

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 Проектирование системы электроснабжения микрорайона Травянка г. Лысьва

Обучающийся

Р. А. Шитов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., О. В. Самолина

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2024

Аннотация

ВКР на тему «Проектирование системы электроснабжения микрорайона Травянка г. Лысьва» состоит пояснительной записки, выполненной на 80 страницах и 5 листов графического материала.

Цель работы заключается в проектировании системы электроснабжения микрорайона Травянка г. Лысьва. Предметом работы является Проектирование системы электроснабжения микрорайона. Объектом работы является микрорайон «Травянка», г. Лысьва.

В первой главе раскрыты общие сведения о проектируемом объекте (микрорайон «Травянка»), произведена оценка нагрузки по объекту.

Во второй главе произведен расчет электрических нагрузок микрорайона «Травянка».

В третьей главе осуществлен выбор и расчет числа и мощности трансформаторов.

В четвертой главе выполнен расчет токов короткого замыкания, раскрыты общие положения, произведен расчёт на шинах проектируемой ТП (K1, K2) и расчёт на шинах ГРЩ.

В пятой главе сделан выбор необходимых электротехнических средств, а также кабельных линий для указанного типа напряжения, которое варьируется от 0,4 до 35 кВ. Проведён и обоснован выбор кабелей и их сечений.

Шестая глава содержит описание выбранного оборудования электротехнической отрасли с учётом распреустройства, а также КИП оборудования. Реализована проверка выбранного оборудования.

Седьмая глава включает в себя обоснование предлагаемых к эксплуатации элементов автоматики и релейной защиты и реализована защита силового трансформатора.

В восьмой главе сделан расчет молниезащиты, раскрыты основные положения и произведен расчет молниезащиты.

Оглавление

Введение.....	5
Глава 1 Анализ исходных данных по электроснабжению потребителей микрорайона	6
1.1 Общие сведения о проектируемом объекте (микрорайон «Травянка»)	6
1.2 Оценка нагрузки по объекту	7
Глава 2 Расчет электрических нагрузок микрорайона «Травянка»	10
Глава 3 Выбор и расчет числа и мощности трансформаторов	16
Глава 4 Расчет токов короткого замыкания	22
4.1 Общие положения.....	22
4.2 Расчёт на шинах проектируемой ТП (К1, К2)	24
4.3 Расчёт на шинах ГРЩ.....	26
Глава 5 Выбор и расчет электрических аппаратов и проводников.....	37
5.1 Выбор кабелей для линий 35, 10 и 0,4 кВ	37
5.2 Выбор марок и сечений кабелей 35 кВ.....	37
5.3 Выбор марок и сечений кабелей 10 и 0,4 кВ.....	38
5.4 Проверка по потере напряжения	42
Глава 6 Выбор основного электрооборудования и его проверка.....	45
6.1 Общие положения.....	45
6.2 Распределительное устройство 10 кВ.....	47
6.3 Выключатели 10 кВ	49
6.4 РУ 0,4 кВ	53
6.5 Выбор плавких вставок	55
6.6 Контрольно измерительное оборудование.....	55
6.7 Расчет наружного освещения	55
6.8 Светотехнический расчёт без применения специализированных компьютерных программ	57
6.9 Расчет сетей наружного освещения жилых зданий	59
Глава 7 Выбор устройств релейной защиты и автоматики	62

7.1 Защита силового трансформатора.....	62
Глава 8 Расчет молниезащиты	71
8.1 Основные положения	71
8.2 Расчет молниезащиты.....	74
Заключение	77
Список используемой литературы и используемых источников.....	78

Введение

В связи с усилением промышленного развития и экспансией национального экономического сектора, наблюдается увеличение численности городских населенных пунктов и их инфраструктуры. Это стимулирует разработку и модернизацию электrorаспределительных сетей, которые выступают ключевым компонентом в обеспечении электроэнергией городских территорий. Отличительные черты этих сетей, которые специально проектируются для обслуживания городских потребителей, отличают их от тех, что используются в более широких энергетических системах.

Инфраструктура городского электрообеспечения охватывает весь комплекс сетей электропередачи, размещенных в пределах городских границ, чья задача - снабжение энергией пользователей в городе. Эти сети делятся на две основные категории: одни передают электричество под высоким напряжением от 35 до 110 киловольт и более, в то время как другие - это распределительные сети с напряжением от 0,4 до 10 киловольт. Основная функция последних заключается в доставке электроэнергии до дверей жилых зданий, а также обслуживании учреждений коммунального хозяйства и предприятий различных масштабов, включая крупные индустриальные объекты. Отмечается, что сегодня через эти сети проходит около 40% от общего объема электроэнергии, произведенной в стране [1].

Внедрение электричества в различные аспекты городской жизни непрерывно углубляется, что способствует развитию распределительных энергетических сетей. Это усиленное потребление энергии поднимает вопросы о надежности электроснабжения, что, в свою очередь, приводит к увеличению издержек на сети из-за необходимости создания дополнительных энергетических резервов. Таким образом, выработка эффективных методов организации городских электросетей становится крайне важной для экономики.

Глава 1 Анализ исходных данных по электроснабжению потребителей микрорайона

1.1 Общие сведения о проектируемом объекте (микрорайон «Травянка»)

Адрес строительства – город Лысьва.

В западной части города Лысьва планируется развитие нового микрорайона, который будет состоять из многоэтажек, предлагающих от 60 до 120 квартир, что в сумме дает 510 квартир. Общая численность будущих жителей оценивается в 1300 человек. Микрорайон будет обладать развитой инфраструктурой, включая образовательные учреждения, такие как школы и детские сады, а также различные службы быта.

Занимаемая микрорайоном площадь составляет 2,5 гектара. Он выделяется своим благоприятным местоположением, обладая умеренно ровным рельефом с наклоном от 2,5 до 3% в северо-восточном направлении. Территория украшена естественными зелеными насаждениями, среди которых преобладают сосны и березы, создавая приятную атмосферу для будущих жителей.

Более того, участок для строительства был тщательно выбран таким образом, чтобы не встречаться с юридическими и экологическими препятствиями. Он находится вне санитарно-защитных зон, не затрагивает зоны охраны культурных памятников и не подвержен каким-либо строительным ограничениям, что делает его идеальным местом для создания многоэтажной жилой зоны.

В районе имеются удобные проезды, обрамляющие дома, ведущие к главным порогам и гаражным въездам, а также построен пешеходный мост, пролегающий над значимой автомагистралью М7. Жилища отличаются просторными комнатами и дополнительными помещениями для эксклюзивного пользования владельцев.

1.2 Оценка нагрузки по объекту

Для создания идеальных условий проживания и досуга жителей, а также для обучения и воспитания подрастающего поколения в микрорайоне Травянка предпринимаются меры, направленные на развитие инфраструктуры и обеспечение электричеством. В рамках этих усилий, планы включают строительство институций, отвечающих за коммунально-бытовые нужды населения, которые интегрированы в общую сеть сервисных служб, охватывающую Лысьву и прилегающие территории. Основные пользователи электросети упомянуты в таблице 1.

Таблица 1 - Потребители электроэнергии

Потребитель	Квартиры и площадь	Категория надёжности
Секционный жилой дом 1	90 квартир	II
Жилой дом 2	120 квартир	II
Жилой дом 3	60 квартир	II
Жилой дом 4	60 квартир	II
Жилой дом 5	60 квартир	II
Жилой дом 6	120 квартир	II
Детский сад	1100 м ²	II
Школа	1200 м ²	II
Парковка	900 м ²	III
Супермаркет «Spar»	500 м ²	II
Сбербанк	400 м ²	II
Наружное освещение	По расчёту	II

Детальный проект расположения объектов внутри микрорайона можно увидеть на рисунке 1.

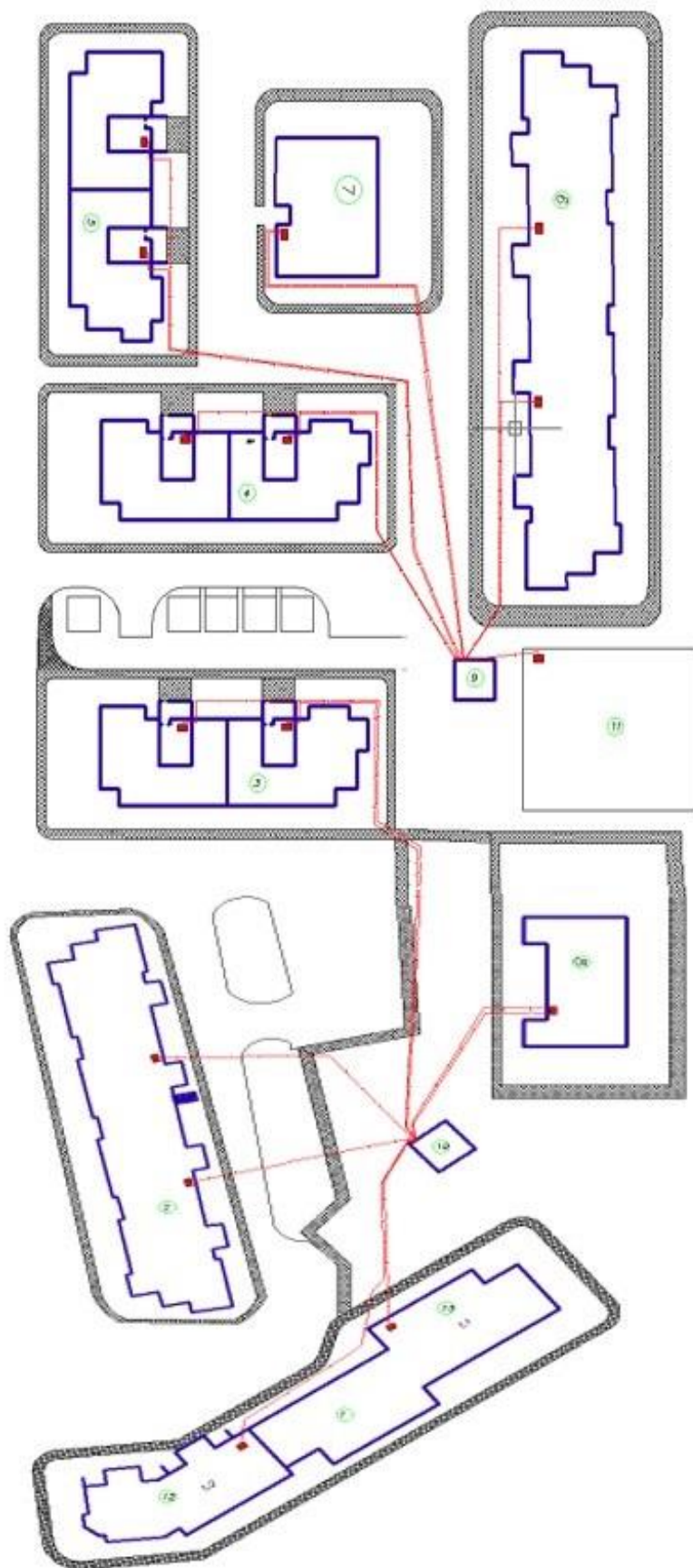


Рисунок 1 - Генплан микрорайона «Травянка»

Выводы по главе 1.

Представлено описание проектируемого объекта. Приведен его адрес и структура района. Отмечено, что занимаемая микрорайоном площадь составляет 2,5 гектара. Особенностью выбора участка для строительства является отсутствие юридических и экологических препятствий. Приведено распределение потребителей электроэнергии, их категории надёжности. Отмечено, что отсутствуют потребители первой категории.

Микрорайон занимает 2,5 гектара с благоприятным местоположением, умеренно ровным рельефом и естественными зелеными насаждениями. Участок был тщательно выбран без юридических и экологических препятствий для строительства многоэтажной жилой зоны.

Район с удобными проездами и пешеходным мостом над автомагистралью М7. Жилища с просторными комнатами и дополнительными помещениями для эксклюзивного пользования.

Глава 2 Расчет электрических нагрузок микрорайона «Травянка»

В процессе анализа энергопотребления в городе осуществляется оценка потребления энергии различными объектами, включая жилищный сектор, учреждения общественного назначения и предприятия коммунального хозяйства, а также анализируются элементы инфраструктуры, отвечающие за распределение электроэнергии, например, линии передач, подстанции и узлы распределения. В случаях, когда электроснабжение распространяется также на промышленные объекты и аграрные территории, производится комплексный подсчет общего энергопотребления, принимая во внимание специфические коэффициенты, отражающие пики потребления.

Интенсивность использования электроэнергии в жилом здании, включая квартиры и электрические устройства, характеризуется следующим образом:

$$P = P_{уд.} \cdot n + 0,9P_C, \quad (1)$$

где $P_{уд.}$ - величина нагрузки, которая определяется от используемого оборудования в квартире и числа квартир n ;
 P_C - величина силовой нагрузки.

$$P_C = k_{C1} \cdot \sum P_{л.ном} + k_{C2} \cdot \sum P_{д.ном}, \quad (2)$$

где $k_{C1}k_{C2}$ - значения коэффициентов электродвигателей с учётом их использования на объекте;
 P - номинальные мощности электродвигателей (по паспортным данным).

Полная нагрузка жилого дома и питающей его линии:

$$S = P/\cos\varphi, \quad (3)$$

где $\cos\varphi$ - коэффициент мощности.

Информация о вычислении нагрузок для зданий жилого и общественного назначения обновлена и включена в документы СП 31-110-2003 и РМ-2696, последний из которых был создан Московским институтом по исследованиям и разработкам в области типологии и экспериментального проектирования, известным как МНИИТЭП. Кроме того, РМ-2696 включает в себя таблицу 2, детализирующую ассортимент электрических устройств, используемых в квартирах.

Таблица 2 - Перечень электроприёмников квартир

Тип электроприёмника	Величина мощности
Освещение	25-30 Вт/м ²
Розеточная сеть (25-30 Вт/м ²
Электроплита	8-10,5 кВт
Стиральная машина	2,2 кВт
Посудомоечная машина	2,2 кВт
Сауны	4-12 кВт
Джакузи с подогревом	2,5 кВт
Душевая кабина с подогревом	3 кВт
Водонагреватели аккумуляторные	1,5-2 кВт
Водонагреватели проточные	5-18 кВт
Кондиционеры	1,5 кВт
Кухонные бытовые электроприборы	4-5 кВт
Тёплые полы	60-80 Вт/м ²

Расчёт проводится в соответствии СП 31-110-2003.

Расчётная нагрузка определяется по формуле:

$$P_{\text{расч.}} = P_{\text{уд.}} \cdot n \quad (\text{кВт}), \quad (4)$$

где $P_{\text{уд.}}$ - удельная нагрузка электроприемников квартир, принимаемая по таблице 2 в зависимости от числа квартир, присоединенных к линии (ТП), типа кухонных плит, кВт/квартиру. Удельные электрические нагрузки установлены с учетом того, что расчетная

неравномерность нагрузки при распределении ее по фазам трехфазных линий и вводов не превышает 15 %;

n - количество квартир в домах

Согласно выражению (5) может быть определена величина нагрузки линий ввода и линий питания для световых приборов:

$$P = P_{PACЧ} \cdot K(\text{кВт}), \quad (5)$$

где K - поправочный коэффициент с учётом максимального значения нагрузки.

Значение полной мощности можно получить:

$$S = P / \cos \varphi (\text{кВА}). \quad (6)$$

При подборе оборудования для измерения потребления и систем защиты в жилых помещениях, важно учитывать следующие ориентировочные показатели нагрузки:

- в зданиях, оборудованных газовыми плитами, предполагается норма от 5,5 до 7,0 киловатт на одну квартиру;

- в случае использования электроплит, этот показатель возрастает до 8,8 - 11 киловатт на квартиру.

Для определения подходящих устройств защиты, предназначенных для электроплит, рекомендуется исходить из нагрузки в 7 киловатт, что соответствует 32 амперам.

Когда количество квартир отличается от значений, указанных в стандартных таблицах, требуется вычислить удельные нагрузки, используя метод интерполяции.

Удельная нагрузка для жилого дома - 60 квартир при средней нагрузке составляет 7 (кВт)

$$P_{РАСЧ.} = 60 \cdot 7 = 420(\text{кВт});$$

С учётом максимального коэффициента, который составляет 80%, получим:

$$P = 420 \cdot 0,8 = 336(\text{кВт});$$

Современные электроприёмники могут выдавать большее значение мощности и имеют коэффициент работы 0,97.

$$S = 336/0,97 = 346,39(\text{кВА});$$

Для остальных потребителей проведём аналогичные расчёты, результаты которых сведём в таблицу 3.

Таблица 3 – Нагрузки потребителей

Наименование	<i>n</i>	$P_{уд}$	$P_{РАСЧ}$ кВт	K	P кВт	$\cos\varphi$	S кВА
Секционный жилой дом 1	90	0,85	630	0,8	504	0,97	519,58
Жилой дом 2	120	0,85	840	0,8	672	0,97	692,78
Жилой дом 3	60	0,85	420	0,8	336	0,97	346,39
Жилой дом 4	60	0,85	420	0,8	336	0,97	346,39
Жилой дом 5	60	0,85	420	0,8	336	0,97	346,39
Жилой дом 6	120	0,85	840	0,8	672	0,97	692,78
Детский сад	1100 м ²	0,4	110	0,8	88	0,95	92,63
Школа	1200 м ²	0,4	150	0,8	120	0,96	125
Парковка	900 м ²	0,2	20	0,75	15	0,8	18,75
Супермаркет «Spar»	500 м ²	0,6	160	0,9	144	0,95	151,57
Сбербанк	400 м ²	0,6	90	0,9	81	0,97	83,5
<i>Итого</i>	-	-	-	-	3304	-	3415,79

Результаты расчёта годового расхода электроэнергии по формуле:

$$W = P \cdot T_{МАКС}, \quad (7)$$

где P - расчётная активная нагрузка, кВт

$T_{\text{макс}}$ – максимальное количество часов работы в год.

В таблицу 4 сведём результаты по работе и тратам электрической энергии за год. При этом не будем учитывать внешнее освещение

Таблица 4 – Значения потребления за год

Наименование	P, кВт	T, ч	W, кВтч
Секционный жилой дом 1	504	8640	4354560
Жилой дом 2	672	8640	5806080
Жилой дом 3	336	8640	2903040
Жилой дом 4	336	8640	2903040
Жилой дом 5	336	8640	2903040
Жилой дом 6	672	8640	5806080
Детский сад	88	4500	396000
Школа	120	4850	582000
Парковка	15	7000	105000
Супермаркет «Spar»	144	8640	1244160
Сбербанк	81	5000	405000
<i>Итого</i>	-	-	27408000

Величина тока для дома под номером 3:

$$I = \frac{24}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 38(A).$$

Остальные расчёты выполняются аналогично и приведены в таблице 5.

Таблица 5 - Результаты расчёта нагрузок по потребителям

Наименование	P, кВт	I, А	cosφ	S, кВА
Секционный жилой дом 1	504	728,32	0,97	519,58
Жилой дом 2	672	971	0,97	692,78
Жилой дом 6	672	971	0,97	692,78
Детский сад	88	127,16	0,95	92,63
Школа	120	173,41	0,96	125

Продолжение таблицы 5

Наименование	P, кВт	I, А	cosφ	S, кВА
Парковка	15	21,67	0,8	18,75
Супермаркет «Spar»	144	208	0,95	151,57
Сбербанк	81	117	0,97	83,5
<i>Итого</i>	3304	-	-	3415,79

В соответствии с СП 31-110-2003 нет необходимости проводить и предлагать различные решения для того, чтобы компенсировать реактивную мощность.

Выводы по главе 2.

Произведён расчет электрических нагрузок выбранного микрорайона. Представлен подробный анализ электроприёмников квартир на основе технической документации. Учтены показатели нагрузки при подборе оборудования для измерения потребления и систем защиты жилых помещений. Получены показатели активной и полной мощности, тока, cosφ для шести жилых домов, детского сада, парковки и иных учреждений микрорайона.

Информация о вычислении нагрузок для зданий жилого и общественного назначения обновлена и включена в документы СП 31-110-2003 и РМ-2696, последний из которых был создан Московским институтом по исследованиям и разработкам в области типологии и экспериментального проектирования, известным как МНИИТЭП.

Глава 3 Выбор и расчет числа и мощности трансформаторов

Исследуем, каким образом можно предварительно оценить эффективность напряжения в электрических системах. Обычно анализируется соотношение различных характеристик отдельных компонентов с учетом их ключевых атрибутов передачи энергии. Важно также не забывать о взаимосвязанных характеристиках различных уровней энергетической системы. При этом важно определить не только идеальное напряжение для конкретной линии электропередач, но и вычислить наилучший радиус распределения энергии, который зависит от величины вторичного напряжения. При этом величина вторичного напряжения находится в прямопропорциональной зависимости от уровня первичного напряжения сети.

Бесспорно, процесс проектирования и выбора элементов питающего блока влияет на величину напряжения. В первую очередь, это отразится на количестве трансформаторов на подстанции, которые зависят от качества напряжения и конструктивных особенностей, а также определяется их структурными особенностями. Таким образом, принятие решения о напряжении представляет собой ключевой шаг к эффективному развитию системы электроснабжения. Для определения экономически оправданного напряжения на высоковольтной стороне главных распределительных устройств используется методика, предложенная Залесским:

$$U = \sqrt{P(100 + 15\sqrt{L})} = \sqrt{3,3(100 + 15\sqrt{3})} = 20,38(\text{кВ}), \quad (8)$$

где P - мощность, передаваемая по сети (МВт);

L - длина трассы (км).

В процессе проектирования интегрированной системы электроснабжения, обеспечивающей энергией новую подстанцию, мы опираемся на стандарт 35 кВ для основного электрического тока.

Определим величину для трансформаторов (минимальное значение), которое необходимо для того, чтобы реализовать питание максимальной нагрузки. Учтём, что согласно технологии, трансформаторы сконцентрированы в группы:

$$n_{тр} = \frac{S_{р.ц.}}{k_3 \cdot S_{т.ном}}, \quad (9)$$

где k_3 – загрузочный коэффициент трансформаторов;

$S_{т.ном}$ – номинальная мощность, кВА.

Значение коэффициента нагрузки трансформатора определяется значением его загрузки, что согласно правилам эксплуатации электроустановок [8] связывает их с определённой загрузочной категорией.

Коэффициент находится в диапазоне от 0,65 до 0,7 для нагрузок первой и второй категории, увеличивается до 0,75-0,85 при преимущественной нагрузке второй и третьей категорий, и достигает 0,9-0,95 для подстанций с одним трансформатором, обслуживающих нагрузку третьей категории. После вычисления количества трансформаторов, необходимое число округляется до целого, что позволяет установить реальный коэффициент нагрузки трансформаторов при их стандартной эксплуатации:

$$K_{з.ф} = \frac{S_{р.ц.}}{n_{тр} \cdot S_{т. ном}}, \quad (10)$$

Для демонстрации рассмотрим, как определяется количество и величина трансформирующего оборудования, необходимого для обеспечения

электричеством различных объектов, таких как жилые дома под номерами 5, 6 и 4, детский сад и парковочное пространство.

С учётом $K_3=0,82$:

$$S_{mp} = \frac{S_{p.ц}}{K_3 \cdot n_{mp}} \quad (11)$$

$$S_{тр.} = \frac{1496,94}{0,82 \cdot 2} = 935,58 \text{ кВА.}$$

В результате выберем два трансформатора, мощность которых составляет 1000 кВА. Величина загрузочного коэффициента будет равна:

$$K_{з.ф} = \frac{1496,94}{2 \cdot 1000} = 0,75.$$

Жилые дома под номерами 3,2 и 1 имеют аналогичное значение расчёта, как и школа.

С учётом $K_3=0,8$:

$$S_{mp.} = \frac{1683,75}{0,83 \cdot 2} = 990 \text{ кВА.}$$

В результате выберем два трансформатора, мощность которых составляет 1000 кВА. Величина загрузочного коэффициента будет равна:

$$K_{з.ф} = \frac{1683,75}{2 \cdot 1000} = 0,83.$$

В результате проведённых расчётов были получены необходимые коэффициенты и значения мощности трансформаторов, что позволяет сделать заключение о правильности проведения расчётов, при которых

выбирается минимальное количество трансформаторов при максимальных значениях мощностей.

В таблице 6 сведены расчётные значения по трансформаторам для выбранных объектов.

Таблица 6 – Количество трансформаторов и их данные

№ КТП	№ объекта	Категория	$S_{p.c}$, кВА	$S_{т.ном}$, кВА	$n_{тр.}$, шт	$K_{з.ф}$, о.е.
1	4,5,6,7,9	II-III	1496,94	1000	2	0,75
2	1,2,3,8	II	1683,75	1000	2	0,83

В современных электроподстанциях используются трансформаторы ТМГ, произведенные на Минском заводе под именем Малышева, характеризующиеся закрытым типом конструкции.

Отличительной чертой данных трансформаторов является наличие защитных кожухов на изоляторах вводов и применение азота для создания легкого избыточного давления в масляном баке, обеспечивая тем самым дополнительную защиту.

Таблица 7 - Технические данные трансформатора

Тип трансформатора	$S_{ном.т}$, кВА	Напряжение, кВ		U_k , %	Потери, кВт		$I_{хх}$, %
		ВН	НН		$\Delta P_{хх}$	$\Delta P_{кз}$	
ТМГ-1000/10	1000	6,10	0,4	5,5	1,9	12,2	1,1

Освещение в производственных помещениях, работающее на одной фазе, может привести к повышенной нагрузке на нейтраль трансформатора, особенно из-за третьих гармоник, влияющих на ток.

Чтобы справиться с этой нагрузкой, выбор подходящей конфигурации для подключения обмоток трансформатора становится критически важным.

Треугольник/Звезда с заземленной нейтралью (Δ/Y_n) является предпочтительной конфигурацией, так как она предлагает наименьшее сопротивление для гармоник нулевой последовательности. Это позволяет нейтрали выдерживать нагрузку до 75% от номинального тока фазы, что существенно больше по сравнению с 25%, допустимыми при использовании конфигурации Звезда/Звезда с заземленной нейтралью (Y/Y_n), также способствует повышению эффективности заземляющих защитных устройств при замыканиях одной фазы на землю.

Принимая во внимание условия перегрузки, где S_p составляет 70% от максимальной смешанной нагрузки, и исходя из известной нагрузки на микрорайон в 3303 кВА, мы вычисляем номинальную мощность необходимого трансформатора:

$$S_{ном.тр.} \geq S_{расч.} / n = 3303 / 1,4 = 2359,29 \text{ кВА}$$

Коэффициент загрузки трансформатора в нормальном режиме работы (в работе оба трансформатора) имеет значение:

$$k_{з.н} = \frac{3303}{2 \cdot 2500} = 0,66,$$

$$k_{з.а} = \frac{3303}{2500} = 1,32 < 1,4.$$

С учётом довольно большой требуемой мощности в качестве трансформаторов ОРУ выбираем трансформаторы ТМН 2500 35/11.

Таблица 8 - Паспортные данные трансформатора ТМН 2500 35/11

Тип	$S_{т.ном}$, МВА	Номинальное напряжение, кВ		Потери, кВт		Напр.кз, %	Ток х.х, %
		ВН	НН	$P_{кз}$	$P_{хх}$		
ТМН 2500 35/11	2,5	35	11	23,5	3,9	6,5	1

Выводы по главе 3.

Реализован расчёт и выбор количества и мощности трансформаторов.

В процессе выбора необходимого уровня напряжения учтен баланс между напряжениями в подающей и распределительной сетях, их структурные особенности.

Отмечено, что разрабатываемая схема электроснабжения адаптивна, т.е. имеет возможность функционирования даже при возникновении внеплановых событий.

Для указанных объектов выбраны по два трансформатора ТМГ-1000/10 мощностью $S_{т.ном.}=1000$ кВА коэффициентом загрузки трансформатора 0,75 и ещё два трансформатора мощностью $S_{т.ном.}=1000$ кВА коэффициентом загрузки трансформатора 0,83.

Глава 4 Расчет токов короткого замыкания

4.1 Общие положения

Чтобы обеспечить надежную работу электроустановок и обойти ситуации с поломками используются так называемые сложные методики. С их помощью проводится прогнозирование воздействий со стороны высоковольтного оборудования на различные элементы защиты, а также определяют необходимое число заземляющих устройств. Важным этапом является подбор соответствующего оборудования и проводников, для чего вычисляются токи короткого замыкания (КЗ) и остаточные напряжения. Все эти действия выполняются в рамках решения широкого спектра технических задач [4].

Согласно стандартам, прописанным в ГОСТ 27514, для переменного тока выше 1 кВ, необходимость точных расчетов токов короткого замыкания становится особенно актуальной. Эти расчеты позволяют точно определить параметры для безаварийной эксплуатации электрооборудования.

Формула для вычисления тока КЗ является фундаментальной и используется как основа в данной методологии:

$$I_k = \frac{E_\Sigma}{\sqrt{3}Z_\Sigma}, \quad (11)$$

Где $E_\Sigma; Z_\Sigma$ - суммарные ЭДС и сопротивления схемы замещения.

На рисунке 2 демонстрируется схематическое представление системы электропитания в упрощенной однопроводной форме.

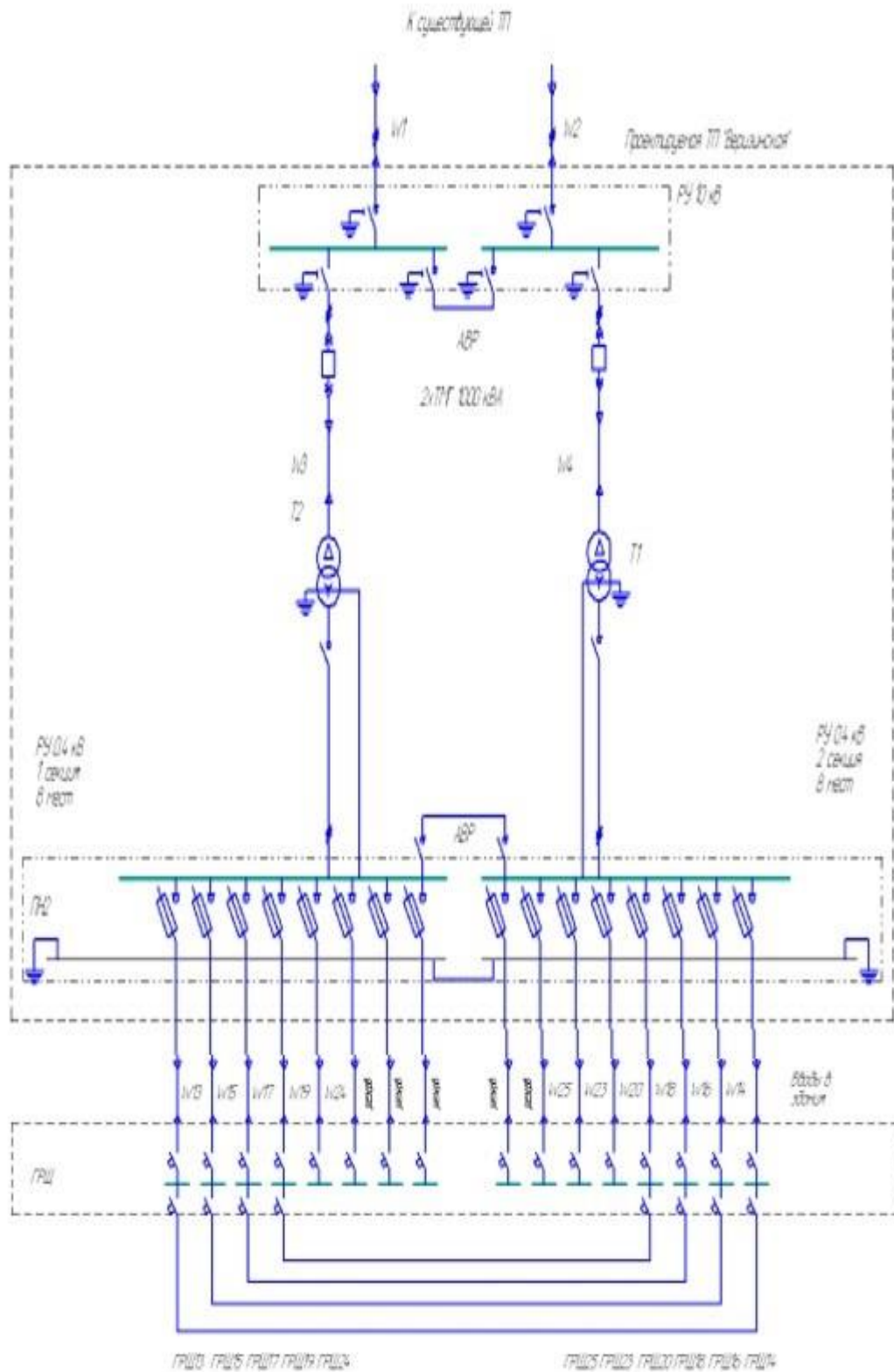


Рисунок 2 - Однолинейная схема электроснабжения микрорайона «Травянка»

Необходимо рассчитать токи КЗ в точках К1 и К2 (произведём расчёт вручную), и в точках К3...К11 (произведём расчёт с помощью компьютера).

4.2 Расчёт на шинах проектируемой ТП (К1, К2)

Изначально будем считать, что имеем дело с NO выключателями, т.е. они нормально разомкнуты.

Схема замещения до точки К2 представлена на рисунке 3.

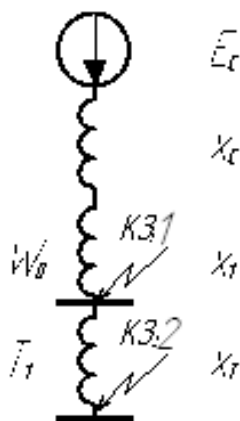


Рисунок 3 Схема замещения

Полученные параметры будут в именованных единицах. Параметры схемы замещения приводим к напряжению 10 кВ. Сопротивление системы:

$$x_c = \frac{U_H}{\sqrt{3} \cdot I_\infty} = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 13} = 0,44(\text{Ом}), \quad (12)$$

где I_∞ - значение незатухающей периодической составляющей тока КЗ, при данных условиях равно 13 кА.

Сопротивление кабельной линии:

$$\begin{aligned}x_{KL} &= x \cdot l = 0,11 \cdot 0,45 = 0,049(\text{Ом}); \\r_{KL} &= r \cdot l = 1,94 \cdot 0,45 = 0,873(\text{Ом});\end{aligned}\tag{13}$$

где $r; x$ - активное и реактивное сопротивления КЛ (Ом/км);
 l - длина линии (км).

Сопротивление трансформатора:

$$x_T = \frac{U_k \% \cdot U^2}{100 \cdot S_T} = \frac{5,5 \cdot (0,4 \cdot 10^3)^2}{100 \cdot 1000 \cdot 10^3} = 0,088(\text{Ом});\tag{14}$$

где $U_k\%$; S_T - параметры трансформатора ТМГ – 1000/10.

Результирующее сопротивление до точки К1:

$$z_1 = \sqrt{(\sum x)^2 + (\sum r)^2} = \sqrt{(0,44 + 0,049)^2 + 0,873^2} = 1(\text{Ом});\tag{15}$$

Результирующее сопротивление до точки К2:

$$z_2 = \sqrt{(\sum x)^2 + (\sum r)^2} = \sqrt{(0,44 + 0,04 + 0,088)^2 + 0,873^2} = 1,04(\text{Ом});\tag{16}$$

Токи КЗ в точке К1. Периодическая слагаемая:

$$I_{K31}^{(3)} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot z} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 1} = 6(\text{кА});$$

Установившийся ток двухфазного КЗ:

$$I_{K31}^{(2)} = 0,865 I_{K31}^{(3)} = 0,865 \cdot 6 = 5,25(\text{кА});$$

Амплитуда ударного тока КЗ:

$$i_{K31}^{уд} = 2,55I_{K31}^{(2)} = 2,55 \cdot 5,25 = 13,38(\kappa A);$$

Токи КЗ в точке К2. Периодическая слагаемая:

$$I_{K32}^{(3)} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot z} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 1,04} = 5,83(\kappa A);$$

Установившийся ток двухфазного КЗ:

$$I_{K31}^{(2)} = 0,865I_{K31}^{(3)} = 0,865 \cdot 5,83 = 5,04(\kappa A);$$

Амплитуда ударного тока КЗ:

$$i_{K31}^{уд} = 2,55I_{K31}^{(2)} = 2,55 \cdot 5,04 = 12,86(\kappa A);$$

Проводим проверку линии W0:

$$S_{\min} = \frac{I_{K31}^{(3)}}{C} \sqrt{t_{откл}} = \frac{5}{90} \sqrt{0,5} = 39(\text{мм}^2); \quad (17)$$

Выбранный кабель ААБл-3х50 удовлетворяет данному требованию.

4.3 Расчёт на шинах ГРЩ

Для определения токов короткого замыкания в узлах с КЗ по К11, мы используем программное обеспечение, которое позволяет автоматизировать весь процесс.

В ходе этого процесса также осуществляется подбор необходимых средств защиты кабельных линий, в данном контексте мы остановились на применении предохранителей типа ППНИ [6].

Для начала расчетов важно установить несколько ключевых параметров: определить модель трансформатора в соответствии с ГОСТ 11920 и ГОСТ 2022; учесть сопротивление установок трансформаторной подстанции, которое составляет 0,015 Ом; выбрать подходящий тип кабеля; установить длину необходимой трассы; и определить, какое устройство будет использоваться для защиты.

Таблица 9 - Номинальные токи плавких вставок

ППНИ-35 (При $I_{расч} > 100A$)	ППНИ-33 (При $I_{расч} < 100A$)
80 А	31,5 А
100 А	40 А
125 А	50 А
160 А	63 А
200 А	80 А
250 А	100 А

Протокол расчёта токов КЗ в точках КЗ...К11:

Условные обозначения исходных данных:

$Z_{рп}$ - сопротивление трансформатора, Ом

$Z_{тп}$ - сопротивление оборудования распреустройства 0.4 кВ трансф. подстанции, Ом

$Z_{вру}$ - сопротивление оборудования ВРУ, Ом

Данные по i -му участку:

$Z_{пред.i}$ - суммарное сопротивление участков цепи, предшествующих данному, Ом

$Z_{рпi}$ - сопротивление оборудования распред. пункта или щита, Ом

L_{ki} - длина участка, км

$Z_{офi}$ – фазный проводник и его сопротивление, Ом/км

$Z_{озi}$ - удельное сопротивление защитного проводника, Ом/км

$Z_{оi}$ - суммарное удельное сопротивление проводников, Ом/км, $Z_o = Z_{офi} + Z_{озi}$

Z_{ki} – величина полного сопротивления i -го участка, Ом

Z_{si} - полное электрическое сопротивление цепи 'фаза - ноль' до расчетной точки короткого замыкания на i -ом участке, Ом

I_{kzi} - ток короткого замыкания, А

$I_{cr.zi}$ - ток срабатывания защитного устройства за время 0.4 сек, А

Участок 1: ТП-Жилой дом 4 (ВРУ 1)

Изначально принимаем, что трансформатор масляный (ГОСТ 11920 и ГОСТ 2022), схема соединения: звезда / звезда-0; 1000 кВА; тип проводника: АВБШВ-4х35; предохран. устройство: плавкая вставка ПН2. 125/40 А (за 5.0 сек); $I_{cr.z} = 520$ А. Результаты:

$$Z_{mp} = 0,088 \text{ Ом}; Z_{mn} = 0,015 \text{ Ом}; Z_{pn1} = 0,0 \text{ Ом}$$

$$L_{k13} = 0,09 \text{ км}$$

$$Z_{o1} = Z_{o\phi1} + Z_{o31} = 1,05 + 1,05 = 2,1 \text{ Ом/км}$$

$$Z_{k3} = Z_{o1} * L_{k13} = 2,1 * 0,09 = 0,189 \text{ Ом}$$

$$Z_{s3} = Z_{mp} + Z_{mn} + Z_{pn1} + Z_{k3} = 0,088 + 0,015 + 0,189 = 0,292 \text{ Ом}$$

Ток однофазного короткого замыкания:

$$I_{k3} = 230 / Z_{s1} = 230 / 0,292 = 787,6 \text{ А}$$

$I_{k3} > I_{cr.z}$, защита обеспечена.

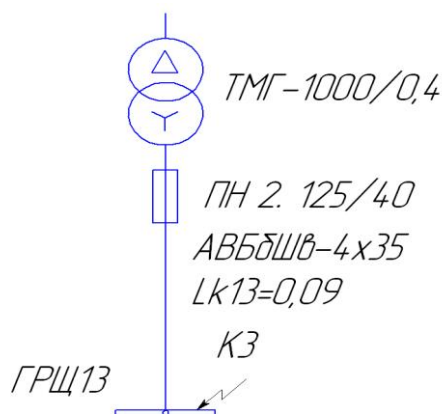


Рисунок 4 - Расчет токов к.з. ГРЩ 13

Участок 1: ТП-Жилой дом 4 (ВРУ 2)

Изначально принимаем, что трансформатор масляный (ГОСТ 11920 и ГОСТ 2022), схема соединения: звезда / звезда-0; 1000 кВА; тип проводника: АВБбШв-4х35; предохран. устройство: плавкая вставка ПН2. 125/40 А (за 5.0 сек); $I_{ср.з} = 700\text{А}$. Результаты:

$$Z_{mp} = 0,088 \text{ Ом}; Z_{mn} = 0,015 \text{ Ом}; Z_{pn1} = 0,0 \text{ Ом}$$

$$L_{k14} = 0,08 \text{ км}$$

$$Z_{o1} = Z_{o\phi1} + Z_{o31} = 1,05 + 1,05 = 2,1 \text{ Ом/км}$$

$$Z_{k4} = Z_{o1} * L_{k14} = 2,1 * 0,08 = 0,168 \text{ Ом}$$

$$Z_{s4} = Z_{mp} + Z_{mn} + Z_{pn1} + Z_{k4} = 0,088 + 0,015 + 0,168 = 0,271 \text{ Ом}$$

Ток однофазного короткого замыкания:

$$I_{kз4} = 230 / Z_{s1} = 230 / 0,271 = 845,5 \text{ А}$$

$I_{kз} > I_{ср.з}$, защита обеспечена

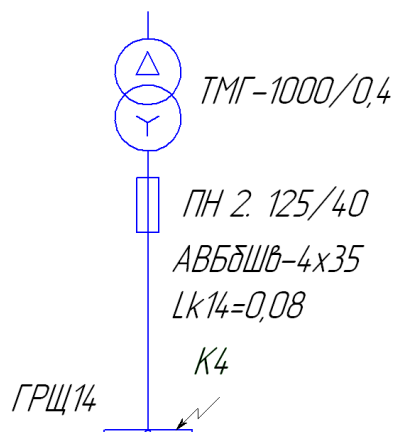


Рисунок 5 - Расчет токов к.з. ГРЩ 14

Участок 2: ТП- Жилой дом 5 (ВРУ 1)

Изначально принимаем, что трансформатор масляный (ГОСТ 11920 и ГОСТ 2022), схема соединения: звезда/звезда-0; 1000 кВА; Тип проводника:

АВББШВ-4х35; предохранительное устройство: плавкая вставка ПН2. 125/40 А (за 5.0 сек); $I_{ср.з} = 480\text{А}$. Результаты:

$$Z_{тр} = 0,088 \text{ Ом}; Z_{тп} = 0,015 \text{ Ом}; Z_{рп1} = 0,0 \text{ Ом}$$

$$L_{к15} = 0,13 \text{ км}$$

$$Z_{о1} = Z_{оф1} + Z_{оз1} = 1,05 + 1,05 = 2,1 \text{ Ом/км}$$

$$Z_{к5} = Z_{о1} * L_{к15} = 2,1 * 0,13 = 0,273 \text{ Ом}$$

$$Z_{с5} = Z_{мп} + Z_{мпн} + Z_{рп1} + Z_{к5} = 0,088 + 0,015 + 0,273 = 0,376 \text{ Ом};$$

Ток однофазного короткого замыкания:

$$I_{кз5} = 230 / Z_{с1} = 230 / 0,376 = 611,7 \text{ А}$$

$I_{кз} > I_{ср.з}$, защита обеспечена

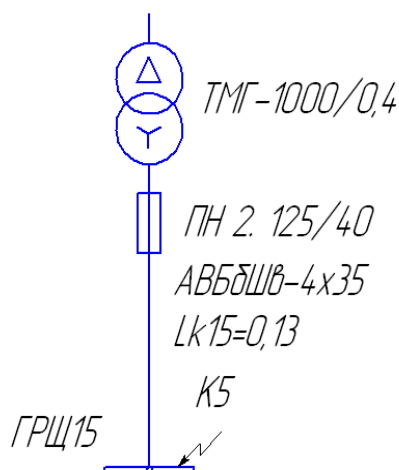


Рисунок 6 - Расчет токов к.з. ГРЩ 15

Участок 2: ТП - Жилой дом 5 (ВРУ 2)

Изначально принимаем, что трансформатор масляный (ГОСТ 11920 и ГОСТ 2022), схема соединения: звезда/звезда-0; 1000 кВА; тип проводника:

АВБбШв-4х35; предохранительное устройство: плавкая вставка ПН2. 125/40 А (за 5.0 сек); $I_{ср.з} = 740\text{А}$. Результаты:

$$Z_{mp} = 0,088 \text{ Ом}; Z_{mn} = 0,015 \text{ Ом}; Z_{pn1} = 0,0 \text{ Ом}$$

$$L_{к16} = 0,142 \text{ км}$$

$$Z_{o1} = Z_{o\phi1} + Z_{o31} = 1,05 + 1,05 = 2,1 \text{ Ом/км}$$

$$Z_{к6} = Z_{o1} * L_{к16} = 2,1 * 0,142 = 0,298 \text{ Ом}$$

$$Z_{s6} = Z_{mp} + Z_{mn} + Z_{pn1} + Z_{к6} = 0,088 + 0,015 + 0,298 = 0,401 \text{ Ом}$$

Ток однофазного короткого замыкания:

$$I_{кз6} = 230 / Z_{s1} = 230 / 0,401 = 573,6 \text{ А}$$

$I_{кз} > I_{ср.з}$, защита обеспечена

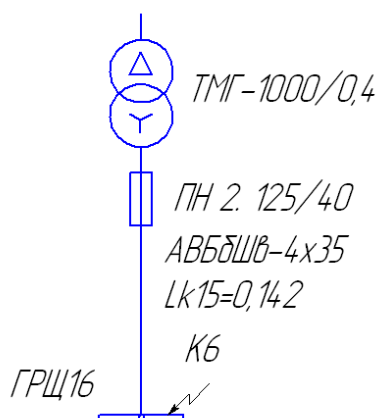


Рисунок 7 - Расчет токов к.з. ГРЩ 16

Участок 3: ТП - Жилой дом 6 (ВРУ 1)

С учётом аналогичных данных по трансформатору мощностью 1000 кВА; тип проводника: АВБбШв-4х120; предохранительное устройство: плавкая вставка ПН2. 250/125 А (за 5.0 сек); $I_{ср.з} = 770\text{А}$. Результаты:

$$Z_{mp} = 0,088 \text{ Ом}; Z_{mn} = 0,015 \text{ Ом}; Z_{pn1} = 0,0 \text{ Ом}$$

$$L_{к17} = 0,065 \text{ км}$$

$$Z_{o1} = Z_{o\phi 1} + Z_{o31} = 1,05 + 1,05 = 2,1 \text{ Ом/км}$$

$$Z_{к7} = Z_{o1} * L_{к17} = 2,1 * 0,065 = 0,136 \text{ Ом}$$

$$Z_{s7} = Z_{mp} + Z_{mn} + Z_{pn1} + Z_{к7} = 0,088 + 0,015 + 0,136 = 0,239 \text{ Ом}$$

Ток однофазного короткого замыкания:

$$I_{кз7} = 230 / Z_{s1} = 230 / 0,239 = 962,34 \text{ А}$$

$I_{кз} > I_{ср.з}$, защита обеспечена

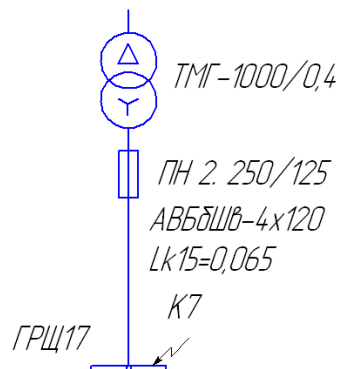


Рисунок 8 - Расчет токов к.з. ГРЩ 17

Участок 3: ТП - Жилой дом 6 (ВРУ 2)

С учётом аналогичных данных по трансформатору мощностью 1000 кВА; тип проводника: АВББШВ-4x120; предохранительное устройство: плавкая вставка ПН2. 250/125 А (за 5.0 сек); $I_{ср.з} = 710 \text{ А}$. Результаты:

$$Z_{mp} = 0,088 \text{ Ом}; Z_{mn} = 0,015 \text{ Ом}; Z_{pn1} = 0,0 \text{ Ом}$$

$$L_{к18} = 0,076 \text{ км}$$

$$Z_{o1} = Z_{o\phi 1} + Z_{o31} = 1,05 + 1,05 = 2,1 \text{ Ом/км}$$

$$Z_{к8} = Z_{o1} * L_{к17} = 2,1 * 0,076 = 0,159 \text{ Ом}$$

$$Z_{s8} = Z_{mp} + Z_{mn} + Z_{pn1} + Z_{к8} = 0,088 + 0,015 + 0,159 = 0,262 \text{ Ом}$$

Ток однофазного короткого замыкания:

$$I_{k38} = 230 / Z_{s1} = 230 / 0,262 = 878 \text{ A}$$

$I_{k3} > I_{ср.з}$, защита обеспечена

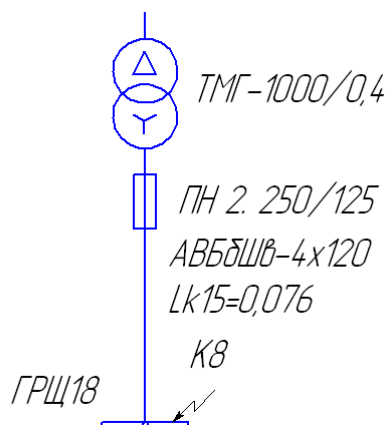


Рисунок 9 - Расчет токов к.з. ГРЩ 18

Участок 4: ТП - Детский садик (ВРУ 1)

Исходные данные: трансформатор масляный (ГОСТ 11920 и ГОСТ 2022), схема соединения: звезда/звезда-0; 1000 кВА; тип проводника: АВББШв-4x10; предохранительное устройство: плавкая вставка ПН2. 40/31,5 А (за 5.0 сек); $I_{ср.з} = 500 \text{ A}$. Результаты:

$$Z_{mp} = 0,088 \text{ Ом}; Z_{mn} = 0,015 \text{ Ом}; Z_{pn1} = 0,0 \text{ Ом}$$

$$L_{к19} = 0,115 \text{ км}$$

$$Z_{o1} = Z_{of1} + Z_{oz1} = 1,05 + 1,05 = 2,1 \text{ Ом/км}$$

$$Z_{к9} = Z_{o1} * L_{к19} = 2,1 * 0,115 = 0,241 \text{ Ом}$$

$$Z_{s9} = Z_{mp} + Z_{mn} + Z_{pn1} + Z_{к9} = 0,088 + 0,015 + 0,241 = 0,345 \text{ Ом}$$

Ток однофазного короткого замыкания:

$$I_{k39} = 230 / Z_{s1} = 230 / 0,345 = 666 \text{ A}$$

$I_{кз} > I_{ср.з}$, защита обеспечена

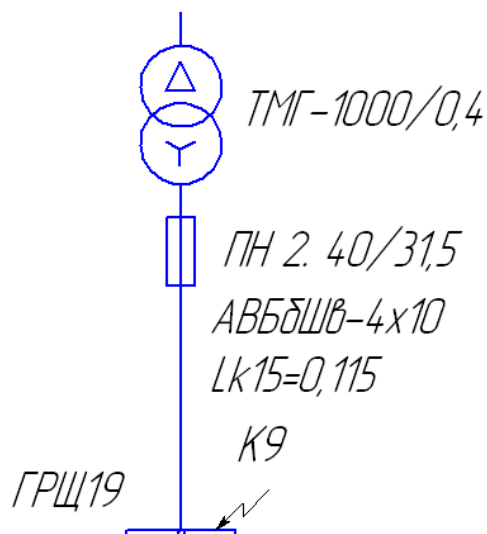


Рисунок 10 - Расчет токов к.з. ГРЩ 19

Участок 4: ТП - Детский садик (ВРУ 2)

Исходные данные: трансформатор масляный (ГОСТ 11920 и ГОСТ 2022), схема соединения: звезда / звезда-0; 1000 кВА; тип проводника: АВБбШв-4x10; предохран. устройство: плавкая вставка ПН2. 40/31,5 А (за 5.0 сек); $I_{ср.з} = 500$ А. Результаты:

$$Z_{mp} = 0,088 \text{ Ом}; Z_{mn} = 0,015 \text{ Ом}; Z_{pn1} = 0,0 \text{ Ом}$$

$$L_{k20} = 0,117 \text{ км}$$

$$Z_{o1} = Z_{o\phi1} + Z_{o31} = 1,05 + 1,05 = 2,1 \text{ Ом/км}$$

$$Z_{k10} = Z_{o1} * L_{k20} = 2,1 * 0,117 = 0,245 \text{ Ом}$$

$$Z_{s10} = Z_{mp} + Z_{mn} + Z_{pn1} + Z_{k9} = 0,088 + 0,015 + 0,245 = 0,348 \text{ Ом}$$

Ток однофазного короткого замыкания:

$$I_{кз10} = 230 / Z_{s1} = 230 / 0,348 = 661 \text{ А}$$

$I_{кз} > I_{ср.з}$, защита обеспечена

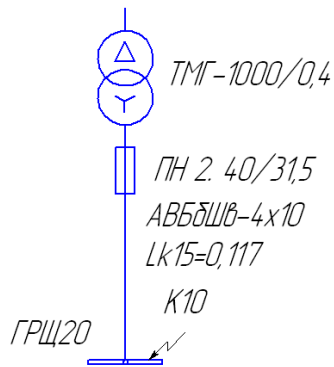


Рисунок 11 - Расчет токов к.з. ГРЩ 20

Участок 5: ТП - Парковка

С учётом аналогичных данных по трансформатору мощностью 1000 кВА; тип проводника: АВББШВ-4х10; предохранительное устройство: плавкая вставка ПН2. 31,5 А (за 5.0 сек); $I_{ср.з} = 1400$ А. Результаты:

$$Z_{mp} = 0,088 \text{ Ом}; Z_{mn} = 0,015 \text{ Ом}; Z_{pn1} = 0,0 \text{ Ом}$$

$$L_{к23} = 0,014 \text{ км}$$

$$Z_{o1} = Z_{o\phi1} + Z_{o31} = 1,05 + 1,05 = 2,1 \text{ Ом/км}$$

$$Z_{к11} = Z_{o1} * L_{к23} = 2,1 * 0,014 = 0,0294 \text{ Ом}$$

$$Z_{s11} = Z_{mp} + Z_{mn} + Z_{pn1} + Z_{к11} = 0,088 + 0,015 + 0,0294 = 0,132 \text{ Ом}$$

Ток однофазного короткого замыкания:

$$I_{кз11} = 230 / Z_{s1} = 230 / 0,132 = 1742 \text{ А}$$

$I_{кз} > I_{ср.з}$, защита обеспечена

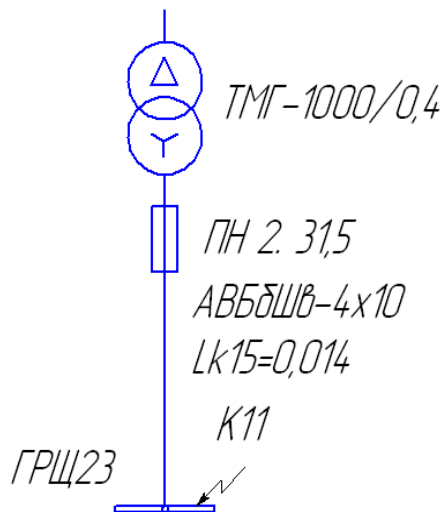


Рисунок 12 – Схема для расчёта короткого замыкания ГРЩ 23

Выводы по главе 4.

Расчёт короткого замыкания проводился согласно ГОСТ 27514, для переменного тока выше 1 кВ. Разработана однолинейная схема электроснабжения микрорайона «Травянка». Выполнен расчёт на шинах проектируемой трансформаторной подстанции. Подобран кабель ААБл-3x50. Выполнен расчёт на шинах ГРЩ. Для каждого из участков рассчитаны токи коротки замыкания.

Глава 5 Выбор и расчет электрических аппаратов и проводников

5.1 Выбор кабелей для линий 35, 10 и 0,4 кВ

Разрабатывая проект, специалисты должны точно определить методы укладки кабелей для всего маршрута, продумать распределение фаз и выбрать наилучшие методы для соединения и заземления кабельных оболочек.

Изначально необходимо провести исследование по температуре почвы. Кроме того, нужно изучить её состав и протяжённость. В случае её не соответствия требованиям необходимо провести замену грунта локальными участками.

5.2 Выбор марок и сечений кабелей 35 кВ

Учитываем, что выбранный в дипломной работе объект получает питание от одноцепных высоковольтных линий, которые имеют провод из сталеалюминиевого материала. Выбор сечения определяется длительностью протекания тока, который зависит от рабочего тока:

$$I_{ВЛ.АВ} = \frac{1,4 \cdot S_T}{\sqrt{3} \cdot U_H}, \quad (18)$$

$$I_{ВЛ.АВ} = \frac{1,4 \cdot 2500}{\sqrt{3} \cdot 35} = 57,73 \text{ А.}$$

Принимаем провод АС-70 [4].

по экономической плотности тока:

$$F_{ЭК} = \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot j_{ЭК}}, \quad (19)$$

по справочным данным [1] $j_{ЭК} = 1,0$, т.к. $T_{МАХ} > 5000 \text{ час} / \text{год}$. для НПР.

$$F_{ЭК} = \frac{2500}{\sqrt{3} \cdot 35 \cdot 1} = 41,24 \text{ мм}^2.$$

Исследование стабильности напряжения:

$$\Delta U = \frac{S_{AB.H} \cdot l}{U_H^2} \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi) \cdot 100\%, \quad (20)$$

где $S_{AB.H}$ - мощность протекающая по линии при отключении одного из трансформаторов; l - длина линии, м;
 r_0, x_0 - удельное активное и реактивное сопротивление линии;
 $\cos \varphi$ - коэффициент мощности нагрузки ГПП.

Подставим данные в формулу (20) получим:

$$\Delta U = \frac{3,3 \cdot 3}{35^2} \cdot (0,087 \cdot 0,91 + 0,429 \cdot 0,41) \cdot 100\% = 0,20\%,$$

Исходя из того, что установленный предел потерь напряжения составляет 5%, можно утверждать, что выбранное сечение линии соответствует критериям, связанным с потерями напряжения.

5.3 Выбор марок и сечений кабелей 10 и 0,4 кВ

Значение тока в линии может быть определено по выражению:

$$I_{РАСЧ.} = \frac{S_{НАГР.}}{n \cdot \sqrt{3} \cdot U_{НОМ}}, \quad (21)$$

где n - количество линий.

Аварийный ток:

$$I_A = \frac{S_{НАГР.}}{\sqrt{3}(n-1)U_{НОМ}}. \quad (22)$$

Величина токовой нагрузки, которая допустима в продолжительном периоде:

$$I_{ДОП.} = \frac{I_{РАСЧ.}}{k_{ПЕР.} \cdot k_{СН.} \cdot k}, \quad (23)$$

где $k_{СН} = 0,92$ - коэффициент снижения;

$k_{ПЕР} = 1,1$ - коэффициент перегрузки указанного кабеля в течение шести часов;

k – поправочный коэффициент, который определяется находящимся рядом оборудованием, в частности, кабелями по которым протекает ток.

Для участка 10 кВ - питающий ТП 2, расчет производится аналогично

$$I_{РАСЧ.} = \frac{1683,75}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 48,6(A);$$

$$I_A = \frac{1683,75}{\sqrt{3} \cdot 10} = 97,32(A);$$

$$I_{ДОП} = \frac{48,6}{1,1 \cdot 0,92 \cdot 0,84} = 57,17(A).$$

В соответствии с ПУЭ выбираем кабель ААБл -3×35.

Расчет от ТП 1 до жилого дома 4 рассчитывается аналогичным способом.

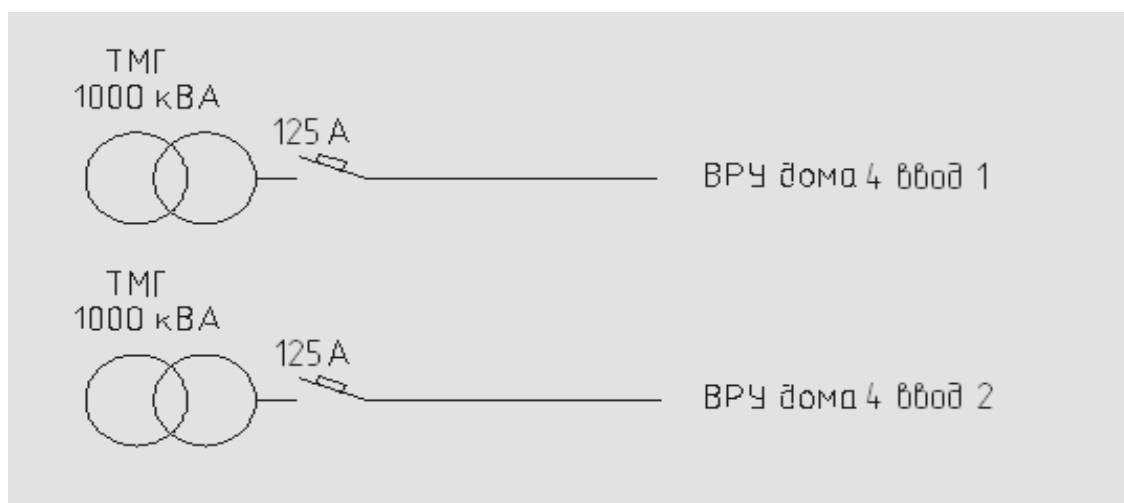


Рисунок 13 - Схема электроснабжения ТП1 жилой дом 4

Ток расчетный до ВРУ 1 жилого дома 4:

$$I_{РАСЧ.} = \frac{173,19}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 125,14(A);$$

$$I_A = \frac{173,19}{\sqrt{3} \cdot 10} = 250,28(A);$$

$$I_{ДОП.} = \frac{125,14}{1,1 \cdot 0,92 \cdot 0,84} = 147,22(A);$$

Ток расчетный до ВРУ 2 жилого дома 4:

$$I_{РАСЧ.} = \frac{173,19}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 125,14(A);$$

$$I_A = \frac{173,19}{\sqrt{3} \cdot 10} = 250,28(A);$$

$$I_{ДОП.} = \frac{125,14}{1,1 \cdot 0,92 \cdot 0,84} = 147,22(A);$$

Выбирается кабель АВББШВ-4×35.

Исходя из аналогичных рассуждений проводится расчёт для оставшихся участков (таблица 10).

Таблица 10 – Значения кабельных линий и их выбор

Объект	$S_{\text{нагр}}$ кВА	n	I_p А	I_A А	k	$I_{\text{доп}}$ А	Кабель
Ввод микрорайон	3304	2	57,73	115,65	-	-	АС-50
РП10-ТП1	1496	2	43,21	86,32	-	50,83	ААБл-3×50
РП10-ТП2	1683,7	2	48,6	97,32	-	57,17	ААБл-3×50
ТП- секционный жилой дом 1, супермаркет "Spar"	411,36	1	297,22	594,45	0,84	483,9	АВБбШв-4×240
ТП- секционный жилой дом 1, Сбербанк	343,29	1	248	496	0,84	403,8	АВБбШв-4×240
ТП - жилой дом 2	346,39	1	250,28	500,56	0,84	294,4	АВБбШв-4×120
ТП - жилой дом 2	346,39	1	250,28	500,56	0,84	294,4	АВБбШв-4×120
ТП - жилой дом 3	173,195	1	125,14	250,28	0,84	147,2	АВБбШв-4×35
ТП - жилой дом 3	173,195	1	125,14	250,28	0,84	147,2	АВБбШв-4×35
ТП - жилой дом 4	173,195	1	125,14	250,28	0,84	147,2	АВБбШв-4×35
ТП - жилой дом 4	173,195	1	125,14	250,28	0,84	147,2	АВБбШв-4×35
ТП - жилой дом 5	173,195	1	125,14	250,28	0,84	147,2	АВБбШв-4×35
ТП - жилой дом 5	173,195	1	125,14	250,28	0,84	147,2	АВБбШв-4×35
ТП - жилой дом 6	346,39	1	250,28	500,56	0,84	294,4	АВБбШв-4×120
ТП - жилой дом 6	346,39	1	250,28	500,56	0,84	294,44	АВБбШв-4×120
ТП- детский сад	46,315	1	33,46	66,92	0,84	39,37	АВБбШв-4×10

Продолжение таблицы 10

Объект	$S_{\text{нагр}}$ кВА	n	I_p А	I_A А	k	$I_{\text{доп}}$ А	Кабель
ТП-детский сад	46,315	1	33,46	66,92	0,84	39,37	АВБбШв- 4×10
ТП- школа	62,5	1	45,15	90,31	0,84	53,12	АВБбШв- 4×10
ТП - школа	62,5	1	45,15	90,31	0,84	53,12	АВБбШв- 4×10
ТП - парковка	18,75	1	13,54	27	0,84	15,93	АВБбШв- 4×10

Для линий напряжением 10 и 0,4 кВ была разработана схема электроснабжения и подобраны кабели нужных марок.

5.4 Проверка по потере напряжения

Величина напряжения для нормального режима работы (н) и аварийного (а) может быть вычислена:

$$\begin{aligned} \Delta U_n &= \sqrt{3} \cdot I_{\text{расч}} \cdot l \cdot (r_{y0} \cdot \cos \varphi + x_{y0} \cdot \sin \varphi); \\ \Delta U_A &= \sqrt{3} \cdot I_{\text{max}} \cdot l \cdot (r_{y0} \cdot \cos \varphi + x_{y0} \cdot \sin \varphi), \end{aligned} \quad (24)$$

Для участка линии 10 кВ:

$$\begin{aligned} \Delta U_H &= \sqrt{3} \cdot 14 \cdot 0,53 \cdot (1,94 \cdot 0,9 + 0,11 \cdot 0,44) = 22,8(B); \\ \Delta U_H &= \sqrt{3} \cdot 27,7 \cdot 0,53 \cdot (1,94 \cdot 0,9 + 0,11 \cdot 0,44) = 45,6(B); \end{aligned}$$

Потеря составляет 0,2 % в нормальном режиме.

Из указанных расчётов следует, что полученное значение нормального и аварийного напряжения находится в зависимости от расчётного и

максимального тока при прочих равных остальных параметрах, которые определяют значения удельных сопротивления активной и индуктивной составляющей для провода.

Аналогично проведём расчёт всех линий (таблица 11).

Таблица 11 – Величины потери напряжения для распределительных

Участок	I_p А	I_A А	l км	$r_{уд}$ Ом/к м	$x_{уд}$ Ом/к м	$\cos\varphi$	ΔU	ΔU_A
Ввод микрорайон	57,73	115,65	3	0,82	0,087	0,9	231,8	464,3
РП10-ТП1	43,21	86,32	0,45	0,89	0,087	0,94	23,13	46,26
РП10-ТП2	48,6	97,32	0,46	0,89	0,087	0,94	27,5	55
ТП- секционный жилой дом 1, супермаркет "Spar"	297,22	594,45	0,07	0,086	-	0,97	3	6
ТП- секционный жилой дом 1, Сбербанк	248	496	0,085	0,086	-	0,97	3,04	6
ТП - жилой дом 2	250,28	500,56	0,045	0,246	-	0,97	4,64	9,29
ТП - жилой дом 2	250,28	500,56	0,070	0,246	-	0,97	7,23	14,46
ТП - жилой дом 3	125,14	250,28	0,205	0,89	0,087	0,97	25	50
ТП - жилой дом 3	125,14	250,28	0,19	0,89	0,087	0,97	21,1	42,2
ТП - жилой дом 4	125,14	250,28	0,09	0,89	0,087	0,97	12,2	24,4
ТП - жилой дом 4	125,14	250,28	0,08	0,89	0,087	0,97	11,3	22,6
ТП - жилой дом 5	125,14	250,28	0,13	0,89	0,087	0,97	16,1	32,2
ТП - жилой дом 5	125,14	250,28	0,142	0,89	0,087	0,97	20,9	41,8
ТП - жилой дом 6	250,28	500,56	0,065	0,246	-	0,97	6,71	13,43

Продолжение таблицы 11

Участок	I_p А	I_A А	l км	$r_{уд}$ Ом/к м	$x_{уд}$ Ом/к м	$\cos\varphi$	ΔU	ΔU_A
ТП - жилой дом 6	250,28	500,56	0,076	0,246	-	0,97	7,85	15,7
ТП- детский сад	33,46	66,92	0,115	2,33	1,24	0,97	17	34,05
ТП -детский сад	33,46	66,92	0,117	2,33	1,24	0,95	12,59	25,18
ТП- школа	45,15	90,31	0,039	2,33	1,24	0,95	7,91	15,82
ТП - школа	45,15	90,31	0,04	2,33	1,24	0,95	8,11	16,23
ТП - парковка	13,54	27	0,01	2,33	1,24	0,8	0,61	1,21

Выводы по главе 5.

Проведён выбор и расчет электрических аппаратов и проводников. Отмечено, что для эффективности и надежности, для дистрибуции электроэнергии в самом районе преимущественно используются подземные кабели, несмотря на то, что они существенно дороже по сравнению с воздушными линиями. В качестве кабелей для линий 35 кВ выбраны кабели сечением 50 мм². В качестве кабелей для линий 10 и 0,4 кВ приведена схема электроснабжения для каждого объекта и выбраны кабели необходимых марок. Проведен расчет потери напряжения в силовых распределительных сетях. Потеря составляет 0,2 % в нормальном режиме.

Глава 6 Выбор основного электрооборудования и его проверка

6.1 Общие положения

Рассматриваемая модель трансформаторной подстанции БКТПу, как показано на рисунке 14, разработана для эффективной работы по эксплуатации электрической энергии, в ходе которой она принимается, преобразуется и распределяется. Частота тока 50 Гц, величина напряжения до 10 кВ. Преобразование происходит в более эффективное для потребительских нужд 0,4 кВ. Это позволяет добиться необходимой нормы снабжения электрической энергией для регионов с климатом от стабильных минусовых до высоких положительных температур. В частности, от от -45°C до $+40^{\circ}\text{C}$ [7].

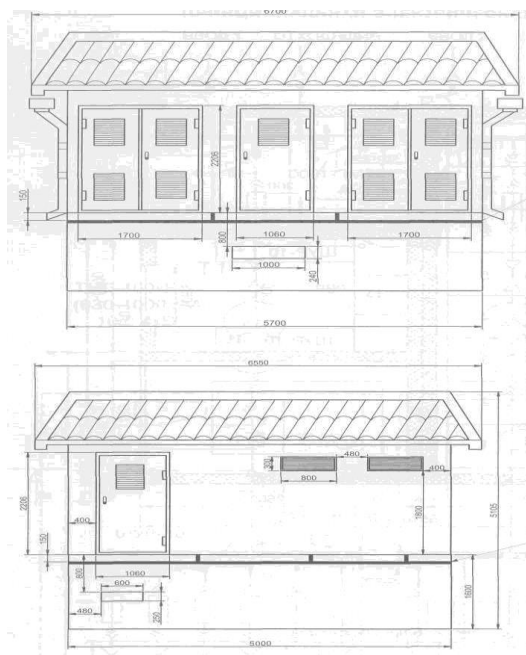


Рисунок 14 - Внешний вид 2БКТПу-1000

Конструкция корпуса 2 БКТПу (показана на рисунке 14) может варьироваться в зависимости от выбранного исполнения, предоставляя от 3 до 4 отдельных помещений. Это разделение пространства позволяет

разместить силовые трансформаторы и как высоковольтное, так и низковольтное коммутационное оборудование в разных помещениях, что улучшает функциональность и безопасность подстанции [8].

В рамках компоновки блочных комплектных трансформаторных подстанций (БКТПу), включающей высоковольтные и низковольтные системы, распределение по разнообразным зонам обеспечивает гибкость управления потоками электричества. Это позволяет исключать определенные элементы из электропитающей сети, улучшая тем самым общую эффективность использования оборудования. Благодаря встроенной системе естественной вентиляции, которая является частью дизайна БКТПу, достигается адекватное охлаждение мощных трансформаторов во время их эксплуатации, тем самым увеличивая их продолжительность работы. Подстанция также оснащена системой для точного учета потребленной электроэнергии. Что касается высоковольтного коммутационного оборудования, то оно интегрировано с использованием современных камер КСО-395Н, оснащенных автоматическими газовыми выключателями модели ВНР, что обеспечивает передовые возможности для управления высоковольтными электрическими цепями [8].

Новаторские модели низковольтного коммутационного оборудования, включая ШУР-6, РУНН-6, АВР и РВР, теперь доступны, предлагая возможность модификации количества и тока отходящих линий в соответствии с требованиями клиента.

Модель ШУР-6 разработана с использованием технологии предохранительных планок и может комплектоваться дополнительно выключателем нагрузки ИЗЕР, панелью учета и специализированной ячейкой.

В отличие от ШУР, РУНН-6 обогащен силовыми автоматическими выключателями на отходящих линиях, что является его уникальной особенностью.

АВР, созданный на основе выключателя ИЗЕР и оснащенный внутренней шиной, обеспечивает удобство подключения к серии оборудования ШУР, РУНН и ШНН, представляя собой эффективное решение для ручного подключения резерва [9].

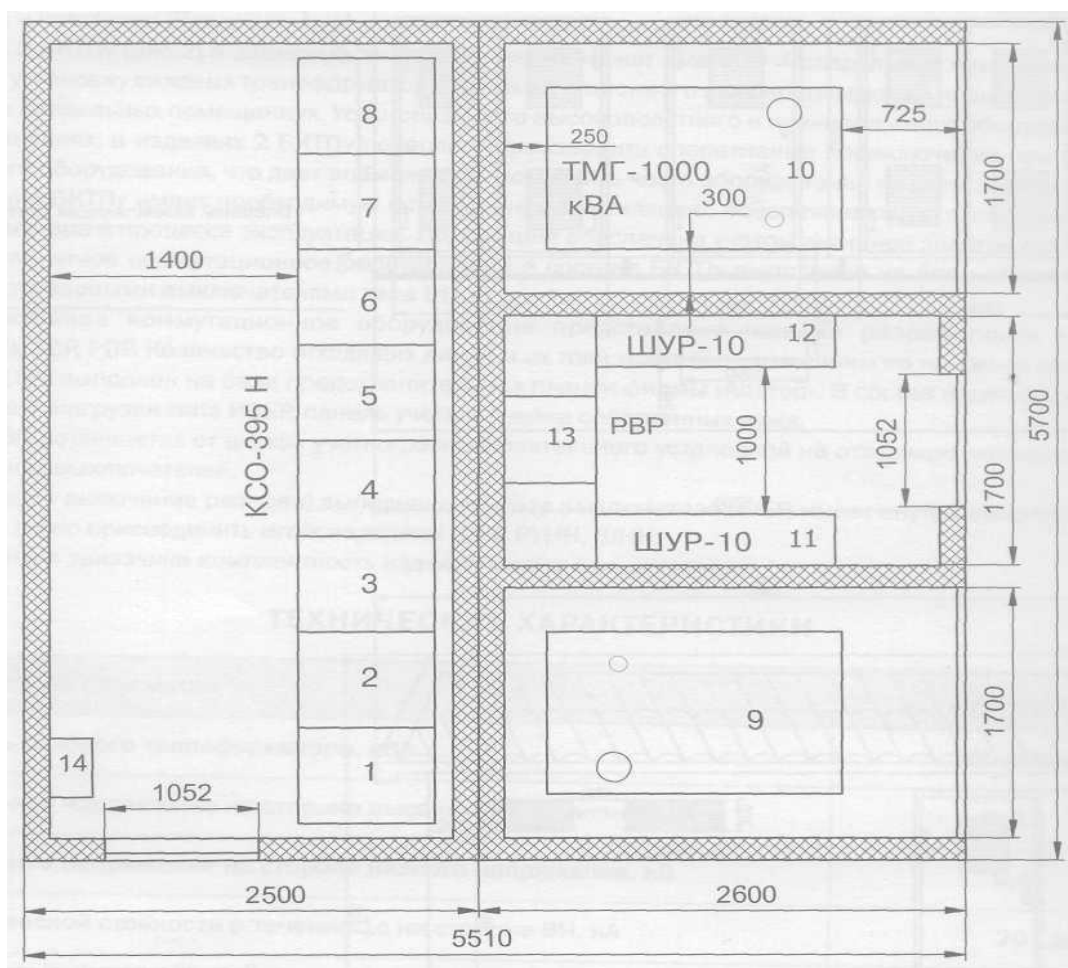


Рисунок 15 - План ТП

Заказчик имеет возможность запросить изменение компонентов изделия в соответствии со своими предпочтениями.

6.2 Распределительное устройство 10 кВ

При выборе комплектного распределительного устройства руководствуемся данными таблица 12.

Таблица 12 – Сравнение расчётных и справочных данных для КРУ

Расчетные данные	Справочные данные	Условие выбора
$U_{уст} = 10кВ$	$U_{ном} = 10кВ$	$U_{уст} \leq U_{ном}$
$I_p = 43,21А$	$I_{НОМ} = 63А$	$I_{p, max} \leq I_{ном.шкафа}$
$I_{кз1}^{(3)} = 6кА$	$I_{откл} = 20кА$	$I_{к.з}^{(3)} \leq I_{откл}$
$i_{уд} = 13,38кА$	$i_{СКВ} = 51кА$	$i_{уд} \leq i_{скв}$

Рекомендуется к установке КСО-395М. Эти устройства, работающие под напряжением 6 и 10 кВ, созданы как для внутреннего использования в рамках строительных проектов, так и для отправки за границу.

Применение данных камер возможно в определенных условиях, которые включают определенные климатические факторы. В частности, они подходят для использования в условиях, где температура воздуха может колебаться от -25°C до $+40^{\circ}\text{C}$, а высота над уровнем моря не превышает 1000 метров. При этом важно, чтобы окружающая среда была безопасной, без риска взрывов, без наличия взрывчатой пыли, а также без агрессивных паров и газов, которые могли бы негативно воздействовать на металлические и изоляционные материалы устройства. Данные камеры соответствуют требованиям ГОСТ 15543.1, относящимся к категориям 3 и 4 по устойчивости к климатическим воздействиям.

Изготовление камер КСО строго соответствует требованиям, указанным в спецификациях ТУ 16-95 ИМВЛ 675213.005 ТУ. Эти устройства выделяются на фоне аналогов благодаря своим компактным размерам, внутреннему расположению сборных шин, а также наличию систем блокировки, которые значительно повышают уровень безопасности для тех, кто их обслуживает.

6.3 Выключатели 10 кВ

При выборе выключателей руководствуемся данными таблица 13.

Таблица 13 - Выбор выключателей 10 (кВ)

Расчетные данные	Справочные данные	Условия выбора
$U_{уст} = U_{ном} = 10кВ$	$U_{ном} = 10кВ$	$U_{уст} \leq U_{ном}$
$I_p = 26,2А$	$I_{ном} = 630А$	$I_{р.макс} \leq I_{ном}$
$I_{кз1}^{(3)} = 6кА$ $i_{yд} = 13,38кА$	$I_{откл} = 20кА, I_{вкл} = 20кА$ $i_{СКВ} = 51кА$	$I_{кз}^{(3)} \leq I_{откл},$ $I_{кз}^{(3)} \leq I_{вкл}$ $i_{yд} \leq i_{скв}$
$B_k = (I_k^{(3)})^2 \cdot (t_{откл} + T_a) = 13 \cdot 10^6 A^2 \cdot c$ $t_{откл} = t_{o.в} + t_{p.з}$	$I_T^2 \cdot t_T = 20^2 \cdot 0.5 = 200 \cdot 10^6 A^2 \cdot c$ $t_{o.в.} = 0.04c, t_{p.з} = 0.1c,$ $T_A = 0.05c.$	$B_{к.2} \leq I_T^2 \cdot t_T$

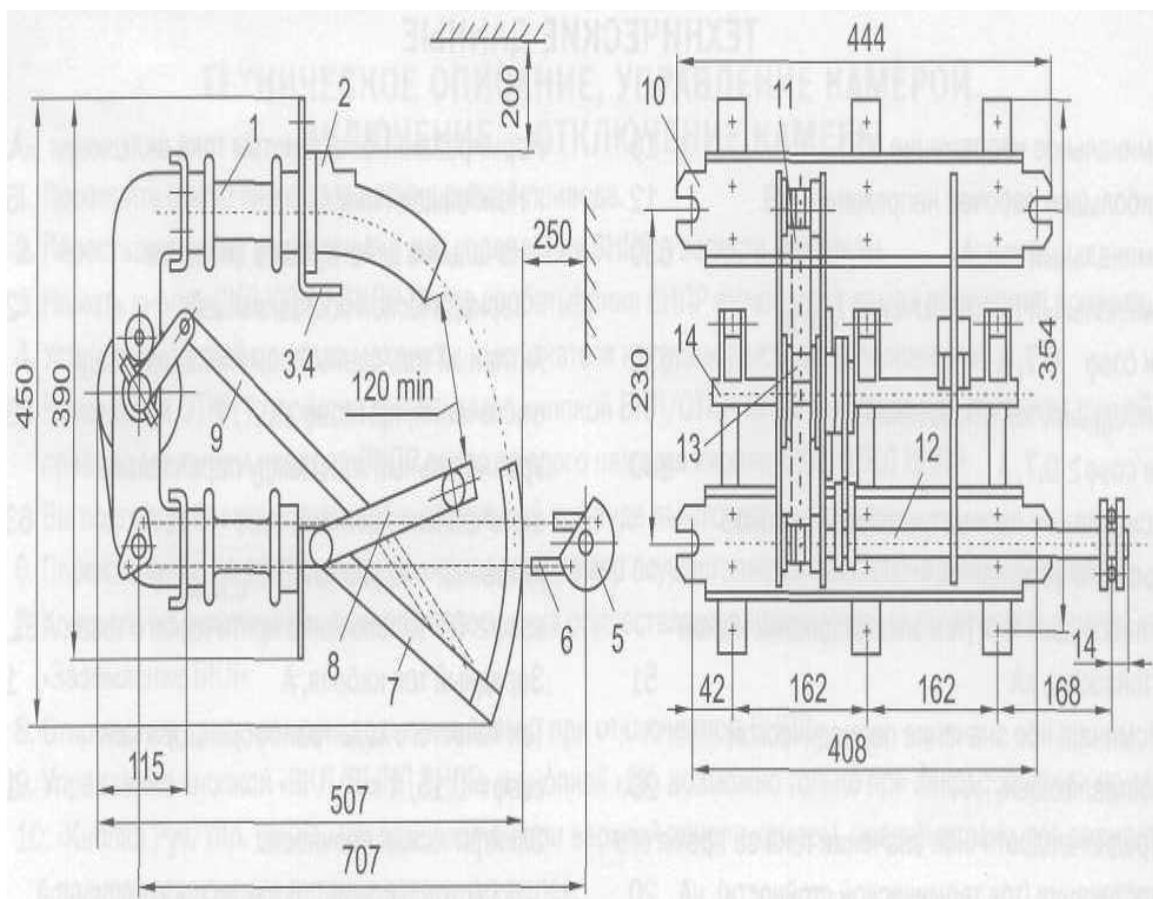
Оборудование типа КСО-395М включает в себя устройства для разъединения цепей под напряжением, известные как автогазовые выключатели ВНР-10/630. Из информации, представленной в разделе 7.3, становится очевидно, что эти выключатели подходят для использования в данном контексте. Спецификация автогазовых выключателей охватывает их применение для управления потоком электроэнергии в трехфазных системах по величине рабочего напряжения от 3 идо10 кВ при максимальном токе в 630А. Наибольшее распространение они получили в шкафах совместно с КРУ, а также могут быть найдены в стационарных камерах или подстанциях комплектного типа, работающими с заземленными или изолированными нейтральными системами.

Коммутационные устройства, такие как выключатели, оборудованы особым механизмом, который эффективно тушит электрические дуги с помощью газа, возникающего под влиянием высокой температуры дуги на специальные вставки. В конструкцию выключателя ВНР-10/630-20 У2, как показано на рисунке 16, входят шесть опорных изоляторов, закрепленных на

раме: на нижних изоляторах расположены подвижные детали, включая основные и дугогасящие контакты, тогда как верхняя часть рамы служит местом для крепления неподвижных контактов и камеры для гашения дуги. Это устройство использует уникальный метод для прерывания тока, где главной целью является ликвидация дуги, возникающей в момент разъединения контактов.

В основе работы выключателя лежит уникальный механизм, который включает двойной пружинный привод. Этот механизм функционирует благодаря движению двуплечего рычага, который колеблется на 180 градусов. В первой половине движения, до достижения 90 градусов, пружины накапливают энергию, а во второй половине, до полного 180 градусов, они ее высвобождают, активируя процесс включения или выключения устройства.

Этот выключатель оборудован уникальной системой для управления подвижными контактами, включающей в себя пружины и механизм передачи движения, что обеспечивает его включение и отключение. Кроме того, он оснащен дугогасительными камерами с вставками, где происходит разъединение дугогасительных контактов, что улучшает его функциональность и безопасность использования.



1 - опорный изолятор; 2 - дугогасительная камера; 3,4 - неподвижные контакты; 5 - поводок; 6,9 - тяга; 10 - рама; 11 - пружина; 12 - вал; 13 - подвижной рычаг; 14 - главный вал.

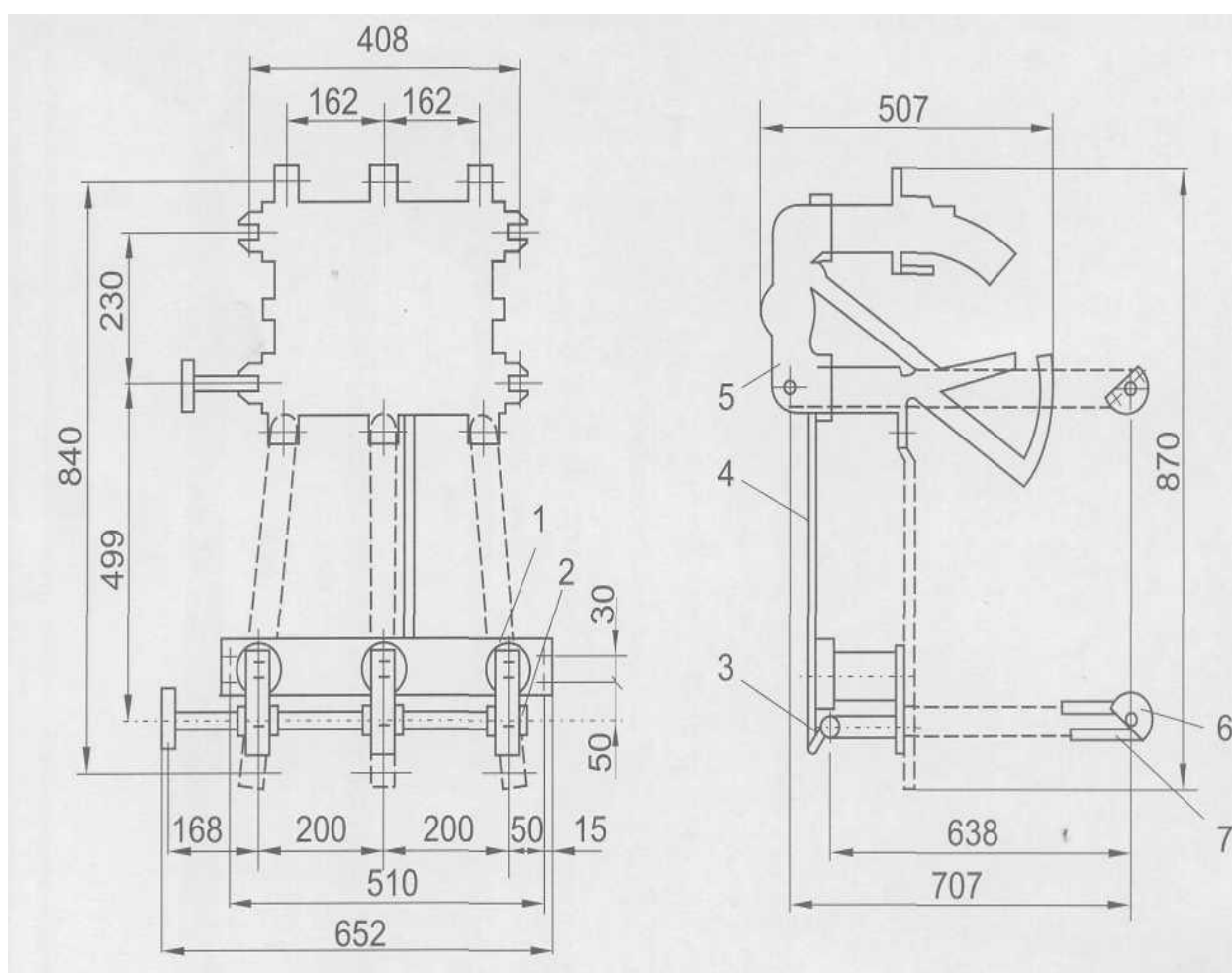
Рисунок 16 - Габаритные, установочные и присоединительные размеры выключателя нагрузки ВНР-10/630-20 У2 (ТЗ). Масса 24,2 Кг

В начале процесса активации основные контактные элементы получают энергию, вслед за чем активизируются стационарные элементы, предназначенные для гашения дуги. Зафиксированное состояние этих контактов поддерживается защёлкой. Когда происходит процесс отключения, пружины задействуются для инициации движения через механизм, включающий в себя рычаги и изоляционные связующие компоненты. В этот момент сначала освобождаются основные контактные элементы, и только после этого происходит разъединение элементов, отвечающих за гашение дуги.

Специфические выключатели, обозначенные как ВНР-10/630-20з У2 и изображённые на рисунке 17, оснащены дополнительной аппаратурой -

заземляющими лезвиями. Эти лезвия являются частью сварного механизма, который включает в себя ось и лезвия, прикрепленные к ней, а также вспомогательные элементы, такие как рычаг, связи, управляющий механизм и фиксирующий штифт.

Управление заземляющими ножами осуществляется при помощи рукоятки, которую нужно прикрепить к поводку. Чтобы активировать или деактивировать устройство, необходимо выполнить соответствующую операцию с использованием этой съемной рукоятки.



1 - полурама; 2 - заземляющие ножи; 3,5 - рычаг; 4,7 - тяга; 6 - поводок.

Рисунок 17 - Габаритные, установочные и присоединительные размеры выключателя нагрузки ВНР-10/400-203 У2 (ТЗ). Масса 29,8 Кг

Конструкция, оснащённая тягами и рычагами, гарантирует следующее:

-заземляющие ножи не могут быть активированы, если выключатель находится во включенном состоянии;

-активация заземляющих ножей невозможна, когда привод подготовлен к работе;

-включение выключателя исключено, если заземляющие ножи уже активированы;

-подготовка привода к работе не может быть выполнена при активированных заземляющих ножах.

6.4 РУ 0,4 кВ

На основании данных из таблицы 14 проведён выбор устройства РУНН.

Таблица 14 - Выбор РУНН

Расчетные данные	Справочные данные	Условие выбора
$U_{уст} = 380В$	$U_{ном} = 380В$	$U_{уст} \leq U_{ном}$
$I_{P.MAX} = 1445А$	$I_{НОМ.} = 1600А$	$I_{p.max} \leq I_{ном.шкафа}$
$I_{P.MAX} = 1445А$	$I_{сб.шин} = 3200А$	$I_{p.max}^{\Sigma} \leq I_{сб.шин}$

$$I_{max} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 1445А$$

Принимаем к установке учётно–распределительные шкафы типа ШУР-10М-01.

Эти устройства, изображенные на рисунке 18, созданы для мониторинга и распределения электричества с трехфазным переменным током на частоте 50 Гц в электросетях с изолированным заземлением. Их

особенность заключается в использовании плавких предохранителей для защиты линий в случае перегрузок или коротких замыканий, а также в наличии специальных переключателей для безопасной замены этих предохранителей.

Доступны два варианта данных распределительных шкафов: ШУР-10М-01, оснащенный ящиком для хранения необходимых инструментов и аксессуаров, и ШУР-10М-02, который этого ящика не имеет.

Устройство ЯСН оборудовано розетками для подключения устройств разного класса, включая осветительные устройства типа КТПН на 12 вольт. Каждая розетка имеет свои параметры: 380 вольт с током до 63 ампер, 220 вольт до 10 ампер и 12 вольт до 16 ампер, при этом вся система защищена с помощью автоматических выключателей [10].

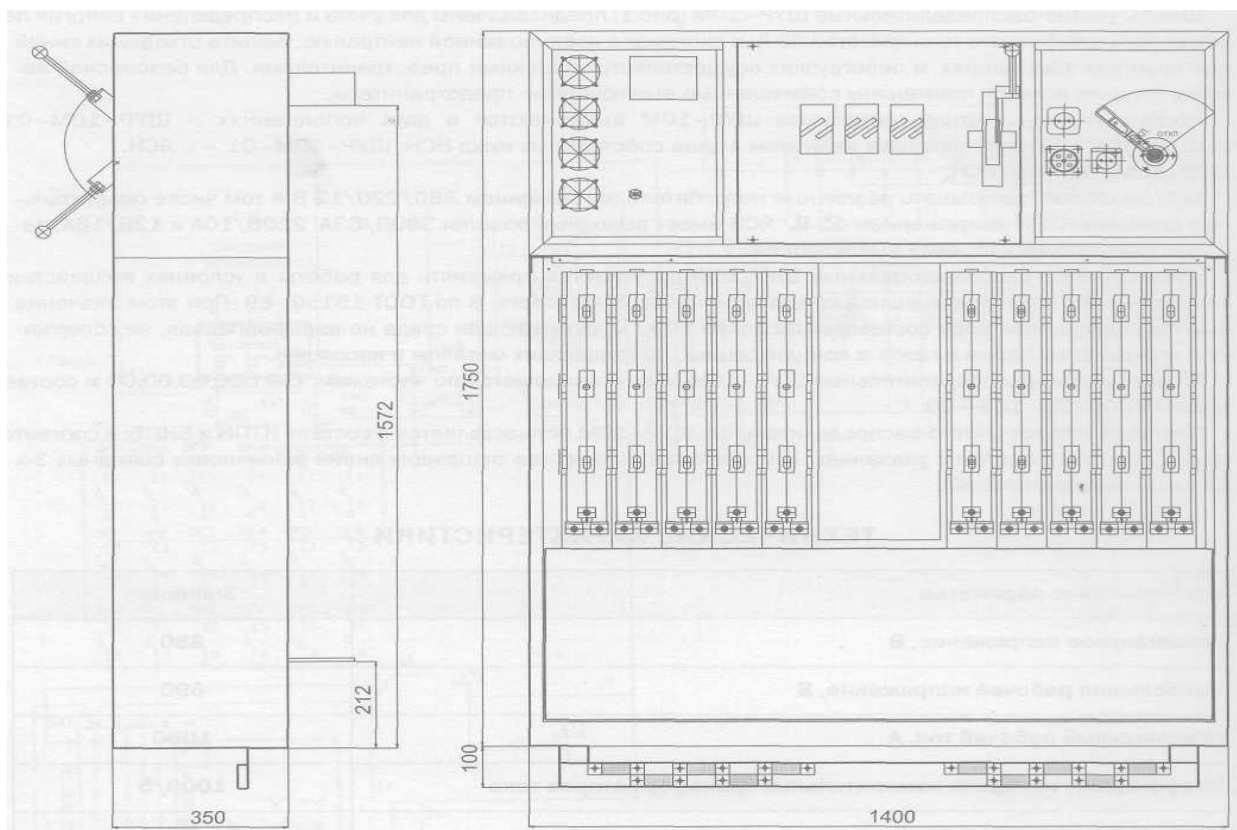


Рисунок 18 - Внешний вид ШУР-10М

Распределительные шкафы модели ШУР-10М, соответствуют техническим условиям ТУ 400-28-149—90 и предназначены для эксплуатации в условиях, где не оказывается агрессивного воздействия на металлы и изоляцию за счет отсутствия взрывоопасных, разрушающих паров и газов. Эти шкафы спроектированы для использования в климатических условиях, классифицированных как категория 3 У по ГОСТ 15150-69, что подразумевает их надежную работу на высоте до 1000 метров над уровнем моря без ухудшения функциональных характеристик. Шкафы ШУР-10М включаются в комплект поставки КТПН и БКПТу, обеспечивая их готовность к монтажу и эксплуатации в соответствующих условиях [10].

6.5 Выбор плавких вставок

В разделе 4.3, где автоматически произведен расчет кратковременных токов в узлах КЗ...К11, указывается, что выбор номинального тока для плавких вставок ППНИ-33 и ППНИ-35 в устройствах РУНН основывается на мощности подключаемого оборудования. Эти вставки, используемые для экономии энергии, подбираются с учетом характеристик нагрузки на фидер.

6.6 Контрольно измерительное оборудование

В данных ячейках установлены трансформаторы тока ТШП-0,66-0,5-600/5.

Применяем к установке счётчики Меркурий 230 АМ-03 класса точности 0,5.

6.7 Расчет наружного освещения

Освещение на улицах играет ключевую роль в обустройстве района "Травянка", трансформируя его вид после захода солнца. Разнообразные

светильники, от практичных до декоративных и рекламных, в совокупности формируют уникальное атмосферное пространство. Искусственный свет, благодаря своему разнообразию, открывает новые горизонты для дизайнерских и архитектурных решений в "Травянке", обогащая как его функционал, так и эстетическую сторону.

Эффективное использование источников света в городах в ночное время не только способствует заметному уменьшению происшествий на дорогах, примерно на четверть, сокращая в том числе и тяжелые случаи, но и играет роль в уменьшении уличной преступности. Освещение подчеркивает визуальную привлекательность городской архитектуры, включая исторические композиции, здания и общественные пространства, усиливая это впечатление с помощью световой рекламы и декоративной иллюминации, формируя современный внешний вид мегаполиса. Инвестиции в высококачественные системы уличного освещения оказываются экономически оправданными в короткие сроки, благодаря значительному сокращению человеческих потерь и материального вреда от автокатастроф и преступлений.

Сегодня различают три ключевые группы, которые пользуются уличным освещением: это жители близлежащих домов, пешеходы и автомобилисты. При определении уровня освещенности дорог используются различные подходы. Каждый из подходов позволяет учесть определённые особенности. В частности, точечный метод позволяет провести расчёт с учётом удельной мощности, что позволяет определить величину получаемого света на отдельный участок. За счёт этого можно добиться повышения уровня освещённости на каждую из групп и зон по свету.

Использование программного обеспечения в освещении в основном опирается на точечный метод, благодаря возможностям современных вычислительных систем проводить интенсивные расчеты и визуализировать сцены, что позволяет детально анализировать распределение света и получать визуально понятные результаты. В то время как точечный метод,

несмотря на его трудоемкость, используется для детальных и проверочных измерений освещенности в определенных местах, базовые методы оценки освещенности, которые технически проще, часто приводят к необходимости увеличения количества светильников из-за их недостаточной точности в определении уровней света [11].

На рынке доступно множество различных приложений, предназначенных для выполнения расчетов в области освещения, включая такие продукты, как DiaLux, Light-in-Night Road и программное обеспечение от AutoDesk.

6.8 Светотехнический расчёт без применения специализированных компьютерных программ

Дворовые территории:

В процессе расчёта руководствуемся тем, что найдём необходимую освещённость для дороги, ширина которой составляет 6 м, при эксплуатации светильников типа ЖКУ 12-70-001.

По выражению (25) определим величину средней горизонтальной освещённости:

$$E = \frac{u \cdot \Phi \cdot m}{d \cdot b \cdot k} = \frac{0,223 \cdot 5600 \cdot 1}{30 \cdot 6 \cdot 1,5} = 4,6(\text{лк}), \quad (25)$$

где u - коэффициент светильника ЖКУ12-70-001.

Φ - световой поток лампы ДНаТ-70 (лм).

m - количество световых объектов на опоре.

d - шаг опор (м).

b - ширина дороги (м).

k - учёт запаса.

Величина средней яркости дороги при необходимой освещённости дороги в 2 Лк (а выше получено значение в 4,6 Лк) составит:

$$L = \frac{u1 \cdot \Phi \cdot m}{\pi \cdot d \cdot b \cdot k} = \frac{0,055 \cdot 5600 \cdot 1}{3,14 \cdot 30 \cdot 6 \cdot 1,5} = 0,36(\text{кд}), \quad (26)$$

где $u1$ - коэффициент светильника ЖКУ12-70-001.

Из формулы (26) следует, что требуемая яркость практически превышена вдвое, т.к. согласно СНиП 23-05-95 она равна 0,2 (кд).

По выражению (25) определим величину средней горизонтальной освещённости:

$$E = \frac{u \cdot \Phi \cdot m}{d \cdot b \cdot k} = \frac{0,223 \cdot 27000 \cdot 1}{30 \cdot 8 \cdot 1,5} = 16(\text{лк}),$$

где u - коэффициент использования светового потока по освещённости для светильника ЖКУ16-250-001.

Φ - световой поток лампы ДНаТ-250 (лм).

m - число светильников на одной опоре.

d - шаг опор (м).

b - ширина дороги (м).

k - коэффициент запаса.

Требуемая освещённость дорожного покрытия по СНиП 23-05-95 составляет 8 (лк). Средняя яркость дорожного покрытия:

$$L = \frac{u1 \cdot \Phi \cdot m}{\pi \cdot d \cdot b \cdot k} = \frac{0,055 \cdot 27000 \cdot 1}{3,14 \cdot 30 \cdot 8 \cdot 1,5} = 1,3(\text{кд});$$

где $u1$ - коэффициент использования светового потока по яркости для светильника ЖКУ16-250-001.

6.9 Расчет сетей наружного освещения жилых зданий

Согласно выражению (27) может быть рассчитана величина нагрузки питающей осветительной сети:

$$P_{p.o} = P_{уст} \times K_C \times K_{пра}, \quad (27)$$

где $P_{уст}$ – мощность лампы, Вт;

K_C – коэффициент спроса, равный 1 для освещения снаружи;

$K_{пра}$ – коэффициент для учёта потерь мощности аппаратуре пуска,

$K_{пра} = 1,1$.

$$P_{p.o.w1} = (38 \cdot 70 + 250 \cdot 3) \times 1 \times 1,1 = 3,751(\text{кВт}),$$

$$P_{p.o.w2} = (47 \cdot 70 + 10 \cdot 250) \times 1 \times 1,1 = 6,369(\text{кВт}).$$

Величина расчётного тока для сети при использовании нулевого провода и без его применения с учётом равномерности нагрузки может быть найдена по формуле (28)

$$I_{p.o.} = \frac{P_{p.o.}}{\sqrt{3} \times U_H \times \cos \varphi}, \quad (28)$$

где U_H – номинальное напряжение сети, $U_H = 380\text{В}$; $\cos \varphi$ – коэффициент мощности нагрузки. Для ламп ДРЛ $\cos \varphi = 0,85$.

$$I_{p.o.w1} = \frac{3751}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,85} = 6,7(\text{А}),$$

$$I_{p.o.w2} = \frac{6369}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,85} = 11,38(\text{А}).$$

После того, как была определена мощность, то происходит выбор провода. Это может быть сделано исходя из того, что с учётом удалённости

линии нагрузки величина потерь будет только возрастать, приводя к уменьшению нагрузки. Поэтому может быть выбран провод СИП 4×16 мм² с допустимым током $I_{доп}=70(A)$, $I_{кз}=10(кА)$.

Потери напряжения на участках линии определяются по формуле 29:

$$\Delta U = \frac{(P_{p.o.} \times L_{уч}) \times 10^{-3}}{C \times S}, \quad (29)$$

где $L_{уч}$ – длина участка линии, м.

C – коэффициент, равный 46 для схем трехфазной сети с нулевым проводом и алюминиевыми жилами;

S - сечение данного участка осветительной сети, мм²;

$$\Delta U_{w1} = \frac{(3751 \times 680) \times 10^{-3}}{46 \times 16} = 3,4(\%),$$

$$\Delta U_{w2} = \frac{(6369 \times 1020) \times 10^{-3}}{46 \times 35} = 4,3(\%).$$

Данные расчёта потерь напряжения сведены в таблицу 15.

Таблица 15 - Расчет потерь напряжения на освещении основной проезжей части

№ уч	P Вт	L _{уч} м	S мм ²	ΔU %
W1	3751	680	16	3,4
W2	6369	1020	35	4,3

Допустимая потеря $\Delta U = 6,7\%$. Это вполне соответствует требованиям и полностью подходит под указанный выбор оборудования. Таким образом, принимаем расчётное оборудование за окончательное.

Выводы по главе 6.

Осуществлён выбор и проверка основного силового электрооборудования. Для реализации проекта был выбран трансформаторный комплекс полной поставки 2 БКТПу с мощностью в 1000 кВА, изготовленный на Минском заводе имени Малышева. В качестве распределительных устройств на 10 кВ выбраны КСО-395М. Оборудование типа КСО-395М включает в себя устройства для разъединения цепей под напряжением, известные как автогазовые выключатели ВНПР-10/630. Реализован выбор комплектного распределительного устройства шкафы типа ШУР-10М-01. Выбраны счётчики Меркурий 230 АМ-03 как элементы КИП. Проведён расчёт наружного освещения. Потери не превышают 7%. Сделан выбор плавких вставок, а также выбрано контрольно-измерительное оборудование.

Глава 7 Выбор устройств релейной защиты и автоматики

7.1 Защита силового трансформатора

Системы защиты для электрических трансформаторов автоматически активируются для предотвращения повреждений и аномальных условий эксплуатации [12-14]:

В то же время, дифференциальная токовая защита служит первостепенной мерой для немедленного реагирования на короткие замыкания на выводах и внутренние повреждения трансформаторов с обмоткой, напряжение которых превышает 3 кВ [15].

Газовая защита, интегрированная в трансформаторы мощностью свыше 1 МВА, служит для немедленного отключения оборудования в случае обнаружения аномалий внутри масляного бака, где размещены обмотки [16].

На рисунке 19 приведена исходная схема для участка электрической сети.

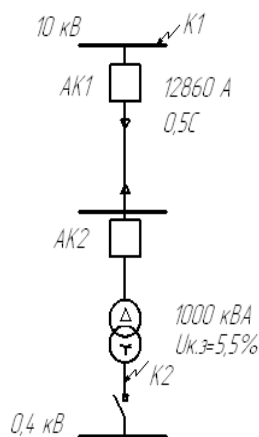


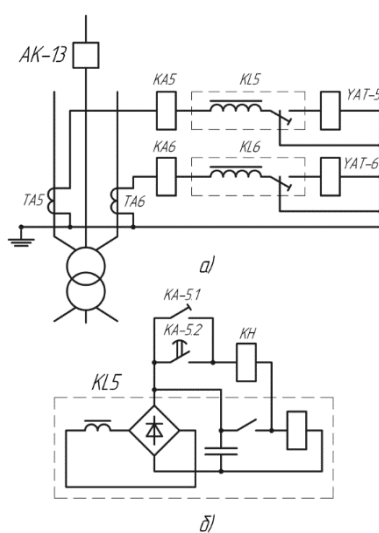
Рисунок 19 - Схема участка электрической цепи

Ток КЗ на шинах 10 (кВ) — 12860(А). Тип защищаемого трансформатора ТМГ, его номинальная мощность $S_{T.НОМ} = 1000\text{КВА}$,

относительное значение напряжения КЗ $U\% = 5,5$, значения уставок МТЗ АК1. Защита трансформатора АК2 — трехступенчатая и включает в себя МТЗ с зависимой характеристикой времени, токовую отсечку без выдержки времени и специальную токовую защиту нулевой последовательности. Оперативный ток переменный, схема с дешунтированием электромагнитов отключения.

Рассчитываются следующие параметры: установки I_{C3} и t_{C3} максимальной токовой защиты; установка I_{CO} токовой отсечки, установки I_{C30} и t_{C30} специальной защиты нулевой последовательности.

Во-первых, выбирается схема включения реле тока (рисунок 20). МТЗ и токовую отсечку целесообразно выполнить по схеме неполной звезды на электронных реле тока (КА-1, КА-2) типа РС80М2М-1-1/8.



а) цепь переменного оперативного тока; б) цепь промежуточных реле РП-341.

Рисунок 20 - Принципиальная схема МТЗ и ТО реле РТ-81

Эти реле функционируют на основе двух различных принципов реакции на ток. На начальном этапе, когда ток увеличивается незначительно, реле регулирует время отклика в зависимости от его величины. Однако при токе, превышающем в 2–8 раз нормальное значение, реле отзывается немедленно. Такая конфигурация позволяет использовать первый режим для защиты с максимальной токовой защитой, тогда как второй режим актуален

для немедленного прерывания тока. Отдельно стоит отметить, что реле КАЗ применяется для защиты от токов нулевой последовательности.

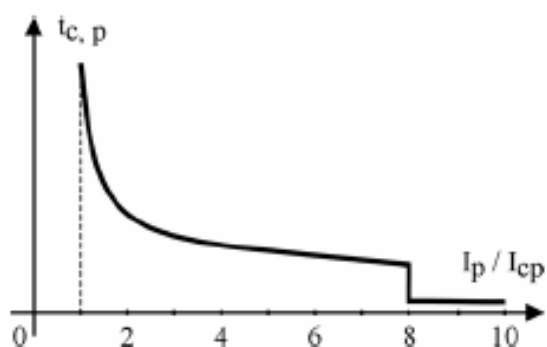


Рисунок 21 - Время-токовая характеристика РС-80

Расчёт токов КЗ на стороне 10 кВ и на стороне 0,4 кВ:

$$I_{K31}^{(3)} = 6000(A),$$

$$I_{K32}^{(3)} = 6000(A).$$

Коэффициент самозапуска для нагрузки $K_{сзп} = 2,5$ и ток срабатывания реле:

$$I_{сз} = \frac{K_H \cdot K_{сзп}}{K_B} I_{Т.НОМ} = \frac{1,1 \cdot 2,5}{0,8} 15 = 52(A). \quad (30)$$

Отметим, что настройку системы проводит с учётом того, что если активируется АВР (автоматический ввод резерва), то трансформатор не должен прекратить свою работу, позволяя поддерживать величину напряжения до 0,4 кВ. Но необходимо провести расчёт для точного определения критериев срабатывания максимального тока защиты (МТЗ), который несёт в себе наибольшую опасность [17]. С этой целью необходимо

провести расчёт, который заключается в учёте дополнительных параметров по запасу и номинальному току срабатывания трансформатора.

$$I_{C3} \geq K_H (K_{C3H} \cdot 0,71 I_{T.НОМ} + 0,71 \cdot I_{T.НОМ}). \quad (31)$$

Пусть нагрузка правой секции имеет тот же коэффициент самозапуска, что и левой, т.е. 2,5 тогда необходимо, чтобы:

$$1,2(2,5 \cdot 0,71 \cdot 15 + 0,71 \cdot 15) \approx 44,7(A).$$

Очевидно, что это условие выполняется.

Проведем проверку чувствительности МТЗ к КЗ различных токов. При 2-х фазном КЗ за трансформатором расчетный ток реле:

$$I_P = \frac{\sqrt{3} I_K^{(3)}}{2 K_{Ta}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 6000}{2 \cdot 600/5} = 43,3(A); \quad (32)$$

Ток срабатывания реле:

$$I_{CP} = \frac{I_{C3} \cdot K_{CX}}{K_{Ta}} = \frac{53}{600/5} = 3(A); \quad (33)$$

Коэффициент чувствительности:

$$K_q^{(2)} = \frac{I_P}{I_{CP}} = \frac{43,3}{3} = 14,43; \quad (34)$$

Это существенно выше минимально допустимого 1,5.

При однофазном КЗ за трансформатором расчетный ток определяется по формуле:

$$I_P = \frac{I_K^{(1)}}{3K_{Ta}}, \text{ где } I_K^{(1)} = \frac{U_{CP}}{Z_H^{(1)}/3}. \quad (35)$$

Для ТМГ 1000 кВА

$$Z_H^{(1)}/3 = 0,088(\text{Ом}),$$

Следовательно:

$$I_K^{(1)} = \frac{230}{0,088} = 2613(\text{А}),$$

что составляет после приведения к напряжению 10 кВ 96 А.

Таким образом:

$$I_P = \frac{96}{3 \cdot 600/5} = 0,26(\text{А});$$

а коэффициент чувствительности:

$$K_q^{(2)} = \frac{I_P}{I_{CP}} = \frac{0,26}{3} = 0,05,$$

полученная величина позволяет получить допустимый предел, который составляет целых 1,5.

Проведём расчет для тока срабатывания, который позволяет учесть необходимость номинального коэффициента и номинального тока, который взят в четвертном исполнении:

$$I_{C30} \geq K_H \cdot 0,25I_{T,НОМ} = 0,5I_{T,НОМ} \approx 187,5(\text{А}). \quad (36)$$

С учётом того, что величина номинального тока приводится к допустимому напряжению в 0,4 кВ: $15 \frac{10}{0,4} = 375(A)$.

Считаем, что используемое реле и трансформатором ($k_{тр}=800/5$) позволяют получить ток срабатывания:

$$I_p = \frac{187,5}{800/5} = 1,2(A);$$

Уставка по реле будет равна 6 А, следовательно, $I_{с30} = 1,2 \frac{800}{5} = 192(A)$.

Коэффициент чувствительности защиты нулевой последовательности должен быть не менее 2 в основной зоне. В нашем случае:

$$K_{ч0} = \frac{I_k^{(1)}}{I_{с30}} = \frac{2613}{187,5} = 14 \quad (37)$$

Величина тока отсечки составит:

$$I_{с0} \geq K_H I_{к.МАХ}^{(3)} = 1,2 \cdot 6000 = 7200(A); \quad (38)$$

Этому значению $I_{с0}$ соответствует коэффициент чувствительности к двухфазному КЗ в месте установки защиты (т.е. в точке К1).

$$K_{ч0} = \frac{I_{кз1}^{(2)}}{I_{с0}} = \frac{0,865 \cdot 6000}{7200} = 0,72 \leq 2; \quad (39)$$

В связи с тем, что расчётная чувствительность токовой отсечки оказалась недостаточной, применим защиту трансформаторов с пуском по напряжению [18].

В этом случае в формуле для расчёта тока срабатывания отсечки вместо $I_{к.маx}^{(3)}$ берётся номинальный ток трансформатора, умноженный на коэффициент самозапуска:

$$K_{C3II} I_{T.НОМ} = 2,5 \cdot 17 = 42,5 A,$$

$$I_{c.o} \geq K_H \cdot I_{к.маx}^{(3)} = 1,2 \cdot 42,5 = 51 A,$$

$$K_{q,0} = \frac{I_{кз}^{(2)}}{I_{c.o}} = \frac{0,865 \cdot 6000}{51} = 101,76 \geq 2.$$

На следующем этапе выбираются время срабатывания и характеристика реле РС80М2М.

Время срабатывания МТЗ АК1 выбирается на ступень селективности 0,7 (с) больше, чем у МТЗ АК2, т.е. $t_{сз} = 1,1(c)$. Карта селективности защит представлена на рисунке 22.

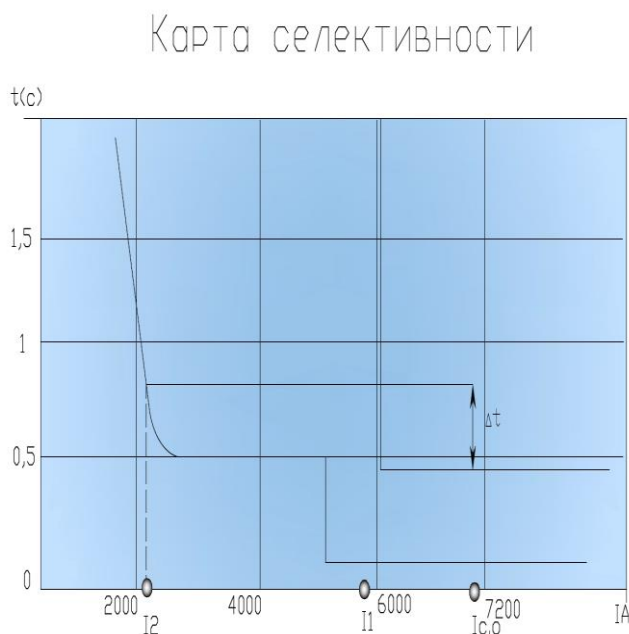


Рисунок 22 - Карта селективности. Согласование характеристик защит АК2 (кривая 2) и АК1 (1)

Проводим расчетную проверку трансформаторов тока.

Для проверки на 10% погрешность вычисляем значение предельной кратности, соответствующее току срабатывания отсечки, $K_{10} = 7200/600 = 12$. По кривой предельной кратности для данного ТА определяем сопротивление нагрузки $Z_{H.доп} = 0,9(Ом)$.

Расчётная нагрузка:

$$Z_{H.РАСЧ} = 2r_{ПР} + 2Z_P + r_{ПЕР} = 2 \cdot 0,06 + 0,16 + 0,06 = 0,34(Ом). \quad (40)$$

Следовательно, погрешность ТА менее 10%.

В применяемой схеме количество токовых реле и электромагнитов отключения одинаково, поэтому $K_{СХ} = 1$.

С учётом изложенного коэффициент чувствительности ЭО рассчитываем по упрощённой формуле:

$$K_{ч.ЭО} = \frac{I_{P.MIN}}{I_{C.ЭО}} = \frac{I_{K32}^{(2)}}{K_{Ta}} / I_{C.ЭО} = 0,865 \frac{6000}{600/5} / 5 = 8,65; \quad (41)$$

Что существенно выше норматива 1,8.

Проверка надёжности срабатывания реле РС-80 проводится при максимальном токе КЗ $I_{КЗ1}^{(3)} = 6000(А)$.

Для значения $Z_{H.РАСЧ} = 2,1(Ом)$ до дешунтирования ЭО по кривой предельной кратности определяем $K_{10доп} = 14,5$, затем $K_{MAX} = 6000/600 = 10$.

Таким образом, коэффициент $A = 10/14,5 = 0,7$. Этому значению A соответствует f менее 10%, что гораздо меньше предельно допустимого значения 50%.

Максимальное значение напряжения на выводах вторичной обмотки ТА рассчитывается по формуле:

$$U_{2MAX} = \sqrt{2} K_{MAX} I_{2НОМ} Z_{H.РАСЧ} = \sqrt{2} \cdot 10 \cdot 51 \cdot 1 \approx 721(В); \quad (42)$$

Что ниже допустимого значения $\sqrt{2} \cdot 1000$ В.

Максимальное значение вторичного тока:

$$I_{2KMAX} = I_{K31}^{(3)} / K_{Ta} = 6000/120 \approx 50(A); \quad (43)$$

Что ниже предельного для контактов реле РС-80 значения 150 А.

Таким образом, расчеты подтверждают правильность выбора схемы защиты на двух реле РС-80.

Выводы по главе 7.

Выполнен выбор устройств релейной защиты и автоматики. Представлена принципиальная схема подключения объекта на основе которой проведен выбор параметров реле тока. Отмечено, что расчётная чувствительность токовой отсечки оказалась недостаточной была применена защита трансформаторов с пуском по напряжению.

Токовую отсечку целесообразно выполнить по схеме неполной звезды на электронных реле тока типа РС80М2М-1-1/8. Проверена работоспособность и селективность двух выбранных реле. Коэффициент чувствительности не превысил допустимого по нормативу 1,8.

Расчеты подтверждают правильность выбора схемы защиты на двух реле РС-80.

Глава 8 Расчет молниезащиты

8.1 Основные положения

Критерии для реализации системы защиты от молний, включая определение необходимой категории и выбор конкретного типа охранной зоны для стержневых или тросовых молниеотводов, устанавливаются на основании специфических данных [19].

Такие данные включают частоту грозовых явлений за год и вероятность удара молнии в объект, рассчитанную для конкретного местоположения, согласно деталям, приведенным в таблице 16. Кроме того, руководствуясь информацией из столбцов 3 и 4 таблицы 16, можно определить, когда установка системы защиты является обязательной, учитывая совокупность определенных условий [20].

Таблица 16 – Категории сооружений

Здания и сооружения	Местоположение	Тип зоны защиты при использовании стержневых и тросовых молниеотводов	Категория молниезащиты
Здания и сооружения или их части, помещения которых согласно ПУЭ относятся к зонам классов В-I и В-II	Повсеместно	Зона А	I
То же классов В-Ia, В-Iб, В-IIa	В местностях со средней продолжительностью гроз 10 ч в год и более	При ожидаемом количестве поражений молнией в год здания или сооружения $N > 1$ — зона А; при $N \leq 1$ — зона Б	II
Наружные установки, создающие согласно ПУЭ зону класса В-Iг	Повсеместно	Зона Б	II

Продолжение таблицы 16

Здания и сооружения	Местоположение	Тип зоны защиты при использовании стержневых и тросовых молниеотводов	Категория молниезащиты
Категории П-I, П-II, П-IIIа	При условии, что грозы длятся более 20 часов в год	Для зданий и сооружений I и II степеней огнестойкости при $0,1 < N \leq 2$ и для III — V степеней огнестойкости при $0,02 < N \leq 2$ - зона Б, при $N > 2$ - зона А	III
Расположенные в сельской местности небольшие строения III — V степеней огнестойкости, помещения которых согласно ПУЭ относятся к зонам классов П-I, П-II, П-IIIа	В местностях со средней продолжительностью гроз 20 ч в год и более при $N < 0,02$	-	III (п. 2.30)
Наружные установки и открытые склады, создающие согласно ПУЭ зону классов П-III	При условии, что грозы длятся более 20 часов в год	При $0,1 < N \leq 2$ — зона Б, при $N > 2$ — зона А	III
Здания и сооружения III, IIIа, IIIб, IV, V степеней огнестойкости, в которых отсутствуют помещения, относимые по ПУЭ к зонам взрыво- и пожароопасных классов	То же	При $0,1 < N \leq 2$ — зона Б, при $N > 2$ — зона А	III
Здания и сооружения из легких металлических конструкций со сгораемым утеплителем (IVа степени огнестойкости), в которых отсутствуют помещения, относимые по ПУЭ к зонам взрыво- и пожароопасных классов	В местностях со средней продолжительностью гроз 10 ч в год и более	При $0,02 < N \leq 2$ — зона Б, при $N > 2$ — зона А	III

Продолжение таблицы 16

Здания и сооружения	Местоположение	Тип зоны защиты при использовании стержневых и тросовых молниеотводов	Категория молниезащиты
Небольшие строения III-V степеней огнестойкости, расположенные в сельской местности, в которых отсутствуют помещения, относимые по ПУЭ к зонам взрыво- и пожароопасных классов	В местностях со средней продолжительностью гроз 20 ч в год и более для III, IIIа, IIIб, IV, V степеней огнестойкости при $N < 0,1$, для IVа степени огнестойкости при $N < 0,02$	-	III (п. 2.30)
Здания вычислительных центров, в том числе расположенные в городской застройке	При условии, что грозы длятся более 20 часов в год	Зона Б	II
Животноводческие и птицеводческие здания и сооружения III-V степеней огнестойкости: для крупного рогатого скота и свиней на 100 голов и более, для овец на 500 голов и более, для птицы на 1000 голов и более, для лошадей на 40 голов и более	При условии, что грозы длятся более 40 часов в год	Зона Б	III

Для обеспечения безопасности, объекты, классифицированные как принадлежащие к первой и второй группам молниезащиты, требуют защитных мер от непосредственных молниевых разрядов, побочных эффектов, а также предотвращения проникновения высоковольтных зарядов через воздушные и земные металлические сети [21]. В то время как здания и структуры, попадающие в третью группу защиты от молний, должны быть

оборудованы системами защиты от удара молнии, так и от ее вторичных эффектов [22].

8.2 Расчет молниезащиты

Рассмотрим пример расчета молниезащиты на примере жилого дома №4. Высота здания (h) - 35 м, ширина здания (L) - 17 м, длина здания (S) - 50 м. Определим число поражений молнией в год зданий и сооружений.

$$N = (S + 6h)(L + 6h)n \cdot 10^{-6} = (50 + 6 \cdot 35)(17 + 6 \cdot 35) \cdot 3 \cdot 10^{-6} = 0,177$$

Категория молниезащиты III. Зона защиты – Б. Определим границы одиночных стержневых молниеотводов: $h=35$

вершина конуса защиты, м.

$$h_0 = 0.92h = 0.92 \cdot 35 = 32,2 \text{ м}$$

радиус основания конуса на уровне, м.

$$r_0 = 1.5h = 1.5 \cdot 35 = 52,5 \text{ м}$$

радиус горизонтального сечения зоны защиты на высоте 56 м

$$r_{x1} = 1.5(h - hx/0.92) = 28,5$$

Совместная зона двух молниеотводов:

Совместная зона двух молниеотводов по ширине территории
расстояния между молниеотводами, м;

$$L \leq 1.5h; L = 51$$

высота зоны посередине между молниеотводами;

$$h_c = h_0 = 34,04;$$

ширина совместной зоны на уровне 32 от земли.

$$r_{cx1} = r_{x1} = 62,9;$$

ширина совместной зоны на уровне земли;

$$r_c = r_o = 125,8;$$

На крыше строения устанавливается защитная сеть для отвода молний, выполненная из круглой стальной проволоки толщиной 8 мм, расположенная на расстоянии не более 6 метров друг от друга. Вдоль стен этого здания монтируются специальные стальные проводники, тоже круглой формы, но уже толщиной 12 мм, которые служат для безопасного отвода электрического заряда. Эти проводники должны быть подключены к заземляющему контуру, уложенному вокруг здания на глубине между 0,5 и 0,7 метра от уровня земли, изготовленному из стальной полосы размерами 40x5 мм, с интервалами подключения не чаще, чем через каждые 20 метров [23].

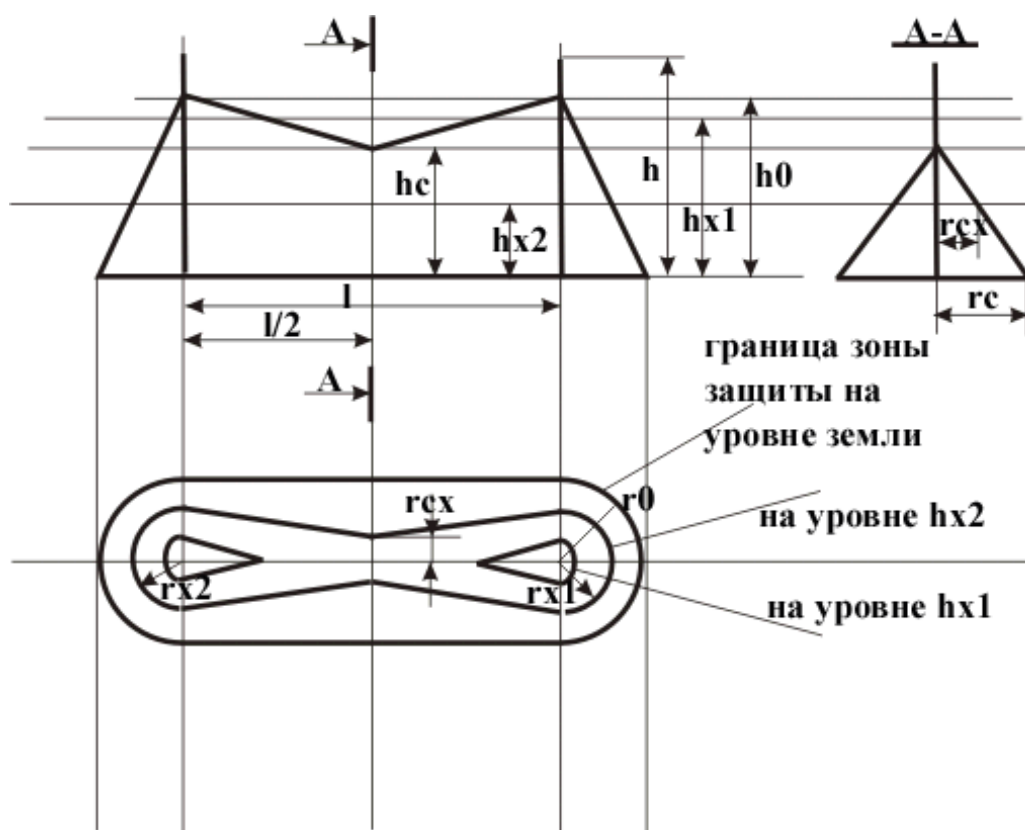


Рисунок 23 - Схема молниеотвода

Выводы по главе 8.

Проведён расчет молниезащиты. В ходе проведения расчёта для каждого из зданий и сооружений учитывались местоположение, Тип зоны защиты при использовании стержневых и тросовых молниеотводов и категория молниезащиты.

В результате проведённых расчётов представлена схема молниеотвода для каждого из типов зданий. На крыше строения устанавливается защитная сеть для отвода молний, выполненная из круглой стальной проволоки толщиной 8 мм, расположенная на расстоянии не более 6 метров друг от друга.

Вдоль стен этого здания монтируются специальные стальные проводники, тоже круглой формы, но уже толщиной 12 мм, которые служат для безопасного отвода электрического заряда.

Заключение

Настоящий дипломный проект фокусируется на создании системы электроснабжения для нового жилого комплекса «Травянка», представляя собой учебное задание. В ходе проектирования были учтены и выполнены все актуальные экологические, санитарные, противопожарные и другие требования, действующие в Российской Федерации, что обеспечивает безопасность эксплуатации объекта для людей при условии применения предусмотренных мер защиты.

Особенностью выбранного объекта работы является то, что он будет состоять из многоэтажек, предлагающих от 60 до 120 квартир, что в сумме дает 510 квартир.

Получены показатели активной и полной мощности, тока, $\cos\varphi$ для шести жилых домов, детского сада, парковки и иных учреждений микрорайона. Осуществлён выбор и проверка основного силового электрооборудования.

Для реализации проекта был выбран трансформаторный комплекс полной поставки 2 БКТПу с мощностью в 1000 кВА, изготовленный на Минском заводе имени Малышева: ТМГ-1000/10 мощностью $S_{т.ном.}=1000$ кВА коэффициентом загрузки трансформатора 0,75 и ещё два трансформатора мощностью $S_{т.ном.}=1000$ кВА коэффициентом загрузки трансформатора 0,83.

В качестве защитной сети для отвода молний предлагается использовать конструкцию, выполненную из круглой стальной проволоки толщиной 8 мм, расположенная на расстоянии не более 6 метров друг от друга.

В итоге, проведено детальное проектирование системы электроснабжения микрорайона Травянка г. Лысьва, которое позволяет обеспечить использование электрической энергии в нормальном режиме и в случае возникновения аварийных ситуаций.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Аракелов В.Е. Комплексная оптимизация энергоустановок промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 1984. 326с.
2. ГОСТ 14209-85. Трансформаторы силовые масляные общего назначения. Допустимые нагрузки. – М.: Госкомитет по стандартам, 1987. 30с.
3. ГОСТ 27514-87. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением свыше 1 кВ. – М.: Госкомитет по стандартам, 1988. 40с.
4. ГОСТ Р 50270-92. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ. – М.: Госстандарт России, 1993. 60с.
5. Любушин Н.П., Лещева В.Б., Дьякова В.Г. Анализ финансово-экономической деятельности предприятия: Учеб. пособие для вузов / Под ред. проф. Н.П. Любушина. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 1999. 471с.
6. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учеб. пособие для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989. 608с.
7. Об оптимизации систем промышленного электроснабжения. Поликарпов Е.А. // Промышленная энергетика. 2001. N 8.
8. Пособие к курсовому и дипломному проектированию для электроэнергетических специальностей вузов: Учеб. пособие для студентов электроэнергет. спец. вузов, 2-е изд., перераб. и доп./ В.М. Блок, Г.К. Обушев, Л.Б. Паперно и др.; Под ред. В.М. Блок. – М.: Высш. шк., 1990. 383с.
9. Правила устройства электроустановок. Шестое издание, с изменениями, исправлениями и дополнениями, принятыми Главгосэнергонадзором РФ в период с 01.01.92. по 01.12.99. СПб., ООО «Издательство ДЕАН», 1999. 925с.

10. Расчет электрических нагрузок, выбор главных схем и оборудования промышленных предприятий: Учеб. пособие / В.К. Грунин, С.Г. Диев, В.В. Карпов, В.Ф. Небускин, В.К. Федоров, А.В. Щекочихин; Под общ. ред. В.К.Грунина. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2001. 104с.
11. Рекомендации по проектированию и эксплуатации систем электроснабжения новых, расширяемых и реконструируемых нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий. Под ред. В.И. Старостина. – 2-е изд. – М.: Миннефтехимпром СССР, 1983. 140с.
12. Руководящий технический материал. Указания по расчету электрических нагрузок. РТМ 36.18.32.4-92. – М.: ВНИПИ Тяжпромэлектропроект, 1992. 26с.
13. Сергеев А.А. Экономические основы бизнес планирования: Учеб. пособие для вузов. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 1999. 303с.
14. СНИП IV-16-84. Правила определения сметной стоимости строительства. – М.: Госкомитет по стандартам, 1984.
15. Справочная книга для проектирования электрического освещения. Под ред. Г.М. Кнорринга. – Л., «Энергия», 1976. 384с.
16. Справочная книга по светотехнике/Под ред. Ю.Б. Айзенберга. – М.: Энергоатомиздат, 1983. 472с.
17. Справочник по проектированию электроснабжения / Под ред. Ю.Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 1990. 576с. – (Электроустановки промышленных предприятий / Под общ. Ред. Ю.Н. Тищенко и др.)
18. Справочник по проектированию электроэнергетических систем/ В.В. Ершевич, А.Н. Зейлигер, Г.А. Илларионов и др.; Под ред. С.С. Рокотяна и И.М. Шапиро. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1985. 352с.
19. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: В 2 т. Т.1. Электроснабжение / Под общ. Ред. А.А. Федорова. – М.: Энергоатомиздат, 1986. 568с.

20. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: В 2 т. Т.2. Электрооборудование / Под общ. Ред. А.А. Федорова. – М.: Энергоатомиздат, 1987. 592с.

21. Федоров А.А., Каменева В.В. Основы электроснабжения промышленных предприятий: Учебник для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энерго-атомиздат, 1984. 472с.

22. Федоров А.А., Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий: Учеб. пособие для вузов. - М.: Энергоатомиздат, 1987. 368с.

23. Экономика предприятия: Учебник /Под ред. проф. О.И. Волкова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 1999. 520с.

24. Электрические системы, т.2. Электрические сети. Под ред. В.А. Веникова. Учеб. пособие для электроэнерг. Вузов. М., Высш. шк., 1971. 440с.