

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и энергетики
(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»
(наименование)

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Электроснабжение
(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему «Реконструкция высоковольтного распределительного пункта 6 кВ в Шлюзовом районе г. Тольятти»

Студент

А.А. Власов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., А.Н. Черненко

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2020

Аннотация

Бакалаврская работа выполнена на тему «Реконструкция высоковольтного распределительного пункта 6 кВ в Шлюзовом районе г. Тольятти».

В бакалаврской работе приведена краткая характеристика реконструируемого объекта, выполнен расчет токов КЗ, результаты которого использовались при проверке электрических аппаратов, установленных в РП. Выполнен выбор ячеек КРУ и устанавливаемого в них оборудования. Определено необходимое количество светильников для освещения помещения РП. Рассчитана нагрузка собственных нужд РП. Приведено описание функциональных возможностей, установленных в РП блоков микропроцессорной релейной защиты. Выполнен расчет системы заземления и молниезащиты распределительного пункта.

Бакалаврская работа выполнена в объеме 49 стр, содержит 14 рисунков и 2 таблицы. Графическая часть работы состоит из 6 листов стандартного формата А1.

Содержание

Введение.....	4
1. Краткая характеристика реконструируемого распределительного пункта...5	
2. Определение значений токов КЗ.....7	
3. Выбор ячеек КРУ для размещения в РП.....12	
4. Выбор и проверка электрооборудования и проводников.....16	
5. Расчет искусственного освещения.....35	
6. Собственные нужды распределительного пункта..... 40	
7. Устройства микропроцессорной РЗ в РП.....41	
8. Система заземления в распределительном пункте.....43	
9. Молниезащита распределительного пункта.....46	
Заключение.....	47
Список используемых источников.....	48

Введение

Формирование городской системы электроснабжения происходит десятилетиями и не заканчивается никогда. Вместе с развитием города, строительством новых микрорайонов, предприятий и объектов претерпевает изменения не только текущая, но и перспективная схема электроснабжения, которые строятся путем анализа существующей системы электроснабжения города, резервов мощности и ограничений источников питания, размещения питающих трансформаторных подстанций с напряжением на высокой стороне 35 кВ и более и должны быть согласованы с планом развития электроэнергосистемы.

Генеральный план города должен предусматривать выделение мест для размещения объектов электросетевого хозяйства: трансформаторных подстанций; трасс прокладки кабельных линий и опор воздушных линий электропередач и т.д.

В плане развития схемы электроснабжения города должна быть заложена возможность ее постепенного развития, добавления новых элементов без необходимости проведения масштабного переустройства. Во время проектирования системы электроснабжения города стараются использовать упрощенные схемы для распределения электрической энергии на повышенном напряжении для минимизации потерь. Для этого трансформаторные подстанции размещают максимально близко к центрам электрических нагрузок микрорайонов, а также используют схемы глубокого ввода [1, 2].

Целью бакалаврской работы является разработка мероприятий по реконструкции РП 6кВ, направленных на обеспечение надежного электроснабжения потребителей.

Задачами работы являлось: определение значений токов КЗ, выбор ячеек КРУ для размещения в РП, выбор и проверка электрооборудования и проводников и др.

1 Краткая характеристика реконструируемого распределительного пункта

Высоковольтный распределительный пункт 6 кВ расположен в Шлюзовом микрорайоне г. Тольятти. Расположение пункта приведено на рисунке 1.1.

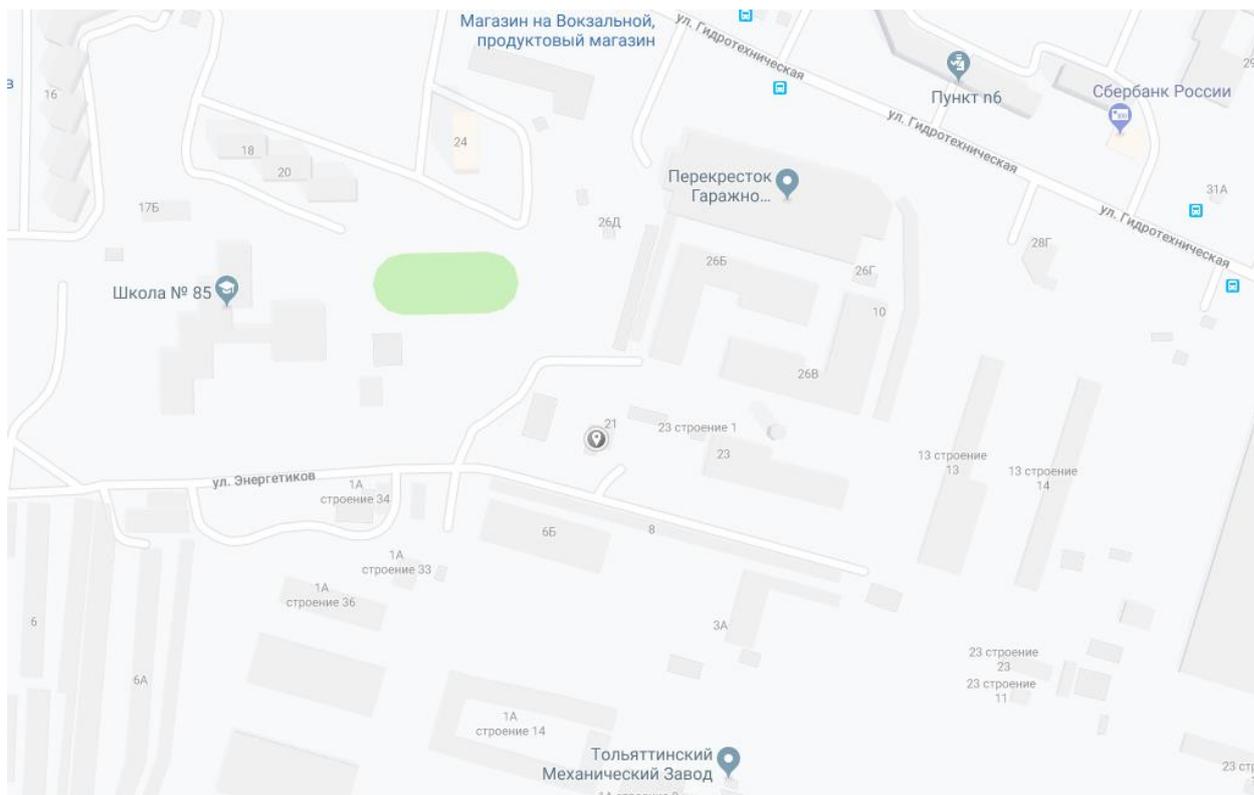


Рисунок 1.1 – Расположение РП 6 кВ на плане города

Обслуживает распределительный пункт акционерное общество «ОРЭС-Тольятти», которое обеспечивает надежное, бесперебойное и стабильное электроснабжение населения, городских коммунально-бытовых потребителей, объектов социальной и инженерной инфраструктуры Центрального и Комсомольского районов города Тольятти.

Распределительный пункт состоит из распределительного устройства напряжением 6 кВ и служит для распределения электрической энергии, при этом не производя ее трансформацию или преобразование. Размеры капитального строения РП равны в длину 15 м, в ширину 6 м, высота

потолка составляет 5 м. Кроме самого распределительного устройства в здании располагается помещение собственных нужд. Стены РП выполнены из кирпича с перекрытиями из железобетонных плит, в полу помещения расположены кабельные каналы. В торцах здания располагаются два входа.

Нагрузкой, получающей питание от распределительного пункта, являются: жилые многоквартирные дома, детские дошкольные учреждения, средние школы, продовольственные и промтоварные магазины, объекты тепло- и водоснабжения.

Значения максимальных токов, полученные в результате замеров по каждому фидеру приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 - Значения максимальных токов, полученные в результате замеров по каждому фидеру

№ отходящего фидера	№ конечной ТП	I_{max} , А
11	1001	60
12	471	168
13	5 (Т1)	320
14	550 (Т2)	210
15	481	170
16	5 (Т2)	320
17	580	155
18	466	100
19	550 (Т1)	210
20	594	192
21	556	115

2 Определение значений токов КЗ

Расчеты токов короткого замыкания (КЗ) выполняются для выбора электрических аппаратов по коммутационной способности, проверки их на термическую и электродинамическую стойкость, выбора уставок релейной защиты, выбора и проверки устройств грозозащиты и т.д.

В трехфазной системе возможны трехфазное, двухфазное и однофазное короткое замыкания. Однофазное КЗ возможно только в сетях с глухозаземленными или эффективно заземленными нейтралями. В электрических сетях, работающих с изолированными нейтралями или нейтралями, заземленными через компенсирующие устройства, замыкание одной фазы на землю называется простым замыканием или однофазным замыканием на землю.

Трехфазное КЗ является симметричным, двухфазное и однофазное КЗ несимметричным. В рамках данного пособия рассмотрены трехфазные КЗ в установках переменного тока напряжением до и выше 1 кВ и однофазные КЗ в установках переменного тока напряжением до 1 кВ [3, 4].

В соответствии с [5] все КЗ подразделяются на удаленные и близкие. КЗ в расчетной точке считается удаленным от источника питания, если амплитуды периодической составляющей тока КЗ от данного источника питания в начальный и произвольный моменты времени практически одинаковы, напряжение – синусоидальное и неизменное по амплитуде и частоте. При невыполнении этих условий КЗ считается близким.

Если различные источники питания связаны с расчетной точкой КЗ независимо друг от друга, то электрическую удаленность расчетной точки КЗ от какого-либо источника питания оценивают по величине приведенного к номинальной мощности и номинальному напряжению источника внешнего сопротивления, включенного между источником и точкой КЗ.

Более универсальной величиной является отношение действующего значения периодической составляющей тока источника энергии (генератора,

синхронного компенсатора, электродвигателя) в начальный момент КЗ к его номинальному току. В отечественной и международной практике КЗ принято считать близким, если это отношение больше или равно двум. При меньших значениях удаленного отношения КЗ следует считать удаленным.

Для приближенной оценки КЗ допустимо считать удаленным, если расчетная точка КЗ находится по отношению к генератору (или синхронному компенсатору) за двумя и более трансформаторами или за реактором (кабельной линией), сопротивление которого превышает сверхпереходное сопротивление генератора или синхронного компенсатора более чем в два раза. Для синхронного или асинхронного электродвигателя КЗ допустимо считать удаленным, если расчетная точка КЗ находится на другой ступени напряжения сети (т.е. за трансформатором) или за реактором, кабелем и т.д., сопротивление которого в два и более раз превышает сверхпереходное сопротивление электродвигателя.

Для выбранного участка сети составляется расчетная схема (рисунок 2.1). На ее основе разрабатывается схема замещения для определения токов короткого замыкания, для сети с напряжением выше 1 кВ элементы замещаются своими индуктивными сопротивлениями (рисунок 2.2). Расчеты производим в относительных единицах.

2.1 Определение токов трехфазного КЗ

Индуктивными значениями сопротивлений контактов высоковольтных выключателей и трансформаторов тока в расчетах можно пренебречь ввиду их малых значений.

Исходные данные, необходимые для расчета токов КЗ:

Параметры внешней электроэнергосистемы: номинальное напряжение $U_n = 6$ кВ, базисная мощность $S_6 = 1000$ МВА, мощность короткого замыкания $S_{кз} = 223.5$ МВА.

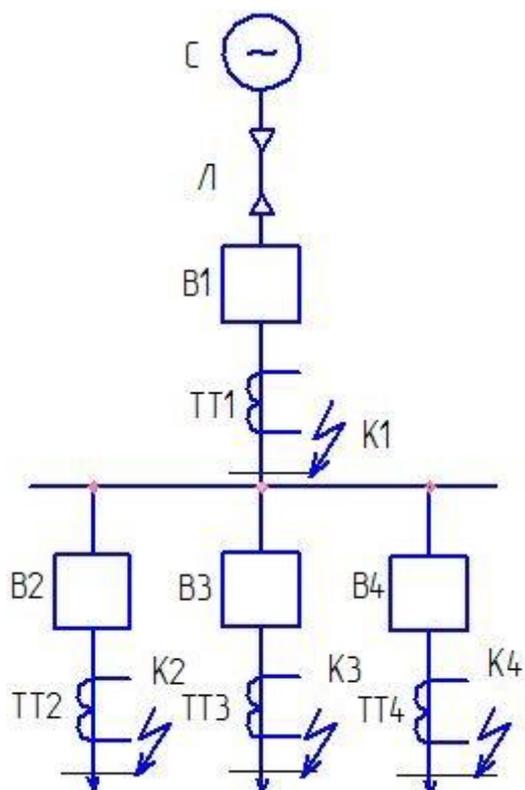


Рисунок 2.1 – Расчетная схема для определения токов короткого замыкания

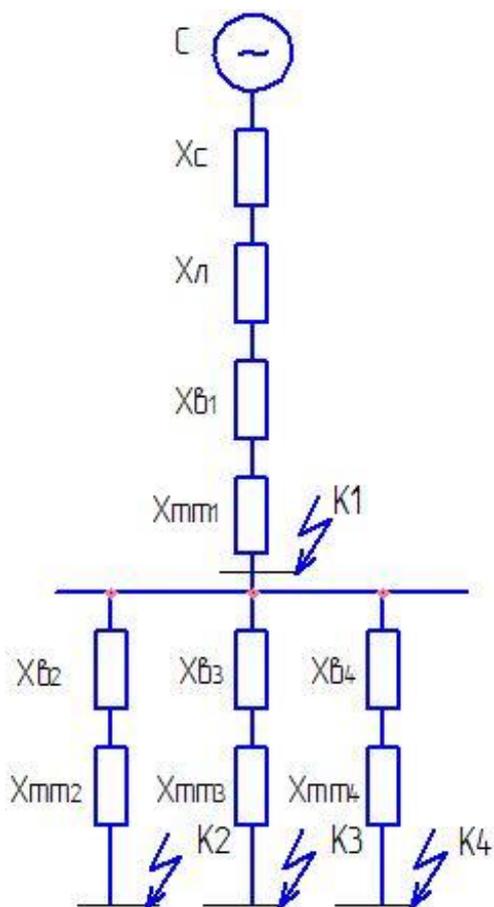


Рисунок 2.2 – Расчетная схема для определения токов короткого замыкания

Параметры питающей кабельной линии: индуктивное погонное сопротивление $x_0 = 0,071$ Ом/км (определяется по справочным данным), протяженность $l = 0.89$ км, номинальное напряжение электропередачи $U_n = 6$ кВ.

Произведем расчет каждого из сопротивлений схемы замещения:

Сопротивление внешней электроэнергосистемы [6]:

$$X_c = \frac{S_{\sigma}}{S_k}, \quad (2.1)$$

$$X_c = \frac{1000}{223.5} = 4.474;$$

Сопротивление питающей кабельной линии:

$$X_l = X_0 \cdot l \cdot \frac{S_{\sigma}}{U_n^2}, \quad (2.2)$$

$$X_l = 0.071 \cdot 0.89 \cdot \frac{1000}{6.3^2} = 1.592;$$

Суммарное сопротивление в точке короткого замыкания КЗ1:

$$X_{рез} = X_c + X_l, \quad (2.3)$$

$$X_{рез} = 4.474 + 1.592 = 6.06;$$

Найдем значение базисного тока:

$$I_{\sigma} = \frac{S_{\sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_B}, \quad (2.4)$$

$$I_{\sigma} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 6.3} = 91.642 \text{ кА};$$

«Определим действующее значение периодической составляющей трехфазного тока короткого замыкания в начальный момент времени» [6]:

$$I_{n,o}^3 = \frac{E_{\sigma}}{x_{рез}} \cdot I_{\sigma}, \quad (2.5)$$

$$I_{n,o}^3 = \frac{1}{6.06} \cdot 91.642 = 15.124 \text{ кА};$$

«Определим значение ударного тока короткого замыкания» [7]:

$$i_{y\sigma} = \sqrt{2} \cdot I_{n,o} \cdot k_{y\sigma}, \quad (2.6)$$

$$i_{y\sigma} = \sqrt{2} \cdot 15.124 \cdot 1.72 = 36.788 \text{ кА},$$

Значения токов трехфазного короткого замыкания и ударного тока КЗ для точек К2, К3, К4 принимаются равными значениям в точке К1 по причине не учета сопротивлений контактов высоковольтных выключателей из-за их малой величины.

3 Выбор ячеек КРУ для размещения в РП

Выбор комплектного распределительного устройства производится исходя из выполнения следующих условий:

- 1) «Соответствие номинальному напряжению сети» [8, 9]:

$$U_{сет.ном.} \leq U_{ном}, \quad (3.1)$$

$$6 \text{ кВ} \leq 10 \text{ кВ};$$

- 2) «Соответствие номинального тока КРУ расчетному току участка сети» [8]:

$$I_{р.мах} \leq I_{ном}, \quad (3.2)$$

Определим максимальное значение расчетного тока с учетом отключения одного из вводов в послеаварийном режиме работы:

$$I_{р.мах} = I_p \cdot 1.4, \quad (3.3)$$

$$I_{р.мах} = 320 \cdot 1.4 = 448 \text{ А},$$

Произведем проверку на выполнение условия 3.2:

$$448 \text{ А} \leq 630 \text{ А}.$$

Для установки в здании РП выбираем ячейки КСО-298, зарекомендовавшие себя надежной работой по опыту эксплуатации на других объектах ОРЭС-Тольятти.

Внешний вид ячеек представлен на рисунке 3.1.



Рисунок 3.1 – Внешний вид ячейки КСО-298

Из камер КСО-298 собираются распределительные устройства, служащие для приема и распределения электроэнергии. Принцип работы определяется совокупностью схем главных и вспомогательных цепей камер КСО [10].

Каркас камеры изготавливается из оцинкованной стали с применением технологии заклепочных соединений, что значительно повышает прочность корпуса, улучшает внешний вид и антикоррозийные свойства изделия.

Внутри камеры размещена аппаратура главных цепей. Рукоятки приводов и аппаратов управления расположены с фасадной стороны камеры

КСО-298. Реле защиты, управления, сигнализации, приборы учета и измерения расположены как с фасадной стороны, так и внутри камеры КСО.

Доступ в камеру обеспечивают две двери: верхняя - в зону высоковольтного выключателя, трансформатора напряжения или предохранителя, нижняя - в зону кабельных присоединений, силового трансформатора или разъединителей. Между дверью с аппаратурой вспомогательных цепей и высоковольтным выключателем установлена фальшпанель, предотвращающая доступ в зону высокого напряжения. На камере имеются смотровые окна для обзора внутренней части камеры. В камерах КСО-298 имеется устройство для установки лампы внутреннего освещения (лампа накаливания 36 В), обеспечивающее возможность безопасной замены перегоревшей лампы без снятия напряжения.

Сборные шины камер КСО-298 имеют с фасада сетчатые или сплошные со смотровым окном ограждения.

Все установленные в камере КСО-298 аппараты и приборы, подлежащие заземлению, заземлены. Верхняя дверь, на которой установлены приборы вспомогательных цепей, заземлены гибким проводом. На фасаде камеры в нижней части имеется зажим заземления, предназначенный для присоединения к заземленному корпусу элементов, временно подлежащих заземлению.

Каркас камеры непосредственно приваривается к металлическим заземленным конструкциям. Шины заземления (проводники) окрашены в черный цвет.

Верхняя дверь является панелью, на которой смонтирована схема вспомогательных цепей. На фасаде размещена аппаратура в основном с задним присоединением проводов (реле защиты, управления, сигнализации, приборы учета и измерения).

В камерах с кабельными вводами предусмотрена возможность концевой разделки одного или двух трехфазных кабелей сечением до 240 мм, а также однофазных кабелей с пластмассовой изоляцией сечением до 500 мм.

Каналом для магистральных шин оперативных цепей питания электромагнитов включения, цепей управления, сигнализации служит короб, расположенный в средней части камер КСО-298. Кроме того, в коробе размещен выходной клеммник для выполнения межкамерных соединений вспомогательных цепей.

Во избежание ошибочных операций при обслуживании и ремонте в камерах выполнены следующие блокировки [11, 12]:

- блокировка, не допускающая включение и отключение линейных и шинных разъединителей при включенном высоковольтном выключателе;

- блокировка, не допускающая включение заземляющих ножей при включенных рабочих ножах разъединителей;

- блокировка, не допускающая включение разъединителей при включенных заземляющих ножах;

- блокировка, не допускающая включение высоковольтного выключателя при нахождении разъединителей в промежуточном положении;

- блокировка включения высоковольтного выключателя при коммутации разъединителями;

- внешняя блокировка, не допускающая включение высоковольтного выключателя ввода при включенных заземляющих ножах заземления сборных шин.

- внешняя блокировка включения высоковольтного выключателя при включенных заземляющих ножах разъединителей.

Для вводов до 630 А (кроме блоков) поставляются также камеры с высоковольтным выключателем.

4 Выбор и проверка электрооборудования и проводников

Коммутационные и защитные электрические аппараты применяются в системах электроснабжения потребителей электрической энергии, т. е. в системах их обеспечения электрической энергией и в системах электропотребления или в системах управления электроприемниками и технологическими установками. Их выбор осуществляется в процессе проектирования систем электроснабжения и потребления, а также при замене аппаратов в связи с реконструкцией систем или в связи с выходом аппаратов из строя [13, 14].

Электрические аппараты должны обладать высокой надежностью, т. е. не допускать перерыва в электроснабжении и сбоев в работе электроприемников и технологических установок. Снижение надежности электроснабжения может быть из-за отказов и сбоев в работе электрических аппаратов. Отказы и сбои в работе могут быть как в коммутационных аппаратах напряжением выше 1000 В, в аппаратах до 1000 В, так и в аппаратах управления и автоматики.

Отказом выключателя является невыполнение им оперативных, защитных и противоаварийных функций, а также повреждения, при которых он должен быть выведен в ремонт. К ним относятся:

- невозможность отключения короткого замыкания в ячейке выключателя при оперативных коммутациях или в рабочем состоянии;
- невозможность отключения короткого замыкания в линии;
- невозможность автоматического или оперативного включения выключателя без короткого замыкания в ячейке или в линии;
- повреждения выключателя при отключении короткого замыкания;
- ложные отключения.

4.1 Выбор высоковольтных выключателей

Принимаем к установке высоковольтный выключатель ВВ/TEL-10-20/1000 У2 с вакуумной дугогасительной камерой. Внешний вид выбранного выключателя изображен на рисунке 4.1.



Рисунок 4.1 – Внешний вид выбранного выключателя ВВ/TEL-10-20/1000 У2 с вакуумной дугогасительной камерой

Выбор высоковольтного выключателя производится по следующим критериям:

- 1) Соответствие номинального тока выключателя максимальному расчетному току участка сети:

$$I_{p.\max} \leq I_{\text{ном}},$$

$$448 \text{ A} \leq 1000 \text{ A};$$

2) Соответствие номинальному напряжению сети:

$$U_{ном} \leq U_{сет.ном},$$

$$6 \text{ кВ} \leq 6 \text{ кВ};$$

3) «По коммутационной способности» [15]:

а) на отключение симметричного тока КЗ:

$$I_{п,\tau} \leq I_{откл.ном},$$

$$15.12 \text{ кА} \leq 20 \text{ кА};$$

б) «на отключение апериодической составляющей тока короткого замыкания» [15]:

$$i_{a,\tau} \leq i_{a,ном};$$

$$i_{a,ном} = (\sqrt{2} \cdot \beta_{нор.} / 100) \cdot I_{откл.ном}; \quad (4.1)$$

$$i_{a,ном} = \sqrt{2} \cdot 0.2 \cdot 20 = 5.65 \text{ кА},$$

$$i_{a,\tau} = \sqrt{2} \cdot I_{н,о} \cdot e^{-\tau/T_a}; \quad (4.2)$$

$$i_{a,\tau} = \sqrt{2} \cdot 15.12 \cdot 0.17 = 3.63 \text{ кА},$$

$$3.36 \text{ кА} \leq 5.65 \text{ кА}.$$

4) Проверка выключателя по электродинамической стойкости к ударным токам короткого замыкания:

$$I_{н,о} \leq I_{нрс},$$

$$15.12 \text{ кА} \leq 20 \text{ кА},$$

$$i_{уд} \leq i_{нрс},$$

$$36.78 \text{ кА} \leq 52 \text{ кА},$$

5) Проверка выключателя по термической стойкости к продолжительному тепловому воздействию тока короткого замыкания:

$$B_k \leq I_T^2 \cdot t_T,$$

при $t_{откл} < t_T$:

$$B_k \leq I_T^2 \cdot t_{откл},$$

При расчетной продолжительности протекания тока короткого замыкания 0,2 с условие проверки по термической стойкости примет вид:

$$B_k = I_{н.о}^3 \cdot (t_{откл} + T_a), \quad (4.3)$$

$$B_k = 15.12^2 \cdot (0,2 + 0,04) = 54.86 \text{ кА}^2 \cdot \text{с},$$

Поскольку $t_{откл} < t_T$ то воспользуемся формулой:

$$I_T^2 \cdot t_{откл} = 20^2 \cdot 0.2 = 80 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}. \quad (4.4)$$

В расчетах принимаем значения токов КЗ, определенные ранее:

$$I_{н.о}^3 = 15.12 \text{ кА},$$

$$i_{y\delta} = 36.78 \text{ кА}.$$

Выбранный высоковольтный выключатель прошел проверку и может быть использован при проведении реконструкции РП.

4.2 Выбор измерительных трансформаторов тока

Принимаем к установке измерительные трансформаторы тока типа ТПЛ-СЭЦ-10. Трансформатор тока внутренней установки ТПЛ-СЭЦ-10 предназначен для передачи сигнала измерительной информации приборам измерения, защиты автоматики, сигнализации и управления, служит для использования в цепях коммерческого учета электроэнергии в электрических установках переменного тока на класс напряжения до 10 кВ [16].

Внешний вид выбранного типа трансформатора тока изображен на рисунке 4.2.



Рисунок 4.2 – Внешний вид трансформатора тока типа ТПЛ-СЭЦ-10

Выбор измерительных трансформаторов тока производится по следующим критериям:

1) Соответствие номинального тока ТТ максимальному расчетному току участка сети:

$$I_{p.\max} \leq I_{\text{ном}},$$

$$448 \text{ A} \leq 600 \text{ A};$$

2) Соответствие номинальному напряжению сети:

$$U_{ном} \leq U_{сет.ном},$$

$$6 \text{ кВ} \leq 10 \text{ кВ};$$

3) Проверка ТТ по электродинамической стойкости к ударным токам короткого замыкания:

$$i_{уд} \leq K_{эд} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{ном},$$

$$K_{эд} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{ном} = 100 \cdot \sqrt{2} \cdot 0.6 = 84.85 \text{ А}, \quad (4.5)$$

$$36.78 \text{ А} \leq 84.85 \text{ А};$$

4) Проверка ТТ по термической стойкости к продолжительному тепловому воздействию тока короткого замыкания:

$$B_k \leq K_T^2 \cdot I_{ном}^2 \cdot t_T = I_T^2 \cdot t_T,$$

$$K_T^2 \cdot I_{ном}^2 \cdot t_T = 45^2 \cdot 0.6^2 \cdot 3 = 2187 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}, \quad (4.6)$$

$$54.86 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \leq 2187 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

5) Выбор по конструктивному исполнению и необходимому классу точности трансформатора тока;

6) Максимальной величине вторичной нагрузки в выбранном классе точности.

Измерительным прибором, подключенным к ТТ является многофункциональный прибор РМ130ЕН PLUS. Внешний вид прибора приведен на рисунке 4.3.



Рисунок 4.3 – Внешний вид прибора PM130EH PLUS

Многофункциональный измерительный преобразователь PM130EH PLUS - расширенная модель новой серии приборов PM130 PLUS, измеряющая напряжение, ток, частоту, мощность, интегрируемую мощность, cosφ, энергию, гармоники.

Определим величину вторичной нагрузки по формуле:

$$R_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2}; \quad (4.7)$$

$$R_{\text{приб}} = \frac{0,5}{5^2} = 0,02 \text{ Ом};$$

$$Z_{\text{пр}} = Z_{2\text{ном}} - R_{\text{приб}} - R_{\text{к}}; \quad (4.8)$$

$$Z_{\text{пр}} = 1,2 - 0,02 - 0,01 = 1,17 \text{ Ом}.$$

Найдем сечение соединительных проводов по формуле:

$$s = \frac{\rho \cdot l_{\text{пр}}}{Z_{\text{пров}}}; \quad (4.9)$$

$$s = \frac{0,0175 \cdot 40}{1,17} = 0,598 \text{ мм}^2;$$

Принимаем ближайшее стандартное минимально допустимое сечение провода 2,5 мм².

Выбранный трансформатор тока прошел проверку и может быть использован при проведении реконструкции РП.

4.3 Выбор измерительных трансформаторов напряжения

Принимаем к установке измерительные трансформаторы напряжения типа ЗНОЛ-СЭЩ 10. Трансформатор выполнен в виде опорной конструкции. Корпус трансформатора изготавливается из эпоксидного компаунда, который одновременно является главной изоляцией и обеспечивает защиту обмоток от механических и климатических воздействий. Высоковольтный вывод первичной обмотки расположен на верхней части трансформатора. Выводы вторичных обмоток и заземляемый вывод первичной обмотки располагаются в нижней части трансформатора [17]. Внешний вид выбранного типа трансформатора напряжения изображен на рисунке 4.4.

Выбор измерительных трансформаторов напряжения производится по следующим критериям:

- 1) Соответствие номинальному напряжению сети:

$$U_{\text{ном}} \leq U_{\text{сет.ном}},$$

$$6 \text{ кВ} \leq 10 \text{ кВ};$$

- 2) Максимальной величине вторичной нагрузки в выбранном классе точности. Величина вторичной нагрузки, создаваемой прибором РМ130ЕН PLUS не превышает 1 Вт.



Рисунок 4.4 – Внешний вид трансформатора напряжения типа
ЗНОЛ-СЭЦ 10

Выбранный трансформатор напряжения прошел проверку и может быть использован при проведении реконструкции РП.

4.4 Выбор разъединителя

Принимаем к установке разъединители типа РВФЗ-10/630. Основное предназначение разъединителей РВФЗ заключается в создании разрыва в электрической цепи для обеспечения безопасности персонала, обслуживающего электроете

Разъединители РВФЗ 10/400 РВФЗ 10/630 РВФЗ 10/1000 с приводом ПР 10 отличаются от разъединителей РВЗ наличием проходных изоляторов. Разъединители РВФЗ предназначены для коммутации под напряжением участков электрической цепи при отсутствии нагрузочного тока и для

изменения схем соединения, для обеспечения безопасного производства работ на отключенном участке, для включения и отключения зарядных токов воздушных и кабельных линий, холостого тока трансформаторов и токов небольших нагрузок [18, 19]. Внешний вид выбранного разъединителя изображен на рисунке 4.5.

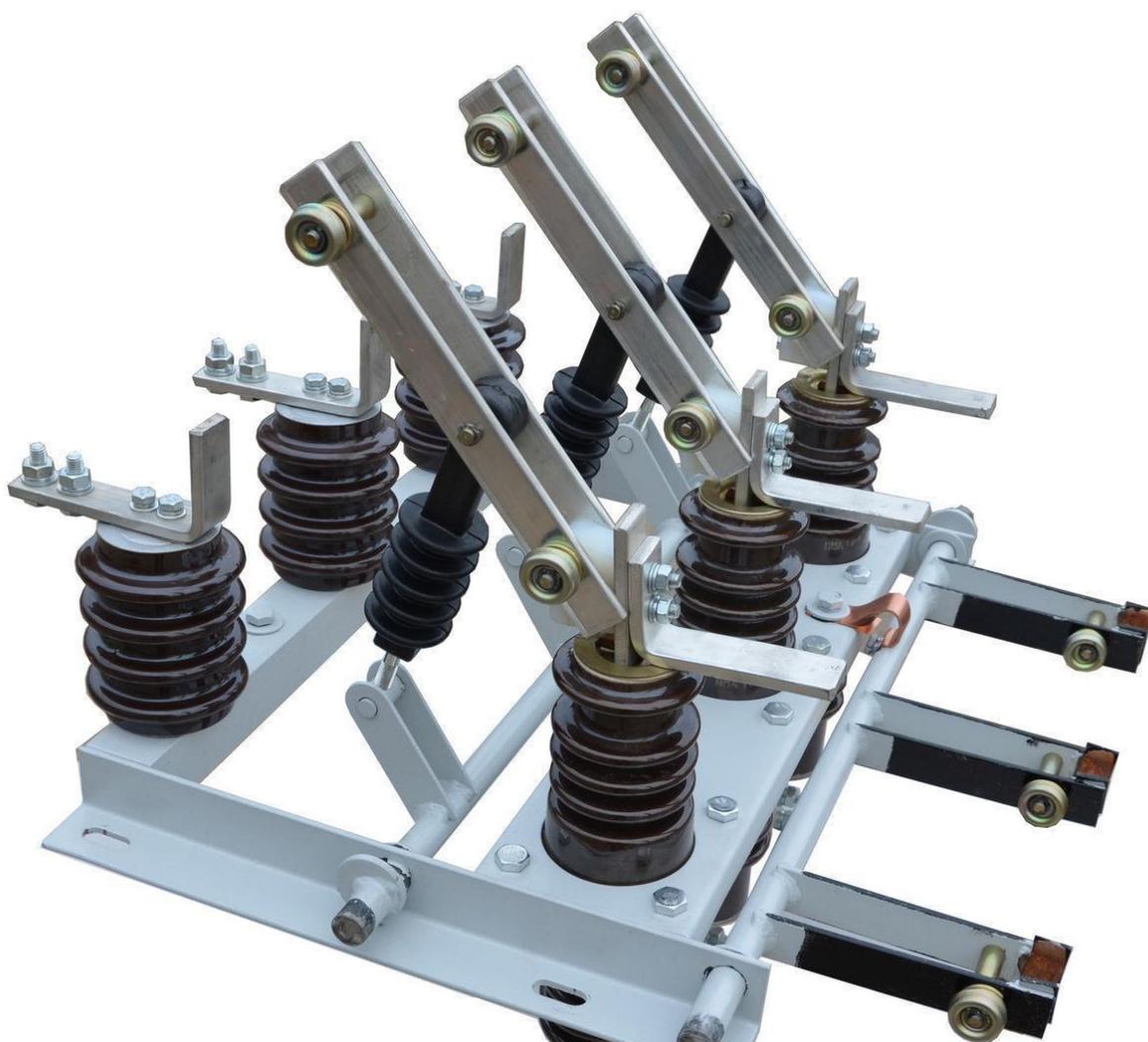


Рисунок 4.5 – Внешний вид разъединителя типа РВФз-10/630

Выбор разъединителя производится по следующим критериям:

- 1) Соответствие номинального тока разъединителя максимальному расчетному току участка сети:

$$I_{p.\max} \leq I_{\text{ном}},$$

$$448 \text{ A} \leq 1000 \text{ A};$$

2) Соответствие номинальному напряжению сети:

$$U_{\text{ном}} \leq U_{\text{сет.ном.}},$$

$$6 \text{ кВ} \leq 6 \text{ кВ};$$

3) Проверка разъединителя по электродинамической стойкости к ударным токам короткого замыкания:

$$I_{\text{н.о}} \leq I_{\text{прс}},$$

$$15.12 \text{ кА} \leq 20 \text{ кА},$$

$$i_{\text{уд}} \leq i_{\text{прс}},$$

$$36.78 \text{ кА} \leq 51 \text{ кА};$$

4) Проверка разъединителя по термической стойкости к продолжительному тепловому воздействию тока короткого замыкания:

$$B_{\text{к}} \leq I_{\text{T}}^2 \cdot t_{\text{T}},$$

при $t_{\text{откл}} < t_{\text{T}}$:

$$B_{\text{к}} \leq I_{\text{T}}^2 \cdot t_{\text{откл}},$$

$$54.86 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \leq 80 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

5) Выбор по конструктивному исполнению.

Выбранный разъединитель прошел проверку и может быть использован при проведении реконструкции РП.

4.5 Выбор жестких шин в распределительном пункте

Найдем оптимальное сечение шин по экономической плотности тока:

$$s = \frac{I_{p.ном}}{j_{эк}}; \quad (4.10)$$

$$s = \frac{448}{1.3} = 344.61 \text{ мм}^2.$$

Принимаем алюминиевые прямоугольные шины размером 60х6 мм² со значением длительного допустимого тока равным 880А.

Принятое сечение шин должно быть проверено по следующим параметрам:

- 1) Не превышение максимальным расчетным током длительно допустимого по нагреву значения:

$$I_{max} < I_{дон},$$
$$448\text{А} < 880\text{А};$$

- 2) Минимально допустимое сечение шины исходя из условия термического воздействия токов короткого замыкания:

$$s_{min} = \frac{\sqrt{B_k}}{C_T} \quad (4.11)$$
$$s_{min} = \frac{\sqrt{54.86 \cdot 10^3}}{90} = 82.29 \text{ мм}^2$$

Выбранные шины проходят по данному критерию, так как выполняется условие:

$$s_{min} < s,$$

$$82.29 \text{ мм}^2 < 360 \text{ мм}^2;$$

3) Проверка на частоту собственных колебаний шины.

«Определим значение частоты собственных колебаний шины» [20]:

$$f_0 = \frac{r_1^2}{2\pi l^2} \cdot \sqrt{\frac{EJ}{m}}, \quad (4.12)$$

$$f_0 = \frac{4.73^2}{2 \cdot 3.14 \cdot 1.5^2} \cdot \sqrt{\frac{7 \cdot 10^{10} \cdot 0.21 \cdot 10^{-8}}{0.97}} = 19.46 \text{ Гц},$$

«Определим значение момента инерции поперечного сечения шины» [20]:

$$J = \frac{hb^3}{12}; \quad (4.13)$$

$$J = \frac{6 \cdot 0.6^3}{12} = 0.21 \text{ см}^4 = 0.21 \cdot 10^{-8} \text{ м},$$

«Найдем массу шины» [20]:

$$m = \rho \cdot b \cdot h \cdot l; \quad (4.14)$$

$$m = 2.7 \cdot 10^{-3} \cdot 6 \cdot 0.6 \cdot 100 = 0.972 \text{ кг / м}$$

Частота колебаний составляет примерно 19 Гц, что не превышает порогового значения в 30Гц, следовательно резонанса не возникает и шины выбраны верно.

4) Проверка шин по электродинамической стойкости к ударным токам короткого замыкания:

$$\sigma_{\text{раб}} < \sigma_{\text{доп}},$$

«Определим напряжение в материале шин из-за взаимодействия отдельных фаз шин» [20]:

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 10^{-7} l_{\text{из}}^2 i_{\text{уд}}^2 k_{\phi} k_{\text{расн}}}{\lambda \cdot W \cdot a}, \quad (4.15)$$

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 10^{-7} \cdot 1.5^2 \cdot (36780)^2 \cdot 0.65 \cdot 1}{12 \cdot 0.36 \cdot 10^{-6} \cdot 0.8} = 9.9 \text{ МПа},$$

«Найдем момент сопротивления поперечного сечения шины» [20]:

$$W = \frac{hb^2}{6}; \quad (4.16)$$

$$W = \frac{6 \cdot 0.6^2}{6} = 0.36 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

По результатам расчетов делаем вывод о механической прочности шин, так как выполняется равенство:

$$\sigma_{\text{раб}} = 9.9 \text{ МПа} < \sigma_{\text{доп}} = 89 \text{ МПа}.$$

4.6 Выбор опорных изоляторов

Опорные изоляторы используются для крепления выбранных в предыдущем пункте жестких шин. Предварительно принимаем установке ребристый изолятор типа ИОР-10-7.5 УХЛ2.

Выбор опорных изоляторов производится по следующим критериям:

1) Соответствие номинальному напряжению сети:

$$U_{ном} \leq U_{сет.ном},$$

$$6 \text{ кВ} \leq 10 \text{ кВ};$$

2) Не превышению допустимой нагрузки на головку опорного изолятора, при этом расчетное значение может быть найдено по формуле:

$$F_{расч} = \sqrt{3} \cdot \frac{i_{уд}^2}{a} \cdot k_{\phi} \cdot k_{расч} \cdot l_{из} \cdot 10^{-7}, \quad (4.17)$$

$$F_{расч} = \sqrt{3} \frac{(36780)^2}{0.8} \cdot 0.6 \cdot 1 \cdot 1.5 \cdot 10^{-7} = 263.59 \text{ Н},$$

Внешний вид выбранного опорного изолятора изображен на рисунке 4.6.

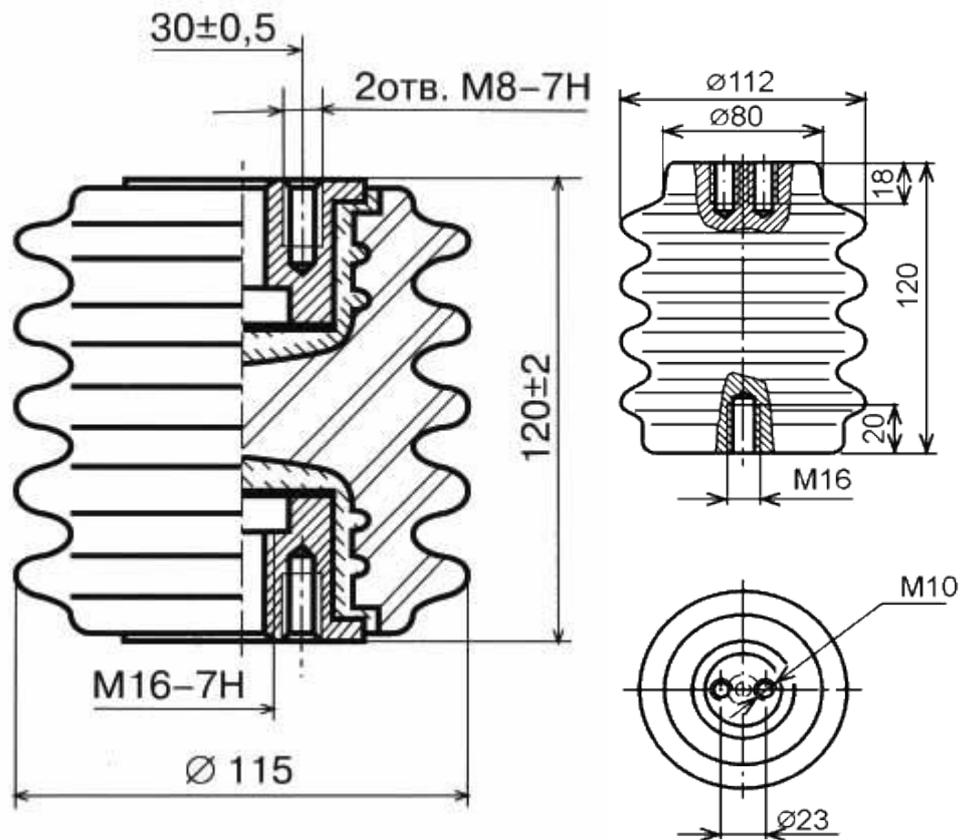


Рисунок 4.6 – Внешний вид опорного изолятора типа ИОР-10-7.5 II УХЛ2

Допустимая нагрузка на головку опорного изолятора:

$$F_{дон} = 0.6 \cdot F_{разр} \frac{H_{из}}{H}; \quad (4.18)$$

$$F_{дон} = 0.6 \cdot 7500 \cdot \frac{0.120}{0.156} = 3529 \text{ Н,}$$

Высота изолятора:

$$H = H_{из} + b + \frac{h}{2}; \quad (4.19)$$

$$H = 0.120 + 0.006 + 0.03 = 0.156 \text{ мм.}$$

Выбранный изолятор проходит проверку, так как выполняется условие:

$$F_{расч} = 239.59 \text{ Н} < F_{дон} = 3529 \text{ Н}$$

4.7 Выбор предохранителя для защиты трансформатора напряжения

Выбор предохранителя производится по следующим критериям:

1) Соответствие номинального тока предохранителя максимальному расчетному току участка сети:

$$I_{раб} \leq I_{ном},$$
$$20 \text{ А} \leq 31.5 \text{ А};$$

2) Соответствие номинальному напряжению сети:

$$U_{ном} \leq U_{сет.ном},$$

$$6 \text{ кВ} \leq 6 \text{ кВ};$$

3) По отключающей способности:

$$I_{p.откл} \leq I_{p.откл.ном},$$

$$15.12 \text{ А} \leq 20 \text{ А};$$

4) Выбор по конструктивному исполнению и роду установки.

По указанным выше критериям принимаем к установке предохранитель типа ПКТ-101.

4.8 Выбор кабелей

Выбор кабелей на напряжение больше 1 кВ производится по следующим условиям:

1) Соответствие номинальному напряжению сети:

$$U_{ном} \leq U_{сет.ном},$$

$$6 \text{ кВ} \leq 6 \text{ кВ};$$

2) Конструктивному исполнению;

3) «Сечение определяется по экономической плотности тока» [21]:

$$s_3 = \frac{I_{ном}}{j_3}, \quad (4.20)$$

$$s_3 = \frac{448}{1.4} = 320 \text{ мм}^2,$$

К установке принимаем 2 кабеля марки ААШВ, рассчитанных на номинальное напряжение 6 кВ с сечением одной жилы 185 мм^2 .

4) Не превышение максимальным расчетным током длительно допустимого по нагреву значения:

$$\begin{aligned} I_{\text{продол.расч}} &\leq I_{\text{дл.доп}} \\ I_{\text{дл.доп}} &= k_1 I_{\text{доп.ном}} \\ I_{\text{дл.доп}} &= 0.93 \cdot 340 \cdot 2 = 632.4 \text{ A} \end{aligned} \quad (4.21)$$

С учетом поправочных коэффициентов:

$$I_{\text{продол.расч}} = 448 \text{ A} \leq I_{\text{дл.доп}} = 632.4 \text{ A}$$

Что говорит о стойкости кабеля к нагреву токами продолжительного режима.

5) Минимально допустимое сечение жилы кабеля исходя из условия термического воздействия токов короткого замыкания:

$$s_{\min} \leq s$$

«Найдем значение интеграла Джоуля» [21]:

$$\begin{aligned} B_{\kappa} &= I_{\text{н.о}}^2 (t_{\text{откл}} + T_a) \\ B_{\kappa} &= 15.12^2 (0.25 + 0.02 + 0.01) = 64 \cdot 10^6 \text{ A}^2 \cdot \text{с} \end{aligned} \quad (4.22)$$

Найдем минимально допустимое сечение шины по термической стойкости:

$$s_{\min} = \frac{\sqrt{B_{\kappa}}}{C_T} \quad (4.23)$$

$$s_{\min} = \frac{\sqrt{64} \cdot 10^3}{75} = 106.6 \text{ мм}^2$$

Выбранные кабели проходят по данному критерию, так как выполняется условие:

$$s_{\min} = 106.6 \text{ мм}^2 \leq s = 185 \text{ мм}^2$$

Окончательно принимаем к установке 2 трехжильных кабеля марки ААШВ, рассчитанных на номинальное напряжение 6 кВ с сечением одной жилы 185 мм².

Таким образом, в работе были выбраны и проверены на стойкость к токам короткого замыкания все основные электрические аппараты, устанавливаемые на ГПП.

5 Расчет искусственного освещения

Современное освещение характеризуют следующие основные критерии:

- видимость;
- электро-, взрыво- и пожаробезопасность;
- энергосбережение;
- эстетичность;
- экономичность и др.

Видимость обеспечивается выполнением норм освещения, определённых нормативными документами:

- СП52.13300.2011. «Свод правил. Естественное и искусственное освещение» (актуализированная редакция СНиП 23-05-95);
- Отраслевыми документами;
- Различными санитарными правилами и нормами (СанПИН).

По СП52.13300.2011 для внутреннего освещения устанавливаются следующие показатели:

- Для промышленных предприятий: освещённость в точках её минимального значения; сочетание показателей ослеплённости и коэффициента пульсации освещённости; индекс цветопередачи, диапазон цветовых температур;
- Для общественных и административных зданий: освещённость в точках её минимального значения; цилиндрическая освещённость; объединённый показатель UGR; коэффициент пульсации освещённости; индекс цветопередачи; диапазон цветовых температур;
- Для улиц и дорог: средняя освещённость дорожного покрытия; средняя яркость дорожного покрытия; равномерность распределения яркости и освещённость дорожного покрытия.

Электро-, взрыво- и пожаробезопасность систем освещения обеспечивается правильным выбором системы заземления сети освещения,

светотехнического и электрического оборудования.

Энергосбережение в системах освещения обеспечивается применением:

- Энергосберегающих источников света;
- Светильников с высоким к.п.д. с рекомендуемым светораспределением;
- Современных ЭПРА с малым уровнем потерь;
- Управляемых систем освещения.

В настоящее время до 80 % установок освещения старые и малоэффективные. При этом ежегодно замене подвергается лишь 3% установок уличного освещения, 2% офисного освещения.

Эстетичность означает, что освещение должно не только выполнять свои прямые функции, но и украшать освещаемый объект.

Экономичность. Выбор системы освещения по критерию минимальных затрат допустим только при строгом выполнении основных требований к системам освещения и часто определяется возможностями заказчика.

В помещении распределительного пункта согласно СП52.13300.2011 необходимо обеспечить уровень освещенности не менее 200 лк. Для установки принимаем светильники типа ЛСП44 с электронной пускорегулирующей аппаратурой. Внешний вид светильника изображен на рисунке 5.1.



Рисунок 5.1 – Внешний вид светильника типа ЛСП44

Выполним расчет системы освещения по методу коэффициента использования светового потока с выбранными светильниками.

Определим расчетную высоту:

$$h_{расч} = H - h_c - h_p, \quad (5.1)$$
$$h_{расч} = 5 - 0.6 - 0 = 4.4 \text{ м},$$

Найдем расстояние между рядами светильников и между отдельными светильниками в каждом ряду:

$$L = \lambda_c \cdot h_{расч} \quad (5.2)$$
$$L = 1.2 \cdot 4.4 = 5.28 \text{ м},$$

Число рядов светильников определяем по формуле:

$$n_b = \frac{B}{L}, \quad (5.3)$$
$$n_b = \frac{6}{5.28} = 1.13 \text{ шт},$$

Принимаем к установке однорядное расположение светильников, по центральной оси помещения.

Найдем значение индекса помещения:

$$i = \frac{A \cdot B}{h_{расч} \cdot (A + B)}, \quad (5.4)$$
$$i = \frac{15 \cdot 6}{4.4 \cdot (15 + 6)} = 0.97 \text{ о.е.},$$

Учитывая значение индекса помещения и коэффициенты отражения потолка, стен и пола в рассматриваемом помещении определяем по справочным таблицам для выбранного типа светильника коэффициент использования, который оказывается равен 0,48.

«Находим значение коэффициента использования светового потока» [11]:

$$\eta = \eta_n \cdot \eta_c \quad (5.5)$$
$$\eta = 0.48 \cdot 0.8 = 0.38 \text{ о.е.}$$

Определяем необходимое значение суммарного светового потока:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot \kappa \cdot S \cdot z}{n \cdot \eta}, \quad (5.6)$$
$$\Phi = \frac{200 \cdot 1.3 \cdot 15 \cdot 6 \cdot 1.1}{1 \cdot 0.38} = 67736 \text{ лм,}$$

Для установки в светильнике выбираем лампу типа ЛБ40 с мощностью одной лампы 40 Вт и световым потоком равным 2850 лм.

Определяем количество светильников в одном ряду:

$$N = \frac{\Phi}{2 \cdot \Phi_c}, \quad (5.7)$$
$$N = \frac{67736}{2 \cdot 2850} = 11.88 \text{ шт,}$$

Окончательно принимаем к установке 1 ряд светильников с 12 светильниками в ряду.

Определим требуемый световой поток от одной лампы:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot \kappa \cdot S \cdot z}{N \cdot n \cdot \eta}, \quad (5.8)$$

$$\Phi = \frac{200 \cdot 1.3 \cdot 15 \cdot 6 \cdot 1.1}{12 \cdot 2 \cdot 0.38} = 2822.36 \text{ лм},$$

Что соответствует паспортному световому потоку одной лампы.

Суммарная потребляемая системой освещения распределительного пункта мощность:

$$P = n \cdot N \cdot P_i, \quad (5.9)$$

$$P = 2 \cdot 12 \cdot 40 = 960 \text{ кВт}.$$

Всего к установке принято 12 светильников, которые позволяют обеспечить в помещении распределительного пункта согласно уровень освещенности не менее 200 лк.

6 Собственные нужды распределительного пункта

Для питания собственных нужд распределительного пункта используется специально установленный трансформатор.

К основным электропотребителям собственных нужд РП относят электрическое отопление помещения РП, систему электрического освещения, нагрузки отдельных электроприемников, используемых при ремонте или в процессе эксплуатации.

Для определения необходимой мощности трансформатора собственных нужд с учетом его коэффициента загрузки произведем суммирование нагрузок, а результаты занесем в таблицу 6.1.

Таблица 6.1 – Электроприемники собственных нужд распределительного пункта

№ п/п	Группы электроприемников	Суммарная нагрузка группы потребителей СН, кВт
1	Электрическое отопление помещения РП	6
2	Систему электрического освещения	1
3	Нагрузки отдельных электроприемников, используемых при ремонте или в процессе эксплуатации	20
	Всего	27
	При коэффициенте загрузки трансформатора СН равном 0,7	
	Итого	18.9

По полученному значению мощности выбираем трансформатор собственных нужд с номинальной мощностью 40 кВА.

7 Устройства микропроцессорной РЗ в РП

В каждой ячейке КСО-298 устанавливается МУРЗ типа «Сириус 21-Л». Внешний вид панели управления «Сириус 21-Л» изображен на рисунке 7.1.

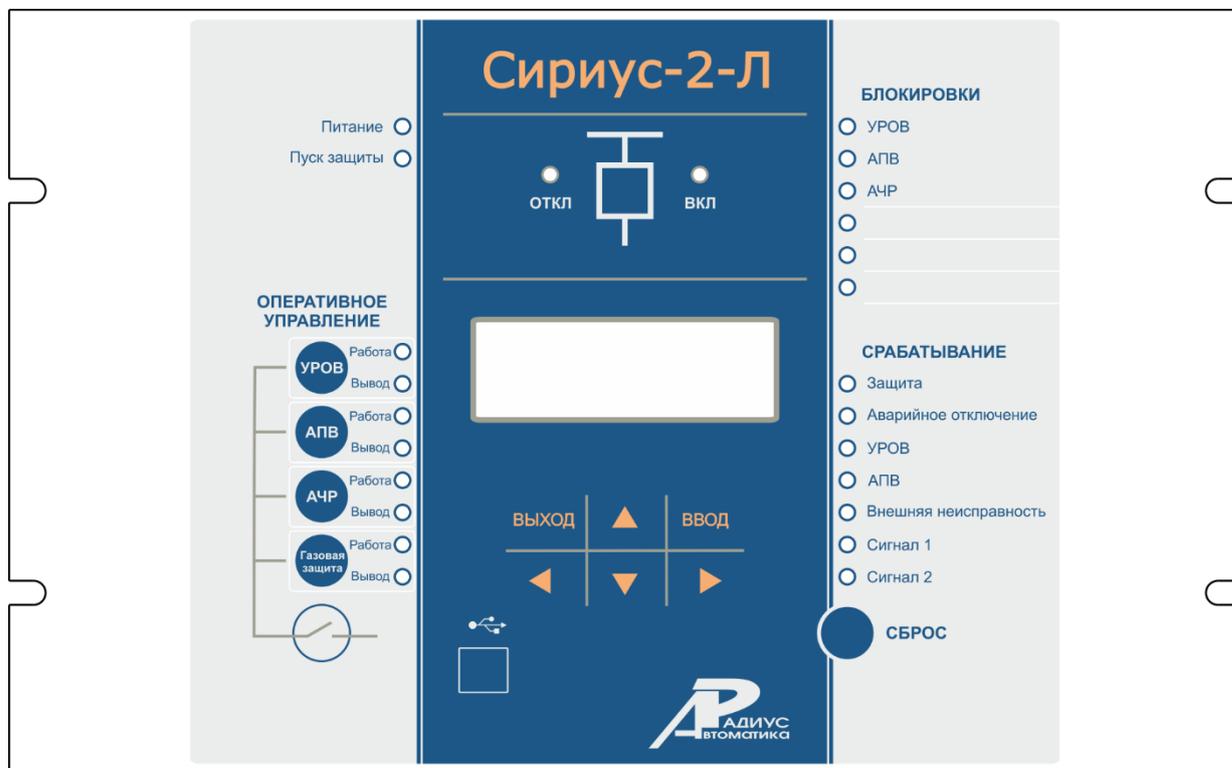


Рисунок 7.1 – Внешний вид панели управления МУРЗ типа «Сириус 21-Л»

Устройство «Сириус-21-Л» предназначено для выполнения функций релейной защиты, автоматики, управления и сигнализации присоединений напряжением 3–35 кВ.

«В устройстве реализованы следующие функции защиты:

- трехступенчатая максимальная токовая защита (МТЗ) от междуфазных повреждений с контролем двух или трех фазных токов;
- автоматический ввод ускорения любых ступеней МТЗ при любом включении выключателя;
- защита от обрыва фазы питающего фидера (ЗОФ);
- защита от однофазных замыканий на землю (ОЗЗ) по сумме высших гармоник;

- защита от однофазных замыканий на землю по току основной частоты;
 - выдача сигнала пуска МТЗ для организации логической защиты шин.
- Функции автоматики, выполняемые устройством:
- операции отключения и включения выключателя по внешним командам с защитой от многократных включений выключателя;
 - возможность подключения внешних защит, например, дуговой, или от однофазных замыканий на землю;
 - формирование сигнала УРОВ при отказах своего выключателя; -одно- или двукратное АПВ;
 - исполнение внешних сигналов АЧР и ЧАПВ.

Дополнительные сервисные функции блока:

- определение места повреждения при срабатывании МТЗ;
- фиксация токов в момент аварии;
- дополнительная ступень МТЗ-4 для реализации «адресного» отключения или сигнализации длительных перегрузок;
- измерение времени срабатывания защиты и отключения выключателя;
- встроенные часы-календарь;
- возможность встраивания устройства в систему единого точного времени станции или под-станции;
- измерение текущих фазных токов; -дополнительные реле и светодиоды с функцией, заданной пользователем;
- цифровой осциллограф;
- регистратор событий» [22].

Защита от ложных срабатываний и повреждений:

- при снятии и подаче оперативного тока, а также при перерывах питания любой длительности с последующим восстановлением;
- при подаче напряжения оперативного постоянного тока обратной полярности;
- при замыкании на землю цепей оперативного тока.

8 Система заземления в распределительном пункте

Для системы заземления распределительного пункта используем искусственные заземлители в виде металлических уголков с размерами полки 50 мм и толщиной 5 мм, длина одного заземлителя составляет 3 м. Исходя из периметра здания предварительно принимаем к установке 14 вертикальных заземлителей, расположенных по контуру здания с равными промежутками равными 4.5 м. Все заземлители заглублены на расстояние 0,7 м от поверхности земли до верхней части уголка. Грунт в месте расположения РП – песок с $\rho_{zp}=700$ Ом·м. Геометрические размеры распределительного пункта: длина – 15 м, ширина - 5 м. РП располагается в 1й климатической зоне. План расположения системы заземления РП приведен на рисунке 8.1.

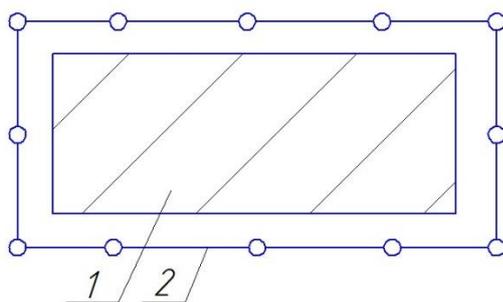


Рисунок 8.1 – План расположения системы заземления РП

Установленное в ПУЭ суммарное сопротивление ЗУ не должно превышать 10 Ом.

«Максимально допустимое сопротивление ЗУ, учитывая удельное сопротивление грунта» [21]:

$$R_3 = \frac{R_{zp}}{100} R_3, \quad (8.1)$$

$$R_3 = \frac{300}{100} \cdot 10 = 70 \text{ Ом.}$$

Найдем сопротивления растеканию одиночного вертикального электрода:

$$R_6 = \frac{0.366 \cdot \rho_{расч.в}}{l} \cdot \left(\lg \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t'+l}{4t'-l} \right), \quad (8.2)$$

$$R_6 = \frac{0.366 \cdot 1400}{3} \cdot \left(\lg \frac{2 \cdot 3}{0.95 \cdot 0.05} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot 2.1' + 3}{4 \cdot 2.1' - 3} \right) = 439.96 \text{ Ом},$$

ГДЕ:

$$\rho_{расч.в} = k_c \cdot \rho_{зп}, \quad (8.3)$$

$$\rho_{расч.в} = 2 \cdot 700 = 1400 \text{ Ом} \cdot \text{м},$$

$$t' = t_0 + \frac{1}{2}l, \quad (8.4)$$

$$t' = 0.6 + 1.5 = 2.1 \text{ м},$$

«Найдем число вертикальных заземлителей» [21]:

$$n_6 = \frac{R_6}{\eta_6 \cdot R_3}, \quad (8.5)$$

$$n_6 = \frac{439.96}{0.5 \cdot 70} = 12.57 \text{ шт.},$$

Принимаем число вертикальных заземлителей равным 13 шт.

Длина горизонтальной соединительной полосы:

$$l_2 = a \cdot n_6, \quad (8.7)$$

$$l_2 = 4.5 \cdot 13 = 58.5 \text{ м.}$$

Найдем сопротивление растеканию соединительной полосы:

$$R_2 = \frac{0.366 \cdot \rho_{расч.г}}{l_2} \cdot \lg \frac{2l_2^2}{b \cdot t_0}, \quad (8.8)$$

$$R_2 = \frac{0.366 \cdot 3150}{58.5} \cdot \lg \frac{2 \cdot 58.5^2}{0.04 \cdot 0.5} = 109 \text{ Ом},$$

где:

$$\rho_{расч.з} = k'_c \cdot \rho_{зр}, \quad (8.9)$$

$$\rho_{расч.з} = 4.5 \cdot 700 = 3150 \text{ Ом} \cdot \text{м},$$

«Действительное сопротивление растеканию горизонтального заземлителя» [21]:

$$R'_2 = \frac{R_2}{\eta_2}, \quad (8.10)$$

$$R'_2 = \frac{109}{0.32} = 340.62 \text{ Ом},$$

Найдем сопротивление растеканию вертикальных заземлителей с учетом сопротивления соединительной полосы:

$$R'_6 = \frac{R'_2 \cdot R_3}{R'_2 - R_3}, \quad (8.11)$$

$$R'_6 = \frac{340.62 \cdot 70}{340.62 - 70} = 88.1 \text{ Ом}.$$

Определим скорректированное число вертикальных заземлителей:

$$n'_6 = \frac{R'_6}{\eta_6 \cdot R'_6}, \quad (8.12)$$

$$n'_6 = \frac{439.46}{0.5 \cdot 88.1} = 9.97 \text{ шт.}$$

В результате расчетов установлено, что в контуре заземления необходимо установить 10 вертикальных заземлителей для обеспечения требуемого сопротивления контура заземления.

9 Молниезащита распределительного пункта

Воздействия молнии принято подразделять на две основные группы:

- первичные, вызванные прямым ударом молнии, и вторичные, индуцированные близкими ее разрядами или занесенные в объект протяженными металлическими коммуникациями;

- термические, связанные с резким выделением теплоты при прямом контакте канала молнии с содержимым объекта и при протекании через объект тока молнии;

- механические, обусловленные ударной волной, распространяющейся от канала молнии, и электродинамическими силами, действующими на проводники с токами молнии.

Для защиты от попадания молний на кровле распределительного пункта устанавливается сетка с шагом ячейки 3 м. Молниеприемная сетка накрывает всю крышу здания и при помощи вертикальных полос соединяется с контуром заземления. На рисунке 9.1 приведен план молниезащитной сетки.

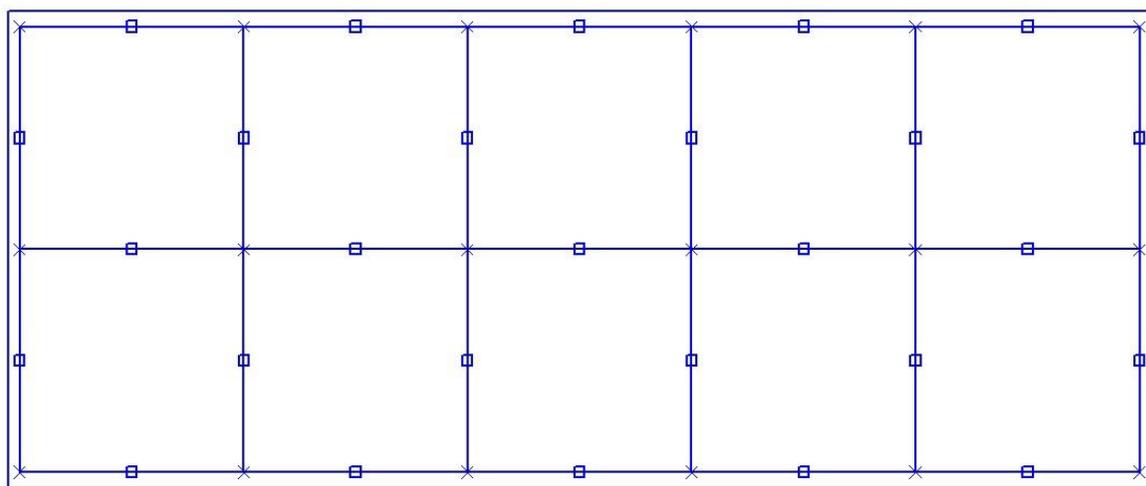


Рисунок 9.1 – План молниезащитной сетки РП

Заключение

В бакалаврской работе решены вопросы реконструкции высоковольтного распределительного пункта 6 кВ, направленные на обеспечение надежного электроснабжения потребителей.

Определены действующее значение периодической составляющей трехфазного тока короткого замыкания в начальный момент времени и значение ударного тока короткого замыкания.

Для установки в здании РП выбраны ячейки КСО-298, зарекомендовавшие себя надежной работой по опыту эксплуатации на других объектах ОРЭС-Тольятти.

Выбрано и проверено на стойкость к электродинамическому и термическому воздействию токов короткого замыкания следующее оборудование распределительного пункта: высоковольтные выключатели, измерительные трансформаторы тока и напряжения, разъединители, жесткие шины, опорные изоляторы и др.

Выполнен расчет искусственного освещения в РП. Всего к установке принято 12 светильников, которые позволяют обеспечить в помещении распределительного пункта согласно уровень освещенности не менее 200 лк.

Определены нагрузки собственных нужд. По полученному значению мощности выбран трансформатор собственных нужд с номинальной мощностью 40 кВА.

Произведен расчет параметров системы заземления распределительного пункта. В результате расчетов установлено, что в контуре заземления необходимо установить 10 вертикальных заземлителей для обеспечения требуемого сопротивления контура заземления.

Для защиты от попадания молний на кровле распределительного пункта устанавливается сетка с шагом ячейки 3 м. Молниеприемная сетка накрывает всю крышу здания и при помощи вертикальных полос соединяется с контуром заземления.

Список используемых источников

1. Правила устройства электроустановок ПУЭ-6 и ПУЭ-7. М.: Норматика, 2018. 462 с.
2. Хорольский В.Я., Таранов М.А., Петров Д.В. Техничко-экономические расчеты распределительных электрических цепей: учебное пособие. М.: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2015. 96 с.
3. Старкова Л.Е. Справочник цехового энергетика : учебно-практическое пособие. М. : Инфра-Инженерия, 2013. 352 с.
4. Bobby Rauf S. Electrical Engineering for Non-electrical Engineers. Lulu Press. Inc, 2015. 235 p.
5. Куско А., Томпсон М. Сети электроснабжения. Методы и средства обеспечения качества энергии. Саратов: Профобразование, 2017. 334 с.
6. Сибикин Ю.Д. Пособие к курсовому и дипломному проектированию электроснабжения промышленных, сельскохозяйственных и городских объектов: учебное пособие. М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2015. 384 с.
7. Указания по расчету электрических нагрузок. ВНИПИ «Тяжпромэлектропроект» №358-90 от 1 августа 1993 г.
8. Кудрин Б.И. Электроснабжение: учебник. М.: Феникс, 2018. 382 с.
9. Yatsuk V., Mykyjchuk M., Bubela T. Ensuring the measurement efficiency in dispersed measuring systems for energy objects // Studies in Systems, Decision and Control. 2019. pp. 131-149.
- 10.Консталин. Электротехнический завод. URL: <http://www.konstalin.ru/?sid=3&ID=26> (дата обращения: 08.05.2020).
- 11.Мельников М.А. Внутривзаводское электроснабжение: учеб. пособие. Томск: Изд-во ТПУ, 2014. 180 с.
- 12.Ушаков В.Я., Чубик П.С. Потенциал энергосбережения и его реализация на предприятиях ТЭК: учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политех. университета, 2015. 388 с.

13. Surya S., Wayne Beaty H. Standard Handbook for Electrical Engineers, Seventeenth Edition. McGraw Hill Professional, 2017. 368 p.
14. Грунтович Н.В. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования : учеб. пособие. Минск : Новое знание ; М. : ИНФРА-М, 2017. 271 с.
15. Абрамова Е. Я. Курсовое проектирование по электроснабжению промышленных предприятий: учебное пособие. Оренбургский гос. ун-т. Оренбург: ОГУ, 2014. 106 с.
16. Кулеева Л.И., Митрофанов С.В., Семенова Л.А. Проектирование подстанции : учебное пособие. Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2016. 111 с.
17. Комиссаров Ю.А., Бабокин Г.И. Общая электротехника и электроника : учебник. 2-е изд., испр. и доп. М. : ИНФРА-М, 2017. 479 с.
18. Михайлов В.Е. Современная электросеть. СПб. : Наука и Техника, 2013. 256 с.
19. Bogdanov D., Farfan J., Sadovskaia K., Aghahosseini A., Child M., Gulagi A., Oyewo A.S., de Souza Noel Simas Barbosa L., Breyer C. Radical transformation pathway towards sustainable electricity via evolutionary steps // Nature Communications. 2019, №10 (1), p.p. 1077-1080.
20. IEEE Recommended Practice for Calculating Short-Circuit Currents in Industrial and Commercial Power Systems. IEEE Std 551. NY: IEEE, 2013. 300 p.
21. Шеховцов В.П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению. 3-е изд. М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2017. 136 с.
22. Сириус-2-Л и Сириус-21-Л URL: <https://www.rza.ru/catalog/zashchita-i-avtomatika-prisoedineniy-vvodov-i-bsk-dla-setey-6-35-kv/sirius-2-1-i-sirius-21-1.php> (дата обращения: 24.04.2020).