

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования**  
**«Южно-Уральский государственный университет»**  
**(национальный исследовательский университет)**  
**Политехнический институт**  
**Факультет Заочный**  
**Кафедра «Электрические станции, сети и системы электроснабжения»**

**РАБОТА ПРОВЕРЕНА**

Рецензент, должность

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ**

Заведующий кафедрой, д.т.н., профессор

\_\_\_\_\_/ И.М. Кирпичникова /

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Электроснабжение газоочистных сооружений**

(наименование темы работы)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

**ЮУрГУ – 13.03.02.2018.220.ВКР**

(код направления, год, номер студенческого)

**Руководитель, доцент, к.т.н.**

\_\_\_\_\_/ Ю.В. Коровин /

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

**Автор**

**студент группы ПЗ – 590с.**

\_\_\_\_\_/ С.А. Пашнин /

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

**Нормоконтролер, доцент, к.т.н.**

\_\_\_\_\_/ Ю.В. Коровин /

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

**Челябинск 2018**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(национальный исследовательский университет)

Институт Политехнический  
Факультет Энергетический  
Кафедра Электрические станции, сети и системы электроснабжения  
Направление Электроэнергетика и электротехника

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_/И.М. Кирпичникова/  
\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

### ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу студента

Пашнина Сергея Алексеевича

(Ф. И.О. полностью)

Группа ПЗ-590с

1. Тема выпускной квалификационной работы

Электроснабжение газоочистных сооружений

утверждена приказом по университету от 25 декабря 2017г. № 2438, приложение  
№18

2. Срок сдачи студентом законченной работы 09 января 2018г.

3. Исходные данные к работе

Номинальная мощность газоочистных сооружений (ГОС), номинальная  
мощность производственных цехов завода, классы напряжений на линии и на  
подстанциях, схема электроснабжения ГОС.





## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

| Наименование этапов<br>выпускной квалификационной работы                         | Срок выполнения<br>этапов работы | Отметка о<br>выполнении<br>руководителя |
|--|----------------------------------|---|
| Анализ исходных данных<br>Схема подключения ГПП<br>Выбор силовых трансформаторов | 1 неделя                         |   |
| Расчет токов КЗ  | 1 неделя                         |   |
| Выбор оборудования РУ высшего<br>напряжения                                      | 1 неделя                         |   |
| Выбор оборудования РУ низшего<br>напряжения                                      | 2 неделя                         |   |
| Разработка системы контроля<br>загазованности                                    | 1 неделя                         |   |
| Выполнение чертежей к КВР  | 1 неделя                         |   |
|  |                                  |   |
|  |                                  |   |
|  |                                  |   |
|  |                                  |   |
|  |                                  |   |
|  |                                  |   |
|  |                                  |   |
|  |                                  |   |
|  |                                  |   |
|  |                                  |   |

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_/И.М. Кирпичникова/

Руководитель работы \_\_\_\_\_/Ю.В. Коровин/

Студент \_\_\_\_\_/С.А. Пашнин/

## АННОТАЦИЯ

Пашнин С.А. Электроснабжение газоочистных сооружений. – Челябинск: ЮУрГУ, ПЗ-590с, 2018, 62 с., 10 ил., 19 табл., библиогр. список – 19 наим., 5 листов чертежей ф. А1.

Выполнен расчет для выбора силовых трансформаторов, произведена проверка выбранных силовых трансформаторов на способность работы в аварийном режиме. Указан перспективный по шкале мощности трансформатор для расчета рабочих токов и для выбора оборудования распределительных устройств.

Выполнен расчет токов нормального и аварийного режимов, и токов короткого замыкания на стороне высшего и низшего напряжений, 110 кВ и 6.3 кВ соответственно.

Из справочной литературы выбрано оборудование распределительных устройств на стороне высшего и низшего напряжений. Произведена проверка данного оборудования на способность работы в аварийном режиме. В соответствии с расчетами, из справочной литературы выбраны проводники для ошиновки распределительных устройств, произведена проверка данных проводников на способность работы в аварийном режиме.

Для предотвращения аварийных ситуаций на территории газоочистных сооружений предусмотрена система контроля загазованности объекта.

Все расчеты и оформление выпускной квалификационной работы выполнены с использованием программных комплексов «Microsoft Office», «ТоКо STD», «MathCad», «AutoCad».

|                     |             |                          |                |             |   |                             |             |               |
|---------------------|-------------|--------------------------|----------------|-------------|---|-----------------------------|-------------|---------------|
|                     |             |                          |                |             | <i>13.03.02.2018.220.ВКР</i>                            |                             |             |               |
| <i>Изм.</i>         | <i>Лист</i> | <i>№ документа</i>       | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> |   |                             |             |               |
| <i>Разработал</i>   |             | <i>Пашнин С.А.</i>       |                |             | <b>Электроснабжение<br/>газоочистных<br/>сооружений</b> | <i>Лит.</i>                 | <i>Лист</i> | <i>Листов</i> |
| <i>Проверил</i>     |             | <i>Коровин Ю.В.</i>      |                |             |   | <i>В</i>                    | <i>6</i>    | <i>62</i>     |
| <i>Рецензент</i>    |             |                          |                |             |   | <i>ЮУрГУ кафедра ЭССиСЭ</i> |             |               |
| <i>Н. Контролер</i> |             | <i>Коровин Ю.В.</i>      |                |             |   |                             |             |               |
| <i>Утвердил</i>     |             | <i>Кирпичникова И.М.</i> |                |             |   |                             |             |               |

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|  |    |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ.....  | 8  |
| 1 АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ .....   | 9  |
| 2 СХЕМА ПОДКЛЮЧЕНИЯ ГПП.....   | 10 |
| 3 ВЫБОР СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ.....   | 11 |
| 4 РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ.....  | 13 |
| 4.1 Расчет рабочих токов нормального и аварийного режимов.....   | 14 |
| 4.2 Расчет токов короткого замыкания.....  | 16 |
| 5 ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ<br>ВЫСШЕГО И НИЗШЕГО НАПРЯЖЕНИЙ .....                         | 20 |
| 5.1 Выбор оборудования распределительного устройства в цепях<br>трансформатора высшего напряжения 110 кВ ..... | 20 |
| 5.2 Выбор оборудования распределительного устройства в цепях<br>трансформатора низшего напряжения 6,3 кВ.....  | 35 |
| 5.3 Выбор оборудования в цепях газоочистных сооружений .....   | 43 |
| 6 СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ЗАГАЗОВАННОСТИ ТЕРРИТОРИИ<br>ГАЗООЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ.....                                   | 49 |
| 6.1 Назначение системы .....   | 49 |
| 6.2 Цели создания системы .....  | 49 |
| 6.3 Описание объекта автоматизации .....   | 50 |
| 6.4 Основные технические решения .....   | 51 |
| 6.5 Сведения об основных технических средствах системы.....  | 53 |
| 6.6 Электропитание технических средств .....   | 55 |
| 6.7 Требования к режиму работы системы.....  | 56 |
| 6.8 Функции КТС системы.....   | 56 |
| 6.6 Решения по размещению КТС системы на объекте .....   | 58 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....   | 60 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....   | 61 |

|      |      |          |         |      |                       |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                       |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                       |  |  |  | 7    |
| Изм. | Лист | № Докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2018.220.ВКР |  |  |  |      |

## ВВЕДЕНИЕ

В современном обществе вопрос об охране окружающей среды все чаще и чаще выходит на повестку дня. Число предприятий, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, растет каждый год, соответственно, должны разрабатываться и приниматься меры для противодействия разного рода промышленным загрязнениям.

Примером такого противодействия является возведение на территории первоуральского новотрубного завода комплекса газоочистных сооружений. Данный комплекс очищает поступающий из производственных цехов газ от агрессивных сред, и далее очищенный газ выбрасывается в атмосферу.

Для очистки газа на комплексе установлены автономные системы газоочистных аппаратов со всем необходимым оборудованием. Системы должны быть обеспечены электрической мощностью, достаточной для бесперебойной работы сооружений. В целях обеспечения газоочистных сооружений достаточной мощностью комплекс оснащается собственной электрической подстанцией. Электрическая подстанция – это электроустановка, предназначенная для приема, преобразования и распределения электрической энергии, состоящая из трансформаторов или других преобразователей электрической энергии, устройств управления, распределительных и вспомогательных устройств.

Для предотвращения аварийных ситуаций на территории комплекса газоочистных сооружений необходима система контроля загазованности объекта. Такие системы строятся на базе проектных решений по размещению газоанализаторов на территории в соответствии с требованиями нормативных документов.

|      |      |          |         |      |                       |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |         |      | 13.03.02.2018.220.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № Докум. | Подпись | Дата |                       | 8    |



## 1 АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

Комплекс газоочистных сооружений предполагает несколько этапов развития. Первый этап (первая очередь) включает в себя возведение здания, предназначенного для установки в нем автономных систем газоочистных аппаратов со всем необходимым оборудованием, а также установки собственной питающей подстанции. Второй этап (вторая очередь) включает в себя возведение аналогичного здания, но реализация второго этапа запланирована после увеличения объемов производства на заводе.

Номинальная мощность первой очереди составляет 5,66 МВА, класс напряжения установленной подстанции 6,3 кВ. Питание данной подстанции осуществляется от главной понизительной подстанции (ГПП), подключенной через силовые трансформаторы к линии электропередач (ЛЭП) напряжением 110 кВ. ГПП имеет одну ступень понижения, 110 кВ на 6,3 кВ. Помимо присоединяемой первой очереди, к ГПП также присоединяются производственные цеха первоуральского новотрубного завода. Номинальная мощность производственных цехов составляет 22,2 МВА с классом напряжения 6,3 кВ. Таким образом, общая номинальная мощность всех присоединений с классом напряжения 6,3 кВ составляет 27,86 МВА.

В перспективе на заводе запланировано увеличение объемов производства, вслед за чем неизбежно увеличится номинальная мощность производственных цехов, и, как упоминалось выше, строительство второй очереди комплекса газоочистных сооружений. Таким образом, нагрузка на ГПП значительно возрастет, следовательно, необходимо предусмотреть "запас" по мощности на распределительном устройстве.

|      |      |          |         |      |                       |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |         |      | 13.03.02.2018.220.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № Докум. | Подпись | Дата |                       | 9    |

## 2 СХЕМА ПОДКЛЮЧЕНИЯ ГПП

Для определения схемы подключения завода к проходящей ЛЭП необходимо присвоить категорию по надежности электроснабжения потребителю. Так как перерыв в электроснабжении завода не создаёт опасность человеческой жизни, государства и не может создать аварийную ситуацию, которая выльется в большой материальный ущерб, то такому потребителю присваивается II категория по надежности электроснабжения.

По вышеуказанной категории питание осуществляется минимум от двух независимых источников. Таким образом, подключение ГПП к проходящей ЛЭП осуществляется через два силовых трансформатора напряжения. Силовые трансформаторы преобразовывают 110 кВ в 6,3 кВ, далее к шинам низшего напряжения 6,3 кВ подключается нагрузка завода. Ниже на рисунке 2.1 изображена однолинейная структурная схема подключения ГПП завода 110 кВ/6,3 кВ к проходящим ЛЭП.

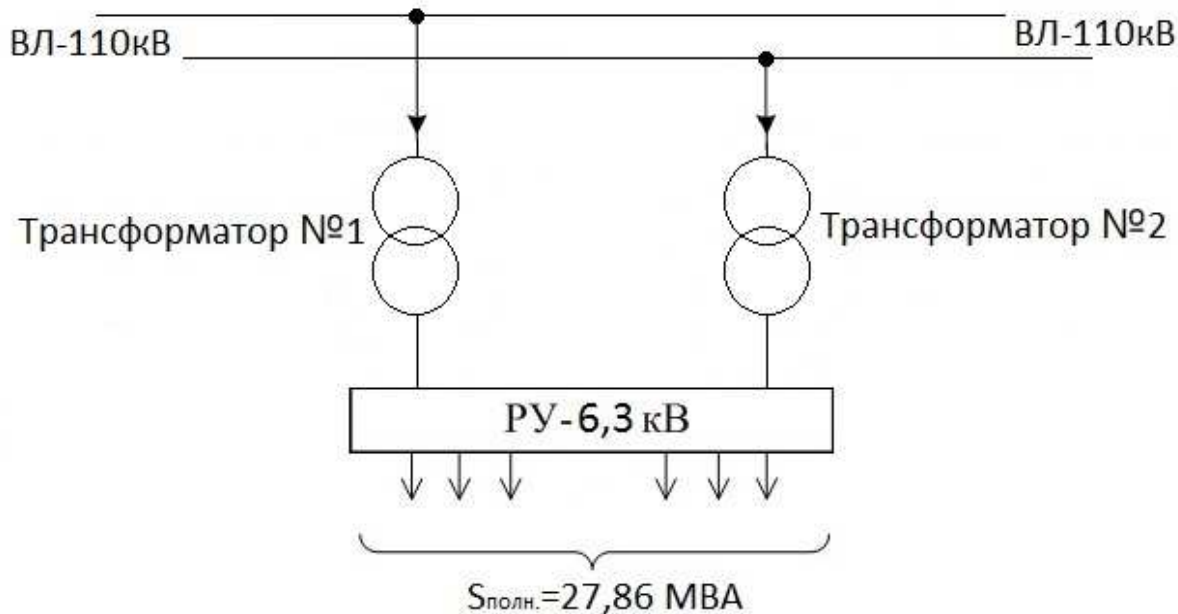


Рисунок 2.1 – Структурная схема подключения ГПП.

|      |      |          |         |      |                       |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                       |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                       |  |  |  | 10   |
| Изм. | Лист | № Докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2018.220.ВКР |  |  |  |      |

### 3 ВЫБОР СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

На ГПП завода будут установлены два силовых трансформатора. Установка одного силового трансформатора в данном случае недопустима по условиям надежности электроснабжения потребителя. Устанавливать три трансформатора и более также нецелесообразно, так как это увеличит общую стоимость подстанции. В общем случае рекомендуется устанавливать на подстанции два силовых трансформатора. Данное техническое решение обеспечивает минимальные приведенные затраты и надежное электроснабжение потребителя.

Выбор мощности силовых трансформаторов производится таким образом, чтобы при выходе из работы одного трансформатора оставшийся в работе трансформатор обеспечивал питание нагрузки с учетом допустимой перегрузки. Таким образом, для обеспечения надежного электроснабжения на подстанции предусматриваем установку двух трансформаторов, а в случае вынужденного отключения одного из трансформаторов второй принимает на себя всю нагрузку подстанции и может быть нагружен до  $1,4 \cdot S_{\text{НОМ.Т}}$ .

В аварийных режимах допускается перегрузка трансформаторов на 40% на время максимума общей суточной нагрузки продолжительностью не более 6 часов в течение 5 суток подряд.

Мощность одного трансформатора равна:

$$S_{\text{расч}} = 0,7 \cdot S_{\text{НОМ}}; \quad (3.1)$$

$$S_{\text{расч}} = 0,7 \cdot 27,66 = 19,36 \text{ МВА.}$$

Условие для выбора трансформатора по мощности:

$$S_{\text{НОМ.Т}} \geq S_{\text{расч}}. \quad (3.2)$$

Принимаем трансформатор ТРДН – 25000/110/6,3/6,3 – стационарный силовой масляный трехфазный трехобмоточный трансформатор мощностью 25000 кВА напряжением 110 кВ общего назначения с регулированием напряжения под нагрузкой и расщепленной обмоткой низшего напряжения.

|      |      |          |         |      |                       |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                       |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                       |  |  |  | 11   |
| Изм. | Лист | № Докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2018.220.ВКР |  |  |  |      |

Трансформатор предназначен для преобразования электрической энергии переменного тока класса напряжения 110 кВ в электрическую энергию класса напряжения 6 или 10 кВ низшего напряжения.

Проверим выбранный трансформатор по условию (3.2):

$$25 \text{ МВА} > 19,36 \text{ МВА.}$$

Параметры выбранного трансформатора сведем в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Технические параметры трансформатора ТРДН-25000/110 [4]

| $S_{\text{НОМ}}$ ,<br>МВ·А | $U_{\text{НОМ}}$ обмоток, кВ |     | Потери, кВт |     | Напряже-<br>ние корот-<br>кого замы-<br>кания, % | Схема и<br>группа<br>соединения<br>обмоток |
|----------------------------|------------------------------|-----|-------------|-----|--|--|
|                            | ВН                           | НН  | ХХ          | КЗ  |  |  |
| 25                         | 110                          | 6,3 | 31          | 120 | 10,5   | Y/Δ/Δ                                      |

Проверим загрузку трансформатора:

– в нормальном режиме:

$$K_{\text{з.н.р}} = \frac{S_{\text{нагр}}}{2 \cdot S_{\text{н.т}}}; \quad (3.3)$$

$$K_{\text{з.н.р}} = \frac{27,66}{2 \cdot 25} = 0,55 < 0,7,$$

следовательно, выбранная мощность трансформаторов приемлема.

– в аварийном режиме:

$$K_{\text{з.н.р}} = \frac{S_{\text{нагр}}}{2 \cdot S_{\text{н.т}}}; \quad (3.4)$$

$$K_{\text{з.н.р}} = \frac{27,66}{25} = 1,1 < 1,4 ,$$

следовательно, выбранная мощность трансформаторов приемлема.

В связи с вышесказанным (см. анализ исходных данных) для расчетов принимаем перспективный силовой трансформатор, следующий по шкале мощности за принятым к установке на подстанции – ТРДН 40000/110/6,3/6,3. Соответственно, на перспективу все коммутационное оборудование выбираем по мощности перспективного трансформатора.

## 4 РАСЧЕТ РАБОЧИХ ТОКОВ И ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

### 4.1 Расчет рабочих токов нормального и аварийного режимов

Продолжительные рабочие токи определяются для выбора коммутационных аппаратов, проводников и других элементов подстанций. Рабочие токи разделяют на нормальный и аварийный режимы.

Нормальный режим предусмотрен планом эксплуатации. В данном режиме функционируют все элементы электроустановки, без вынужденных отключений и без перегрузок.

Аварийный режим – это режим плановых профилактических и капитальных ремонтов, а также режим, в котором часть элементов электроустановки вышла из строя или выведена в ремонт вследствие аварийного отключения. Считаем, что в утяжеленном режиме один из трансформаторов отключен.

Для выбора коммутационной аппаратуры, проводников и других элементов подстанции следует ориентироваться на аварийный режим работы, так как при аварийном режиме протекают максимально возможные рабочие токи. Таким образом, расчетными токами режимов являются:  $I_{\text{норм}}$  – наибольший ток нормального режима;  $I_{\text{мах}}$  – наибольший ток ремонтного или аварийного режима. Определим расчетные токи в цепях высшего и низшего напряжений по формулам, представленным ниже. При определении расчетных токов в цепи трансформаторов учитываем, что оборудование и ошиновка в данном присоединении должны выбираться, как правило, с учетом установки в перспективе трансформатора, следующего по шкале мощности.

|      |      |          |         |      |                       |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                       |  |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                       |  |  |  |  | 13   |
| Изм. | Лист | № Докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2018.220.ВКР |  |  |  |  |      |

Токи в цепях трансформатора высшего напряжения 110 кВ:  
– в нормальном режиме:

$$I_{\text{раб}} = S_{\text{ном.тр}} / \sqrt{3} U_{\text{н}}, \quad (4.1)$$

где  $S_{\text{ном.тр}}$  – мощность трансформатора, кВ·А;

$U_{\text{ном}}$  – номинальный класс напряжения трансформатора, кВ.

$$I_{\text{раб}} = 40000 / \sqrt{3} \times 110 = 210 \text{ А.}$$

– в аварийном режиме, максимально возможный ток в цепях трансформатора 110 кВ при аварийной перегрузке:

$$I_{\text{мах}} = 1,4 S_{\text{ном.тр}} / \sqrt{3} U_{\text{н}}; \quad (4.2)$$

$$I_{\text{мах}} = 1,4 \times 40000 / \sqrt{3} \times 110 = 294 \text{ А.}$$

Токи в цепях трансформатора низшего напряжения 6,3 кВ:

– в нормальном режиме:

$$I_{\text{раб}} = S_{\text{ном.тр.нн}} / \sqrt{3} U_{\text{н}}, \quad (4.3)$$

где  $S_{\text{ном.тр.нн}}$  – мощность обмотки н.н. трансформатора, кВ·А,

$$I_{\text{раб.}} = 20000 / \sqrt{3} \times 6,3 = 1,83 \text{ кА.}$$

– в аварийном режиме максимально возможный ток в цепях трансформатора 6,3 кВ при аварийной перегрузке:

$$I_{\text{мах}} = 1,4 S_{\text{ном.тр.нн}} / \sqrt{3} U_{\text{н}}; \quad (4.4)$$

$$I_{\text{мах}} = 1,4 \times 20000 / \sqrt{3} \times 6,3 = 2,56 \text{ кА.}$$

|      |      |          |         |      |                       |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                       |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                       |  |  |  | 14   |
| Изм. | Лист | № Докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2018.220.ВКР |  |  |  |      |

Для выбора оборудования подстанции ГОС первой очереди рассчитаем максимально возможный ток на данной подстанции при полной нагрузке. Номинальная мощность газоочистных сооружений  $S_{\text{ном.гос}} = 5660 \text{ВА}$ , таким образом, найдем максимально возможный ток:

$$I_{\text{max}} = S_{\text{ном.гос}} / \sqrt{3} U_{\text{н}}; \quad (4.5)$$

$$I_{\text{max}} = 5660 / \sqrt{3} \times 6,3 = 0,519 \text{ кА}.$$

#### 4.2 Расчет токов короткого замыкания

Определение токов короткого замыкания необходимо для выбора электрических аппаратов и токоведущих частей станции и подстанций (выключателей, разъединителей, сборных шин и др.). Проверка на электродинамическую и термическую стойкость шин и агрегатов производится по току трёхфазного КЗ [2].

Рассчитаем токи короткого замыкания на стороне высшего и низшего напряжения подстанций в программе «ТоКо STD».

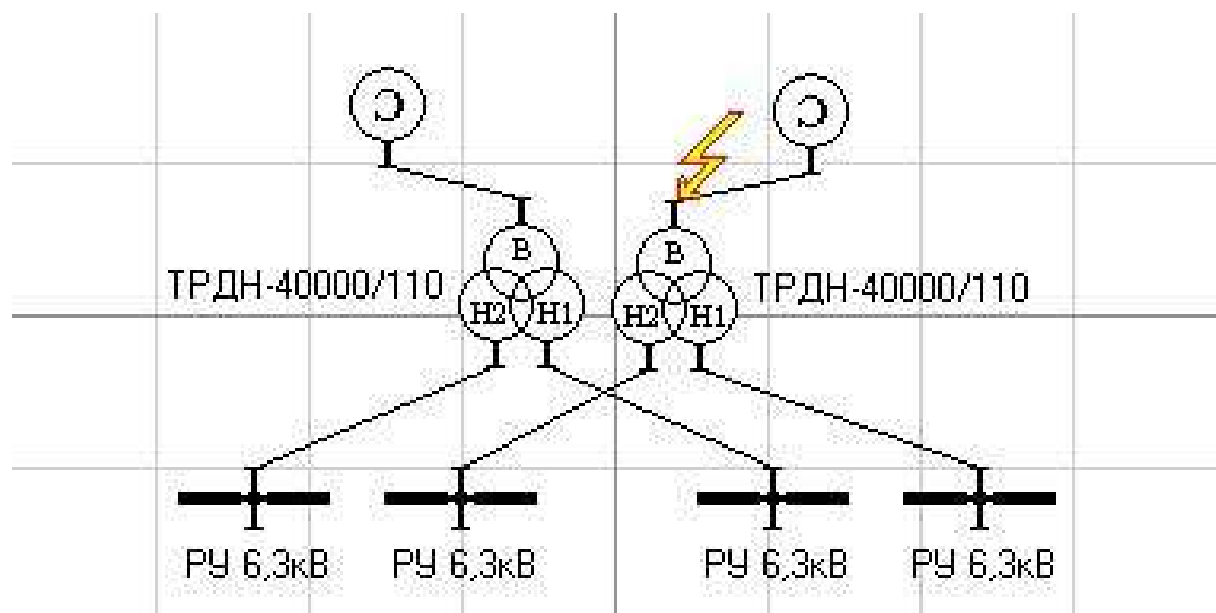
Программа «ТоКо» – предназначена для расчета токов короткого замыкания (КЗ) в электроэнергетических системах свыше 1 кВ и может быть использована при выборе и проверке электрооборудования, а также уставок РЗ по условиям короткого замыкания. Вычисления проводятся в соответствии с рекомендациями руководящих указаний по расчету токов короткого замыкания РД 153-34.0-20.527-98.

Программа оснащена дружественным графическим интерфейсом для ввода расчетной схемы, универсальной подборкой элементов с широкими возможностями ввода параметров, системой подсказок, встроенной базой данных каталожных параметров электрооборудования и комплектом типовых кривых.

|      |      |          |         |      |                       |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                       |  |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                       |  |  |  |  | 15   |
| Изм. | Лист | № Докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2018.220.ВКР |  |  |  |  |      |








**Результаты расчета**

**Значение периодической составляющей тока в месте трехфазного КЗ через 0,03 с**

  $I_{a1} = 13,053 \text{ кА}$ , фаза: -90 град;  
 $I_{a2} = 0 \text{ кА}$ , фаза: 0 град;  
 $I_{a0} = 0 \text{ кА}$ , фаза: 0 град;  
 $I_k = 13,053 \text{ кА}$ , фаза: -90 град;

OK

---

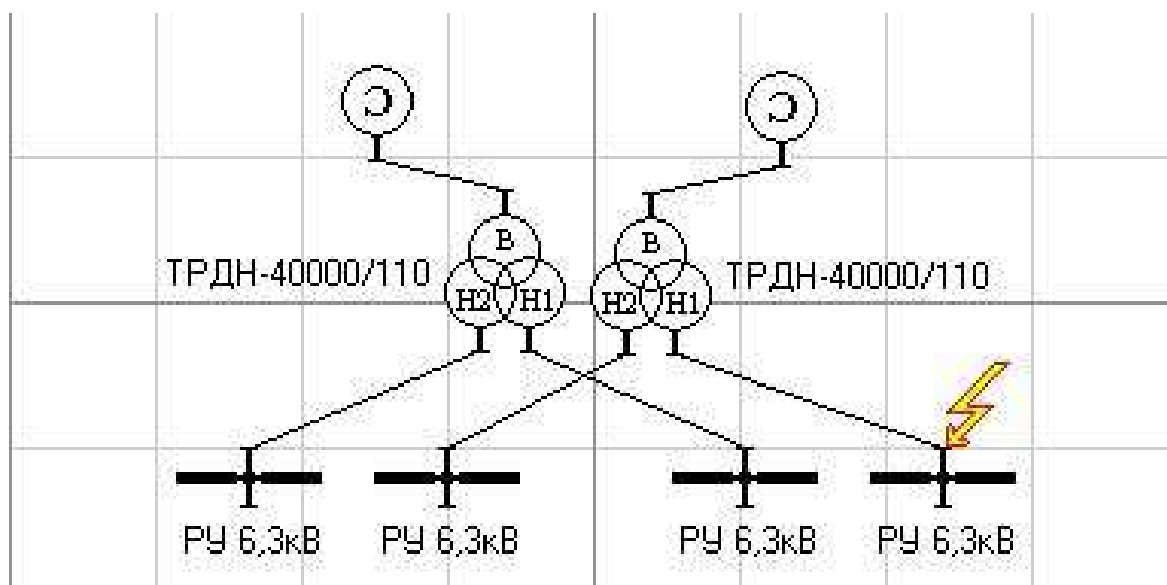
**Просмотр места КЗ**

Примыкающая ветвь:

$i_a = 6,791 \text{ кА}$ ,  $T_a = 0,03 \text{ с}$ ;  
 $i_y = 31,988 \text{ кА}$ ,  $K_y = 1,733$ ;


Рисунок 4.2 – Расчет тока трехфазного короткого замыкания на стороне высшего напряжения в цепях трансформатора.

На рисунке 4.3 представлен расчет трехфазного тока короткого замыкания на стороне низшего напряжения в цепях трансформатора.



**Результаты расчета**

**Значение периодической составляющей тока в месте трехфазного КЗ через 0,03 с**



$I_{a1} = 18,762 \text{ кА}$ , фаза:  $-60$  град;  
 $I_{a2} = 0 \text{ кА}$ , фаза:  $0$  град;  
 $I_{a0} = 0 \text{ кА}$ , фаза:  $0$  град;  
 $I_k = 18,762 \text{ кА}$ , фаза:  $-60$  град;

OK

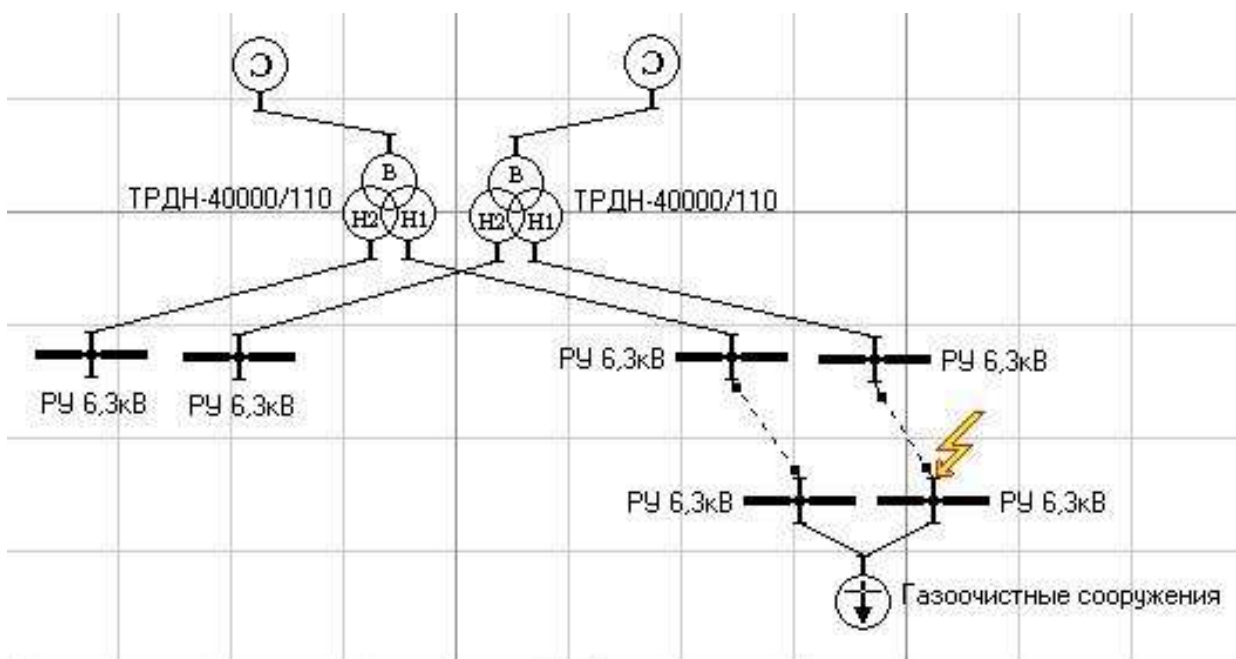
**Просмотр места КЗ**

Примыкающая ветвь:

$i_a = 14,562 \text{ кА}$ ,  $T_a = 0,05 \text{ с}$ ;  
 $i_y = 48,546 \text{ кА}$ ,  $K_y = 1,83$ ;

Рисунок 4.3 – Расчет тока трехфазного короткого замыкания на стороне низшего напряжения в цепях трансформатора.

На рисунке 4.4 представлен расчет тока короткого замыкания на подстанции газоочистных сооружений (ГОС).



**Результаты расчета**

**Значение периодической составляющей тока  
в месте трехфазного КЗ через 0,03 с**

$I_{a1} = 11,67 \text{ кА}$ , фаза:  $-60 \text{ град}$ ;

$I_{a2} = 0 \text{ кА}$ , фаза:  $0 \text{ град}$ ;

$I_{a0} = 0 \text{ кА}$ , фаза:  $0 \text{ град}$ ;

$I_{\Sigma} = 11,67 \text{ кА}$ , фаза:  $-60 \text{ град}$ ;

**Просмотр места КЗ** ✖

Примыкающая ветвь:

$i_a = 0,978 \text{ кА}$ ,  $T_a = 0,05 \text{ с}$ ;

$i_y = 3,26 \text{ кА}$ ,  $K_y = 1,83$ ;

Рисунок 4.4 – Расчет тока трехфазного короткого замыкания на стороне низшего напряжения на подстанции ГОС.

## 5 ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ВЫСШЕГО И НИЗШЕГО НАПРЯЖЕНИЙ

5.1 Выбор оборудования распределительного устройства в цепях трансформатора высшего напряжения 110 кВ

Выбор выключателей.

Выключателем называется коммутационный электрический аппарат, имеющий два коммутационных положения или состояния и предназначенный для включения и отключения тока [3].

Коммутационный аппарат – электрический аппарат, предназначенный для коммутации электрической цепи и снятия напряжения с части электроустановки [3].

Механический коммутационный аппарат – коммутационный аппарат, предназначенный для замыкания и размыкания одной или более электрических цепей с помощью разъединяемых контактов [3].

По условию длительного нагрева аппараты и проводники должны удовлетворять форсированному режиму. Отключающая способность выключателя характеризуется номинальным симметричным током отключения  $I_{\text{откл.ном.}}$  и номинальным содержанием апериодической слагающей  $\beta_{\text{ном.}}$ . Для проверки отключающей способности выключателя симметричный ток отключения  $I_{\text{откл.ном.}}$  и полный ток отключения сравнивают с периодической составляющей и полным током КЗ. Выключатель устойчив к динамическому действию тока КЗ, если мгновенное значение предельного сквозного тока  $i_{\text{пр.скв.}}$  больше  $i_y$ .

Для проверки проводников на термическую стойкость при коротком замыкании пользуются понятием теплового импульса  $W_k$ , характеризующего количество теплоты, выделившейся в проводнике.

|      |      |          |         |      |                       |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                       |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                       |  |  |  | 20   |
| Изм. | Лист | № Докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2018.220.ВКР |  |  |  |      |

Для удобства проверки выполним расчёт величины теплового импульса для всех РУ по выражению:

$$B_k = I_{п0}^2 \cdot (t_{откл} + T_a), \quad (5.1)$$

где  $I_{п0}$  – начальное значение периодической составляющей тока к.з., кА;

$T_a$  – постоянная времени затухания аperiodической составляющей тока к.з., с, при проектировании принимаются усредненные значения из [9].

Полное время отключения:

$$t_{откл} = t_{рз} + t_{ср} + t_{в}, \quad (5.2)$$

где  $t_{рз}$  – выдержка времени срабатывания релейной защиты,  $t_{рз} = 0,1$  с;

$t_{ср}$  – собственное время срабатывания релейных защит,  $t_{ср} = 0,1$  с;

$t_{в}$  – полное время отключения высоковольтного выключателя,  $t_{в} \approx 0,1$  с.

Расчетное значение теплового импульса по формуле (4.1) для ввода РУ 110кВ:

$$B_k = 13,053^2 \cdot (0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,03) = 56,2 \text{ кА}.$$

Расчет для цепей трансформатора низшего напряжения и подстанции ГОС выполнить аналогично.

Аппарат устойчив к тепловому действию тока КЗ, если каталожное значение теплового импульса:

$$B_{кв} = I_m^2 \cdot t_m, \quad (5.3)$$

где  $t_m$  – длительность протекания тока термической устойчивости  $I_m$  больше расчётного теплового импульса  $B_{кв}$ .

|      |      |          |         |      |                       |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |         |      | 13.03.02.2018.220.ВКР | Лист |
|      |      |          |         |      |                       | 21   |
| Изм. | Лист | № Докум. | Подпись | Дата |                       |      |

Для выбора оборудования принимаем максимальный ток на стороне высшего напряжения в цепях трансформатора 110 кВ. Максимальный ток в аварийном режиме согласно формуле (4.2) равен  $I_{\max} = 294 \text{ А}$ .

Для цепей трансформатора высшего напряжения выбираем выключатели ВГУ-110-20 УХЛ1. [5]

Выключатели ВГУ-110-20 УХЛ1 предназначены для коммутации номинальных токов и токов короткого замыкания. Выключатели предназначены для эксплуатации на открытом воздухе в районах с умеренным климатом. Результаты проверки выключателя сводим в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 – Выбор выключателей в цепях трансформаторов 110 кВ.

| Условие выбора  | Расчетная величина   | Данные выключателя  |
|---|--|---|
| $U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$                  | 110 кВ   | 110кВ   |
| $I_{\max} \leq I_{\text{ном}}$                        | 0,294 кА   | 2,5 кА  |
| $I_{\text{пт}} \leq I_{\text{откл.ном}}$              | 13,053 кА  | 20 кА   |
| $i_{\text{а}\tau} \leq i_{\text{а.ном}}$              | $\sqrt{2} \cdot I_{\text{пт}} + i_{\text{а}} =$<br>$= \sqrt{2} \cdot 13,053 + 6,791 = 25,2 \text{ кА}$ | $\sqrt{2} \cdot I_{\text{откл.ном}} \cdot (1 + \beta_{\text{ном}}) =$<br>$= \sqrt{2} \cdot 20 \cdot (1 + 0,40) = 39,5 \text{ кА}$ |
| $i_{\text{уд}} \leq i_{\text{пр.скв}}$                | 31,988 кА  | 102 кА  |
| $B_{\text{к}} \leq I_{\text{т}}^2 \cdot t_{\text{т}}$ | 56,2 кА <sup>2</sup> с   | $40^2 \cdot 2 = 3200 \text{ кА}^2 \text{с}$   |

Выбор разъединителей.

Разъединитель – контактный коммутационный аппарат, который обеспечивает в отключенном положении изоляционный промежуток, удовлетворяющий нормированным требованиям [3]. Состоит разъединитель из подвижных и неподвижных контактов, укрепленных на изоляторах, снабжен механической блокировкой, предотвращающей включение

заземлителей при включенном разъединителе и включение разъединителя при включенных заземлителях.

Расчётные величины для выбора и проверки разъединителей те же, что и для выключателей в цепях, где они установлены.

Для цепей трансформатора высшего напряжения 110 кВ выбираем РД-110/1000Н У1, тип привода ПД-2Б-УХЛ1. Результаты проверки разъединителя сводим в таблицу 5.2.

Таблица 5.2 – Выбор разъединителя в цепях трансформатора 110 кВ

| Условие выбора             | Расчетная величина     | Данные разъединителя                        |
|----------------------------|------------------------|---|
| $U_{уст} \leq U_{ном}$     | 110 кВ                 | 110 кВ                                      |
| $I_{мах} \leq I_{ном}$     | 0,294 кА               | 1,0 кА                                      |
| $i_{уд} \leq i_{пр.скв}$   | 31,988 кА              | 63 кА                                       |
| $B_k \leq I_T^2 \cdot t_T$ | 56,2 кА <sup>2</sup> с | $25^2 \cdot 2 = 1250 \text{ кА}^2 \text{с}$ |

Выбор трансформаторов тока.

Контроль за режимом работы электрооборудования на распределительных устройствах осуществляется с помощью контрольно-измерительных приборов, подключенных к измерительным трансформаторам.

Трансформаторы тока предназначены для понижения тока до величины, удобной к измерению, а также являются изоляцией между первичными и вторичными цепями. Трансформатор включается в цепь последовательно. Во вторичную обмотку включаются токовые катушки приборов и реле также последовательно. Вторичная обмотка трансформаторов тока обязательно заземляется в целях соблюдения техники безопасности на случай пробоя изоляции между первичной и вторичной обмотками.

Для цепи высшего напряжения в трансформаторе 110 кВ принимаем к установке трансформатор тока ТФЗМ 110Б-I У1;ХЛ1 с одним коэффициентом трансформации 300/5. Такой трансформатор имеет 3 вторичные обмотки с номинальным током 5 А. Одна из обмоток имеет класс точности 0,5 и предназначена для подключения счётчиков и измерительных приборов, а остальные обмотки имеют класс точности 10Р и используются для подключения устройств релейной защиты и автоматики.

Правильность выбора трансформатора тока необходимо проверить по известным из технической литературы [4, 5] условиям выбора и проверки:

– по напряжению электроустановки:

$$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}, \quad (5.4)$$

$$U_{\text{уст}} = 110 \text{ кВ} = U_{\text{ном}} = 110 \text{ кВ}.$$

– по длительному номинальному току:

$$I_{\text{мах}} \leq I_{\text{1ном}}, \quad (5.5)$$

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

$$I_{\text{мах}} = 294 \text{ А} < I_{\text{1ном}} = 300 \text{ А}.$$

– по электродинамической стойкости:

$$i_{\text{уд}} \leq i_{\text{дин}}, \quad (5.6)$$

где  $i_{\text{уд}}$  – ударный ток КЗ в месте установки ТТ;

$i_{\text{дин}}$  – ток электродинамической стойкости, для выбр-ого ТТ  $i_{\text{дин}} = 62 \text{ кА}$ ,

$$31,988 \text{ кА} < 62 \text{ кА}.$$

– по термической стойкости:

$$B_{\text{кв}} \leq I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}}, \quad (5.7)$$

где  $t_{\text{тер}}$  – время термической стойкости, для выбранного  $t_{\text{тер}} = 3 \text{ с}$ ;

$I_{\text{тер}}$  – ток термической стойкости, для выбранного ТТ  $I_{\text{тер}} = 12 \text{ кА}$ ;

$B_{\text{кв}}$  – тепловой импульс по формуле (5.1);

$$B_{\text{кв}} = 56,2 \text{ кА}^2\text{с} < 12^2 * 3 = 438 \text{ кА}^2\text{с}.$$

|      |      |          |         |      |                       |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                       |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                       |  |  |  | 24   |
| Изм. | Лист | № Докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2018.220.ВКР |  |  |  |      |



– по вторичной нагрузке:

$$z_2 \leq z_{2\text{ном}}, \quad (5.8)$$

где  $z_2$  – расчетная вторичная нагрузка ТТ;

$z_{2\text{ном}}$  – номинальная допустимая нагрузка ТТ для выбранного класса точности. Индуктивное сопротивление токовых цепей невелико, поэтому им можно пренебречь и считать, что вторичное сопротивление чисто активное  $z_2 \approx r_2$ .

Расчетная вторичная нагрузка трансформатора тока состоит из сопротивления приборов  $r_{\text{приб}}$ , соединительных проводов  $r_{\text{пр}}$  и переходного сопротивления контактов  $r_{\text{к}}$ :

$$z_2 = r_2 = r_{\text{приб}} + r_{\text{пр}} + r_{\text{к}}. \quad (5.9)$$

Сопротивление приборов определяется по формуле:

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_{2\text{ном}}^2}, \quad (5.10)$$

где  $S_{\text{приб}}$  – мощность, потребляемая приборами, ВА;

$I_{2\text{ном}}$  – вторичный номинальный ток трансформатора тока, для выбранного ТТ  $I_{2\text{ном}} = 5\text{А}$ .

Схема соединения трансформаторов тока – полная звезда.

Для определения мощности приборов составляем схему включения трансформаторов тока и приборов, рисунок 5.1.

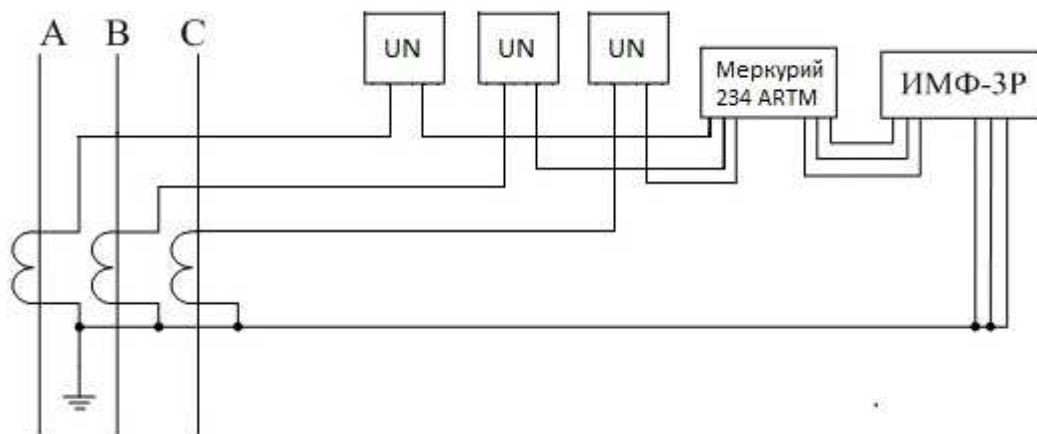


Рисунок 5.1 – Схема включения трансформаторов тока и приборов.

Перечень приборов, изображенных на рисунке 5.1:

– UN: ЭНИП-2 осуществляет измерение параметров режимов электрических сетей переменного трехфазного тока с номинальной частотой 50 ГЦ, также данный прибор осуществляет индикацию синхронизированных векторных измерений и технического учета электроэнергии с обеспечением обмена информацией по гальванически развязным цифровым интерфейсам RS-485 и/или Ethernet. [17]

– Меркурий 234 ARTM: счётчик предназначен для одно- или двунаправленного учета активной и реактивной электрической энергии и мощности в трехфазных 3-х или 4-х проводных сетях переменного тока через измерительные трансформаторы или непосредственно с возможностью тарифного учёта по зонам суток, долговременного хранения и передачи накопленной информации по цифровым интерфейсным проводным или беспроводным каналам связи в центры сбора информации. [18]

– ИМФ-3Р: предназначен для непосредственного определения расстояния до места короткого замыкания на воздушных линиях электропередачи напряжением 110—750 кВ с дополнительной фиксацией действующих значений тока короткого замыкания, токов прямой, обратной и нулевой последовательностей, напряжений прямой, обратной и нулевой последовательностей. [19].

Список и параметры приборов, подключенных к трансформатору тока, приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Вторичная нагрузка трансформаторов тока

| Прибор                                  | Тип      | Нагрузка фазы, ВА |     |     |
|---|----------|-------------------|-----|-----|
|   |          | А                 | В   | С   |
| Измерительный преобразователь           | ЭНИП-2   | 0,1               | 0,1 | 0,1 |
| Счетчик эл. энергии универсальный       | Меркурий | 0,3               | 0,3 | 0,3 |
| Индикатор микропроцессорный фиксирующий | ИМФ-3Р   | 0,5               | 0,5 | 0,5 |
| Итого:                                  |          | 0,9               | 0,9 | 0,9 |

Из таблицы 5.3 определим мощность, потребляемую приборами по фазам.

$$S_{\text{приб}} = 0,9 \text{ ВА.}$$

Тогда сопротивление приборов по формуле (5.10):

$$r_{\text{приб}} = \frac{0,9}{5^2} = 0,036 \text{ Ом.}$$

Сопротивление контактов принимается  $r_k = 0,01$  Ом. Сопротивление соединительных проводов  $r_{\text{пров}}$  зависит от их длины и сечения.

В качестве соединительных проводов в соответствии с ПУЭ применяем многожильный контрольный кабель с сечением (по условию прочности)  $2,5\text{мм}^2$  марки КВВГ.

Сопротивление контрольного кабеля:

$$r_{\text{пр}} = \frac{\rho \cdot l_{\text{расч}}}{S_k}, \quad (5.11)$$

где  $\rho$  – удельное сопротивление материала провода, для выбранного кабеля,

$$\rho = 0,0175 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2 / \text{м};$$

$l_{\text{расч}}$  – расчетная длина соединительных проводов, принимаем 60м;

$S_k$  – сечение контрольного кабеля,  $2,5\text{мм}^2$  ;

$$r_{\text{пр}} = \frac{0,0175 \cdot 60}{2,5} = 0,4 \text{ Ом.}$$

Рассчитаем вторичную нагрузку трансформатора тока по формуле (5.9)

$$r_2 = 0,03 + 0,4 + 0,01 = 0,44 \text{ Ом.}$$

На трансформатор тока задается номинальная нагрузка вторичной обмотки трансформатора  $S_{2\text{ном}} = 12$  ВА, найдем полное сопротивление при номинальной мощности по формуле:

$$z_{2\text{ном}} = \frac{S_{2\text{нно}}}{I_{2\text{ном}}^2}. \quad (5.12)$$

|      |      |          |         |      |                       |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |         |      | 13.03.02.2018.220.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № Докум. | Подпись | Дата |                       | 27   |

Чтобы трансформатор тока работал в заданном классе точности, необходимо выдержать условие  $r_2 \leq z_{2ном}$ , по формуле (5.12) рассчитаем полное сопротивление вторичной обмотки трансформатора.

$$z_{2ном} = \frac{12}{5^2} = 0,48 \text{ Ом.}$$

По условию проверки:

$$0,44 \leq 0,48,$$

следовательно, выбранный трансформатор тока будет работать в заданном классе точности.

Следует также иметь в виду, что трансформаторы и автотрансформаторы должны быть снабжены встроенными трансформаторами тока, предназначенными для присоединения релейной защиты, согласно [7], [8]. Достаточным условием проверки является сравнение наибольшего рабочего тока на данном напряжении с номинальным током ТТ.

Для стороны ВН силового трансформатора выбираем ТТ типа ТВТ 110-І-300/5 с параметрами  $I_{ном1} = 300 \text{ А}$ ,  $I_{ном2} = 5 \text{ А}$ ,  $U_{ном} = 110 \text{ кВ}$ .

$$I_{раб.мах.ВН} = 294 \text{ А} < I_{ном1} = 300 \text{ А.}$$

Для получения различных коэффициентов трансформации вторичные обмотки трансформаторов ТВТ имеют необходимые отпайки, которые присоединены к контактным зажимам, установленным на трансформаторах каждого ввода.

|      |      |          |         |      |                       |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                       |  |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                       |  |  |  |  | 28   |
| Изм. | Лист | № Докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2018.220.ВКР |  |  |  |  |      |

Выбор трансформаторов напряжения.

Трансформаторы напряжения предназначены для понижения напряжения до величины, удобной к измерению. Первичная обмотка трансформатора напряжения включается в цепь параллельно, во вторичную обмотку включаются параллельные катушки или катушки напряжения приборов и реле. Первичное напряжение соответствует напряжению сети, вторичное напряжение для трансформатора напряжения 110 кВ имеет стандартную величину  $100/\sqrt{3}$  В. в основной обмотке и 100 В. в дополнительной обмотке.

Вторичные обмотки трансформатора напряжения обязательно заземляются в целях техники безопасности на случай пробоя изоляции между высшим и низшим напряжениями.

Трансформатор напряжения работает в режиме, близком к режиму холостого хода, так как сопротивление приборов и реле, включенных во вторичную обмотку, большое.

Трансформаторы напряжения выбирают по следующим условиям:

а) по напряжению установки

$$U_{уст} \leq U_{ном}, \quad (5.13)$$

в нашем случае номинальное первичное напряжение трансформатора напряжения на стороне ВН следует принять  $U_{ном} = U_{уст} = 110$  кВ.

б) по конструкции и схеме соединения обмоток;

в) по классу точности;

г) по вторичной нагрузке:

$$S_2 \leq S_{ном}, \quad (5.14)$$

где  $S_{ном}$  – номинальная мощность трансформатора напряжения в выбранном классе точности;

$S_2$  – суммарная нагрузка измерительных приборов, присоединенных к трансформатору напряжения.

|      |      |          |         |      |                       |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                       |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                       |  |  |  | 29   |
| Изм. | Лист | № Докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2018.220.ВКР |  |  |  |      |

При напряжении 110 кВ к установке принимаем трансформатор напряжения типа НАМИ-110. Использование трех трансформаторов напряжения позволяет получить фазные и линейные напряжения, а также используется для включения релейной защиты от однофазных замыканий на землю, действующей на отключение в сети 110 кВ. В первую вторичную обмотку, соединенную по схеме звезды, включаются измерительные приборы, счетчики, приборы РЗА и противоаварийной автоматики, телеизмерений, регистраторы аварий и ОМП, вторая вторичная обмотка соединяется в разомкнутый треугольник и используется для включения релейной защиты. В таблице 4.4 приведем вторичные нагрузки ТН.

Таблица 4.4 – Вторичная нагрузка трансформатора напряжения 110 кВ

| Прибор                                  | Тип      | S одной обмотки, ВА | Число входов | Число приборов | Потребляемая мощность |
|---|----------|---------------------|--------------|----------------|-----------------------|
|   |          |                     |              |                | S, ВА                 |
| Измерительный преобразователь           | ЭНИП-2   | 5,5                 | 2            | 1              | 11                    |
| Счетчик эл. энергии                     | Меркурий | 9                   | 3            | 2              | 54                    |
| Индикатор микропроцессорный фиксирующий | ИМФ-ЗР   | 20                  | -            | 2              | 40                    |
| Итого :                                 |          |                     |              |                | 105                   |

Трансформаторы напряжения проверяем в классе точности 0,5. К трансформатору напряжения подключаются измерительные преобразователи (датчики), устройства РЗА всех присоединений СШ, счетчики электроэнергии. На каждой СШ устанавливается один ТН, а при отключении одного из ТН вся нагрузка подключается ко второму, поэтому каждый ТН рассчитывается на подключение к нему всех приборов и устройств всего РУ-110 кВ.

Так как имеются счетчики денежного расчета, то трансформаторы напряжения необходимо проверить в классе точности 0,5. Номинальная

мощность вторичной обмотки одного трансформатора напряжения типа НАМИ-110 в классе точности 0,5 –  $S_{2ном} = 1200\text{ВА}$ . Номинальная мощность трех трансформаторов напряжения, соединенных в звезду,  $S_{2ном} = 3 \cdot 1200 = 3600\text{ ВА}$ .

Таким образом,  $S_{нагр} < S_{2ном}$ , то есть условие (5.14) выполняется, следовательно, трансформаторы напряжения будут работать в классе точности 0,5.

Для соединения трансформаторов напряжения с приборами по условию прочности выбираем контрольный кабель КРВГ с жилами сечением  $1,5\text{ мм}^2$ .

Выбор токоведущих частей и изоляторов.

На РУ 110 кВ ошиновку выполняется гибкими шинами, выполненные проводами АС, АСО. Проверка выбранного сечения гибкой шины (провода) проводится по допустимому току при работе в аварийном режиме. Гибкие шины крепятся на гирляндах подвесных изоляторов с досрочно большим расстоянием между фазами.

Учитывая, что для напряжения 110 кВ по условию коронирования минимальное сечение проводов АС 70/11  $\text{мм}^2$  [2] с максимально допустимым током при использовании вне помещения – 265А, что меньше расчетного тока в цепях трансформатора 110кВ. Поэтому принимаем следующий по сечению провод АС 95/16. Параметры выбранного провода приведены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Параметры провода АС 95/16.

| Марка провода | Наружный диаметр<br>провода, мм | Токовая нагрузка, А |                  |
|---------------|---------------------------------|---------------------|------------------|
|               |                                 | Вне помещения       | Внутри помещения |
| 1×АС 95/16    | 13,5                            | 330                 | 260              |

Необходимо проверить выбранный провод по всем нижеперечисленным условиям:

|      |      |          |         |      |                              |      |
|------|------|----------|---------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |         |      | <i>13.03.02.2018.220.ВКР</i> | Лист |
| Изм. | Лист | № Докум. | Подпись | Дата |                              | 31   |

– условие проверки по допустимому току, кА,

$$I_{\max} \leq I_{\text{доп}} ; \quad (5.15)$$

$$294\text{А} \leq 330\text{А} .$$

– проверка шин на схлестывание (электродинамическую стойкость):  
при больших токах КЗ провода в фазах в результате динамического взаимодействия могут настолько сблизиться, что произойдет схлестывание и пробой между фазами. Проверка на схлестывание гибких шин требуется при  $I_{\text{кз}}^{(3)} > 20\text{кА}$ . [6]. Наибольшее сближение фаз наблюдается при двухфазном КЗ между соседними фазами, когда провода сначала отбрасываются в противоположные стороны, а затем после отключения тока КЗ движутся навстречу друг другу. Их сближение будет тем больше, чем меньше расстояние между ними. В нашем случае ток трехфазного короткого замыкания меньше и фазы располагаются горизонтально с расстоянием между фазами 400 см [10]. Таким образом, проверка на схлестывание не выполняется.

– проверка на термическую стойкость:

проверка шин, выполненных голыми проводами на открытом воздухе не производится [6].

– проверка по условиям короны:

проверка шин по условию короны проводится при напряжении свыше 35 кВ, согласно ПУЭ в РУ 110 кВ по условию короны необходимо использовать провод сечением АС 70/11 мм<sup>2</sup>. В нашем случае по условию максимального тока выбран провод большего сечения, таким образом, проверка на корону не производится.

Данный провод проходит по всем параметрам. В цепях трансформатора высшего напряжения 110 кВ ошиновка выполняется проводом АС 95/16.

Для крепления выбранных проводов используем гирлянды подвесных изоляторов типа ПФ6-В с числом изоляторов в гирлянде 8 при напряжении 110 кВ [2].

|      |      |          |         |      |                       |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                       |  |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                       |  |  |  |  | 32   |
| Изм. | Лист | № Докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2018.220.ВКР |  |  |  |  |      |



## Выбор ОПН.

Ограничитель перенапряжения – ОПН – является средством ограничения перенапряжений на изоляции электрооборудования линии и подстанции, повышает надежность работы объекта защиты. Не должен снижать надежности за счет собственного повреждения, поэтому выбор его должен быть тщательно взвешен и обоснован.

Главным обстоятельством, определяющим безаварийную работу ОПН, является длительно допустимое приложенное напряжение.

Определим расчетную величину длительного напряжения на ограничителе 110 кВ установленного в цепи трансформатора ТРДН–40000/110:

$$U_{\text{нро}} \geq \frac{U_{\text{нр}}}{\sqrt{3}}, \quad (5.16)$$

где  $U_{\text{нро}}$  – длительно допустимое напряжение, приложенное к ОПН;

$U_{\text{нр}}$  – напряжение на подстанции с учетом повышения напряжения на 15 процентов.

Тогда длительно допустимое напряжение по формуле (5.16) на ОПН:

$$U_{\text{нро}} \geq \frac{126,5}{\sqrt{3}} = 74,4 \text{ кВ}$$

В соответствии со справочником примем  $U_{\text{нро}} = 77 \text{ кВ}$  [5].

Вторым параметром, по которому выбирается ОПН, является удельная энергоемкость  $W_{\text{уд}}$  (кДж/кВ), которую можно определить по амплитуде прямоугольного тока длительностью 2000 мкс. Для класса напряжения 110 кВ амплитуда прямоугольного тока составляет от 300 до 500 Ампер, чему соответствует энергоемкость 2,5 до 3 кДж/кВ.

Исходя из полученных данных примем к установке ОПН–П–110/550/77/10–III(IV) – УХЛ1.

Расчетные и каталожные данные ОПН сведены в таблицу 5.6.

|      |      |          |         |      |                       |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                       |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                       |  |  |  | 33   |
| Изм. | Лист | № Докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2018.220.ВКР |  |  |  |      |



## 5.2 Выбор оборудования распределительного устройства в цепях трансформатора низшего напряжения 6,3 кВ

Поскольку распределительное устройство ниже 10 кВ должно быть закрытым, то целесообразно использовать готовые ячейки заводского исполнения – комплектные распределительные устройства наружной установки (КРУН).

Комплектное распределительное устройство – это распределительное устройство, состоящее из закрытых шкафов со встроенными в них аппаратами, измерительными и защитными приборами и вспомогательными устройствами. Шкафы КРУ изготавливаются на заводах, что позволяет добиться тщательной сборки всех узлов и обеспечения более надежной работы электрооборудования. Шкафы с полностью собранным и готовым к работе оборудованием поступают на место монтажа, где их устанавливают, соединяют сборные шины на стыках шкафов, подводят силовые и контрольные кабели.

Применение КРУ позволяет ускорить монтаж распределительного устройства. КРУ безопасно в обслуживании, так как все части, находящиеся под напряжением, закрыты металлическим кожухом. В качестве изоляции между токоведущими частями в КРУ могут быть использованы воздух, масло, твердая изоляция, инертные газы. Применение КРУ приводит к сокращению объема и сроков проектирования, при необходимости легко производится реконструкция и расширение электроустановки.

В установках напряжением до 20 кВ применяются жёсткие алюминиевые шины с сечением различной формы: однополюсные, многополосные и шины трубчатого сечения. В основном используют шины прямоугольного сечения.

|      |      |          |         |      |                       |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |         |      | 13.03.02.2018.220.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № Докум. | Подпись | Дата |                       | 35   |





изоляции цепей вторичных соединений от высокого напряжения до 10 кВ в электроустановках переменного тока

Результат проверки трансформатора тока сведем в таблицу 5.9.

Таблица 5.9 – Трансформатор тока в цепи понижающего трансформатора.

| Условие выбора             | Расчетная величина      | Данные выключателя                      |
|----------------------------|-------------------------|---|
| $U_{уст} \leq U_{ном}$     | 6,3 кВ                  | 10 кВ                                   |
| $I_{мах} \leq I_{ном}$     | 2,56 кА                 | 3 кА                                    |
| $i_{уд} \leq i_{пр.скв}$   | 48,546 кА               | 100 кА                                  |
| $B_k \leq I_T^2 \cdot t_T$ | 116,1 кА <sup>2</sup> с | $35^2 \cdot 3 = 3675$ кА <sup>2</sup> с |

Выбранный трансформатор тока удовлетворяет вышперечисленным требованиям.

Для определения мощности приборов составляем схему включения трансформаторов тока и приборов, рисунок 4.3.

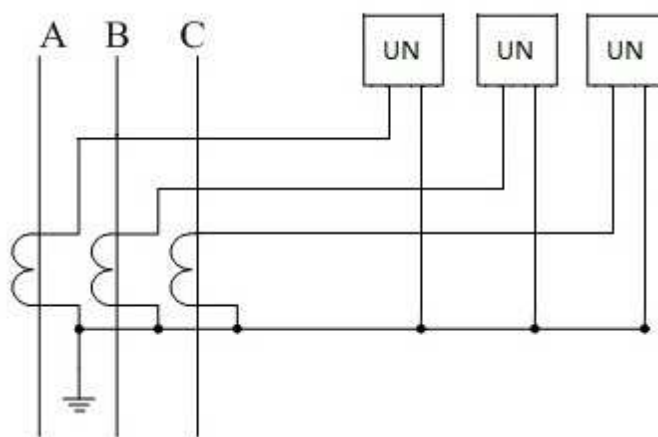


Рисунок 5.3 – Схема включения трансформаторов тока и приборов.

Список и параметры приборов, подключенных к трансформатору тока, приведены в таблице 5.10.

Таблица 5.10 – Вторичная нагрузка трансформаторов тока

| Прибор                        | Тип    | Нагрузка фазы, ВА |     |     |
|-------------------------------|--------|-------------------|-----|-----|
|                               |        | А                 | В   | С   |
| Измерительный преобразователь | ЭНИП-2 | 0,1               | 0,1 | 0,1 |
| Итого:                        |        | 0,1               | 0,1 | 0,1 |

Из таблицы 5.10 определим мощность, потребляемую приборами по фазам.

$$S_{\text{приб}} = 0,1 \text{ ВА.}$$

Тогда сопротивление приборов по формуле (5.10):

$$r_{\text{приб}} = \frac{0,1}{5^2} = 0,004 \text{ Ом.}$$

Сопротивление контактов принимается  $r_k = 0,01$  Ом. Сопротивление соединительных проводов  $r_{\text{пров}}$  зависит от их длины и сечения.

В качестве соединительных проводов в соответствии с ПУЭ в КРУН цепей трансформатора низшего напряжения применяем многожильный контрольный кабель с сечением (по условию прочности)  $2,5 \text{ мм}^2$  марки КВВГ.

Сопротивление контрольного кабеля по формуле (5.11), расчетную длину принимаем равной 50 м:

$$r_{\text{пр}} = \frac{0,0175 \cdot 50}{2,5} = 0,35 \text{ Ом.}$$

Рассчитаем вторичную нагрузку трансформатора тока по формуле (5.9)

$$r_2 = 0,004 + 0,35 + 0,01 = 0,264 \text{ Ом.}$$

На трансформатор тока задается номинальная нагрузка вторичной обмотки трансформатора  $S_{2\text{ном}} = 8 \text{ ВА}$ , найдем полное сопротивление при номинальной мощности.

Чтобы трансформатор тока работал в заданном классе точности, необходимо выдержать условие  $r_2 \leq z_{2\text{ном}}$ , по формуле (5.12) рассчитаем полное сопротивление вторичной обмотки трансформатора:

$$z_{2\text{ном}} = \frac{8}{5^2} = 0,32 \text{ Ом.}$$

По условию проверки:

$$0,264 \leq 0,32,$$

следовательно, выбранный трансформатор тока будет работать в заданном классе точности.

Выбор трансформаторов напряжения.

Выбор трансформаторов напряжения на стороне низшего напряжения производится аналогично выбору на стороне высшего напряжения.

На сборных шинах 10 кВ намечаем к установке три однофазных трансформатора напряжения 3хЗНОЛ.06-10У3,  $U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$ ,  $S_{\text{ном}} = 150 \text{ ВА}$  в классе точности 0,2.

Данный трансформатор напряжения имеет две вторичные обмотки, одна из которых соединена в звезду, и к ней подключаются катушки измерительных приборов, а другая обмотка соединена в разомкнутый треугольник и используется для контроля изоляции. Трансформатор напряжения устанавливается на каждую секцию сборных шин. К нему подключается многофункциональный измерительный преобразователь ЭНИП-2. Подсчет вторичной нагрузки приведен в таблице 5.11.

Таблица 5.11 – Вторичная нагрузка трансформатора напряжения

| Прибор                        | Тип    | S одной обмотки, ВА | Число входов | Число приборов | Потребляемая мощность |
|-------------------------------|--------|---------------------|--------------|----------------|-----------------------|
|                               |        |                     |              |                | S, ВА                 |
| Измерительный преобразователь | ЭНИП-2 | 5,5                 | 2            | 1              | 11                    |
| Итого :                       |        |                     |              |                | 11                    |





## Выбор ОПН.

Выбор ОПН в ячейку КРУ выбирается согласно методике по выбору ОПН для 110 кВ. Определим расчетную величину длительного напряжения на ограничителе 6.3 кВ установленного в КРУНе, в цепях трансформатора низшего напряжения по формуле (5.16):

$$U_{\text{нpo}} \geq \frac{7,24}{\sqrt{3}} = 4,18 \text{ кВ.}$$

В соответствии со справочником примем  $U_{\text{нpo}} = 10 \text{ кВ}$  [5]

Определим  $W_{\text{уд}}$ : Для класса напряжения 6,3 кВ амплитуда прямоугольного тока составляет от 200 до 500 А, чему соответствует энергоемкость до 2кДж/кВ.

Исходя из полученных данных примем к внутренней установке ОПН–П/ЗЭУ–10/10/10/550 – УХЛ1.

Расчетные и каталожные данные ОПН сведены в таблицу 5.13.

Таблица 5.13 – Расчетные и каталожные данные ОПН

| Расчетные данные                              | ОПН–П–110/550/77/10–III(IV)–УХЛ1     |
|---|--------------------------------------|
| $U_{\text{уст}} = 10 \text{ кВ}$              | $U_{\text{уст}} = 10 \text{ кВ}$     |
| $U_{\text{нpo}} = 7,058 \text{ кВ}$           | $U_{\text{нpo}} = 10 \text{ кВ}$     |
| $I_{\text{к}} = 200 \dots 500 \text{ А}$      | $I_{\text{к}} = 550 \text{ А}$       |
| $W_{\text{уд}} = \text{до } 2 \text{ кДж/кВ}$ | $W_{\text{уд}} = 2,9 \text{ кДж/кВ}$ |

### 5.3 Выбор оборудования в цепях газоочистных сооружений

Выбор токоведущих частей и изоляторов для подключения ГОС.

Подстанция газоочистных сооружений подключается к ГПП через воздушные кабельные линии. Провода кабельных линий выбираются по максимальному току. Максимальный ток при полной загрузке согласно формуле (4.5) равен  $I_{\max} = 519$  А. Так как ток имеет большое значение, то принимаем к установке расщепленные ВЛ. Тогда максимальный ток рассчитывается по формуле:

$$I_{\max} = 1,4 S_{\text{ном.тр.нн}} / n \sqrt{3} U_n, \quad (5.18)$$

где n - количество проводников, n = 2.

$$I_{\max} = 5660 / 2 \times \sqrt{3} \times 6,3 = 260 \text{ А.}$$

Для подключения газоочистных сооружений принимаем провод АС 70/11. Приведем параметры выбранного провода в таблицу 5.14.

Таблица 5.14 – Параметры провода АС 70/11.

| Марка провода | Наружный диаметр провода, мм | Токовая нагрузка, А |                  |
|---------------|------------------------------|---------------------|------------------|
|               |                              | Вне помещения       | Внутри помещения |
| АС 70/11      | 11,4                         | 265                 | 210              |

Необходимо проверить выбранный провод по всем выше нижеперечисленным условиям: max

– условие (5.15) проверки по допустимому току, кА,

$$260 \text{ А} \leq 265 \text{ А.}$$

– проверка проводов на схлестывание (электродинамическую стойкость):

при больших токах КЗ провода в фазах в результате динамического взаимодействия могут настолько сблизиться, что произойдет схлестывание и пробой между фазами.

|      |      |          |         |      |                       |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                       |  |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                       |  |  |  |  | 43   |
| Изм. | Лист | № Докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2018.220.ВКР |  |  |  |  |      |

Проверка на схлестывание требуется при  $I_{кз}^{(3)} > 20 \text{ кА}$ . [6]. Наибольшее сближение фаз наблюдается при двухфазном КЗ между соседними фазами, когда провода сначала отбрасываются в противоположные стороны, а затем после отключения тока КЗ движутся навстречу друг другу. Их сближение будет тем больше, чем меньше расстояние между ними. В нашем случае ток трехфазного короткого замыкания меньше и фазы располагаются горизонтально с расстоянием между фазами 200 см [10]. Таким образом, проверка на схлестывание не выполняется.

– проверка на термическую стойкость:

проверка шин, выполненных голыми проводами на открытом воздухе, не производится [6].

– проверка по условиям короны:

проверка шин по условию короны проводится при напряжении свыше 35кВ. В нашем случае напряжение 6,3 кВ, таким образом, проверка на корону не производится.

Данный провод проходит по всем параметрам. В цепях трансформатора высшего напряжения 110 кВ ошиновка выполняется проводом АС 95/16.

Для крепления выбранных проводов используем гирлянды подвесных изоляторов типа ПФ6-В с числом изоляторов в гирлянде 2 при напряжении 110 кВ [2].

Для установки выберем КРУН-СЭЩ-59 ХЛ1 производства самарской группы компаний «Электрощит» [20]. На рисунке 5.4 схематично изображен выбранный к установке КРУН.

|      |      |          |         |      |                       |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                       |  |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                       |  |  |  |  | 4.4  |
| Изм. | Лист | № Докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2018.220.ВКР |  |  |  |  |      |



частотой 50 Гц с номинальным напряжением 6-10 кВ. Выключатели используются для вновь разрабатываемых КРУ, а также для реконструкции шкафов КРУ, находящихся в эксплуатации. Результаты проверки выключателя сводим в таблицу 5.15.

Таблица 5.15 – Выбор выключателей на подстанции ГОС 6.3 кВ

| Условие выбора                   | Расчетная величина   | Данные выключателя по каталогу  |
|----------------------------------|--|---|
| $U_{уст} \leq U_{ном}$           | 6,3 кВ   | 10 кВ   |
| $I_{мах} \leq I_{ном}$           | 0,519 кА   | 0,630 кА  |
| $I_{пт} \leq I_{откл.ном}$       | 11,67кА  | 20 кА   |
| $i_{а\tau} \leq i_{а.ном}$       | $\sqrt{2} \cdot I_{н\tau} + i_{\alpha} =$<br>$\sqrt{2} \cdot 11,67 + 0,978 = 17,48\text{кА}$ | $\sqrt{2} \cdot I_{откл.ном} \cdot (1 + \beta_{ном}) =$<br>$= \sqrt{2} \cdot 25 \cdot (1 + 0,20) = 42,4\text{кА}$ |
| $i_{уд} \leq i_{пр.скв}$         | 3,26 кА  | 50 кА   |
| $B_{к} \leq I_{т}^2 \cdot t_{т}$ | 44,9 кА <sup>2</sup> с   | $20^2 \cdot 3 = 1200\text{кА}^2\text{с}$  |

Выбор трансформаторов тока.

Выбор трансформаторов тока на стороне низшего напряжение производится аналогично выбору на стороне высшего напряжения. С учетом того, что КРУНЫ комплектуются одинаковыми измерительными приборами, выбор произведем только ТТ, в связи с тем, что ток в цепях газоочистных сооружений значительно меньше.

В ячейках КРУН СЭЩ-59 ХЛ1 на газоочистных сооружениях в цепи понижающего трансформатора выбираем к установке трансформатор тока типа ТПОЛ – 10-У3;Т3. Применяется данный трансформатор для питания цепей измерения силы тока, мощности и энергии, питания цепей защиты и автоматики, изоляции цепей вторичных соединений от высокого напряжения до 10 кВ в электроустановках переменного тока. Результат проверки трансформатора тока сведем в таблицу 5.16.

|      |      |          |         |      |                       |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                       |  |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                       |  |  |  |  | 46   |
| Изм. | Лист | № Докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2018.220.ВКР |  |  |  |  |      |

Таблица 5.16 – Трансформатор тока в цепи понижающего трансформатора.

| Условие выбора             | Расчетная величина      | Данные выключателя                         |
|----------------------------|-------------------------|--|
| $U_{уст} \leq U_{ном}$     | 6,3 кВ                  | 10 кВ                                      |
| $I_{мах} \leq I_{ном}$     | 0,519 кА                | 0,6 кА                                     |
| $i_{уд} \leq i_{пр.скв}$   | 3,26 кА кА              | 81 кА                                      |
| $B_k \leq I_T^2 \cdot t_T$ | 116,1 кА <sup>2</sup> с | $32^2 \cdot 3 = 3072 \text{кА}^2 \text{с}$ |

Выбранный трансформатор тока удовлетворяет вышперечисленным требованиям.

В качестве соединительных проводов в соответствии с ПУЭ применяем многожильный контрольный кабель с сечением (по условию прочности) 2,5мм<sup>2</sup> марки КВВГ.

Выбор трансформатора напряжения.

В связи с тем, что КРУНы комплектуются одинаковыми измерительными приборами, принимаем по ранее произведенному расчету трансформатор напряжения 3хЗНОЛ.06-10УЗ.

Для соединения трансформаторов напряжения с приборами принимаем контрольный кабель КРВГ с сечением медных жил 1.5 мм<sup>2</sup> по условию механической прочности.

Выбор токоведущих частей и изоляторов.

Для установки в цепях газоочистных сооружений принимаем двухполосные алюминиевые шины прямоугольного сечения 40 х 5мм (АД31Т 5 х 40). Характеристики шинпровода приведены в таблице 5.17.

|      |      |          |         |      |                       |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |         |      | 13.03.02.2018.220.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № Докум. | Подпись | Дата |                       | 47   |

Таблица 5.17 – Параметры шинпровода АД31Т 5х40.

| Токопроводящие шины | Размер шины, мм | Токовая нагрузка, А |
|---------------------|-----------------|---------------------|
| АД31Т 5х40          | 5х40            | 540                 |

В качестве опорных изоляторов для установки на КРУН газоочистных установок принимаем к установке изолятор ОСК 6-10 УХЛ2.

#### Выбор ОПН

Выбор ОПН в ячейку КРУ выбирается согласно методике по выбору ОПН для 110 кВ. Определим расчетную величину длительного напряжения на ограничителе 6.3 кВ, установленного в КРУНе, в цепях газоочистных сооружений по формуле (5.16):

$$U_{\text{нро}} \geq \frac{7,24}{\sqrt{3}} = 4,18 \text{ кВ.}$$

В соответствии со справочником примем  $U_{\text{нро}} = 10 \text{ кВ}$  [5]

Определим  $W_{\text{уд}}$ : Для класса напряжения 6,3 кВ амплитуда прямоугольного тока составляет от 200 до 500 А, чему соответствует энергоемкость до 2кДж/кВ.

Исходя из полученных данных примем к внутренней установке ОПН–П/ЗЭУ–10/10/10/550 – УХЛ1. Расчетные и каталожные данные ОПН сведены в таблицу 5.18.

Таблица 5.18 – Расчетные и каталожные данные ОПН

| Расчетные данные                              | ОПН–П–110/550/77/10–III(IV)–УХЛ1     |
|---|--------------------------------------|
| $U_{\text{уст}} = 10 \text{ кВ}$              | $U_{\text{уст}} = 10 \text{ кВ}$     |
| $U_{\text{нро}} = 7,058 \text{ кВ}$           | $U_{\text{нро}} = 10 \text{ кВ}$     |
| $I_{\text{к}} = 200 \dots 500 \text{ А}$      | $I_{\text{к}} = 550 \text{ А}$       |
| $W_{\text{уд}} = \text{до } 2 \text{ кДж/кВ}$ | $W_{\text{уд}} = 2,9 \text{ кДж/кВ}$ |





### 6.3 Описание объекта автоматизации

Техническое перевооружение опасного производственного объекта – приводящие к изменению технологического процесса на опасном производственном объекте внедрение новой технологии, автоматизация опасного производственного объекта или его отдельных частей, модернизация или замена применяемых на опасном производственном объекте технических устройств.

Объектом автоматизации (далее – Объект) являются газоочистные установки, расположенные на территории газоочистных сооружений. ГОС предназначены для химической очистки загрязненного парами азотной, серной, соляной, фтористо-водородной кислот воздуха.

Сооружения состоят из пяти (в том числе одна резервная) аналогичных технологических линий, представляющих собой автономную систему газоочистных аппаратов со всем необходимым оборудованием. Каждая технологическая линия включает в себя следующие однотипные газоочистные аппараты и оборудование: вентилятор, скруббер, каплеуловитель, систему циркуляции поглотительного известкового раствора и систему водоснабжения.

Обезвреженные газы, обеспеченные необходимой плотностью орошения, площадью и временем контакта фаз, по перепускному патрубку поступают в нижнюю часть каплеуловителя циклонного типа, а затем выбрасываются по общему газоходу в трубу и рассеиваются в атмосфере. Избыточная влага, уловленная в каплеуловителе, возвращается в скруббер.

Электропитание системы осуществляется посредством однофазной сети переменного тока (220 ±22) В 50 Гц.

|      |      |          |         |      |                       |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |         |      | 13.03.02.2018.220.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № Докум. | Подпись | Дата |                       | 50   |

#### 6.4 Основные технические решения

Система создается на базе газоанализаторов ЭССА [21] и Хоббит-Т [22].

СисКонК строится по иерархическому принципу и состоит из двух уровней: полевого уровня (ПУ) и контроллерного уровня (КУ).

Уровни структуры системы:

– полевой уровень (ПУ) – датчики предельно допустимой концентрации опасных веществ (NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, HF) газоанализаторов ЭССА и Хоббит-Т, светозвуковые оповещатели Маяк-24-КПМ;

– контроллерный уровень (КУ) – блоки сигнализации и реле газоанализатора ЭССА, блоки индикации и коммутации газоанализатора Хоббит-Т, блок питания, релейные модули.

Полевой уровень системы обеспечивает:

– измерение ПДК опасных веществ в воздухе рабочей зоны на газоочистных сооружениях;

– сбор и первичную обработку информации о концентрации опасных веществ в воздухе рабочей зоны;

– передачу измеренной информации на контроллерный уровень;

– светозвуковую сигнализацию о превышении концентрации опасных веществ в воздухе рабочей зоны.

Все средства измерения системы выпускаются серийно, соответствуют требованиям действующих Государственных и отраслевых стандартов и внесены в Государственный Реестр средств измерений РФ.

Контроллерный уровень системы обеспечивает:

– прием с полевого уровня информации о значениях концентрации опасных веществ в воздухе рабочей зоны на газоочистных сооружениях;

– обработку полученной информации с полевого уровня;

|      |      |          |         |      |                       |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                       |  |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                       |  |  |  |  | 51   |
| Изм. | Лист | № Докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2018.220.ВКР |  |  |  |  |      |

– выдачу сигналов сигнализации о достижении предельно допустимой концентрации опасных веществ в воздухе рабочей зоны на газоочистных сооружениях.

При превышении ПДК паров опасных веществ осуществляется выдача сигнала на включение аварийной вентиляции в ГОС травильном отделении.

Оборудование контроллерного уровня системы размещается в шкафу контроля и сигнализации (ШКиС), установленного в помещении КИП.

Для передачи данных с полевого уровня на контроллерный уровень используются экранированные кабели с медными жилами. Передача измерительной информации между блоками датчиков и блоком индикации газоанализатора Хоббит-Т осуществляется посредством интерфейса RS-485. Передача информации между блоком индикации и блоками коммутации газоанализатора Хоббит-Т осуществляется посредством интерфейса RS-485. Передача измерительной информации между измерительными преобразователями и блоком сигнализации газоанализатора ЭССА осуществляется посредством унифицированного аналогового токового сигнала 4-20 мА. Передача информации между блоком сигнализации и блоками реле газоанализатора ЭССА осуществляется посредством внутреннего специализированного интерфейса.

Выдача световой и звуковой сигнализаций осуществляется с помощью блоков коммутации газоанализатора «Хоббит-Т» и блоков реле газоанализатора ЭССА по цепи 24В, а также предусмотрена возможность проверки сигнализации путем нажатия и удержания кнопки «Проверка сигнализации».

|      |      |          |         |      |                       |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |         |      | 13.03.02.2018.220.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № Докум. | Подпись | Дата |                       | 52   |



## Стационарный газоанализатор «ЭССА»



Газоанализатор ЭССА предназначен для измерения массовой концентрации оксида углерода, аммиака, хлора, оксида азота, диоксида азота, сероводорода, диоксида серы, озона, объемной доли метана (пропана) и кислорода в воздухе рабочей зоны. Для всех перечисленных компонентов, кроме кислорода, газоанализатор имеет сигнализацию о превышении двух заданных уровней концентраций измеряемых компонентов ПОРОГ 1 и ПОРОГ 2. Для кислорода газоанализатор имеет сигнализацию о выходе измеряемой концентрации за пределы допустимых значений: нижнего – ПОРОГ1 и верхнего – ПОРОГ2. Газоанализатор также предназначен для управления вторичными внешними устройствами – исполнительными элементами систем вентиляции, звуковой и световой сигнализации и др.

Газоанализаторы представляют собой стационарные приборы непрерывного действия.

## Источник бесперебойного питания IPPON Smart Winner



IPPON Smart Winner – источник бесперебойного питания линейно-интерактивного типа с синусоидальной формой выходного напряжения.

Управление и настройка ИБП Smart Winner осуществляется с помощью механических кнопок и информационного LCD-дисплея с подсветкой. В процессе эксплуатации ИБП экран отображает текущий режим работы и важные параметры: уровень заряда батарей и мощность подключенной нагрузки, напряжение и частоту электрического тока и т.д.

|      |      |          |         |      |                       |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                       |  |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                       |  |  |  |  | 54   |
| Изм. | Лист | № Докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2018.220.ВКР |  |  |  |  |      |



питание при кратковременных отключениях сети (не менее 20 минут) или провалах напряжения.

Электропитание осуществляется в соответствии со схемой электрической принципиальной питания (см. чертеж "схема питания шкафа системы контроля загазованности").

Защита цепей электропитания оборудования обеспечивается наличием автоматических выключателей.

#### 6.7 Требования к режиму работы системы

Система должна работать под непрерывным контролем, эксплуатироваться и обслуживаться штатным персоналом.

Система функционирует в непрерывном автоматизированном режиме с учетом времени на техническое обслуживание.

Периодическое техническое обслуживание используемых технических средств должно проводиться в соответствии с требованиями технической документации изготовителей. Неисправности системы должны устраняться специально обученным обслуживающим персоналом.

Аварийное питание системы осуществляется при помощи ИБП. Время работы от ИБП должно быть не менее 20 минут.

#### 6.8 Функции КТС системы

КТС системы реализует следующие основные функции:

– измерение предельно допустимой концентрации (ПДК) и до взрывной концентрации (ДВК) опасных веществ в воздухе на газоочистных сооружениях.

Система состоит из следующих функциональных подсистем:

– подсистема измерения и первичной обработки измерительной информации;

– подсистема контроля;

– подсистема сигнализации.

|      |      |          |         |      |                       |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                       |  |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                       |  |  |  |  | 56   |
| Изм. | Лист | № Докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2018.220.ВКР |  |  |  |  |      |







экранированные кабели и провода имеют медные жилы. Экраны кабелей заземляются в соответствии с руководствами по эксплуатации оборудования. Проводки и защитное заземление выполнены в соответствии с требованиями ПУЭ.

Оборудование и материалы, применяемые в системе, обеспечивают функционирование СисКонК в соответствующей среде установки.

Передача измерительной информации между блоками датчиков и блоком индикации газоанализатора «Хоббит-Т», между блоком индикации и блоками коммутации газоанализатора «Хоббит-Т» осуществляется посредством интерфейса RS-485. Передача измерительной информации между измерительными преобразователями и блоком сигнализации газоанализатора «ЭССА» осуществляется посредством унифицированного аналогового токового сигнала 4-20 мА. Передача информации между блоком сигнализации и блоками реле газоанализатора «ЭССА» осуществляется посредством внутреннего специализированного интерфейса.

Выдача световой и звуковой сигнализацией осуществляется с помощью блоков коммутации газоанализаторов «Хоббит-Т» и с помощью блоков реле газоанализатора «ЭССА» по цепи 24В. В системе предусмотрена возможность проверки сигнализации путем нажатия и удержания кнопки «Проверка сигнализации», которая располагается в шкафу контроля и сигнализации.

|      |      |          |         |      |                       |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                       |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                       |  |  |  | 59   |
| Изм. | Лист | № Докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2018.220.ВКР |  |  |  |      |

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе рассчитывается и подбирается оборудование для электроснабжения газоочистных сооружений первой очереди на территории первоуральского новотрубного завода.

По номинальной мощности условиям надежности выбраны силовые трансформаторы. Выполнен расчет рабочих токов нормального и аварийного режимов, также произведен расчет токов короткого замыкания на стороне высшего и низшего напряжений. Произведен выбор оборудования в цепи высшего напряжения трансформатора, в цепи низшего напряжения трансформатора и в цепи газоочистных сооружений.

В связи с тем, что на заводе запланировано плановое увеличение объемов производства, и, как следствие, строительство второй очереди газоочистных сооружений, выбор оборудования распределительных устройств производился с учетом перспективы увеличения номинальной мощности завода.

Для обеспечения экологических норм газоочистные сооружения имеют собственную подстанцию для обеспечения бесперебойной работы установленных на территории комплекса автономных систем газоочистных аппаратов со всем необходимым оборудованием.

В целях предотвращения аварийных ситуаций на территории комплекса газоочистных сооружений в работе предусмотрена система контроля загазованности территории.

|      |      |          |         |      |                       |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |         |      | 13.03.02.2018.220.ВКР | Лист |
| Изм. | Лист | № Докум. | Подпись | Дата |                       | 60   |



9. Гайсаров, Р. В. Выбор электрической аппаратуры, токоведущих частей и изоляторов [Текст]: Учебное пособие к курсовому и дипломному проектированию / Р. В. Гайсаров, И. Т. Лисовская. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2002. – 59 с.

10. СТО 56947007-29.240.10.028-2009. Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ (НТП ПС) [Электронный ресурс]. – Введ. 2009-04-13. – ОАО «ФСК ЕЭС». – Режим доступа: <http://www.fsk-ees.ru/upload.html>.

11. Схемы принципиальные электрические распределительных устройств подстанций 35–750 кВ. Типовые решения [Текст]: СТО 59012820-29.240.30.003-2009: утв. и введ. в действие ОАО «СО ЕЭС» 31.12.2009. – М.: ОАО «СО ЕЭС», 2009. – 132 с.

12. Выключатели элегазовые серии ВГТ на 35, 110 и 220 кВ [Электронный ресурс] / Каталог ЗАО "Энергомаш (Екатеринбург) – Уралэлектротяжмаш", Екатеринбург, 2012. – 16 с. Режим доступа: [http://www.uetm.ru/files/katalog\\_VGT-35,110,22\\_2.html](http://www.uetm.ru/files/katalog_VGT-35,110,22_2.html).

13. ГОСТ 7746-2001. Трансформаторы тока. Общие технические условия [Текст].– Взамен ГОСТ 7746-89; введ. 2003–01–01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 33 с.

14. <http://enip2.ru/production/IED/enip-2/>.

15. <http://incotexcom.ru/m234artM.htm>.

16. [http://psb-energo.ru/publ/shkola\\_ehlektrika/razjasnenija/indikator\\_mikroprocessornyj\\_fiksirujushhij\\_imf\\_3r/20-1-0-62](http://psb-energo.ru/publ/shkola_ehlektrika/razjasnenija/indikator_mikroprocessornyj_fiksirujushhij_imf_3r/20-1-0-62).

17. <https://electroshield.ru/catalog/komplektnye-raspredelitelnye-ustroystva/kru-seshch-59-6-10-kv>.

18. <http://www.gazoanalizators.ru/ESSA.html>

19. <http://www.infogas.ru/content/стационарные-многоканальные-газоанализаторы-с-цифровой-индикацией-хоббит-т>.

|      |      |          |         |      |                       |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |                       |  |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |                       |  |  |  |  | 62   |
| Изм. | Лист | № Докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2018.220.ВКР |  |  |  |  |      |