,расч}^*} = I_{\text{КЗ,макс}}^{(3)} / I_{\text{баз}} = 2092 / 167,3 = 12,5$ о.е – максимальный расчетный ток, равный току, проходящему через защищаемую зону при расчетном внешнем металлическом КЗ на стороне, где рассматривается повреждение (трехфазное КЗ на шинах НН трансформатора в максимальном режиме);

$I_{\text{т}^*} = \sqrt{I_{\text{св,КЗ}^*} \cdot (I_{\text{св,КЗ}^*} - I_{\text{нбрасч}^*}) \cdot \cos \beta} = \sqrt{12,5 \cdot (12,5 - 4) \cdot \cos 20} = 10$ о.е. – ток торможения при принятом способе формирования торможения.

Уставка в устройстве обозначается « $K_{\text{т1}}$ » и принимается равной 0,48 о.е.

Ток начала торможения первого наклонного участка

Уставка тока начала торможения первого наклонного участка « $I_{\text{нт1}}$ » рассчитывается по выражению

$$I_{\text{нт1}^*} = \frac{I_{\text{ср}0^*}}{K_{\text{т1}}} = \frac{0,3}{0,48} = 0,6,$$

где $I_{\text{ср}0^*} = 0,3$ – начальный дифференциальный ток срабатывания;

$K_{\text{т1}} = 0,48$ – коэффициент торможения первого наклонного участка.

Уставка в устройстве обозначается « $I_{\text{нт1}}$ » и принимается равной 0,6 о.е.

Выбор уставки коэффициента торможения на втором наклонном участке

Коэффициент торможения на втором наклонном участке рекомендуется принимать равным коэффициенту торможения на первом наклонном участке. Уставка в устройстве обозначается « $K_{\text{т2}}$ » и принимается равной 0,48 о.е.

Ток начала торможения второго наклонного участка

С целью исключения значительного заглубления дифференциальной защиты в режимах, сопровождающихся длительными перегрузками силовых трансформаторов, рекомендуется уставку выбирать по выражению

$$I_{нт2*} \geq k_{отс} \cdot I_{нг, макс*} = 1,1 \cdot 2 = 2,2 \text{ о.е.},$$

где $k_{отс} = 1,1$ – коэффициент отстройки;

$I_{нг, макс*} = 2$ – относительное значение максимально возможного тока нагрузки;

$I_{нг, макс} = k_{пред} \cdot I_{ном} = 2 \cdot 167,3 = 334,6 \text{ А}$ – максимально возможный ток нагрузки трансформатора;

$k_{пред} = 2$ – коэффициент предельной перегрузочной способности распределительно трансформатора;

$I_{ном, ВН} = 167,3 \text{ А}$ – номинальный ток обмотки ВН трансформатора.

Уставка тока начала торможения второго наклонного участка « $I_{нт2}$ » принимается равной 2,2 о.е.

Выбор уставки точки излома характеристики срабатывания

Точка излома характеристики (блокировка) «В» принимается равной току начала торможения второго наклонного участка 2,2 о.е.

Выбор уставки тока включения

Ток срабатывания при включении рекомендуется принимать равным

$$I_{вкл*} = 0,8 \cdot I_{номВН*} = 0,8 \cdot 1 = 0,8 \text{ о.е.}$$

Уставка « $I_{вкл}$ » принимается равной 0,8 о.е.

Проверка чувствительности

Производить проверку чувствительности дифзащиты нет необходимости, поскольку чувствительность защиты обеспечивается с большим запасом.

Выбор уставки дифференциальной токовой отсечки

Уставка отстраивается от БНТ и токов небаланса при внешних КЗ.

Отстройка от БНТ обеспечивается при выполнении условия

$$I_{отс*} \geq k_{отс} \cdot I_{бнт*} = 1,3 \cdot 5 = 6,5 \text{ о.е.},$$

где $k_{отс} = 1,3$ – коэффициент отстройки;

$I_{бнт*} = 5$ – относительное значение броска тока намагничивания.

Отстройка от максимального тока небаланса при внешних КЗ производится по выражению

$$I_{отс*} \geq k_{отс} \cdot I_{нбр, расч*} = 1,5 \cdot 5,25 = 7,88 \text{ о.е.},$$

где $K_{отс} = 1,5$ – коэффициент отстройки;

$$I_{нбр, расч*} = (K_{пер} \cdot K_{одн} \cdot \varepsilon + \Delta U_{рег} + \Delta f_{выр}) \cdot I_{кз, макс*}^{(3)} = (3,0 \cdot 1,0 \cdot 0,1 + 0,1 + 0,02) \cdot 12,5 = 5,25 \text{ о.е.} -$$

относительный расчетный ток небаланса при $k_{пер} = 3,0$

$I_{кз, макс*}^{(3)} = 2092/167,3 = 12,5 \text{ о.е.}$ – относительный расчетный ток при расчетном внешнем металлическом КЗ на шинах НН трансформатора в максимальном режиме.

Уставка « $I_{отс}$ » принимается равной наибольшему рассчитанному значению, т.е. 7,88 о.е.



3.4.3 Максимальная токовая защита ВН

Выбор тока срабатывания

Уставка рассчитывается по условию отстройки от максимального рабочего тока в месте установки защиты с учетом самозапуска двигательной нагрузки

$$I_{с.з.}^I \geq \frac{k_3 \cdot k_{сзп}}{k_B} \cdot I_{нагр, макс} = \frac{1,2 \cdot 2,5}{0,95} \cdot 173,6 = 548,2 \text{ А},$$

где $k_3 = 1,2$ – коэффициент запаса по избирательности;

$k_{сзп} = 2,5$ – коэффициент самозапуска, учитывающий увеличение тока заторможенной двигательной нагрузки после восстановления напряжения;

$k_B = 0,95$ – коэффициент возврата;

$I_{нагр, макс} = 173,6 \text{ А}$ – первичный максимальный рабочий ток в месте установки защиты (с учетом максимальной нагрузки 4149 кВА).

Необходимо произвести согласование по чувствительности МТЗ ВН с наиболее чувствительными ступенями защит от многофазных КЗ предыдущих элементов.

Согласование с токовыми защитами выполняется по выражению

$$I_{с.з.}^I \geq k_{отс} \cdot k_{ток} \cdot I_{с.з., пред} = 1,1 \cdot 1 \cdot 504 = 555 \text{ А},$$

где $k_{отс} = 1,1$ – коэффициент отстройки;

$k_{ток} = 1$ – коэффициент токораспределения, равный отношению тока в месте установки рассматриваемой защиты к току в смежном элементе, с защитой которого производится согласование;

$I_{с.з., пред} = 1103 \cdot (6,3/13,8) = 504 \text{ А}$ – ток срабатывания МТЗ вводного выключателя, приведенный к стороне ВН.

Ток срабатывания МТЗ ВН принимается равным наибольшему из рассчитанных значений 555 А.

Коэффициент чувствительности рассчитывается по выражению

$$k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{КЗ, мин}}}{I_{с.з.}^I} = \frac{1757,8}{555} = 3,1 > 1,5,$$

где $I_{\text{КЗ, мин}} = 1757,8 \text{ А}$ – минимальное значение тока в месте установки защиты при междуфазном КЗ на стороне НН защищаемого трансформатора (отключены все генераторы).

Чувствительность обеспечивается.

Уставка «**Иср**» принимается равной 555 А.

Выбор выдержки времени

Выдержка времени первой ступени МТЗ ВН выбирается по условию согласования с последними, наиболее чувствительными ступенями защит от многофазных КЗ предыдущих элементов

$$t_{с.з.}^I = t_{с.з., см} + \Delta t = 1,5 + 0,3 = 1,8 \text{ с},$$



где $t_{с.з,см} = 1,5$ с – время срабатывания МТЗ ввода, с которой производится согласование;
 $\Delta t = 0,3$ с – степень селективности.

Уставка «МТЗ-1_ВН_Сраб_t1» принимается равной 1,8 с.

3.4.4 Защита от перегрузки (ЗП)

Выбор тока срабатывания

Уставка ИО максимального фазного тока отстраивается от номинального тока защищаемого трансформатора с учетом РПН

$$I_{с.з} = \frac{k_{отс}}{k_{в}} \cdot I_{\text{макс, ВН}} = \frac{1,05}{0,95} \cdot 185,9 = 206 \text{ А,}$$

где $k_{отс} = 1,05$ – коэффициент отстройки;

$k_{в} = 0,95$ – коэффициент возврата;

$I_{\text{макс, ВН}} = 185,9$ А – номинальный ток обмотки ВН трансформатора с учетом регулирования напряжения.

Уставка «Иср» принимается равной 206 А.

Выбор выдержки времени

Выдержка времени защиты от перегрузки должна превышать время работы основных защит трансформатора и принимается равной, как правило, 9 с.

Уставка «МТЗ-3_ВН_Сраб» принимается равной 9 с.

3.4.5 Контроль тока ЗДЗ

Ток срабатывания рассчитывается по условию отстройки от номинального тока трансформатора

$$I_{с.з} \geq \frac{k_{отс}}{k_{в}} I_{\text{нагр макс}} = \frac{1,1}{0,95} \cdot 167,3 = 194 \text{ А,}$$

где $k_{отс} = 1,1$ – коэффициент отстройки;

$k_{в} = 0,95$ – коэффициент возврата;

$I_{\text{нагр, макс}} = 167,3$ А – номинальный ток обмотки ВН защищаемого трансформатора.

Уставка по току срабатывания «Ипуск» принимается равной 194 А.

Время срабатывания задается уставкой «РТ-1_Сраб» и принимается равным значению по умолчанию 0,5 с.

3.4.6 Автоматическое регулирование напряжения трансформатора (АРНТ)

Поддерживаемое напряжение

Уставка поддерживаемого на шинах напряжения принимается равной номинальному напряжению

$$U_{уст} = U_{ном} = 6,3 \text{ кВ,}$$

где $U_{ном} = 6,3$ кВ – номинальное напряжение на шинах НН.

Уставка «Uуст» принимается равной 6,3 кВ.

**Допустимое отклонение напряжения**

Допустимый диапазон отклонения напряжения у потребителя выбирается больше, чем степень изменения напряжения при переключении одной отпайки

$$dU_{уст} = k_{отс} \cdot \Delta U_{ст} = 1,2 \cdot 0,1575 = 0,189 \text{ кВ},$$

где $k_{отс} = 1,2$ – коэффициент отстройки;

$$\Delta U_{ст} = dU_{ст} \cdot U_{ном,НН} = \frac{2,5}{100} \cdot 6,3 = 0,1575 \text{ кВ} \text{ – величина ступени изменения напряжения,}$$

приведенная к стороне НН;

$$dU_{ст} = \frac{2,5}{100} \text{ – относительное значение величины ступени регулирования РПН;}$$

$U_{ном,НН} = 6,3 \text{ кВ}$ – номинальное напряжение ТСН со стороны НН.

Уставка «**dUуст**» принимается равной 0,189 кВ.

Блокировка РПН по току

Уставки блокировки РПН по току рассчитываются по следующим условиям:

- по току ВН

$$I_{сз} \geq \frac{k_{отс}}{k_{в}} \cdot I_{номВН} = \frac{1,5}{0,95} \cdot 167,3 = 265 \text{ А},$$

- по току НН

$$I_{сз} \geq \frac{k_{отс}}{k_{в}} \cdot I_{номНН} = \frac{1,5}{0,95} \cdot 366,6 = 579 \text{ А},$$

- по току СВ

$$I_{сз} \geq \frac{k_{отс}}{k_{в}} \cdot I_{СВ} = \frac{1,5}{0,95} \cdot 191 = 302 \text{ А},$$

где $k_{отс} = 1,5$ – коэффициент отстройки;

$I_{ном,ВН} = 167,3 \text{ А}$ – номинальный ток обмотки ВН ТСН;

$I_{ном,НН} = 366,6 \text{ А}$ – номинальный ток обмотки НН ТСН;

$I_{СВ} = 191 \text{ А}$ – максимальный нагрузочный ток СВ ГРУ 6,3 кВ;

$k_{в} = 0,95$ – коэффициент возврата.

Уставки «**Iср**» органов РТ ВН, РТ НН, РТ СВ принимаются равными 265, 579 и 302 А соответственно.

Уставки коэффициентов возврата органов РТ ВН, РТ НН, РТ СВ принимаются равными «**Кв**» = 0,95.

Блокировка при повышении напряжения

Уставка органа блокировки при повышении напряжения рассчитывается по выражению

$$U_{ср} = k_{отс} \cdot U_{ном} = 1,2 \cdot 6,3 = 7,56 \text{ кВ},$$

где $k_{отс} = 1,2$ – коэффициент отстройки;

$U_{ном} = 6,3 \text{ кВ}$ – номинальное напряжение на шинах, к которым подключен ИТН.

Уставка «**Uср**» принимается равной 7,56 кВ.

Коэффициент возврата принимается равным «**Кв**» = 0,95.

Блокировка при снижении напряжения

Уставка органа блокировки при снижении напряжения рассчитывается по выражению



$$U_{\text{ср}} = k_{\text{отс}} \cdot U_{\text{ном}} = 0,7 \cdot 6,3 = 4,41 \text{ кВ},$$

где $k_{\text{отс}} = 0,7$ – коэффициент отстройки;

$U_{\text{ном}} = 6,3 \text{ кВ}$ – номинальное напряжение на шинах, к которым подключен ИТН.

Уставка «Уср» принимается равной 4,41 кВ.

Коэффициент возврата принимается равным «Кв» = 1,05.

Блокировка по напряжению обратной последовательности

Уставка органа блокировки по напряжению обратной последовательности рассчитывается по выражению

$$U_{\text{ср}} = k_{\text{отс}} \cdot U_{\text{ном}} = 0,06 \cdot 6,3 = 0,378 \text{ кВ},$$

где $k_{\text{отс}} = 0,06$ – коэффициент отстройки;

$U_{\text{ном}} = 6,3 \text{ кВ}$ – номинальное напряжение на шинах, к которым подключен ИТН.

Уставка «Уср» принимается равной 0,378 кВ.

Коэффициент возврата принимается равным «Кв» = 0,95.

Блокировка по напряжению $3U_0$

Уставка органа блокировки по утроенному напряжению нулевой последовательности «Уср» принимается равной значению 15 В во вторичных величинах.

Коэффициент возврата принимается равным «Кв» = 0,95.

Активное и реактивное сопротивление

Принято, что регулирование напряжения на шинах производится без учета падения напряжения. Активное «R» и реактивное «X» сопротивления срабатывания принимаются равными нулю.

Выдержки времени

Выдержка времени сигнализации о перегрузке по току «Перегрузка» принимается равной 10 с.

При превышении $U > U_{\text{мах}}$ в регулируемой или контролируемой секции через выдержку времени («Перенапряже_t1» или «Перенапряже_t2») формируется сигнал «Запрет прибавить». Выдержки времени «Перенапряже_t1» и «Перенапряже_t2» принимаются равными 6 с и 8 с соответственно.

При понижении $U < U_{\text{мин}}$ в регулируемой или контролируемой секции через выдержку времени «Низк_напр» формируется сигнал «Запрет регулирования». Выдержка времени «Низк_напр» принимается равной 10 с.

При повышении напряжения у потребителя выше зоны нечувствительности запускается подсчет задержки формирования первичной команды управления приводом «Убавить» «Перв_ком_убав» (для отстройки от кратковременных скачков сопротивления нагрузки). Задержка времени «Перв_ком_убав» принимается равной 2 с.

При снижении напряжения у потребителя ниже зоны нечувствительности запускается подсчет задержки формирования первичной команды управления приводом «Прибавить» «Перв_ком_прибав» (для отстройки от кратковременных скачков сопротивления нагрузки). Задержка времени «Перв_ком_прибав» принимается равной 2 с.

Если за время «Ожид_сигн_Переключ» («Время ожидания сигнала «Переключение») после замыкания контактов реле «Прибавить» или «Убавить» сигнал «Переключение» не появился, то срабатывает светодиод «ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ НЕ НАЧАЛОСЬ» и АРКТ блокируется до тех пор, пока не будет произведен съем сигнализации. Время ожидания «Ожид_сигн_Переключ» принимается равным 2 с. Необходимо проверить, чтобы выбранное значение уставки «Ожид_сигн_Переключ» было больше времени трогания привода.



При наличии сигнала «Переключение» в течение времени **«Ожид_снят_сигн_Перекл»** срабатывает светодиод «РПН застрял» и АРКТ блокируется до тех пор, пока не будет произведен съем сигнализации. Время ожидания снятия сигнала переключения **«Ожид_снят_сигн_Перекл»** принимается равным 5 с. *Необходимо проверить, что выбранное значение уставки «Ожид_снят_сигн_Перекл» было больше времени переключения на следующую отпайку.*

Если в течение времени, необходимого для установления стабильного значения напряжения (задержки времени выдачи повторной команды управления **«Повт_ком_прибав»** и **«Повт_ком_убав»**) после завершения переключения РПН (снятия сигнала «Переключение»), напряжение не вернулось в зону нечувствительности, то контакт реле снова замыкается, отдавая повторную команду приводу РПН на перемещение еще на одну ступень в том же направлении. задержки времени **«Повт_ком_прибав»** и **«Повт_ком_убав»** принимаются равными 5 с.

Уставки уточняются при ПНР.

3.5 Расчёт уставок присоединений ГРУ и КРУН-6,3 кВ

Таблица 3.5 – Расчет уставок присоединений ГРУ-6,3 кВ

Номер ячейки	Наименование функции	КТТ/КТН	Інагр	Расчетное выражение	Принятое значение уставки		Проверка чувствительности	Выдержка времени
					Первичное	Вторичное		
1 секция 6,3 кВ (ВВ1Р)								
1	Ячейка ввода 6,3 кВ ТВ1							
	ЛЗШ	600/1	381 А	$I_{с.з} \geq \frac{k_{отс} \cdot k_{сзп}}{k_{в}} I_{раб\, макс} = \frac{1,1 \cdot 2,5}{0,95} \cdot 381 = 1103 \text{ А}$	1103 А		Проверка при КЗ на1 секции шин 6,3 кВ ГРУ $k_{ч} = \frac{I_{КЗ, мин}}{I_{с.з}} = \frac{3857}{1103} = 3,4 > 1,5$ Чувствительность достаточная	0,1 с
	МТЗ Пуск по напряжению			Отстройка от нагрузки с учетом самозапуска $I_{с.з} \geq \frac{k_{отс} \cdot k_{сзп}}{k_{в}} I_{раб\, макс} = \frac{1,1 \cdot 2,5}{0,95} \cdot 381 = 1103 \text{ А}$ Согласование с МТЗ СВ $I_{с.з} \geq k_{с} \cdot k_{ток} \cdot (I_{с.з, пред} + I_{раб\, макс}) = 1,1 \cdot 1 \cdot (806 + 191) = 1097 \text{ А}.$	1103 А		Проверка при КЗ на 1 секции шин 6,3 кВ ГРУ $k_{ч} = \frac{I_{КЗ, мин}}{I_{с.з}} = \frac{3857}{1103} = 3,4 > 1,5$ Чувствительность достаточная Проверка при КЗ в конце зоны резервирования (определяющее однофазное дуговое КЗ за TN6, сопротивление дуги 4 мОм) $k_{ч} = \frac{I_{КЗ, мин}}{I_{с.з}} = \frac{440}{1103} = 0,3 < 1,2$ Чувствительность недостаточная. При этом использование пуска по напряжению не обеспечит требуемой чувствительности при КЗ в зоне резервирования.	1,5 с
	УРОВ			$I_{с.з} \geq k_{отс} \cdot I_{номд} = 0,1 \cdot 381 = 38,1 \text{ А}$	39 А			0,3 с
2	Ячейка СВ 6,3 кВ							
	ЛЗШ	400/1	191 А	$I_{с.з} \geq \frac{k_{отс} \cdot k_{сзп}}{k_{в}} I_{раб\, макс} = \frac{1,1 \cdot 2,5}{0,95} \cdot 191 = 553 \text{ А}$	553 А		Проверка при междуфазном КЗ на 1 секции шин ГРУ 6,3 кВ $k_{ч} = \frac{I_{КЗ, мин}}{I_{с.з}} = \frac{3844}{553} = 6,9 > 1,5$ Проверка при междуфазном КЗ на 2 секции шин ГРУ 6,3 кВ $k_{ч} = \frac{I_{КЗ, мин}}{I_{с.з}} = \frac{3857}{553} = 6,9 > 1,5$ Чувствительность достаточная	0,1 с
МТЗ	Согласование с МТЗ TN1.1 $I_{с.з} \geq k_{с} \cdot k_{ток} \cdot (I_{с.з, пред} + I_{раб\, макс}) = 1,1 \cdot 1 \cdot (426 + 263) = 758 \text{ А}.$ Согласование с МТЗ TN3.1 $I_{с.з} \geq k_{с} \cdot k_{ток} \cdot (I_{с.з, пред} + I_{раб\, макс}) = 1,1 \cdot 1 \cdot (426 + 263) = 758 \text{ А}.$			806 А		Проверка при междуфазном КЗ на 1 секции шин ГРУ 6,3 кВ $k_{ч} = \frac{I_{КЗ, мин}}{I_{с.з}} = \frac{3844}{806} = 4,7 > 1,5$ Проверка при междуфазном КЗ на 2 секции шин ГРУ 6,3 кВ $k_{ч} = \frac{I_{КЗ, мин}}{I_{с.з}} = \frac{3857}{806} = 4,7 > 1,5$ Чувствительность достаточная	1,2 с	

Номер ячейки	Наименование функции	КТТ/КТН	Инагр	Расчетное выражение	Принятое значение уставки		Проверка чувствительности	Выдержка времени
					Первичное	Вторичное		
				Согласование с МТЗ TN4 $I_{с.з} \geq k_c \cdot k_{ток} \cdot (I_{с.з,пред} + I_{раб,макс}) =$ $= 1,1 \cdot 1 \cdot (168 + 352) = 572 \text{ A.}$ Согласование с МТЗ TN5 $I_{с.з} \geq k_c \cdot k_{ток} \cdot (I_{с.з,пред} + I_{раб,макс}) =$ $= 1,1 \cdot 1 \cdot (168 + 352) = 572 \text{ A.}$ Согласование с МТЗ M13T $I_{с.з} \geq k_c \cdot k_{ток} \cdot (I_{с.з,пред} + I_{раб,макс}) =$ $= 1,1 \cdot 1 \cdot (293 + 352) = 710 \text{ A.}$ Согласование с МТЗ TN6 $I_{с.з} \geq k_c \cdot k_{ток} \cdot (I_{с.з,пред} + I_{раб,макс}) =$ $= 1,1 \cdot 1 \cdot (168 + 395) = 620 \text{ A.}$ Согласование с МТЗ TN1.2 $I_{с.з} \geq k_c \cdot k_{ток} \cdot (I_{с.з,пред} + I_{раб,макс}) =$ $= 1,1 \cdot 1 \cdot (426 + 306) = 806 \text{ A.}$ Согласование с МТЗ TN3.2 $I_{с.з} \geq k_c \cdot k_{ток} \cdot (I_{с.з,пред} + I_{раб,макс}) =$ $= 1,1 \cdot 1 \cdot (426 + 306) = 806 \text{ A.}$ Отстройка от нагрузочных режимов $I_{с.з} \geq \frac{k_{отс} \cdot k_{сзп}}{k_B} I_{раб,макс} = \frac{1,1 \cdot 2,5}{0,95} \cdot 191 = 553 \text{ A}$			Проверка при КЗ на выводах НН TN1.1 (определяющее однофазное дуговое КЗ, сопротивление дуги 4 мОм) $k_q = \frac{I_{КЗ,мин}}{I_{с.з}} = \frac{721}{806} = 0,8 < 1,2$ Проверка при КЗ на выводах НН TN3.1 (определяющее однофазное дуговое КЗ, сопротивление дуги 4 мОм) $k_q = \frac{I_{КЗ,мин}}{I_{с.з}} = \frac{722}{806} = 0,8 < 1,2$ Проверка при КЗ на выводах НН TN4 (определяющее однофазное дуговое КЗ, сопротивление дуги 7 мОм) $k_q = \frac{I_{КЗ,мин}}{I_{с.з}} = \frac{445}{806} = 0,5 < 1,2$ Проверка при КЗ на выводах НН TN5 (определяющее однофазное дуговое КЗ, сопротивление дуги 7 мОм) $k_q = \frac{I_{КЗ,мин}}{I_{с.з}} = \frac{445}{806} = 0,5 < 1,2$ Проверка при КЗ на выводах НН M13T (определяющее междуфазное КЗ) $k_q = \frac{I_{КЗ,мин}}{I_{с.з}} = \frac{1942}{806} = 2,4 > 1,2$ Проверка при КЗ на выводах НН TN6 (определяющее однофазное дуговое КЗ, сопротивление дуги 7 мОм) $k_q = \frac{I_{КЗ,мин}}{I_{с.з}} = \frac{440}{806} = 0,5 < 1,2$ Проверка при КЗ на выводах НН TN1.2 (определяющее однофазное дуговое КЗ, сопротивление дуги 4 мОм) $k_q = \frac{I_{КЗ,мин}}{I_{с.з}} = \frac{719}{806} = 0,8 < 1,2$ Проверка при КЗ на выводах НН TN3.2 (определяющее однофазное дуговое КЗ, сопротивление дуги 4 мОм) $k_q = \frac{I_{КЗ,мин}}{I_{с.з}} = \frac{720}{806} = 0,8 < 1,2$ Чувствительность недостаточная, рассматривается возможность использования пуска по напряжению.	
				Отстройка от нагрузки без учета самозапуска			Для повышения чувствительности защиты согласование с МТЗ ТСН будет производиться только по времени. В качестве расчетного	

Номер ячейки	Наименование функции	КТТ/КТН	Инагр	Расчетное выражение	Принятое значение уставки		Проверка чувствительности	Выдержка времени
					Первичное	Вторичное		
				$I_{с.з} \geq \frac{k_{отс}}{k_B} I_{раб\, макс} = \frac{1,1}{0,95} \cdot 191 = 222 \text{ А}$			принимается значение 293 А. Проверка при КЗ на выводах НН TN6 (выбирается наиболее тяжелое расчетное условие) $k_{ч} = \frac{I_{КЗ, мин}}{I_{с.з}} = \frac{440}{222} = 1,9 > 1,2$ Чувствительность достаточная.	
	Пуск по напряжению	6300/100/33, 33		$U_{с.з} = \frac{U_{мин}}{k_{отс} \cdot k_B} = \frac{0,85 \cdot 6,3}{1,2 \cdot 1,06} = 4,2 \text{ кВ}$	4,2 кВ		Проверка при трехфазном КЗ на выводах НН TN1.1 $k_{ч} = \frac{U_{с.з}}{U_{КЗ, макс}} = \frac{4,2}{4,43} = 0,9 < 1,2$ Проверка при трехфазном КЗ на выводах НН TN3.1 $k_{ч} = \frac{U_{с.з}}{U_{КЗ, макс}} = \frac{4,2}{4,43} = 0,9 < 1,2$ Проверка при трехфазном КЗ на выводах НН TN4 $k_{ч} = \frac{U_{с.з}}{U_{КЗ, макс}} = \frac{4,2}{5,15} = 0,8 < 1,2$ Проверка при трехфазном КЗ на выводах НН TN5 $k_{ч} = \frac{U_{с.з}}{U_{КЗ, макс}} = \frac{4,2}{5,15} = 0,8 < 1,2$ Проверка при трехфазном КЗ на выводах НН M13T $k_{ч} = \frac{U_{с.з}}{U_{КЗ, макс}} = \frac{4,2}{3,53} = 1,1 < 1,2$ Проверка при трехфазном КЗ на выводах НН TN6 $k_{ч} = \frac{U_{с.з}}{U_{КЗ, макс}} = \frac{4,2}{5,17} = 0,8 < 1,2$ Проверка при трехфазном КЗ на выводах НН TN1.2 $k_{ч} = \frac{U_{с.з}}{U_{КЗ, макс}} = \frac{4,2}{4,44} = 0,9 < 1,2$ Проверка при трехфазном КЗ на выводах НН TN3.2 $k_{ч} = \frac{U_{с.з}}{U_{КЗ, макс}} = \frac{4,2}{4,44} = 0,9 < 1,2$ Чувствительность при КЗ за ТСН в наиболее благоприятных условиях недостаточная, нет смысла вводить пуск по напряжению. В качестве тока срабатывания МТЗ СВ принимается значение, рассчитанное по условию согласования с отходящими присоединениями 806 А.	
	УРОВ	400/1		$I_{с.з} \geq k_{отс} \cdot I_{номд} = 0,1 \cdot 191 = 19,1 \text{ А}$	20 А			0,3 с
3	Ячейка линии к TN1.1							
	ТО	400/1	147 А	Отстройка от КЗ за трансформатором	1500 А		Проверка при КЗ на выводах ВН TN1.1	0 с

Номер ячейки	Наименование функции	КТТ/КТН	Інагр	Расчетное выражение	Принятое значение уставки		Проверка чувствительности	Выдержка времени
					Первичное	Вторичное		
				$I_{с.з} \geq k_{отс} \cdot I_{КЗ, макс} = 1,15 \cdot 1304 = 1500 \text{ A}$ Отстройка от БНТ $I_{с.з} \geq k_{бр} \cdot I_{тр, ном} = 6 \cdot 147 = 882 \text{ A}$			$k_{ч} = \frac{I_{КЗ, мин}}{I_{с.з}} = \frac{3826}{1500} = 2,5 > 1,5$ Чувствительность достаточная	
	МТЗ			$I_{с.з} \geq \frac{k_{отс} \cdot k_{сзп}}{k_{в}} I_{раб макс} = \frac{1,1 \cdot 2,5}{0,95} \cdot 147 = 426 \text{ A}$	426 А		Проверка при междуфазном КЗ на выводах НН TN1.1 $k_{ч} = \frac{I_{КЗ, мин}}{I_{с.з}} = \frac{1289}{426} = 3,0 > 1,5$ Чувствительность достаточная Проверка при однофазном дуговом КЗ на выводах НН TN1.1 (сопротивление дуги 4 мОм) $k_{ч} = \frac{I_{КЗ, мин}}{I_{с.з}} = \frac{721}{426} = 1,6 > 1,5$ Чувствительность достаточная.	1,0 с
	ЗП			$I_{с.з} \geq \frac{k_{отс}}{k_{в}} I_{раб макс} = \frac{1,1}{0,95} \cdot 147 = 171 \text{ A}$	171 А			9 с
	УРОВ			$I_{с.з} \geq k_{отс} \cdot I_{номдг} = 0,1 \cdot 147 = 14,7 \text{ A}$ Расчетное значение уставки меньше минимального значения из задаваемого диапазона уставок устройства. Уставка принимается равной минимально возможному значению.	20 А			0,3 с
	Ячейка линии к TN3.1							
4	ТО	400/1	147 А	Отстройка от КЗ за трансформатором $I_{с.з} \geq k_{отс} \cdot I_{КЗ, макс} = 1,15 \cdot 1304 = 1500 \text{ A}$ Отстройка от БНТ $I_{с.з} \geq k_{бр} \cdot I_{тр, ном} = 6 \cdot 147 = 882 \text{ A}$	1500 А		Проверка при КЗ на выводах ВН TN3.1 $k_{ч} = \frac{I_{КЗ, мин}}{I_{с.з}} = \frac{3833}{1500} = 2,5 > 1,5$ Чувствительность достаточная	0 с
	МТЗ			$I_{с.з} \geq \frac{k_{отс} \cdot k_{сзп}}{k_{в}} I_{раб макс} = \frac{1,1 \cdot 2,5}{0,95} \cdot 147 = 426 \text{ A}$	426 А		Проверка при междуфазном КЗ на выводах НН TN3.1 $k_{ч} = \frac{I_{КЗ, мин}}{I_{с.з}} = \frac{1289}{426} = 3,0 > 1,5$ Чувствительность достаточная Проверка при однофазном дуговом КЗ на выводах НН TN3.1 (сопротивление дуги 4 мОм) $k_{ч} = \frac{I_{КЗ, мин}}{I_{с.з}} = \frac{722}{426} = 1,6 > 1,5$ Чувствительность достаточная	0,9 с
	ЗП			$I_{с.з} \geq \frac{k_{отс}}{k_{в}} I_{раб макс} = \frac{1,1}{0,95} \cdot 147 = 171 \text{ A}$	171 А			9 с
	УРОВ			$I_{с.з} \geq k_{отс} \cdot I_{номдг} = 0,1 \cdot 147 = 14,7 \text{ A}$ Расчетное значение уставки меньше минимального значения из задаваемого диапазона уставок устройства.	20 А			0,3 с
	Ячейка линии к TN3.1							

Номер ячейки	Наименование функции	КТТ/КТн	Інагр	Расчетное выражение	Принятое значение уставки		Проверка чувствительности	Выдержка времени
					Первичное	Вторичное		
				Уставка принимается равной минимально возможному значению.				
5	Ячейка линии к TN4							
	ТО	400/1	58 А	Отстройка от КЗ за трансформатором $I_{с.з} \geq k_{отс} \cdot I_{КЗ, макс} = 1,15 \cdot 783 = 901 \text{ А}$ Отстройка от БНТ $I_{с.з} \geq k_{бр} \cdot I_{тр, ном} = 6 \cdot 58 = 348 \text{ А}$	901 А		Проверка при междуфазном КЗ на выводах ВН TN4 $k_{ч} = \frac{I_{КЗ, мин}}{I_{с.з}} = \frac{3576}{901} = 3,9 > 1,5$ Чувствительность достаточная	0 с
	МТЗ			$I_{с.з} \geq \frac{k_{отс} \cdot k_{сзп}}{k_{в}} I_{раб, макс} = \frac{1,1 \cdot 2,5}{0,95} \cdot 58 = 168 \text{ А}$	168 А		Проверка при междуфазном КЗ на выводах НН TN4 $k_{ч} = \frac{I_{КЗ, мин}}{I_{с.з}} = \frac{776}{168} = 4,6 > 1,5$ Чувствительность достаточная Проверка при однофазном дуговом КЗ на выводах НН TN4 (сопротивление дуги 7 мОм) $k_{ч} = \frac{I_{КЗ, мин}}{I_{с.з}} = \frac{445}{168} = 2,6 > 1,5$ Чувствительность достаточная	0,8 с
	ЗП			$I_{с.з} \geq \frac{k_{отс}}{k_{в}} I_{раб, макс} = \frac{1,1}{0,95} \cdot 58 = 68 \text{ А}$	68 А			9 с
	УРОВ			$I_{с.з} \geq k_{отс} \cdot I_{ном, т} = 0,1 \cdot 58 = 5,8 \text{ А}$ Расчетное значение уставки меньше минимального значения из задаваемого диапазона уставок устройства. Уставка принимается равной минимально возможному значению.	20 А			0,3 с
6	Ячейка линии к TN5							
	ТО	400/1	58 А	Отстройка от КЗ за трансформатором $I_{с.з} \geq k_{отс} \cdot I_{КЗ, макс} = 1,15 \cdot 788 = 907 \text{ А}$ Отстройка от БНТ $I_{с.з} \geq k_{бр} \cdot I_{тр, ном} = 6 \cdot 58 = 348 \text{ А}$	907 А		Проверка при КЗ на выводах ВН TN5 $k_{ч} = \frac{I_{КЗ, мин}}{I_{с.з}} = \frac{3645}{907} = 4,0 > 1,5$ Чувствительность достаточная	0 с
	МТЗ			$I_{с.з} \geq \frac{k_{отс} \cdot k_{сзп}}{k_{в}} I_{раб, макс} = \frac{1,1 \cdot 2,5}{0,95} \cdot 58 = 168 \text{ А}$	168 А		Проверка при междуфазном КЗ на выводах НН TN5 $k_{ч} = \frac{I_{КЗ, мин}}{I_{с.з}} = \frac{781}{168} = 4,6 > 1,5$ Чувствительность достаточная Проверка при однофазном дуговом КЗ на выводах НН TN5 (сопротивление дуги 7 мОм) $k_{ч} = \frac{I_{КЗ, мин}}{I_{с.з}} = \frac{445}{168} = 2,6 > 1,5$ Чувствительность достаточная	0,9 с



Номер ячейки	Наименование функции	КТТ/КТН	Инагр	Расчетное выражение	Принятое значение уставки		Проверка чувствительности	Выдержка времени
					Первичное	Вторичное		
	ЗП			$I_{с.з} \geq \frac{k_{отс}}{k_{\text{в}}} I_{\text{раб, макс}} = \frac{1,1}{0,95} \cdot 58 = 68 \text{ A}$	68 А			9 с
	УРОВ			$I_{с.з} \geq k_{отс} \cdot I_{\text{ном, т}} = 0,1 \cdot 58 = 5,8 \text{ A}$ Расчетное значение уставки меньше минимального значения из задаваемого диапазона уставок устройства. Уставка принимается равной минимально возможному значению.	20 А			0,3 с
	2 секция 6,3 кВ (ВВ2Р)							
18	Ячейка ввода 6,3 кВ ТВ2							
	ЛЗШ	600/1	381 А	$I_{с.з} \geq \frac{k_{отс} \cdot k_{сзп}}{k_{\text{в}}} I_{\text{раб, макс}} = \frac{1,1 \cdot 2,5}{0,95} \cdot 381 = 1103 \text{ A}$	1103 А		Проверка при междуфазном КЗ на 2 секции шин 6,3 кВ ГРУ $k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{КЗ, мин}}}{I_{с.з}} = \frac{3844}{1103} = 3,4 > 1,5$ Чувствительность достаточная	0,1 с
	МТЗ			Отстройка от нагрузки с учетом самозапуска $I_{с.з} \geq \frac{k_{отс} \cdot k_{сзп}}{k_{\text{в}}} I_{\text{раб, макс}} = \frac{1,1 \cdot 2,5}{0,95} \cdot 381 = 1103 \text{ A}$ Согласование с МТЗ СВ $I_{с.з} \geq k_{\text{с}} \cdot k_{\text{ток}} \cdot (I_{с.з, \text{пред}} + I_{\text{раб, макс}}) = 1,1 \cdot 1 \cdot (806 + 191) = 1097 \text{ A}.$	1103 А		Проверка при междуфазном КЗ на 2 секции шин 6,3 кВ ГРУ $k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{КЗ, мин}}}{I_{с.з}} = \frac{3844}{1103} = 3,4 > 1,5$ Чувствительность достаточная Проверка при КЗ в конце зоны резервирования (определяющее однофазное дуговое КЗ за TN6, сопротивление дуги 7 мОм) $k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{КЗ, мин}}}{I_{с.з}} = \frac{440}{1103} = 0,3 < 1,2$ Чувствительность недостаточная. При этом использование пуска по напряжению не обеспечит требуемой чувствительности в конце зоны резервирования.	1,5 с
	УРОВ			$I_{с.з} \geq k_{отс} \cdot I_{\text{номт}} = 0,1 \cdot 381 = 38,1 \text{ A}$	39 А			0,3 с
13	Ячейка линии к М13Т							
	ТО	400/1	101 А	Отстройка от КЗ за трансформатором $I_{с.з} \geq k_{отс} \cdot I_{\text{КЗ, макс}} = 1,15 \cdot 1973 = 2269 \text{ A}$ Отстройка от БНТ $I_{с.з} \geq k_{\text{бр}} \cdot I_{\text{тр, ном}} = 6 \cdot 101 = 606 \text{ A}$	2269 А		Проверка при междуфазном КЗ на выводах ВН М13Т $k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{КЗ, мин}}}{I_{с.з}} = \frac{3778}{2269} = 1,6 > 1,5$ Чувствительность достаточная	0 с
	МТЗ			$I_{с.з} \geq \frac{k_{отс} \cdot k_{сзп}}{k_{\text{в}}} I_{\text{раб, макс}} = \frac{1,1 \cdot 2,5}{0,95} \cdot 101 = 293 \text{ A}$	293 А		Проверка при междуфазном КЗ на выводах НН М13Т $k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{КЗ, мин}}}{I_{с.з}} = \frac{1943}{293} = 6,6 > 1,5$ Чувствительность достаточная	0,9 с
ЗП	$I_{с.з} \geq \frac{k_{отс}}{k_{\text{в}}} I_{\text{раб, макс}} = \frac{1,1}{0,95} \cdot 101 = 117 \text{ A}$			117 А			9 с	

Номер ячейки	Наименование функции	КТТ/КТн	Інагр	Расчетное выражение	Принятое значение уставки		Проверка чувствительности	Выдержка времени
					Первичное	Вторичное		
	УРОВ			$I_{с.з} \geq k_{отс} \cdot I_{номд} = 0,1 \cdot 101 = 10,1 \text{ A}$ Расчетное значение уставки меньше минимального значения из задаваемого диапазона уставок устройства. Уставка принимается равной минимально возможному значению.	20 А			0,3 с
14	Ячейка линии к TN6							
	ТО	400/1	58 А	Отстройка от КЗ за трансформатором $I_{с.з} \geq k_{отс} \cdot I_{КЗ, макс} = 1,15 \cdot 782 = 900 \text{ A}$ Отстройка от БНТ $I_{с.з} \geq k_{бр} \cdot I_{тр, ном} = 6 \cdot 58 = 348 \text{ A}$	900 А		Проверка при междуфазном КЗ на выводах ВН TN6 $k_{ч} = \frac{I_{КЗ, мин}}{I_{с.з}} = \frac{3444}{900} = 3,8 > 1,5$ Чувствительность достаточная	0 с
	МТЗ			$I_{с.з} \geq \frac{k_{отс} \cdot k_{сзн}}{k_{в}} I_{раб, макс} = \frac{1,1 \cdot 2,5}{0,95} \cdot 58 = 168 \text{ A}$	168 А		Проверка при междуфазном КЗ на выводах НН TN6 $k_{ч} = \frac{I_{КЗ, мин}}{I_{с.з}} = \frac{775}{168} = 4,6 > 1,5$ Чувствительность достаточная Проверка при однофазном дуговом КЗ на выводах НН TN6 (сопротивление дуги 7 мОм) $k_{ч} = \frac{I_{КЗ, мин}}{I_{с.з}} = \frac{440}{168} = 2,6 > 1,5$ Чувствительность достаточная	0,9 с
	ЗП			$I_{с.з} \geq \frac{k_{отс}}{k_{в}} I_{раб, макс} = \frac{1,1}{0,95} \cdot 58 = 68 \text{ A}$	68 А			9 с
	УРОВ			$I_{с.з} \geq k_{отс} \cdot I_{ном, т} = 0,1 \cdot 58 = 5,8 \text{ A}$ Расчетное значение уставки меньше минимального значения из задаваемого диапазона уставок устройства. Уставка принимается равной минимально возможному значению.	20 А			0,3 с
15	Ячейка линии к TN1.2							
	ТО	400/1	147 А	Отстройка от КЗ за трансформатором $I_{с.з} \geq k_{отс} \cdot I_{КЗ, макс} = 1,15 \cdot 1269 = 1460 \text{ A}$ Отстройка от БНТ $I_{с.з} \geq k_{бр} \cdot I_{тр, ном} = 6 \cdot 147 = 882 \text{ A}$	1460 А		Проверка при междуфазном КЗ на выводах ВН TN1.2 $k_{ч} = \frac{I_{КЗ, мин}}{I_{с.з}} = \frac{3822}{1460} = 2,6 > 1,5$ Чувствительность достаточная	0 с
МТЗ	$I_{с.з} \geq \frac{k_{отс} \cdot k_{сзн}}{k_{в}} I_{раб макс} = \frac{1,1 \cdot 2,5}{0,95} \cdot 147 = 426 \text{ A}$			426 А		Проверка при междуфазном КЗ на выводах НН TN1.2 $k_{ч} = \frac{I_{КЗ, мин}}{I_{с.з}} = \frac{1288}{426} = 3,0 > 1,5$ Чувствительность достаточная Проверка при однофазном дуговом КЗ на выводах НН TN1.2 (сопротивление дуги 4 мОм) $k_{ч} = \frac{I_{КЗ, мин}}{I_{с.з}} = \frac{719}{426} = 1,6 > 1,5$	1,0 с	

Номер ячейки	Наименование функции	КТТ/КТн	Інагр	Расчетное выражение	Принятое значение уставки		Проверка чувствительности	Выдержка времени
					Первичное	Вторичное		
							Чувствительность достаточная	
	ЗП			$I_{с.з} \geq \frac{k_{отс}}{k_{в}} I_{раб, макс} = \frac{1,1}{0,95} \cdot 147 = 171 \text{ А}$	171 А			9 с
	УРОВ			$I_{с.з} \geq k_{отс} \cdot I_{номд} = 0,1 \cdot 147 = 14,7 \text{ А}$ Расчетное значение уставки меньше минимального значения из задаваемого диапазона уставок устройства. Уставка принимается равной минимально возможному значению.	20 А			0,3 с
16	Ячейка линии к TN3.2							
	ТО	400/1	147 А	Отстройка от КЗ за трансформатором $I_{с.з} \geq k_{отс} \cdot I_{КЗ, макс} = 1,15 \cdot 1304 = 1500 \text{ А}$ Отстройка от БНТ $I_{с.з} \geq k_{бр} \cdot I_{тр, ном} = 6 \cdot 147 = 882 \text{ А}$	1500 А		Проверка при КЗ на выводах ВН TN3.2 $k_{ч} = \frac{I_{КЗ, мин}}{I_{с.з}} = \frac{3833}{1500} = 2,5 > 1,5$ Чувствительность достаточная	0 с
	МТЗ			$I_{с.з} \geq \frac{k_{отс} \cdot k_{сзп}}{k_{в}} I_{раб макс} = \frac{1,1 \cdot 2,5}{0,95} \cdot 147 = 426 \text{ А}$	426 А		Проверка при междуфазном КЗ на выводах НН TN3.2 $k_{ч} = \frac{I_{КЗ, мин}}{I_{с.з}} = \frac{1256}{426} = 2,9 > 1,5$ Чувствительность достаточная Проверка при однофазном дуговом КЗ на выводах НН TN3.2 (сопротивление дуги 4 мОм) $k_{ч} = \frac{I_{КЗ, мин}}{I_{с.з}} = \frac{720}{426} = 1,7 > 1,5$ Чувствительность достаточная	0,9 с
	ЗП			$I_{с.з} \geq \frac{k_{отс}}{k_{в}} I_{раб макс} = \frac{1,1}{0,95} \cdot 147 = 171 \text{ А}$	171 А			9 с
	УРОВ			$I_{с.з} \geq k_{отс} \cdot I_{номд} = 0,1 \cdot 147 = 14,7 \text{ А}$ Расчетное значение уставки меньше минимального значения из задаваемого диапазона уставок устройства. Уставка принимается равной минимально возможному значению.	20 А			0,3 с

Таблица 3.6 – Выбор уставок присоединений КРУН-6,3 кВ

Номер ячейки	Наименование функции	Ктт/ Ктн	Інагр	Расчетное выражение	Принятое значение уставки		Проверка чувствительности	Выдержка времени
					Первичное	Вторичное		
3 секция 6,3 кВ (ВВЗР)								
1	Ячейка ввода 6,3 кВ АТ1							
	ЛЗШ	400/1	92 А	$I_{с.з} \geq \frac{k_{отс} \cdot k_{сзн}}{k_{в}} I_{раб\,макс} = \frac{1,1 \cdot 2,5}{0,95} \cdot 92 = 267 \text{ А}$	267 А		Проверка при КЗ на шинах 6,3 кВ КРУН $k_{ч} = \frac{I_{КЗ,мин}}{I_{с.з}} = \frac{17503}{267} = 65,5 > 1,5$	0,1 с

Номер ячейки	Наименование функции	КТТ/КТн	Інагр	Расчетное выражение	Принятое значение уставки		Проверка чувствительности	Выдержка времени
					Первичное	Вторичное		
							Чувствительность достаточная	
	МТЗ			Согласование с МТЗ СВ $I_{с.з} \geq k_c \cdot k_{ток} \cdot (I_{с.з,пред} + I_{раб,макс}) =$ $= 1,1 \cdot 1 \cdot (294 + 46) = 374 \text{ A.}$ Отстройка от нагрузки с учетом самозапуска $I_{с.з} \geq \frac{k_{отс} \cdot k_{сзп}}{k_B} I_{раб,макс} = \frac{1,1 \cdot 2,5}{0,95} \cdot 92 = 267 \text{ A}$	374 А		Проверка при междуфазном КЗ на выводах НН TN2.1 $k_{ч} = \frac{I_{КЗ,мин}}{I_{с.з}} = \frac{1102}{374} = 2,9 > 1,2$ Проверка при однофазном дуговом КЗ на выводах НН TN2.1 (сопротивление дуги 5 мОм) $k_{ч} = \frac{I_{КЗ,мин}}{I_{с.з}} = \frac{601}{374} = 1,6 > 1,2$ Чувствительность достаточная, пуск по напряжению не используется.	1,6 с
	УРОВ			$I_{с.з} \geq k_{отс} \cdot I_{НОМД} = 0,1 \cdot 92 = 9,2 \text{ A}$ Расчетное значение уставки меньше минимального значения из задаваемого диапазона уставок устройства. Уставка принимается равной минимально возможному значению.	20 А			0,3 с
3	Ячейка линии к TN2.1							
	ТО	400/1	92 А	Отстройка от КЗ за трансформатором $I_{с.з} \geq k_{отс} \cdot I_{КЗ,макс} = 1,15 \cdot 1130 = 1300 \text{ A,}$ Отстройка от БНТ $I_{с.з} \geq k_{бр} \cdot I_{тр,ном} = 6 \cdot 92 = 552 \text{ A}$	1300 А		Проверка при междуфазном КЗ на выводах ВН TN2.1 $k_{ч} = \frac{I_{КЗ,мин}}{I_{с.з}} = \frac{14489}{1300} = 11,1 > 1,5$ Чувствительность достаточная	0 с
	МТЗ			$I_{с.з} \geq \frac{k_{отс} \cdot k_{сзп}}{k_B} I_{раб,макс} = \frac{1,1 \cdot 2,5}{0,95} \cdot 92 = 267 \text{ A}$	267 А		Проверка при междуфазном КЗ на выводах НН TN2.1 $k_{ч} = \frac{I_{КЗ,мин}}{I_{с.з}} = \frac{1102}{267} = 4,1 > 1,5$ Чувствительность достаточная Проверка при однофазном дуговом КЗ на выводах НН TN2.1 (сопротивление дуги 5 мОм) $k_{ч} = \frac{I_{КЗ,мин}}{I_{с.з}} = \frac{601}{267} = 2,2 > 1,5$ Чувствительность достаточная	1,0 с согласование с МТЗ на стороне НН (0,4 кВ), имеющей время срабатывания 0,5 с.
	ЗП			$I_{с.з} \geq \frac{k_{отс}}{k_B} I_{раб,макс} = \frac{1,1}{0,95} \cdot 92 = 107 \text{ A}$	107 А			9 с
	УРОВ			$I_{с.з} \geq k_{отс} \cdot I_{тр,ном} = 0,1 \cdot 92 = 9,2 \text{ A}$ Расчетное значение уставки меньше минимального значения из задаваемого диапазона уставок устройства. Уставка принимается равной минимально возможному значению.	20 А			0,3 с
	АРНТ				Поддерживаемое напряжение $U_{уст} = 0,4\text{кВ.}$	0,4 кВ		
			Допустимый диапазон отклонения	0,01 кВ				



Номер ячейки	Наименование функции	КТТ/КТН	Инагр	Расчетное выражение	Принятое значение уставки		Проверка чувствительности	Выдержка времени
					Первичное	Вторичное		
				$dU_{уст} = k_{отс} \cdot \Delta U_{ст} = 1,2 \cdot 0,01 = 0,012 \text{ кВ},$ $\Delta U_{ст} = \frac{2,5}{100} \cdot 0,4 = 0,01 \text{ кВ}.$				
		400/1	92 А	Блокировка по току со стороны ВН $I_{с.з} \geq \frac{k_{отс}}{k_{в}} I_{тр.ном} = \frac{1,5}{0,95} \cdot 92 = 146 \text{ А}$ Коэффициент возврата принимается равным 0,95.	146 А/0,95			
			1444 А	Блокировка и перегрузка по току со стороны НН $I_{с.з} \geq \frac{k_{отс}}{k_{в}} I_{тр.НН.ном} = \frac{1,5}{0,95} \cdot 1444 = 2280 \text{ А}$ Коэффициент возврата принимается равным 0,95.	2280 А/0,95			
				Перегрузка по току СВ $I_{с.з} \geq \frac{k_{отс}}{k_{в}} I_{макс,нагр СВ} = \frac{1,5}{0,95} \cdot 1444 = 2280 \text{ А}$ Коэффициент возврата принимается равным 0,95.	2280 А/0,95			
				Блокировка при повышении апряжения $U_{ср} = k_{отс} \cdot U_{ном} = 1,2 \cdot 0,4 = 0,48 \text{ кВ}.$ Коэффициент возврата принимается равным 0,95.	0,48 кВ/0,95			
				Блокировка при снижении напряжения $U_{ср} = k_{отс} \cdot U_{ном} = 0,7 \cdot 0,4 = 0,28 \text{ кВ}.$ Коэффициент возврата принимается равным 1,05.	0,28 кВ/1,05			
				Блокировка по U_2 $U_{с.з} = k_{отс} \cdot U_{ном} = 0,06 \cdot 0,4 = 0,024 \text{ кВ}.$ Коэффициент возврата принимается равным 0,95.	0,024 кВ/0,95			
				Блокировка по $3U_0$ $3U_{0ср} = 15 \text{ В}$ (во вторичных величинах). Коэффициент возврата принимается равным 0,95.		15 В/0,95		
				Принято, что регулирование напряжения на шинах производится без учета падения напряжения. Активное и реактивное сопротивления срабатывания принимаются равными нулю (R = 0, X=0).	0 Ом/0 Ом			
				Выдержки времени: - выдержка времени сигнализации о перегрузке $t_{перегрузка} = 10 \text{ с};$ - выдержка времени на срабатывание при перенапряжении, сопутствующем переключениям РПН $t_{перенапряж1} = 6 \text{ с};$ - выдержка времени на срабатывание при перенапряжении $t_{перенапряж2} = 8 \text{ с};$ - выдержка времени на срабатывание при снижении напряжения $t_{низ,напр} = 10 \text{ с};$ - задержка времени выдачи первичной команды управления «прибавить» $t_{перв,приб} = 2 \text{ с};$ - задержка времени выдачи первичной команды				

Номер ячейки	Наименование функции	КТТ/КТн	Inaгр	Расчетное выражение	Принятое значение уставки		Проверка чувствительности	Выдержка времени
					Первичное	Вторичное		
				управления «убавить» $t_{перв,убав} = 2$ с; - задержка времени выдачи повторной команды управления «прибавить» $t_{повт,приб} = 5$ с; - задержка времени выдачи повторной команды управления «убавить» $t_{повт,убав} = 5$ с; - время ожидания сигнала переключения $t_{ожид,сигн,перекл} = 2$ с; - время ожидания снятия сигнала переключения $t_{ожид,снят,сигн,пер} = 5$ с. Уставки уточняются при ПНР.				
4 секция 6,3 кВ (ВВ4Р)								
8	Ячейка ввода 6,3 кВ АТ2							
	ЛЗШ	400/1	92 А	$I_{с.з} \geq \frac{k_{отс} \cdot k_{сзп}}{k_{в}} I_{раб\ макс} = \frac{1,1 \cdot 2,5}{0,95} \cdot 92 = 267 \text{ А}$	267 А		Проверка при междуфазном КЗ на шинах 6,3 кВ КРУН $k_{ч} = \frac{I_{КЗ,мин}}{I_{с.з}} = \frac{17261}{267} = 64,6 > 1,5$ Чувствительность достаточная	0,1 с
	МТЗ			Согласование с МТЗ СВ $I_{с.з} \geq k_{с} \cdot k_{ток} \cdot (I_{с.з,пред} + I_{раб\ макс}) =$ $= 1,1 \cdot 1 \cdot (294 + 46) = 374 \text{ А}.$ Отстройка от нагрузки с учетом самозапуска $I_{с.з} \geq \frac{k_{отс} \cdot k_{сзп}}{k_{в}} I_{раб\ макс} = \frac{1,1 \cdot 2,5}{0,95} \cdot 92 = 267 \text{ А}$	374 А		Проверка при междуфазном КЗ на выводах НН TN2.2 $k_{ч} = \frac{I_{КЗ,мин}}{I_{с.з}} = \frac{1099}{374} = 2,9 > 1,2$ Проверка при однофазном дуговом КЗ на выводах НН TN2.2 (сопротивление дуги 5 мОм) $k_{ч} = \frac{I_{КЗ,мин}}{I_{с.з}} = \frac{600}{374} = 1,6 > 1.2$ Чувствительность достаточная, пуск по напряжению не используется.	1,6 с
	УРОВ			$I_{с.з} \geq k_{отс} \cdot I_{номд} = 0,1 \cdot 92 = 9,2 \text{ А}$ Расчетное значение уставки меньше минимального значения из задаваемого диапазона уставок устройства. Уставка принимается равной минимально возможному значению.	20 А			0,3 с
5	Ячейка СВ 6,3 кВ							
	ЛЗШ	400/1	92 А	Отстройка от нагрузки $I_{с.з} \geq \frac{k_{отс} \cdot k_{сзп}}{k_{в}} I_{раб\ макс} = \frac{1,1 \cdot 2,5}{0,95} \cdot 92 = 267 \text{ А}$	267 А		Проверка при междуфазном КЗ на шинах 6,3 кВ КРУН $k_{ч} = \frac{I_{КЗ,мин}}{I_{с.з}} = \frac{17261}{267} = 64,6 > 1,5$ Чувствительность достаточная	0,1 с
	МТЗ			Согласование с МТЗ ТСН $I_{с.з} \geq k_{отс} \cdot I_{с.з,смеж} = 1,1 \cdot 267 = 294 \text{ А}$ Отстройка от нагрузки $I_{с.з} \geq \frac{k_{отс} \cdot k_{сзп}}{k_{в}} I_{раб\ макс} = \frac{1,1 \cdot 2,5}{0,95} \cdot 92 = 267 \text{ А}$	294 А		Проверка при междуфазном КЗ на выводах НН ТСН (определяющее за TN2.2) $k_{ч} = \frac{I_{КЗ,мин}}{I_{с.з}^{II}} = \frac{1099}{294} = 3,7 > 1,2$ Проверка при однофазном дуговом КЗ на выводах НН TN2.2 (сопротивление дуги 5 мОм)	1,3 с

Номер ячейки	Наименование функции	КТТ/КТН	Инагр	Расчетное выражение	Принятое значение уставки		Проверка чувствительности	Выдержка времени
					Первичное	Вторичное		
							$k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{КЗ, мин}}}{I_{\text{с.з}}} = \frac{600}{294} = 2,0 > 1,2$ Чувствительность достаточная	
	УРОВ			$I_{\text{с.з}} \geq k_{\text{отс}} \cdot I_{\text{ном,т}} = 0,1 \cdot 92 = 9,2 \text{ А}$ Расчетное значение уставки меньше минимального значения из задаваемого диапазона уставок устройства. Уставка принимается равной минимально возможному значению.	20 А			0,3 с
6	Ячейка линии к TN2.2							
	ТО	400/1	92 А	Отстройка от КЗ за трансформатором $I_{\text{с.з}} \geq k_{\text{отс}} \cdot I_{\text{КЗ, макс}} = 1,15 \cdot 1127 = 1296 \text{ А}$, Отстройка от БНТ $I_{\text{с.з}} \geq k_{\text{бр}} \cdot I_{\text{тр, ном}} = 6 \cdot 92 = 552 \text{ А}$	1296 А		Проверка при междуфазном КЗ на выводах ВН TN2.2 $k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{КЗ, мин}}}{I_{\text{с.з}}} = \frac{13791}{1296} = 10,6 > 1,5$ Чувствительность достаточная	0 с
	МТЗ			$I_{\text{с.з}} \geq \frac{k_{\text{отс}} \cdot k_{\text{сзп}}}{k_{\text{в}}} I_{\text{раб макс}} = \frac{1,1 \cdot 2,5}{0,95} \cdot 92 = 267 \text{ А}$	267 А		Проверка при междуфазном КЗ на выводах НН TN2.2 $k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{КЗ, мин}}}{I_{\text{с.з}}} = \frac{1099}{267} = 4,1 > 1,5$ Чувствительность достаточная. Проверка при однофазном дуговом КЗ на выводах НН TN2.2 (сопротивление дуги 5 мОм) $k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{КЗ, мин}}}{I_{\text{с.з}}} = \frac{600}{267} = 2,2 > 1,5$ Чувствительность достаточная.	1,0 с согласование с МТЗ на стороне НН (0,4 кВ), имеющей время срабатывания 0,5 с.
	ЗП			$I_{\text{с.з}} \geq \frac{k_{\text{отс}}}{k_{\text{в}}} I_{\text{раб макс}} = \frac{1,1}{0,95} \cdot 92 = 107 \text{ А}$	107 А			9 с
	УРОВ			$I_{\text{с.з}} \geq k_{\text{отс}} \cdot I_{\text{номт}} = 0,1 \cdot 92 = 9,2 \text{ А}$ Расчетное значение уставки меньше минимального значения из задаваемого диапазона уставок устройства. Уставка принимается равной минимально возможному значению.	20 А			0,3 с
	АРНТ			Поддерживаемое напряжение $U_{\text{уст}} = 0,4 \text{кВ}$.	0,4 кВ			
				Допустимый диапазон отклонения $dU_{\text{уст}} = k_{\text{отс}} \cdot \Delta U_{\text{ст}} = 1,2 \cdot 0,01 = 0,012 \text{ кВ}$, $\Delta U_{\text{ст}} = \frac{2,5}{100} \cdot 0,4 = 0,01 \text{ кВ}$.	0,01 кВ			
		400/1	92 А	Блокировка по току со стороны ВН $I_{\text{с.з}} \geq \frac{k_{\text{отс}}}{k_{\text{в}}} I_{\text{тр, ном}} = \frac{1,5}{0,95} \cdot 92 = 146 \text{ А}$	146 А/0,95			

Номер ячейки	Наименование функции	КТТ/КТн	Інагр	Расчетное выражение	Принятое значение уставки		Проверка чувствительности	Выдержка времени
					Первичное	Вторичное		
				Коэффициент возврата принимается равным 0,95.				
			1444 А	Блокировка и перегрузка по току со стороны НН $I_{с.з} \geq \frac{k_{отс}}{k_B} I_{тр.НН.ном} = \frac{1,5}{0,95} \cdot 1444 = 2280 \text{ А}$ Коэффициент возврата принимается равным 0,95.	2280 А/0,95			
				Перегрузка по току СВ $I_{с.з} \geq \frac{k_{отс}}{k_B} I_{макс,нагр.СВ} = \frac{1,5}{0,95} \cdot 1444 = 2280 \text{ А}$ Коэффициент возврата принимается равным 0,95.				
				Блокировка при повышении апряжения $U_{ср} = k_{отс} \cdot U_{ном} = 1,2 \cdot 0,4 = 0,48 \text{ кВ.}$ Коэффициент возврата принимается равным 0,95.	0,48 кВ/0,95			
				Блокировка при снижении напряжения $U_{ср} = k_{отс} \cdot U_{ном} = 0,7 \cdot 0,4 = 0,28 \text{ кВ.}$ Коэффициент возврата принимается равным 1,05.				
				Блокировка по U_2 $U_{с.з} = k_{отс} \cdot U_{ном} = 0,06 \cdot 0,4 = 0,024 \text{ кВ.}$ Коэффициент возврата принимается равным 0,95.	0,024 кВ/0,95			
				Блокировка по $3U_0$ $3U_{0ср} = 15 \text{ В}$ (во вторичных величинах). Коэффициент возврата принимается равным 0,95.		15 В/0,95		
				Принято, что регулирование напряжения на шинах производится без учета падения напряжения. Активное и реактивное сопротивления срабатывания принимаются равными нулю ($R = 0, X=0$).	0 Ом/0 Ом			
				Выдержки времени: - выдержка времени сигнализации о перегрузке $t_{перегрузка} = 10 \text{ с};$ - выдержка времени на срабатывание при перенапряжении, сопутствующем переключениям РПН $t_{перенапряж1} = 6 \text{ с};$ - выдержка времени на срабатывание при перенапряжении $t_{перенапряж2} = 8 \text{ с};$ - выдержка времени на срабатывание при снижении напряжения $t_{низ,напр} = 10 \text{ с};$ - задержка времени выдачи первичной команды управления «прибавить» $t_{перв,ком,приб} = 2 \text{ с};$ - задержка времени выдачи первичной команды управления «убавить» $t_{перв,ком,убав} = 2 \text{ с};$ - задержка времени выдачи повторной команды управления «прибавить» $t_{повт,ком,приб} = 5 \text{ с};$ - задержка времени выдачи повторной команды управления «убавить» $t_{повт,ком,убав} = 5 \text{ с};$ - время ожидания сигнала переключения $t_{ожид,сигн,перекл} = 2 \text{ с};$				



Номер ячейки	Наиме- нование функции	Ктт/ Ктн	Інагр	Расчетное выражение	Принятое значение уставки		Проверка чувствительности	Выдержка времени
					Первичное	Вторичное		
				- время ожидания снятия сигнала переключения $t_{\text{ожид,снят,сигн,пер}} = 5 \text{ с.}$ Уставки уточняются при ПНР.				

4 Выбор уставок защит присоединений 0,4 кВ

4.1 Расчет токов короткого замыкания

Схема участка рассматриваемой сети (с указанием расчетных точек КЗ) представлена на рисунке 4.1. В таблице 4.1 приведены рассчитанные значения токов для трехфазного, междуфазного и однофазного КЗ (металлические и через дугу с сопротивлением 15 мОм), приведенные к уровню напряжения 0,4 кВ.

Таблица 4.1 – Рассчитанные значения ТКЗ в аварийном режиме при питании от ДЭС

Точка КЗ	Место наблюдения	К(3), А метал./дуговые	К(2), А метал./дуговые	К(1), А метал./дуговые
ОСН-1				
К1	1 секция шин - 0,4 кВ ВВ1.1Н	4757/ 4110	4332/ 4050	2585/ 2511
К2	QF7 (Сборка питания пожарных насосов ПН 5, 6, 7 (ввод №1))	3239/ 2808	2940/ 2734	1714/ 1477
К3	QF8 (Насос №1 осушения в потерне)	3689/ 3135	3377/ 3107	2013/ 1669
К4	QF4 (Сборка питания АСУ, телемеханики и связи (отм. 96,5))	932/ 875	817/ 791	593/ 571
К5	QF10 (Агрегат зарядно-подзарядный №1)	1960/ 1746	1751/ 1648	1017/ 960
К6	2 секция шин - 0,4 кВ ВВ1.2Н	4757/ 4110	4332/ 4050	2585/ 2511
К7	QF10 (Агрегат зарядно-подзарядный №2)	2029/ 1801	1814/ 1704	1051/ 989
К8	QF4 (Сборка питания АСУ, телемеханики и связи (отм. 92,5))	932/ 875	817/ 791	593/ 571
К9	QF7 (Сборка питания пожарных насосов ПН 5, 6, 7 (ввод №2))	3214/ 2786	2894/ 2697	1637/ 1489
ОСН-2				
К10	1 секция шин - 0,4 кВ ВВ2.1Н	4900/ 4350	4460/ 4234	2610/ 2609
К15	QF1 (секция 2 щита АСН 3Г)	4742/ 3915	4316/ 3933	2508/ 2139
К16	QF2 (секция 2 щита АСН 4Г)	4603/ 3847	4226/ 3871	2441/ 2015
К11	QF2 (Агрегат зарядно-подзарядный №3)	1752/ 1577	1560/ 1477	907/ 862
К12	QF6 (Распределительный щит рабочего освещения 1Л (резервный ввод))	1888/ 1679	1680/ 1579	1093/ 965
К13	1 секция шин - 0,4 кВ ВВ2.2Н	4900/ 4350	4460/ 4234	2610/ 2609
К19	QF3 (секция 2 щита АСН 5Г)	4313/ 3917	3917/ 3517	2245/ 2015



Точка КЗ	Место наблюдения	К(3), А метал./дуговые	К(2), А метал./дуговые	К(1), А метал./дуговые
		3588	3575	1945
K17	QF1 (секция 2 щита АСН 1Г)	4366/ 3628	3967/ 3619	2277/ 1969
K18	QF2 (секция 2 щита АСН 2Г)	4533/ 3755	4122/ 3758	2378/ 2044
K14	QF2 (Агрегат зарядно- подзарядный №4)	1865/ 1669	1663/ 1569	916/ 870
K20	QF3 (секция 2 щита АСН 6Г)	4159/ 3471	3774/ 3447	2155/ 1877
K25	QF3 (Шкаф с АВР (ШАВР) Ввод №1 АСН 1Г)	3531/ 2987	3190/ 2928	1793/ 1595
K31	QF1 (Шкаф распределительный С1 (отм. 92.5) АСН 1Г)	3305/ 2805	2981/ 2739	1674/ 1499
K39	QF4 (Электродвигатель лекажного масляного насоса (отм. 92.5) АСН 1Г)	1442/ 1313	1274/ 1213	915/ 859
K40	QF10 (Электродвигатель дренажного насоса К45/30 (отм. 92.5) АСН 1Г)	1311/ 1203	1156/ 1105	853/ 797
K26	QF3 (Шкаф с АВР (ШАВР) Ввод №1 АСН 2Г)	3648/ 3075	3299/ 3023	1855/ 1644
K32	QF1 (Шкаф распределительный С1 (отм. 92.5) АСН 2Г)	3409/ 2883	3078/ 2823	1728/ 1542
K41	QF4 (Электродвигатель лекажного масляного насоса (отм. 92.5) АСН 2Г)	1463/ 1330	1292/ 1230	931/ 873
K42	QF10 (Электродвигатель дренажного насоса К45/30 (отм. 92.5) АСН 2Г)	1328/ 1217	1171/ 1118	867/ 809
K21	QF3 (Шкаф с АВР (ШАВР) Ввод №1 АСН 3Г)	3792/ 3183	3434/ 3141	2449/ 1705
K29	QF1 (Шкаф распределительный С1 (отм. 92.5) АСН 3Г)	3538/ 2979	3199/ 2927	1795/ 1596
K35	QF4 (Электродвигатель лекажного масляного насоса (отм. 92.5) АСН 3Г)	1488/ 1351	1315/ 1250	950/ 890
K36	QF10 (Электродвигатель дренажного насоса К45/30 (отм. 92.5) АСН 3Г)	1348/ 1234	1189/ 1135	883/ 824
K22	QF2 (Маслонасос МНУ МН-3 (ввод №1 АСН 4Г))	3476/ 2930	3157/ 2889	1800/ 1552
K23	QF3 (Шкаф с АВР (ШАВР) Ввод №1 АСН 4Г)	3692/ 3105	3342/ 3059	1899/ 1678
K24	QF2 (Маслонасос МНУ МН-3 (ввод №2 АСН 4Г))	3476/ 2930	3157/ 2889	1800/ 1552
K30	QF1 (Шкаф распределительный	3447/	3116/	1765/



Точка КЗ	Место наблюдения	К(3), А метал./дуговые	К(2), А метал./дуговые	К(1), А метал./дуговые
	С1 (отм. 92.5) АСН 4Г)	2909	2854	1571
К37	QF4 (Электродвигатель лекажного масляного насоса (отм. 92.5) АСН 4Г)	1467/ 1333	1296/ 1233	940/ 881
К38	QF10 (Электродвигатель дренажного насоса К45/30 (отм. 92.5) АСН 4Г)	1331/ 1219	1174/ 1121	874/ 816
К27	QF3 (Шкаф с АВР (ШАВР) Ввод №1 АСН 5Г)	3494/ 2959	3156/ 2898	1773/ 1579
К33	QF1 (Шкаф распределительный С1 (отм. 92.5) АСН 5Г)	3271/ 2780	2950/ 2712	1657/ 1485
К43	QF4 (Электродвигатель лекажного масляного насоса (отм. 92.5) АСН 5Г)	1436/ 1308	1268/ 1207	910/ 855
К44	QF10 (Электродвигатель дренажного насоса К45/30 (отм. 92.5) АСН 5Г)	1305/ 1198	1151/ 1100	849/ 794
К28	QF3 (Шкаф с АВР (ШАВР) Ввод №1 АСН 6Г)	3387/ 2878	3056/ 2810	1717/ 1534
К34	QF1 (Шкаф распределительный С1 (отм. 92.5) АСН 6Г)	3175/ 2708	2861/ 2634	1607/ 1444
К45	QF4 (Электродвигатель лекажного масляного насоса (отм. 92.5) АСН 6Г)	1416/ 1291	1250/ 1191	895/ 842
К46	QF10 (Электродвигатель дренажного насоса К45/30 (отм. 92.5) АСН 6Г)	1289/ 1184	1136/ 1087	836/ 782

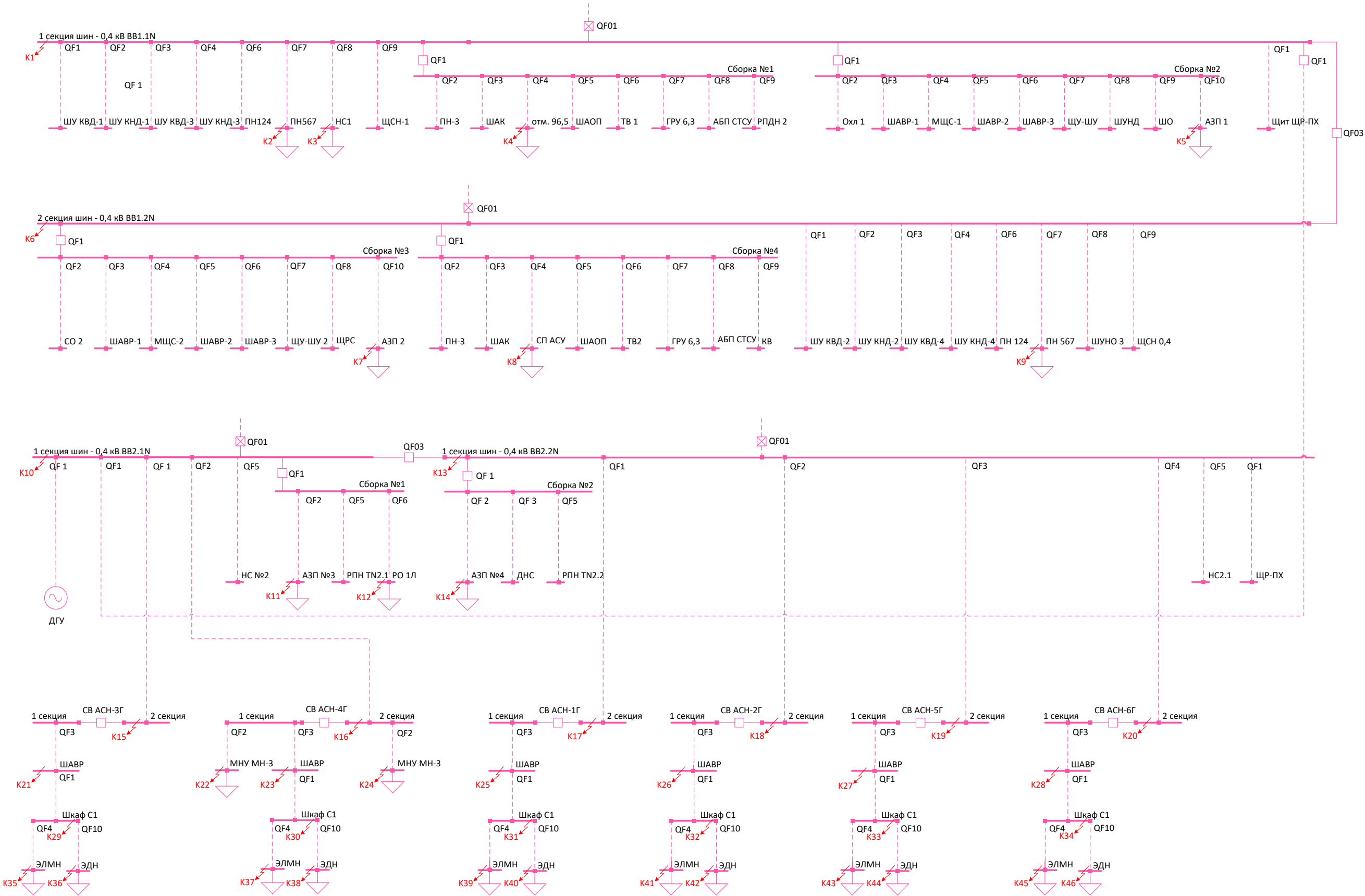


Рисунок 4.1 - Схема участка рассматриваемой сети



4.2 Селективная токовая отсечка

Ток срабатывания селективной ТО $I_{отс}$ электромагнитного расцепителя, с помощью которого осуществляется защита от КЗ, принимается на 20-30 % выше наибольшего значения тока кратковременной перегрузки, возможной в условиях эксплуатации

$$I_{отс} \geq (1,2 \div 1,3) \cdot I_{пер},$$

где $I_{пер}$ – ток кратковременной перегрузки, А.

В качестве тока перегрузки для линейных автоматов принимается длительно допустимый ток кабеля, для вводных и секционных автоматов – номинальный ток аппарата.

Уставку селективной ТО также необходимо проверить по условию согласования с селективными ТО автоматов смежных (нижестоящих) присоединений (если таковые имеются) по выражению

$$I_{отс} \geq k_{н.с} \cdot I_{сз.ТО},$$

где $k_{н.с}$ – коэффициент надежности согласования, равный 1,1;

$I_{сз.ТО}$ – наибольший из токов срабатывания отсечек выключателей отходящих присоединений, А.

Расцепители должны обеспечивать надежную защиту при КЗ в самой удаленной точке защищаемой цепи.

Кратность тока КЗ к уставке электромагнитного расцепителя, определяющая его чувствительность, должна быть не меньше 1,5

$$\frac{I_{КЗ,мин}}{I_{отс}} \geq 1,5.$$

Следовательно,

$$I_{отс} \leq \frac{I_{КЗ,мин}}{1,5},$$

где $I_{КЗ,мин}$ – минимальный ток короткого замыкания в зоне действия защиты, А.

Выдержка времени срабатывания селективной ТО принимается равной минимально возможному значению в том случае, если отсутствуют смежные присоединения.

В случае наличия смежных нижестоящих присоединений выдержка времени выбирается по условию согласования с временем действия ТО смежных автоматов

$$t_{отс} \geq t_{сз.ТО} + \Delta t,$$

где $t_{сз.ТО}$ – выдержка времени ТО смежного автомата, с которой производится согласование, с;
 Δt – ступень селективности, с.



4.3 Защита от перегрузки

Ток уставки теплового элемента, осуществляющего защиту от перегрузки, принимается равным

$$I_{\text{мтз}} = (0,4 - 1)I_{\text{н}},$$

где $I_{\text{н}}$ – номинальный ток автоматического выключателя, А.

4.4 Мгновенная отсечка

Для селективного отключения КЗ на отходящей от сборки (щита) линии выключателем этой линии ток мгновенного срабатывания питающего сборку (щит) выключателя должен быть больше максимального расчетного тока КЗ за выключателем отходящей от сборки (щита) линии

$$I_{\text{с.мгн}} > I_{\text{к.р}}^{(3)}.$$

Для обеспечения селективности во всем диапазоне возможных токов КЗ значение $I_{\text{к.р}}^{(3)}$ принимают равным максимальному току металлического КЗ $I_{\text{кз,макс}}^{(3)}$.



4.5 Расчёт уставок защит присоединений 0,4 кВ

Таблица 4.2 – Расчет уставок присоединений 0,4 кВ

Место установки	Тип расц.	In, А	Защита от перегрузки			Селективная токовая отсечка				Мгновенная токовая отсечка		
			Ir	Ir, А	tn, с	Расчетные выражения		Isd/Ir	Isd, А	tsd, с	Расчетное выражение	Ii, А
ОСН – 1, 1 секции шин – 0,4 кВ ВВ1.1N												
QF7 (Сборка питания пожарных насосов ПН 5, 6, 7 (ввод №1))	Электронный	250	1	250	1	1) $I_{отс} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 166 = 215,8 \text{ А,}$ 2) При КЗ в точке К2 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1477}{1,5} = 984,7 \text{ А.}$	1,5	375	0,1	$I_{отс} \geq I_{кз,макс} = 3239 \text{ А}$	3250	–
QF8 (Насос №1 осушения в потерне)	Электронный	400	1	400	1	1) $I_{отс} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 286 = 371,8 \text{ А,}$ 2) При КЗ в точке К3 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1669}{1,5} = 1112,7 \text{ А.}$	1,5	600	0,1	$I_{отс} \geq I_{кз,макс} = 3689 \text{ А}$	4000	–
QF4 (Сборка питания АСУ, телемеханики и связи (отм. 96,5))	Электронный	100	1	100	1	1) $I_{отс} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 54 = 70,2 \text{ А,}$ 2) При КЗ в точке К4 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{571}{1,5} = 380,6 \text{ А.}$	1,5	150	0,1	$I_{отс} \geq I_{кз,макс} = 932 \text{ А}$	1000	–
QF10 (Агрегат зарядно-подзарядный №1)	Электронный	160	1	160	1	1) $I_{отс} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 110 = 143 \text{ А,}$ 2) При КЗ в точке К5 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{960}{1,5} = 640 \text{ А.}$	1,5	240	0,1	$I_{отс} \geq I_{кз,макс} = 1960 \text{ А}$	2080	–
QF1 (сборка №1)	Электронный	250	1	250	1	1) $I_{отс} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 54 = 70,2 \text{ А,}$ 2) При КЗ в точке К4 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{571}{1,5} = 380,6 \text{ А,}$ 3) При КЗ на Сборке №1 1 секции шин – 0,4 кВ ВВ1.1N $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{2182}{1,5} = 1454,6 \text{ А.}$	1,5	375	0,2	$I_{отс} \geq I_{кз,макс} = 4757 \text{ А}$	5000	–
QF1 (сборка №2)	Электронный	400	1	400	1	1) $I_{отс} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 110 = 143 \text{ А,}$ 2) При КЗ в точке К5 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{960}{1,5} = 640 \text{ А,}$ 3) При КЗ на Сборке №2 1 секции шин – 0,4 кВ ВВ1.1N $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{2169}{1,5} = 1446 \text{ А.}$	1,5	600	0,2	$I_{отс} \geq I_{кз,макс} = 4757 \text{ А}$	4800	–
ОСН – 1, 2 секции шин – 0,4 кВ ВВ1.2N												



Место установки	Тип расц.	In, А	Защита от перегрузки			Селективная токовая отсечка				Мгновенная токовая отсечка		
			Ir	Ir, А	tn, с	Расчетные выражения	Isd/Ir	Isd, А	tsd, с	Расчетное выражение	Ii, А	ti, с
QF10 (Агрегат зарядно-подзарядный №2)	Электронный	160	1	160	1	1) $I_{отс} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 110 = 143 \text{ А,}$ 2) При КЗ в точке К7 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{989}{1,5} = 659,3 \text{ А.}$	1,5	240	0,1	$I_{отс} \geq I_{кз,макс} = 2029 \text{ А}$	2080	—
QF4 (Сборка питания АСУ, телемеханики и связи (отм. 92,5))	Электронный	100	1	100	1	1) $I_{отс} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 54 = 70,2 \text{ А,}$ 2) При КЗ в точке К8 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{571}{1,5} = 380,6 \text{ А.}$	1,5	150	0,1	$I_{отс} \geq I_{кз,макс} = 932 \text{ А}$	1000	—
QF7 (Сборка питания пожарных насосов ПН 5, 6, 7 (ввод №2))	Электронный	250	1	250	1	1) $I_{отс} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 166 = 215,8 \text{ А,}$ 2) При КЗ в точке К9 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1489}{1,5} = 992,7 \text{ А.}$	1,5	375	0,1	$I_{отс} \geq I_{кз,макс} = 3214 \text{ А}$	3250	—
QF1 (сборка №3)	Электронный	400	1	400	1	1) $I_{отс} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 110 = 143 \text{ А,}$ 2) При КЗ в точке К7 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{989}{1,5} = 659,3 \text{ А,}$ 3) При КЗ на Сборке №3 2 секции шин – 0,4 кВ ВВ1.2N $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{2169}{1,5} = 1446 \text{ А.}$	1,5	600	0,2	$I_{отс} \geq I_{кз,макс} = 4757 \text{ А}$	4800	—
QF1 (сборка №4)	Электронный	250	1	250	1	1) $I_{отс} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 54 = 70,2 \text{ А,}$ 2) При КЗ в точке К8 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{571}{1,5} = 380,6 \text{ А,}$ 3) При КЗ на Сборке №4 2 секции шин – 0,4 кВ ВВ1.2N $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{2182}{1,5} = 1454,6 \text{ А.}$	1,5	375	0,2	$I_{отс} \geq I_{кз,макс} = 4757 \text{ А}$	5000	—
ОСН – 2, 1 секции шин – 0,4 кВ ВВ2.1N												
QF1 (Ввод от ДГУ 400 кВт (кабельный ввод))	Микропроц.	1000	1	1000	2	1) $I_{сз} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 1155,8 = 1502,54 \text{ А,}$ 2) При КЗ в точке К10 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1506}{1,5} = 1004 \text{ А.}$	1,5	1500 <i>При выбранной уставке защита чувствительна ко всем КЗ, кроме однофазных</i>	0,4	$I_{отс} \geq I_{кз,макс} = 4900 \text{ А}$	5000	—
QF1 (сборка №1)	Электронный	400	1	400	1	1) $I_{сз} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 190 = 247 \text{ А,}$ 2) $I_{отс} \geq k_{нс} \cdot I_{сз,ТО,см} = 1,1 \cdot 240 = 264 \text{ А,}$ 3) При КЗ в точке К11	1,5	600 <i>Частичное резервирование смежных присоединений</i>	0,2	$I_{отс} \geq I_{кз,макс} = 4900 \text{ А}$	5200	—



Место установки	Тип расц.	In, А	Защита от перегрузки			Селективная токовая отсечка				Мгновенная токовая отсечка		
			Ir	Ir, А	tn, с	Расчетные выражения	Isd/Ir	Isd, А	tsd, с	Расчетное выражение	Ii, А	ti, с
						$I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{862}{1,5} = 574,6 \text{ А},$ 4) При КЗ в точке К12 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{965}{1,5} = 643,3 \text{ А}.$						
QF2 (Агрегат зарядно-подзарядный №3)	Электронный	160	1	160	1	1) $I_{отс} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 110 = 143 \text{ А},$ 2) При КЗ в точке К11 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{862}{1,5} = 574,6 \text{ А}.$	1,5	240	0,1	$I_{отс} \geq I_{кз,макс} = 1752 \text{ А}$	1760	—
QF6 (Распределительный щит рабочего освещения 1Л (резервный ввод))	Электронный	100	1	100	1	1) $I_{отс} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 80 = 104 \text{ А},$ 2) При КЗ в точке К12 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{965}{1,5} = 643,3 \text{ А}.$	1,5	150	0,1	$I_{отс} \geq I_{кз,макс} = 1888 \text{ А}$	1900	—
QF1 (Секция 2 щита АСН 3Г)	Электронный	630	1	630	1	1) $I_{сз} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 15,3 = 19,89 \text{ А},$ 2) При КЗ в точке К15 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{2139}{1,5} = 1426 \text{ А},$ 3) При КЗ в точке К21 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1705}{1,5} = 1136,7 \text{ А}.$	1,5	945	0,3	$I_{отс} \geq I_{кз,макс} = 4742 \text{ А}$	5040	—
QF03 (АСН-3Г-3Н СВ и СР 0,4 кВ)	Микропроц.	630	0,8	504	2	1) $I_{сз} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 15,3 = 19,89 \text{ А},$ При КЗ в точке К21 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1705}{1,5} = 1136,7 \text{ А},$ 2) При КЗ в точке К29 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1596}{1,5} = 1064 \text{ А}.$	1,5	756	0,2	$I_{отс} \geq I_{кз,макс} = 4742 \text{ А}$	5040	—
QF3 (Шкаф с АВР (ввод №1) АСН 3Г)	Электронный	250	1	250	1	1) $I_{сз} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 15,3 = 19,89 \text{ А},$ 2) При КЗ в точке К21 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1705}{1,5} = 1136,7 \text{ А},$ 3) При КЗ в точке К29 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1596}{1,5} = 1064 \text{ А}.$	1,5	375	0,1	$I_{отс} \geq I_{кз,макс} = 3792 \text{ А}$	4000	—
QF1 (Шкаф распределительный С1 (отм	Термомагнитный	100	1	100	ВТХ	1) $I_{сз} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 15,3 = 19,89 \text{ А},$ 2) При КЗ в точке К29	—	5*In	ВТХ	$I_{отс} \geq I_{кз,макс} = 3538 \text{ А}$	— Вывод	—



Место установки	Тип расц.	In, А	Защита от перегрузки			Селективная токовая отсечка				Мгновенная токовая отсечка		
			Ir	Ir, А	tn, с	Расчетные выражения	Isd/Ir	Isd, А	tsd, с	Расчетное выражение	Ii, А	ti, с
92,5) АСН 3Г)						$I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1596}{1,5} = 1064 \text{ А,}$ 3) При КЗ в точке К35 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{885}{1,5} = 590 \text{ А,}$ 4) При КЗ в точке К36 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{823}{1,5} = 548,6 \text{ А.}$						
QF4 (Электродвигатель лекажного насоса (отм. 92,5) АСН 3Г)	Термомагнитный	10	1	10	ВТХ	1) $I_{сз} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 2,3 = 2,99 \text{ А,}$ 2) При КЗ в точке К35 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{890}{1,5} = 593,3 \text{ А.}$	—	(5-10)*In	ВТХ	—	—	—
QF10 (Электродвигатель дренажного насоса К45/30 (отм. 92,5) АСН 3Г)	Термомагнитный	25	1	25	ВТХ	1) $I_{сз} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 13 = 16,9 \text{ А,}$ 2) При КЗ в точке К36 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{824}{1,5} = 549,3 \text{ А.}$	—	(5-10)*In	ВТХ	—	—	—
QF2 (Секция 2 щита АСН 4Г)	Электронный	630	1	630	1	1) $I_{сз} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 263,5 = 342,55 \text{ А,}$ 2) При КЗ в точке К16 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{2015}{1,5} = 1343,3 \text{ А,}$ 3) При КЗ в точке К22 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1482}{1,5} = 988 \text{ А,}$ 4) При КЗ в точке К23 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1545}{1,5} = 1030 \text{ А,}$ 5) При КЗ в точке К24 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1482}{1,5} = 988 \text{ А.}$	1,5	945	0,3	$I_{отс} \geq I_{кз,макс} = 4603 \text{ А}$	5040	—
QF03 (АСН-4Г-3Н СВ и СР 0,4 кВ)	Микропроц.	630	0,8	504	2	1) $I_{сз} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 139,4 = 181,22 \text{ А,}$ 2) При КЗ в точке К22 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1544}{1,5} = 1029,3 \text{ А,}$ 3) При КЗ в точке К23 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1611}{1,5} = 1074 \text{ А.}$	1,5	756	0,2	$I_{отс} \geq I_{кз,макс} = 4603 \text{ А}$	5040	—



Место установки	Тип расц.	In, А	Защита от перегрузки			Селективная токовая отсечка				Мгновенная токовая отсечка		
			Ir	Ir, А	tn, с	Расчетные выражения	Isd/Ir	Isd, А	tsd, с	Расчетное выражение	Ii, А	ti, с
QF2 (Маслонасос МНУ МН-3 (ввод №1))	Электронный	250	0,64	160	1	1) $I_{отс} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 124,1 = 161,33 \text{ А}$, 2) При КЗ в точке К22 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1552}{1,5} = 1034,7 \text{ А}.$	1,5	240	0,1	$I_{отс} \geq I_{кз,макс} = 3476 \text{ А}$	3500	—
QF3 (Шкаф с АВР (ввод №1) АСН 4Г)	Электронный	250	1	250	1	1) $I_{сз} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 15,3 = 19,89 \text{ А}$, 2) При КЗ в точке К23 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1678}{1,5} = 1118,7 \text{ А}$, 3) При КЗ в точке К30 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1571}{1,5} = 1047,3 \text{ А}.$	1,5	375	0,1	$I_{отс} \geq I_{кз,макс} = 3692 \text{ А}$	3750	—
QF2 (Маслонасос МНУ МН-3 (ввод №2))	Электронный	250	0,64	160	1	1) $I_{отс} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 124,1 = 161,33 \text{ А}$, 2) При КЗ в точке К24 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1552}{1,5} = 1034,7 \text{ А}.$	1,5	240	0,1	$I_{отс} \geq I_{кз,макс} = 3476 \text{ А}$	3500	—
QF1 (Шкаф распределительный С1 (отм 92,5) АСН 4Г)	Термомагнитный	100	1	100	ВТХ	1) $I_{сз} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 15,3 = 19,89 \text{ А}$, 2) При КЗ в точке К30 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1571}{1,5} = 1047,3 \text{ А}$, 3) При КЗ в точке К37 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{876}{1,5} = 584 \text{ А}$, 4) При КЗ в точке К38 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{815}{1,5} = 543,3 \text{ А}.$	—	5*In	ВТХ	$I_{отс} \geq I_{кз,макс} = 3447 \text{ А}$	— Вывод	—
QF4 (Электродвигатель лекажного масляного насоса (отм. 92,5) АСН 4Г)	Термомагнитный	10	1	10	ВТХ	1) $I_{сз} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 2,3 = 2,99 \text{ А}$, 2) При КЗ в точке К37 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{881}{1,5} = 587,3 \text{ А}.$	—	(5-10)*In	ВТХ	—	—	—
QF10 (Электродвигатель дренажного насоса К45/30 (отм. 92,5) АСН 4Г)	Термомагнитный	25	1	25	ВТХ	1) $I_{сз} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 13 = 16,9 \text{ А}$, 2) При КЗ в точке К38 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{816}{1,5} = 544 \text{ А}.$	—	(5-10)*In	ВТХ	—	—	—
QF1 (ОСН1-ОСН2)	Электронный.	1250	1	1250	2	1) $I_{сз} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 687 = 893,1 \text{ А}$, 2) $I_{отс} \geq k_{н.с} \cdot I_{сз,ТО,эм} = 1,1 \cdot 600 = 660 \text{ А}$, 3) При КЗ в точке К1	—	Выводится, т.к. при Ir = 1250 А нельзя выставить требуемое	—	$I_{отс} \geq I_{кз,макс} = 4720 \text{ А}$	10000	—



Место установки	Тип расц.	In, А	Защита от перегрузки			Селективная токовая отсечка				Мгновенная токовая отсечка		
			Ir	Ir, А	tn, с	Расчетные выражения	Isd/Ir	Isd, А	tsd, с	Расчетное выражение	Ii, А	ti, с
						$I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1855}{1,5} = 1236,6 \text{ А.}$		значение уставки				
ОСН – 2, 1 секции шин – 0,4 кВ ВВ2.2N												
QF1 (сборка №2)	Электронный	400	1	400	1	1) $I_{сз} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 110 = 143 \text{ А,}$ 2) При КЗ в точке К14 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{870}{1,5} = 580 \text{ А,}$ 3) При КЗ на Сборке №2 1 секции шин – 0,4 кВ ВВ2.2N $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{2609}{1,5} = 1739,3 \text{ А.}$	1,5	600 Чувствительность достаточна только при КЗ на питаемых шинах	0,2	$I_{отс} \geq I_{кз,макс} = 4900 \text{ А}$	5200	–
QF2 (Агрегат зарядно-подзарядный №4	Электронный	160	1	160	1	1) $I_{отс} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 110 = 143 \text{ А,}$ 2) При КЗ в точке К14 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{870}{1,5} = 580 \text{ А.}$	1,5	240	0,1	$I_{отс} \geq I_{кз,макс} = 1865 \text{ А}$	1920	–
QF1 (Секция 2 щита АСН 1Г)	Электронный	630	1	630	1	1) $I_{сз} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 15,3 = 19,89 \text{ А,}$ 2) При КЗ в точке К17 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1969}{1,5} = 1312,6 \text{ А,}$ 3) При КЗ в точке К25 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1595}{1,5} = 1063,3 \text{ А.}$	1,5	945	0,3	$I_{отс} \geq I_{кз,макс} = 4366 \text{ А}$	4410	–
QF03 (АСН-1Г-3Н СВ и СР 0,4 кВ)	Микропроц.	630	0,8	504	2	1) $I_{сз} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 15,3 = 19,89 \text{ А,}$ 2) При КЗ в точке К25 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1595}{1,5} = 1063,3 \text{ А,}$ 3) При КЗ в точке К31 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1499}{1,5} = 999,3 \text{ А.}$	1,5	756	0,2	$I_{отс} \geq I_{кз,макс} = 4366 \text{ А}$	4410	–
QF3 (Шкаф с АВР (ввод №1) АСН 1Г)	Электронный	250	1	250	1	1) $I_{сз} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 15,3 = 19,89 \text{ А,}$ 2) При КЗ в точке К25 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1595}{1,5} = 1063,3 \text{ А,}$ 3) При КЗ в точке К31 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1499}{1,5} = 999,3 \text{ А.}$	1,5	375	0,1	$I_{отс} \geq I_{кз,макс} = 3531 \text{ А}$	3750	–
QF1 (Шкаф распределитель	Термомагнитный	100	1	100	ВТХ	1) $I_{сз} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 15,3 = 19,89 \text{ А,}$	–	5*In	ВТХ	$I_{отс} \geq I_{кз,макс} = 3305 \text{ А}$	–	–



Место установки	Тип расц.	In, А	Защита от перегрузки			Селективная токовая отсечка				Мгновенная токовая отсечка		
			Ir	Ir, А	tn, с	Расчетные выражения	Isd/Ir	Isd, А	tsd, с	Расчетное выражение	Ii, А	ti, с
ный С1 (отм 92,5) АСН 1Г)						2) При КЗ в точке К31 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1499}{1,5} = 999,3 \text{ А},$ 3) При КЗ в точке К39 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{855}{1,5} = 570 \text{ А},$ 4) При КЗ в точке К40 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{797}{1,5} = 531,3 \text{ А}.$					Вывод	
QF4 (Электродвигатель лекажного насоса (отм. 92,5) АСН 1Г)	Термомагнитный	10	1	10	ВТХ	1) $I_{сз} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 2,3 = 2,99 \text{ А},$ 2) При КЗ в точке К39 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{859}{1,5} = 572,7 \text{ А}.$	—	(5-10)*In	ВТХ	—	—	—
QF10 (Электродвигатель дренажного насоса К45/30 (отм. 92,5) АСН 1Г)	Термомагнитный	25	1	25	ВТХ	1) $I_{сз} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 13 = 16,9 \text{ А},$ 2) При КЗ в точке К40 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{797}{1,5} = 531,3 \text{ А}.$	—	(5-10)*In	ВТХ	—	—	—
QF2 (Секция 2 щита АСН 2Г)	Электронный	630	1	630	1	1) $I_{сз} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 15,3 = 19,89 \text{ А},$ 2) При КЗ в точке К18 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{2044}{1,5} = 1362,7 \text{ А},$ 3) При КЗ в точке К26 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1644}{1,5} = 1096 \text{ А}.$	1,5	945	0,3	$I_{отс} \geq I_{кз,макс} = 4533 \text{ А}$	5040	—
QF03 (АСН-2Г-3Н СВ и СР 0,4 кВ)	Микропроц.	630	0,8	504	2	1) $I_{сз} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 15,3 = 19,89 \text{ А},$ 2) При КЗ в точке К26 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1644}{1,5} = 1096 \text{ А},$ 3) При КЗ в точке К32 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1542}{1,5} = 1028 \text{ А}.$	1,5	756	0,2	$I_{отс} \geq I_{кз,макс} = 4533 \text{ А}$	5040	—
QF3 (Шкаф с АВР (ввод №1) АСН 2Г)	Электронный	250	1	250	1	1) $I_{сз} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 15,3 = 19,89 \text{ А},$ 2) При КЗ в точке К26 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1644}{1,5} = 1096 \text{ А},$ 3) При КЗ в точке К32	1,5	375	0,1	$I_{отс} \geq I_{кз,макс} = 3648 \text{ А}$	3750	—



Место установки	Тип расц.	In, А	Защита от перегрузки			Селективная токовая отсечка				Мгновенная токовая отсечка		
			Ir	Ir, А	tn, с	Расчетные выражения	Isd/Ir	Isd, А	tsd, с	Расчетное выражение	Ii, А	ti, с
						$I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1542}{1,5} = 1028 \text{ А} .$						
QF1 (Шкаф распределительный С1 (отм 92,5) АСН 2Г)	Термомагнитный	100	1	100	ВТХ	1) $I_{сз} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 15,3 = 19,89 \text{ А},$ 2) При КЗ в точке К32 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1542}{1,5} = 1028 \text{ А},$ 3) При КЗ в точке К41 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{868}{1,5} = 578,6 \text{ А},$ 4) При КЗ в точке К42 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{808}{1,5} = 538,6 \text{ А}.$	—	5*In	ВТХ	$I_{отс} \geq I_{кз,макс} = 3409 \text{ А}$	— Вывод	—
QF4 (Электродвигатель лекажного насоса (отм. 92,5) АСН 2Г)	Термомагнитный	10	1	10	ВТХ	1) $I_{сз} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 2,3 = 2,99 \text{ А},$ 2) При КЗ в точке К41 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{873}{1,5} = 582 \text{ А} .$	—	(5-10)*In	ВТХ	—	—	—
QF10 (Электродвигатель дренажного насоса К45/30 (отм. 92,5) АСН 2Г)	Термомагнитный	25	1	25	ВТХ	1) $I_{сз} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 13 = 16,9 \text{ А},$ 2) При КЗ в точке К42 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{809}{1,5} = 539,3 \text{ А}.$	—	(5-10)*In	ВТХ	—	—	—
QF3 (Секция 2 щита АСН 5Г)	Электронный	630	1	630	1	1) $I_{сз} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 15,3 = 19,89 \text{ А},$ 2) При КЗ в точке К19 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1945}{1,5} = 1296,7 \text{ А},$ 3) При КЗ в точке К27 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1579}{1,5} = 1052,7 \text{ А} .$	1,5	945	0,3	$I_{отс} \geq I_{кз,макс} = 4313 \text{ А}$	4410	—
QF03 (АСН-5Г-3Н СВ и СР 0,4 кВ)	Микропроц.	630	0,8	504	2	1) $I_{сз} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 15,3 = 19,89 \text{ А},$ 2) При КЗ в точке К27 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1579}{1,5} = 1052,7 \text{ А},$ 3) При КЗ в точке К33 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1485}{1,5} = 990 \text{ А} .$	1,5	756	0,2	$I_{отс} \geq I_{кз,макс} = 4313 \text{ А}$	4410	—
QF3 (Шкаф с АВР (ввод №1)	Электронный	250	1	250	1	1) $I_{сз} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 15,3 = 19,89 \text{ А},$ 2) При КЗ в точке К27	1,5	375	0,1	$I_{отс} \geq I_{кз,макс} = 3494 \text{ А}$	3500	—



Место установки	Тип расц.	In, А	Защита от перегрузки			Селективная токовая отсечка				Мгновенная токовая отсечка		
			Ir	Ir, А	tn, с	Расчетные выражения	Isd/Ir	Isd, А	tsd, с	Расчетное выражение	Ii, А	ti, с
АСН 5Г)						$I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1579}{1,5} = 1052,7 \text{ А},$ 3) При КЗ в точке К33 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1485}{1,5} = 990 \text{ А}.$						
QF1 (Шкаф распределительный С1 (отм 92,5) АСН 5Г)	Термомагнитный	100	1	100	ВТХ	1) $I_{сз} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 15,3 = 19,89 \text{ А},$ 2) При КЗ в точке К33 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1485}{1,5} = 990 \text{ А},$ 3) При КЗ в точке К43 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{850}{1,5} = 566,6 \text{ А},$ 4) При КЗ в точке К44 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{793}{1,5} = 528,6 \text{ А}.$	—	5*In	ВТХ	$I_{отс} \geq I_{кз,макс} = 3271 \text{ А}$	— Вывод	—
QF4 (Электродвигатель лекажного насоса (отм. 92,5) АСН 5Г)	Термомагнитный	10	1	10	ВТХ	1) $I_{сз} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 2,3 = 2,99 \text{ А},$ 2) При КЗ в точке К43 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{855}{1,5} = 570 \text{ А}.$	—	(5-10)*In	ВТХ	—	—	—
QF10 (Электродвигатель дренажного насоса К45/30 (отм. 92,5) АСН 5Г)	Термомагнитный	25	1	25	ВТХ	1) $I_{сз} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 13 = 16,9 \text{ А},$ 2) При КЗ в точке К44 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{794}{1,5} = 529,3 \text{ А}.$	—	(5-10)*In	ВТХ	—	—	—
QF4 (Секция 2 щита АСН 6Г)	Электронный	630	1	630	1	1) $I_{сз} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 15,3 = 19,89 \text{ А},$ 2) При КЗ в точке К20 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1877}{1,5} = 1251,3 \text{ А},$ 3) При КЗ в точке К28 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1534}{1,5} = 1022,7 \text{ А}.$	1,5	945	0,3	$I_{отс} \geq I_{кз,макс} = 4159 \text{ А}$	4410	—
QF03 (АСН-6Г-3Н СВ и СР 0,4 кВ)	Микропроц.	630	0,8	504	2	1) $I_{сз} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 15,3 = 19,89 \text{ А},$ 2) При КЗ в точке К28 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1534}{1,5} = 1022,7 \text{ А},$ 3) При КЗ в точке К34	1,5	756	0,2	$I_{отс} \geq I_{кз,макс} = 4159 \text{ А}$	4410	—

Место установки	Тип расц.	In, А	Защита от перегрузки			Селективная токовая отсечка				Мгновенная токовая отсечка		
			Ir	Ir, А	tn, с	Расчетные выражения	Isd/Ir	Isd, А	tsd, с	Расчетное выражение	Ii, А	ti, с
						$I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1444}{1,5} = 962,3 \text{ А}.$						
QF3 (Шкаф с АВР (ввод №1) АСН 6Г)	Электронный	250	1	250	1	1) $I_{сз} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 15,3 = 19,89 \text{ А},$ 2) При КЗ в точке К28 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1534}{1,5} = 1022,7 \text{ А},$ 3) При КЗ в точке К34 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1444}{1,5} = 962,3 \text{ А}.$	1,5	375	0,1	$I_{отс} \geq I_{кз,макс} = 3387 \text{ А}$	3500	—
QF1 (Шкаф распределительный С1 (отм 92,5) АСН 6Г)	Термомагнитный	100	1	100	ВТХ	1) $I_{сз} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 15,3 = 19,89 \text{ А},$ 2) При КЗ в точке К34 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1444}{1,5} = 962,6 \text{ А},$ 3) При КЗ в точке К45 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{837}{1,5} = 558 \text{ А},$ 4) При КЗ в точке К46 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{781}{1,5} = 520,6 \text{ А}.$	—	5*In	ВТХ	$I_{отс} \geq I_{кз,макс} = 3175 \text{ А}$	— Вывод	—
QF4 (Электродвигатель лекажного насоса (отм. 92,5) АСН 6Г)	Термомагнитный	10	1	10	ВТХ	1) $I_{сз} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 2,3 = 2,99 \text{ А},$ 2) При КЗ в точке К45 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{842}{1,5} = 561,3 \text{ А}.$	—	(5-10)*In	ВТХ	—	—	—
QF10 (Электродвигатель дренажного насоса К45/30 (отм. 92,5) АСН 6Г)	Термомагнитный	25	1	25	ВТХ	1) $I_{сз} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 13 = 16,9 \text{ А},$ 2) При КЗ в точке К46 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{782}{1,5} = 521,3 \text{ А}.$	—	(5-10)*In	ВТХ	—	—	—
СВ – 0,4 кВ												
QF03 (ОСН1-7Н СВ и СР 0,4 кВ)	Микропроц.	2000	1	2000	2	1) $I_{отс} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 330 = 429 \text{ А},$ 2) $I_{отс} \geq k_{н.с} \cdot I_{сз,ТО,см} = 1,1 \cdot 600 = 660 \text{ А},$ 3) При КЗ в точке К6 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{2102}{1,5} = 1401,3 \text{ А},$ 4) При КЗ в точке К9 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1489}{1,5} = 992,7 \text{ А}.$	—	Выводится, т.к. при Ir = 2000 А нельзя выставить требуемое значение уставки	—	$I_{отс} \geq I_{кз,макс} = 4720 \text{ А}$	6000	—

Место установки	Тип расц.	In, А	Защита от перегрузки			Селективная токовая отсечка				Мгновенная токовая отсечка		
			Ir	Ir, А	tn, с	Расчетные выражения	Isd/Ir	Isd, А	tsd, с	Расчетное выражение	Ii, А	ti, с
QF03 (ОСН2-6Н СВ и СР 0,4 кВ)	Микропроц.	1250	1	1250	2	1) $I_{отс} \geq 1,3 \cdot I_{нагр} = 1,3 \cdot 171,2 = 222,6 \text{ А}$, 2) $I_{отс} \geq k_{нс} \cdot I_{с.з,ТО,см} = 1,1 \cdot 945 = 1039,5 \text{ А}$, 3) При КЗ в точке К17 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1887}{1,5} = 1258 \text{ А}$, 4) При КЗ в точке К18 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1958}{1,5} = 1305 \text{ А}$, 5) При КЗ в точке К19 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1863}{1,5} = 1242 \text{ А}$, 6) При КЗ в точке К20 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{1799}{1,5} = 1199,3 \text{ А}$, 7) При КЗ в точке К13 $I_{отс} \leq \frac{I_{кз,мин}}{1,5} = \frac{2172}{1,5} = 1448 \text{ А}$.	—	Выводится, т.к. при Ir = 1250 А нельзя выставить требуемое значение уставки	—	$I_{отс} \geq I_{кз,макс} = 4900 \text{ А}$	5000	—

Таблица регистрации изменений

[illegible]

Приложение А. Письмо АО «СО ЕЭС» с исходными данными

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«СИСТЕМНЫЙ ОПЕРАТОР
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ»

ФИЛИАЛ АО «СО ЕЭС»
«РЕГИОНАЛЬНОЕ ДИСПЕТЧЕРСКОЕ
УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ
ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ»
(Филиал АО «СО ЕЭС» Ярославское РДУ)

пр. Октября, д. 42, стр. 2,
г. Ярославль, Ярославская обл., 150040
Тел.: (4852) 790-015 Факс: (4852) 736-640
E-mail: rdu@yar.so-ups.ru
http://www.so-ups.ru
ОКПО 15064557 ОГРН 1027700201352
ИНН/КПП 7705454461/760602001

Первому заместителю
директора-главному инженеру
Филиала ПАО «РусГидро» -
«Каскад Верхневолжских ГЭС»
Абдурахманову М.А.

	№	
Исх.467.КВГЭС/89-		
на №	МА/002КВВГЭС	от 09.08.2021

О предоставлении информации

Уважаемый Маламагомед Абдулгамидович!

На Ваш запрос направляю данные по токам короткого замыкания на шинах 220 кВ Угличской ГЭС и шинах 110 – 220 кВ Рыбинской ГЭС в максимальном режиме работы Ярославской энергосистемы, эквиваленты прямой и нулевой последовательностей в части модели Угличской ГЭС и Рыбинской ГЭС, а также параметры ЛЭП, отходящих от шин 220 кВ Угличской ГЭС и шин 110 – 220 кВ Рыбинской ГЭС.

Параметры ЛЭП, отходящих от шин 220 кВ Угличской ГЭС и шин 110 – 220 кВ Рыбинской ГЭС, направлены на электронный адрес RoslyakovSV@kvvges.rushydro.ru.

Приложение: 1. Токи КЗ на 1 л;
2. Эквиваленты прямой и нулевой последовательностей в части модели Рыбинской ГЭС на 1 л;
3. Эквиваленты прямой и нулевой последовательностей в части модели Угличской ГЭС на 1 л.

Первый заместитель директора –
главный диспетчер

А.Д. Алюшенко

Ткаченко Наталья Леонидовна
(4852) 79-00-29



Приложение 1
к письму Филиала АО «СО ЕЭС»
Ярославское РДУ
от _____ № _____

Токи КЗ

===== АРМ СРЗА г.Новосибирск ПК ВРИЗ =====
ЗАДАНИЕ- СЕТЬ-ВММС48 от 21.04.2021 ДАТА-11.08.2021. ВРЕМЯ-10:34:28
УЗЕЛ-КЗ 142 146 154
РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА

1-Пояс	Наименование	3х-фазное КЗ	Однофазное КЗ (А0)				
Узла	Узла	I1 (мод/фаза)	I1 (мод/фаза)	I2 (мод/фаза)	3I0 (м/ф)		
U=239.0/0							
142-	РЫБ. ГЭС-220-1	14029 99	5224 98	5224 98	15671	98	
U=119.0/0							
146-	РЫБ. ГЭС-110-1	11081 103	3771 100	3771 100	11312	100	
U=239.5/0							
154-	УГЛ. ГЭС-220-1	12635 101	3730 100	3730 100	11191	100	



Приложение 2
к письму Филиала АО «СО ЕЭС»
Ярославское РДУ
от _____ № _____

Эквиваленты прямой и нулевой последовательностей в части модели Рыбинской ГЭС

===== АРМ СРЗА г.Новосибирск ПК ВРИЗ =====									
ЗАДАНИЕ- СЕТЬ-БММС48 от 21.04.2021 ДАТА-11.08.2021. ВРЕМЯ-10:42:08									
УЗЛЫ-ЕКВ	189	148	185	115					
ПОДРЕЖИМ	1								
ЭЛЕМЕНТ	5/143/189								
ЭЛЕМЕНТ	3/142/148								
ЭЛЕМЕНТ	51/146/186/656/658								
ЭЛЕМЕНТ	52/147/185/657/659								
ЭЛЕМЕНТ	2/114/143								
ЭЛЕМЕНТ	1/115/142								

Подрежим 1									
ЭЛЕМЕНТ	5/143/189	(ВЛ-220КВ РЫБИНСК-ВЕНЕРА	)						
ЭЛЕМЕНТ	3/142/148	(ВЛ-220КВ РЫБИНСК-САТУРН	)						
ЭЛЕМЕНТ	51/146/186/656/	(ВЛ 110 КВ ЩЕРВАКОВСКАЯ-1	)						
ЭЛЕМЕНТ	52/147/185/657/	(ВЛ 110 КВ ЩЕРВАКОВСКАЯ-2	)						
ЭЛЕМЕНТ	2/114/143	(ВЛ-220КВ РЫБИНСК-ПОШЕХОНЬЕ-2	)						
ЭЛЕМЕНТ	1/115/142	(ВЛ-220КВ РЫБИНСК-ПОШЕХОНЬЕ-1	)						

Узлы эквивалентирования									
Узел	U по шкале		U расчетное (модуль, фаза)						
115 (УЗ ПОДК РЫБ-П-1)	230.0		241.4	-0.0					
148 (ПС САТУРН-220-2)	230.0		239.0	0.1					
185 (ВОСТОЧНАЯ-110-2)	115.0		118.8	0.1					
189 (ПС ВЕНЕРА-220-1)	230.0		238.9	0.1					

ЭКВИВАЛЕНТНАЯ СХЕМА ЗАМЕЩЕНИЯ									
Ветвь	R1+jX1	R0+jX0	Ктр	E (мод, фаза)					
0-115	3.002	17.937	6.621	31.483	-	245.2	-0.1		
R2+jX2=	3.002	17.937							
(0 - УЗ ПОДК РЫБ-П-1)									
0-148	-	-	0.960	101.650	-	-	-		
R2+jX2=	-	-							
(0 - ПС САТУРН-220-2)									
0-185	3.889	10.508	3.065	15.746	-	117.1	0.1		
R2+jX2=	3.889	10.508							
(0 - ВОСТОЧНАЯ-110-2)									
0-189	4.675	29.251	2.520	23.180	-	239.6	0.2		
R2+jX2=	4.675	29.255							
(0 - ПС ВЕНЕРА-220-1)									
115-148	-	-	-323385.000	380359.969	-	-	-		
R2+jX2=	-	-							
(УЗ ПОДК РЫБ-П-1 - ПС САТУРН-220-2)									
115-185	2383.386	3068.766	-	-	2.000	-	-		
R2+jX2=	2383.379	3068.752							
(УЗ ПОДК РЫБ-П-1 - ВОСТОЧНАЯ-110-2)									
115-189	3540.660	6786.306	-18975.850	42598.062	-	-	-		
R2+jX2=	3540.340	6785.399							
(УЗ ПОДК РЫБ-П-1 - ПС ВЕНЕРА-220-1)									
148-185	-	-	178699.469	376608.812	2.000	-	-		
R2+jX2=	-	-							
(ПС САТУРН-220-2 - ВОСТОЧНАЯ-110-2)									
148-189	0.864	3.731	3.670	9.600	-	-	-		
R2+jX2=	0.864	3.731							
(ПС САТУРН-220-2 - ПС ВЕНЕРА-220-1)									
185-189	1.088	5.611	4.995	23.155	0.500	-	-		
R2+jX2=	1.088	5.611							
(ВОСТОЧНАЯ-110-2 - ПС ВЕНЕРА-220-1)									



Приложение 3
к письму Филиала АО «СО ЕЭС»
Ярославское РДУ
от _____ № _____

Эквиваленты прямой и нулевой последовательностей в части модели Угличской ГЭС

===== АРМ СРЗА г.Новосибирск ПК БРИЗ =====									
ЗАДАНИЕ-	СЕТЬ-БММС48	от 21.04.2021	ДАТА-11.08.2021.	ВРЕМЯ-10:40:42					
УЗЛЫ-ЕКВ	189 93 157 249								
ПОДРЕЖИМ	1								
ЭЛЕМЕНТ	8/189/154								
ЭЛЕМЕНТ	7/152/164								
ЭЛЕМЕНТ	25/164/157								
ЭЛЕМЕНТ	26/154/157								
ЭЛЕМЕНТ	11/154/249								

Подрежим 1									
ЭЛЕМЕНТ	8/189/154	(ВЛ-220КВ ВЕНЕРА-УГЛИЧ	)						
ЭЛЕМЕНТ	7/152/164	(ВЛ-220КВ ВЕГА-УГЛИЧ	)						
ЭЛЕМЕНТ	25/164/157	(ВЛ-220КВ УГЛИЧ-ЗАРЯ (ВОС)	)						
ЭЛЕМЕНТ	26/154/157	(ВЛ-220КВ УГЛИЧ-ЗАРЯ (ЗАП)	)						
ЭЛЕМЕНТ	11/154/249	(ВЛ-220КВ ЯРОСЛАВЛЬ-УГЛИЧ	)						

Узлы эквивалентирования									
Узел	У по шкале	У расчетное (модуль, фаза)							
93 (ЛС-1 ПС ВЕГА)	230.0	239.3	0.1						
157 (ПС ЗАРЯ-220)	230.0	246.1	-0.0						
189 (ПС ВЕНЕРА-220-1)	230.0	238.9	0.1						
249 (ЯРОСЛАВСК-220-1)	230.0	235.6	0.2						

ЭКВИВАЛЕНТНАЯ СХЕМА ЗАМЕЩЕНИЯ									
Ветвь	R1+jX1	R0+jX0	Ктр	Е (мод, фаза)					
0-93	23.919	251.268	4.050	101.367	-	231.5	0.2		
R2+jX2=	23.919	251.268							
(0 - ЛС-1 ПС ВЕГА)									
0-157	1.957	10.087	2.077	15.653	-	248.6	-0.0		
R2+jX2=	1.958	10.110							
(0 - ПС ЗАРЯ-220)									
0-189	2.146	16.301	1.745	10.902	-	238.8	0.1		
R2+jX2=	2.146	16.301							
(0 - ПС ВЕНЕРА-220-1)									
0-249	1.230	9.430	1.485	11.178	-	234.4	0.2		
R2+jX2=	1.230	9.430							
(0 - ЯРОСЛАВСК-220-1)									
93-189	5.770	24.079	30.196	68.880	-	-	-		
R2+jX2=	5.770	24.079							
(ЛС-1 ПС ВЕГА - ПС ВЕНЕРА-220-1)									
93-249	2026.419	2451.722	543598.312	738520.250	-	-	-		
R2+jX2=	2026.419	2451.722							
(ЛС-1 ПС ВЕГА - ЯРОСЛАВСК-220-1)									
189-249	41.009	128.095	2213.120	4101.011	-	-	-		
R2+jX2=	41.009	128.095							
(ПС ВЕНЕРА-220-1 - ЯРОСЛАВСК-220-1)									