

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

Институт энергетики и электротехники
(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»
(наименование кафедры)

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

Электрооборудование и электрохозяйство предприятий,
организаций и учреждений
(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Электрооборудование и электрохозяйство продуктового магазина в
селе Зеленровка

Студент	<u>С.А. Плясунов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>Д.Л. Спиридонов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>И.Ю. Усатова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор, В.В. Вахнина _____
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)
« _____ » _____ 2019 г.

Тольятти 2019

АННОТАЦИЯ

Темой ВКР является «Электрооборудование и электрохозяйство продуктового магазина в селе Зеленовка».

Целью работы является проектирование электроснабжения, которое необходимо для обеспечения высокой надежности и экономичности продуктового магазина.

Для достижения этой цели мы поставили ряд задач. Мы обеспечиваем полное покрытие системы электроснабжения центра. Проводится расчет электрических нагрузок, освещения, сечений кабелей, подбор электрооборудования и приборов. На основании расчета нагрузок были выбраны тип, количество и мощность трансформатора. Вопросы энергоэффективности и экономической составляющей освещены в общей части проекта.

В специальной части работы подробно рассказывается о системе заземления и молниезащиты здания. Проектирование и расчет этих параметров являются обязательными при проектировании системы электроснабжения зданий, так как это влияет на жизнь и безопасность людей.

Результат работы следующий: спроектирована система электроснабжения продуктового магазина и выбрано соответствующее электрооборудование.

Пояснительная записка выполнена на 44 страницах, содержит, 11 таблиц, 2 рисунка, 20 источников, 5 из которых – иностранных. Графическая часть представлена на листах формата А1.

ABSTRACT

The title of the thesis is "Design of electrical equipment and electrical facilities of the grocery store".

The graduation work consists of an explanatory note on 44 pages, introduction, including 2 figures, 11 tables, the list of 20 references including 5 foreign sources, and the graphic part on 6 A1 sheets.

The aim of the work is to design an electric utility, which is necessary to ensure high reliability and economy of a grocery store.

To achieve this goal, we set a number of tasks. We give full coverage to the power supply system of the center. The calculation of electrical loads, lighting, cable sections, the selection of electrical equipment and devices are carried out. On the basis of the loads calculation the type, number and transformers power have been selected. The issues of energy efficiency and economic component are highlighted in the project's general part.

The special part of the work gives details about the system of grounding and lightning protection of the building. The design and calculation of these parameters are mandatory in the design of the power supply system for buildings, since this affects the life and safety of people.

The result of the work is the following: the power supply system of the grocery store was designed and the appropriate electrical equipment was selected.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 Расчет электрических нагрузок	6
2 Расчет электрического освещения.....	12
3 Выбор трансформаторов и компенсирующих устройств	14
3.1 Выбор силовых трансформаторов.....	14
3.2 Расчет компенсирующих устройств.....	15
4 Выбор схемы проектирования ВЛЗ-6/0.4кВ и 2хКТП 400/6/0.4	16
5 Выбор элементов схемы электроснабжения магазина.....	17
5.1 Выбор распределительных устройств.....	17
5.2 Выбор сечений проводников распределительной сети.....	20
5.3 Выбор автоматических выключателей	21
5.4 Выбор трансформаторов тока.....	23
6 Расчет токов короткого замыкания	25
6.1 Расчет токов трехфазного и двухфазного КЗ	26
6.2 Расчет токов однофазного КЗ	33
7.1 Проверка аппаратов на защиту от токов КЗ и перегрузок.....	34
7.2 Проверка на динамическую устойчивость.....	35
7.3 Проверка по отключающей способности	35
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	42
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	43

ВВЕДЕНИЕ

Темой ВКР я выбрал электроснабжение магазина, так как с этим видом деятельности будет связано моё будущее. В ходе работы буду проектировать оборудование и чертить схемы для электроснабжения. Спроектировать оборудование для такого потребителя, как магазин-отличный опыт. Так как у нас продуктовый магазин и большей частью продукции является скоропортящийся товар, нам необходимо установить холодильное оборудование. Первым делом надо определить типы и количество морозильных устройств. Для оснащения магазинов самообслуживания обычно используются: холодильные стеллажи типа горка для молочных продуктов, малые лари для мороженого, ларь-бонета для продуктов быстрой заморозки и холодильные шкафы для напитков. Так как по категория надежности электроснабжения потребители продуктового магазина относятся к третьей категории надежности, то при выборе трансформатора будем принимать требования третьей категории надежности. В проектировании работы установим несколько трансформаторов так как будет несколько потребителей.

Цель выпускной квалификационной работы:

Магазин предусмотрен для продажи и хранения продуктов. Используется оборудование в основном холодильного типа, осветительные приборы, предусмотрены кондиционеры и пожарная сигнализация

Для достижения цели необходимо:

1. Описание объекта проектирования;
2. Расчет ожидаемых электрических нагрузок;
3. Выбор числа и мощности ТР и ТП;
4. Выбор источника питания и выбор внешней схемы электроснабжения;
5. Расчет токов К.З;
6. Выбор Электрооборудования.

1 Расчет электрических нагрузок

Произведем расчет электрических нагрузок по продуктовому магазину. Электрические нагрузки рассчитываются по методу упорядоченных диаграмм (метод коэффициента максимума).

Рассчитаем приведенные мощности для электрооборудования, которое работает в повторно-кратковременном режиме по формуле 1.1:

$$p_H = P_{\text{пасп}} \cdot \frac{\overline{\text{ПВ}}}{100}, \quad (1.1)$$

где p_H – номинальная мощность, приведенная к длительному режиму;

$P_{\text{пасп}}$ – паспортная мощность электроприемника, кВт;

$\overline{\text{ПВ}}$ – продолжительность включения, %.

В повторно-кратковременном режиме работают холодильники закрытого типа. Рассчитаем мощность холодильного устройства по формуле 1.1 и запишем полученные данные в таблицу 1.1:

$$p_{H \text{ км}} = 52 \cdot \frac{\overline{63}}{100} = 41,27 \text{ кВт},$$

Мощность электроприемников, работающих в длительном режиме, не нуждается в дополнительном расчете, поэтому формула номинальной мощности, приведенной к длительному режиму имеет вид 1.2:

$$p_H = P_{\text{пасп}}, \quad (1.2)$$

где p_H – номинальная мощность, приведенная к длительному режиму, кВт;

$P_{\text{пасп}}$ – паспортная мощность электроприемника, кВт.

Начнем заполнять сводную ведомость нагрузок по магазину. Она приведена в таблице 1.1.

Покажем расчет параметров таблицы. Для расчетов будем использовать формулы 1.3-1.12:

- установленная мощность электроприемников:

$$P_H = p_H \cdot n, \quad (1.3)$$

где P_H - установленная мощность всех электроприемников, кВт;

n – количество электроприемников данной группы, шт.

- средняя активная нагрузка:

$$P_C = K_{И} \cdot P_H, \quad (1.4)$$

где P_C - средняя активная нагрузка, кВт;

$K_{И}$ - коэффициент использования электрооборудования, определяемый по справочным данным.

- средняя реактивная нагрузка:

$$Q_C = K_{И} \cdot P_H \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (1.5)$$

где Q_C - средняя реактивная нагрузка, кВар;

$K_{И}$ - коэффициент использования электрооборудования;

$\operatorname{tg} \varphi$ - коэффициент мощности, определяемый по справочным данным.

- Величина m (формула 1.6) сравнивается с 3, что влияет на метод расчета эффективного числа электроприемников:

$$m = \frac{P_{H \text{ наиб}}}{P_{H \text{ наим}}}, \quad (1.6)$$

где $p_{н\text{ наиб}}$ и $p_{н\text{ наим}}$ – номинальные активные мощности наибольшего и наименьшего электроприемников в группе, кВт.

- эффективное число электроприемников определяется в зависимости от коэффициента m : если $m < 3$, то $n_э$ принимается равным фактическому числу электроприемников, если же $m > 3$, то $n_э$ определяется по формуле:

$$n_э = \frac{2 \cdot P_{н\text{ }\Sigma}}{P_{н\text{ наиб}}}, \quad (1.7)$$

где $n_э$ - эффективное число электроприемников, шт;

$P_{н\text{ }\Sigma}$ - суммарная мощность электроприемников магазина, кВт;

P_{max} - максимальная мощность электроприемника, кВт.

- расчетная активная нагрузка:

$$P_p = K_{ма} \cdot P_C, \quad (1.8)$$

где P_p - расчетная активная нагрузка группы электроприемников;

$K_{ма}$ - коэффициент максимума на шинах низкого напряжения магазинных трансформаторов и для магистральных шинопроводов напряжением до 1 кВ.

Значение $K_{ма}$ определяется по справочникам. В данном случае $K_{ма} = 1.15$

- расчетная реактивная мощность:

$$Q_p = K_{мр} \cdot Q_C, \quad (1.9)$$

где Q_p - расчетная реактивная мощность, кВар;

$K_{мр}$ - коэффициент максимума реактивной мощности. При $n_э = 10$, значение принимается равным $K_{мр} = 1,1$, в других случаях – $K_{мр} = 1$

- расчетная полная мощность:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \quad (1.10)$$

где S_p - расчетная полная мощность, кВА.

- токовая расчетная нагрузка:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H}, \quad (1.11)$$

где I_p - расчетная токовая нагрузка; U_H - номинальное напряжение.

- общий коэффициент использования:

$$K_{И} = \frac{\sum P_C}{P_{H\Sigma}}, \quad (1.12)$$

где $P_{H\Sigma}$ - сумма номинальных мощностей электроприемников.

Покажем расчет на примере холодильного стеллажа. Согласно плану магазина, число установок составляет $n=3$ шт. Мощность одной установки в длительном режиме составляет $p_{Hэу} = 3.3$ кВт.

По формуле 1.3 найдем установленную мощность:

$$p_{Hэу} = 3.3 \cdot 3 = 9.9 \text{ кВт.}$$

Групповой коэффициент использования и коэффициент мощности найдем исходя из справочных данных: $K_{И} = 0.8$; $\cos \varphi = 0.8$; $\operatorname{tg} \varphi = 0.75$.

По формулам 1.4 и 1.5 найдем среднюю активную и реактивную нагрузку:

$$P_C = 0.8 \cdot 67.05 = 53.64 \text{ кВт};$$

$$Q_C = 53.64 \cdot 0.75 = 40.23 \text{ квар.}$$

Аналогично рассчитаем другие электроприемники, результаты занесем в таблицу 1.1.

Таблица 1.1 – Расчет нагрузок по магазину

№ п/п	Наименование ЭП	Кол- во ЭП	Установленная мощность		m	Ки	Средняя нагрузка			пэ	Кма /Км р	Расчетная нагрузка			Ip, А
			1 ЭП, кВт	Всех, кВт			cosφ/ tgφ	Рс, кВт	Qс, квар			Рр, кВт	Qр, квар	Sp, кВА	
1	Морозный ларь снеж МЛП – 350	6	0.54	3.24		0.8	0,65/ 1.17	2.58	1						
2	Холодильный шкаф Bonvini 350 DGC	3	1.05	3.15		0.8	0,7/ 1.02	2.52	0.85						
3	Ларь – бонета Bonvini BF – 2100 L	6	1.56	9.36		0.8	0,75/ 0.88	7.38	2.16						
4	Холодильный стеллаж (Горка) интеко – мастер вилая 100 ВС.	3	3.3	9.9		0.8	0,8/ 0.75	7.92	1.98						
5	Сплит-система кассетная Ballu BLC_C-60HN1	2	20.7	41.4		0.8	0,8/ 0,75	2,55	0.63						
6	Всего по магазину без освещения	20	27.15	67.05		0.8	0.8/0.7 5	53.64	40.23	3.2	1.1 5/1. 1	61.68	14.75	63.41	40.41
7	Всего по магазину с учетом освещения											76.88	26.15	77.11	111.2

По формулам 1.8-1.12 определим значения для расчетных активной, реактивной и полной мощностей и расчетного тока. Результаты так же сведем в таблицу 1.1.

2 Расчет электрического освещения

В данном проекте расчет освещения магазина производится по методу коэффициента использования светового потока.

Размеры цеха $A \times B \times H = 17.6 \times 25 \times 4$ м. Рассчитаем площадь помещения по формуле 2.1:

$$S = A \cdot B = 17.6 \cdot 100 = 1760 \text{ м}^2. \quad (2.1)$$

Определим индекс помещения по формуле 2.2:

$$I = \frac{S}{H_1 - h_2 \cdot (A + B)}, \quad (2.2)$$

где H_1 - высота продуктового магазина, уменьшенная на один метр, м;

h_2 - высота рабочей поверхности, принимается равной 2 м.

$$I = \frac{1760}{3 - 2 \cdot (17.6 + 25)} = 41,31.$$

Принимается коэффициент запаса, равный 1,5; коэффициент отражения потолка 70%; коэффициент отражения стен 50%; коэффициент отражения пола 30%.

Количество светильников определяется по формуле 2.3:

$$N = \frac{E \cdot S \cdot K_3}{\eta \cdot \Gamma \cdot \Phi_{\text{л}}}, \quad (2.3)$$

Где E – требуемое горизонтальное освещение, лк;

S – площадь магазина, м^2 ;

η – коэффициент использования;

K_3 – коэффициент запаса;

n – количество ламп в светильнике, шт;

$\Phi_{\text{л}}$ – световой поток одной лампы, лм.

Исходя из принятых допущений, примем $E=400$ лк, $\eta=0,35$, $K_3=1.5$,
 $\Phi_{\text{л}}=2800$ лм.

Определим количество светильников:

$$N = \frac{400 \cdot 1760 \cdot 1.5}{0.35 \cdot 1 \cdot 28500} = 106 \text{ шт.}$$

Для магазина выберем светильники LPU-ПРИМЗА-PRO.

Мощность одного светильника равна 0,036кВт.

Рассчитаем активную и реактивную мощность освещения по формулам 2.4 и 2.5 соответственно:

$$P_{\text{осв}} = N \cdot n \cdot P_{\text{л}} = 106 \cdot 4 \cdot 0,036 = 15.2 \text{ кВт}, \quad (2.4)$$

Где $P_{\text{л}}$ – мощность светильника, кВт.

$$Q_{\text{осв}} = P_{\text{осв}} \cdot \text{tg}\varphi = 15.2 \cdot 0.75 = 11.4, \quad (2.5)$$

где $\text{tg}\varphi$ – среднее значение тангенса для всего оборудования.

Рассчитанные значения активной и реактивной мощности занесем в таблицу 1.1.

3 Выбор трансформаторов и компенсирующих устройств

3.1 Выбор силовых трансформаторов

Так как по категориям надежности электроснабжения потребители продуктового магазина относятся к III категории, то при выборе трансформаторов будем применять требования III категории надежности. Таким образом, к установке принимаем один трансформатор.

Устанавливать будем маслонеполненный трансформатор, это связано с тем, что: условия не являются пожароопасными; являются более эффективными; имеют меньшие потери при прочих равных условиях; жидкость более эффективна в качестве охлаждающего агента для снижения температуры в обмотках; имеют большой срок службы по сравнению с другими типами; удобство в ежегодном и профилактическом обслуживании.

Рассчитаем мощность трансформатора, принимаемого к установке по формуле 3.1:

$$S_{HT} = \frac{P_{P\Sigma}}{K_3 \cdot N_T} = \frac{76.88}{0.7 \cdot 1} = 109.82. \quad (3.1)$$

Рассчитаем плотность электрической нагрузки цеха по формуле 3.2:

$$\sigma = \frac{S_{P\Sigma}}{F_{Ц}} = \frac{77.11}{1760} \approx 0,04. \quad (3.2)$$

К установке принимаем комплектную трансформаторную подстанцию и трансформатор ТМГ-400/6/0,4 мощностью 400 кВА.

Трансформаторная подстанция находится вне здания магазина, что упростит установку и подключение, а в процессе эксплуатации и ремонт. Так же не создаст неудобств для посетителей магазина и персонала.

3.2 Расчет компенсирующих устройств

Требуемая мощность конденсаторных батарей, вычисляется по формуле 3.3:

$$Q_{\text{кy}} = P_{\text{p}\Sigma} * \alpha * \text{tg}\varphi_1 - \text{tg}\varphi_2 , \quad (3.3)$$

где $\text{tg} \varphi_{\Sigma}$ - коэффициент мощности на шинах КТП, при котором потребление реактивной мощности не выходит за пределы экономических значений.

$$Q_{\text{кy}} = 76.88 * 0,8 * 0.75 - 0,42 = 19 \text{ кВар.}$$

Выбираем 2 компенсирующие установки КРМ-0,4-20-5УЗ номинальной мощностью 20 кВар соответственно.

4 Выбор схемы проектирования ВЛЗ-6/0.4кВ и 2хКТП 400/6/0.4.

Схема магазинной сети определяется технологическим процессом, планировкой помещений цеха, расположением трансформаторной подстанции, электроприемников и требованиями, предъявляемыми к ним.

К магазину рационально применить смешанную схему электроснабжения.

Схема электроснабжения магазина включает в себя:

- Трансформатор;
- Автомат;
- Трансформатор тока;
- Шина распределительная.

Схема электроснабжения магазина представлена на чертеже 2 формата А1.

5 Выбор элементов схемы электроснабжения магазина

Для расчетов токов короткого замыкания в различных местах сети внутри магазинного электроснабжения нужно знать параметры всех элементов сети.

Предварительный выбор кабельных линий, автоматов и прочего оборудования выполняем по расчетным значениям номинальных токов.

5.1 Выбор распределительных устройств

Вводно-распределительное устройство запитывается кабелем от ТП. Затем по кабелям снабжаются распределительные пункты. Каждый электроприемник питается кабелем от ПР.

При вычислениях расчетный ток для распределительных устройств, которые питают один электроприемник найдем по формуле 5.1:

$$I_P = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi}, \quad (5.1)$$

где P_H – номинальная мощность электроприемника, кВт;

U_H - номинальное напряжение, кВ;

$\cos \varphi$ – коэффициент мощности.

Расчет остальных параметров будем вести аналогично расчету в разделе 1.

Для выбора оборудования составим таблицу 5.1 с расчетами каждого шинопровода и распределительных щитов.

Таблица 5.1 – Расчет распределительных устройств

№ п/п	Наименование ЭП	Кол- во ЭП	Установленна я мощность		m	Ки	Средняя нагрузка	пэ	Кма / Кмп	Расчетная нагрузка			Ip, А		
			1 ЭП, кВт	Всех, кВт						Рр, кВт	Qр, квар	Sp, кВА			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ПР1	Морозный ларь снеж МЛП – 350	3	0.54	1.62		0.8	0,65/ 1.17	1.2	1.4						
	Холодильный шкаф Bonvini 350 DGC	1	1.05	1.05		0.8	0,7/ 1.02	0.84	0.85						
	Итого по ПР1	4	1.59	2.67		0.8	0,7/ 1.02	2.1	2.14	3.2	1.15/1.1	2.41	2.3	3.4	5
ПР2	Морозный ларь снеж МЛП – 350	2	0.54	1,08		0.8	0,65/ 1.17	0.86	1						
	Итого по ПР2	2	0.54	1.08		0.8	0,65/ 1.17	0.86	1	3.2	1.15/1.1	1	1.1	1.4	2
ПР3	Холодильный шкаф Bonvini 350 DGC	2	1.05	2,1		0.8	0,7/ 1.02	1.68	1.7						
	Итого по ПР3	2	1.05	2.1		0.8	0,7/ 1.02	1.68	1.7	3.2	1.15/1.1	2	1.87	2.7	4
	Морозный ларь снеж МЛП – 350	1	0.54	0.54		0.8	0,65/ 1.17	0.43	0.4						
ПР4	Ларь – бонета Bonvini BF – 2100 L	3	1.56	4.68		0.8	0,75/ 0.88	3.74	3.2						

Продолжение таблицы 5.1

	Итого по ПР4	4	2.1	5.22		0.8	0,75/ 0.88	4.1	3.6	3.2	1.15/1.1	4.7	3.6	6	8.6
ПР5	Ларь – бонета Bonvini BF – 2100 L	3	1.56	4.68		0.8	0,75/ 0.88	3.74	3.2						
	Итого по ПР5	3	1.56	4.68		0.8	0,75/ 0.88	3.74	3.2	3.2	1.15/1.1	4.3	3.52	5.5	8
ПР6	Холодильный стеллаж (Горка) интеко – мастер вилая 100 ВС.	3	3.3	9.9		0.8	0,8 / 0.75	7.92	1.98						
	Итого по ПР6	3	3.3	9.9		0.8	0,8 / 0.75	7.92	1.98	3.2	1.15/1.1	9.1	2.1	9.3	13.4
ПР7	Сплит-система кассетная Ballu BLC_C-60HN1	2	20.7	41.4		0.8	0,8/ 0,75	2,55	0.63						
	Итого по ПР7	2	20.7	41.4		0.8	0,8/ 0,75	2.55	0.63	3.2	1.15/1.1	3	0.7	3	4.3

5.2 Выбор сечений проводников распределительной сети

К прокладке примем четырехжильные кабели марок АВВГ и ВВГнг с алюминиевыми и медными жилами соответственно. Кабель с алюминиевыми жилами дешевле, чем медный, а на участках, где алюминиевый кабель проложить невозможно из-за больших значений протекающих токов, использован кабель с медными жилами. Изоляция жил и оболочка кабеля выполнены из ПВХ. Кабель ВВГнг – негорючий. Для определения расчетного тока I_p к электроприемнику будем использовать формулу 5.1:

$$I_p = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi}, \quad (5.1)$$

где P_H – номинальная мощность электроприемника, кВт;

U_H - номинальное напряжение, кВ;

$\cos \varphi$ – коэффициент мощности.

Расчетные токи для определения сечений кабелей к распределительным устройствам были рассчитаны в п. 5.1. Рассчитаем I_p на примере холодильного стеллажа:

$$I_p = \frac{9,1}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,8} = 16,4 \text{ А.}$$

Аналогично рассчитаем расчетные токи для других электроприемников, результат запишем в таблицу 5.3.

Выберем сечения кабелей магазинных сетей при условии, что $I_p < I_{\text{Доп}}$ и запишем в таблицу 5.3.

Допустимый ток $I_{\text{Доп}}$ и сечение определим по справочным таблицам длительно допустимых токовых нагрузок четырехжильных кабелей ВВГ.

Следует учесть, что сечение медной жилы кабеля не должно быть меньше $2,5 \text{ мм}^2$.

Таблица 5.3 – Выбор кабелей сети электроснабжения продуктового магазина

№ п/п	Название	I_p , А	$I_{доп}$, А	Сечен ие, мм ²	Марка
1	ПР1	5	16	1.5	ВВГ 4x1,5
2	ПР2	2	16	1.5	ВВГ 4x1,5
3	ПР3	4	16	1.5	ВВГ 4x1,5
4	ПР4	8.6	25	2.5	ВВГ 4x2.5
5	ПР5	8	16	1.5	ВВГ 4x1.5
6	ПР6	13.4	40	6	ВВГ 4x6
7	ПР7	4.3	150	50	ВВГ 4x50
8	Морозный ларь снеж МЛП – 350	4.4	16	1.5	ВВГ 4x1.5
9	Холодильный шкаф Bonvini 350 DGC	4.5	16	1.5	ВВГ 4x1,5
10	Ларь – бонета Bonvini BF – 2100 L	12.2	40	6	ВВГ 4x6
11	Холодильный стеллаж (Горка) интеко – мастер вилия 100 BC.	13.4	40	6	ВВГ 4x6
12	Сплит-система кассетная Ballu BLC_C-60HN1	4.3	150	50	ВВГ 4x50

5.3 Выбор автоматических выключателей

Чтобы выбрать автоматический выключатель нужно знать ток в линии, где он установлен. Автоматы будем выбирать по номинальному току автомата $I_{НА}$, исходя из условий:

- для линии с одним электродвигателем: $1,25 \cdot I_p < I_{НА}$;
- для групповой линии с несколькими электродвигателями: $1,1 \cdot I_p < I_{НА}$.

Расчетные токи в линиях для выбора автоматических выключателей были рассчитаны в пункте 5.3.

В таблице 5.4 произведем выбор автоматических выключателей для линий к распределительным устройствам.

Выключатели от трансформаторов будем брать с учетом увеличения мощности.

Таблица 5.4 – Выбор автоматических выключателей

№	Название	I_p , А	$1,1I_p$, А	$I_{НР}$, А	$I_{ПКС}$, А	$I_{НА}$, А	Марка
1	ПР1	5	5,5	20	16	20	ВА 51-25
2	ПР2	2	2,2	20	16	20	ВА 51-25
3	ПР3	4	4,4	20	16	20	ВА 51-25
4	ПР4	8.6	9,46	20	16	20	ВА 51-25
5	ПР5	8	8,8	20	16	20	ВА 51-25
6	ПР6	13.4	14,74	32	16	32	ВА 51-29
7	ПР7	4.3	4,73	125	16	125	ВА 51-41
8	ВРУ	45,3	49,83	227	16	227	ВА 53-41

Аналогично в таблице 5.5 произведем выбор автоматических выключателей для линий к электроприемникам.

Таблица 5.5 – Выбор автоматических выключателей электроприемников

№	Название	I_p , А	$1,25I_p$, А	$I_{НР}$, А	$I_{ПКС}$, А	$I_{НА}$, А	Марка
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Морозный ларь снеж МЛП – 350	4.4	5,5	20	16	20	ВА 51-25
2	Холодильный шкаф Bonvini 350 DGC	4.5	5,6	20	16	20	ВА 51-25
3	Ларь – бонета Bonvini BF – 2100 L	12.2	15,25	32	16	32	ВА 51-25
4	Холодильный стеллаж (Горка) интеко – мастер вилия 100 BC.	13.4	16,75	32	16	32	ВА 51-25
5	Сплит-система кассетная Ballu BLC_C-60HN1	4.3	5,37	125	16	125	ВА 51-31

Автоматические выключатели ВА предназначены для использования на шахтах, заводах, электростанциях, либо иных крупных объектах. Применяются в схеме защиты электроцепей, цепях распределения питания, источниках питания. Защищают от токов короткого замыкания, от

длительных перегрузок, замыкания однофазного на землю, снижения напряжения питания. Также используются для срочного отключения или выключения определенных участков электроцепей.

Используются выключатели автоматические серии ВА в цепях переменного тока, где номинальное напряжение не превышает 690В, частота – 50/60 Гц, а номинальный ток не выше 6300 А. Они выпускаются для различных типов защитных характеристик и номинальных токов, это зависит от условий эксплуатации, типа цепей и вида нагрузки.

Одной из особенностей автоматического выключателя ВА является наличие микроконтроллера. Он помогает обеспечить программируемую точную селективную защищённость. От этого у цепей сильно повышается надежность защиты, исключаются ложные отключения.

5.4 Выбор трансформаторов тока

Выбор трансформаторов тока для каждой линии внутривозовского электроснабжения произведем по расчетным токам из пункта 5.2.

Составим таблицу 5.6, в которой выберем трансформаторы тока для распределительных устройств и электроприемников магазина. Выбирать трансформаторы тока будем из условия, что расчетный ток в линии будет меньше, чем номинальный ток первичной обмотки трансформатора.

Таблица 5.6 – Выбор трансформаторов тока

№	Название	I_p, A	I_n, A	Марка
1	2	3	4	5
1	ПР1	5	20	ТТИ -А 30/5А 5ВА 0,5
2	ПР2	2	20	ТТИ -А 25/5А 5ВА 0,5
3	ПР3	4	20	ТТИ -А 25/5А 5ВА 0,5
4	ПР4	8.6	20	ТТИ-А 75/5А 5ВА 0,5

Продолжение таблицы 5.6

5	ПР5	8	20	ТТИ-А 60/5А 5ВА 0,5
6	ПР6	13.4	32	ТТИ-А 30/5А 5ВА 0,5
7	ПР7	4.3	125	ТТИ-А 60/5А 5ВА 0,5
8	ВРУ	45,3	20	ТТИ-А 800/5А 5ВА 0,5
9	Морозный ларь снеж МЛП – 350	4.4	20	ТТИ-А 50/5А 5ВА 0,5
10	Холодильный шкаф Bonvini 350 DGC	4.5	20	ТТИ-А 25/5А 5ВА 0,5
11	Ларь – бонета Bonvini BF – 2100 L	12.2	32	ТТИ-А 150/5А 5ВА 0,5
12	Холодильный стеллаж (Горка) интеко – мастер вилая 100 ВС.	13.4	32	ТТИ-А 40/5А 5ВА 0,5
13	Сплит-система кассетная Ballu BLC_C-60HN1	4.3	125	ТТИ-А 100/5А 5ВА 0,5

Трансформаторы тока ТОЛ-10-1 – предназначен для встраивания в высоковольтные КРУ (Н) в сетях 10/6кВ, служат для измерения тока, питания средств релейной защиты. Трансформаторы изготавливаются в исполнении “У и “Т”” категории размещения 2 по ГОСТ15150.

6 Расчет токов короткого замыкания

Для расчета токов короткого замыкания необходимо составить расчетную схему, исходя из схемы электроснабжения магазина.

КЗ будем рассчитывать от СШ-2 (0,4кВ) трансформатора Т1 до электроприемника 13(через ШРА-2 и РЩ-4).

На рисунке 6.1 представлена расчетная схема для определения токов короткого замыкания.

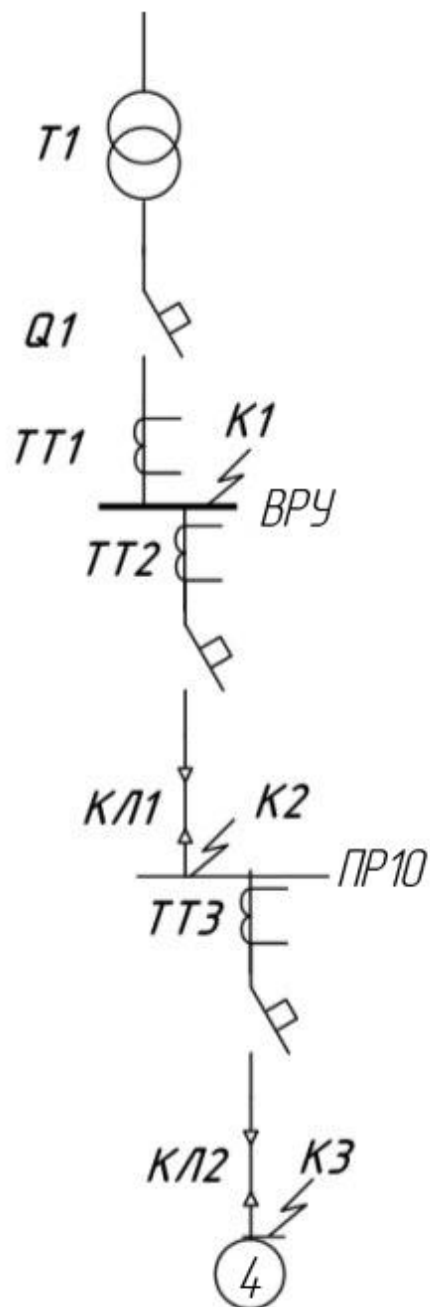


Рисунок 6.1 – расчетная схема для определения токов КЗ

Расчет токов КЗ осуществляется по схеме замещения, которая состоит из элементов с активным и индуктивным сопротивлением.

6.1 Расчет токов трехфазного и двухфазного КЗ

Схема замещения для определения тока двухфазного и трехфазного КЗ должна содержать все элементы расчетной схемы. Так же будем учитывать активное переходное сопротивление на каждой ступени расчетной схемы, которое возьмем из справочника.

На рисунке 6.2 представлена схема замещения для расчета токов двухфазного и трехфазного КЗ.

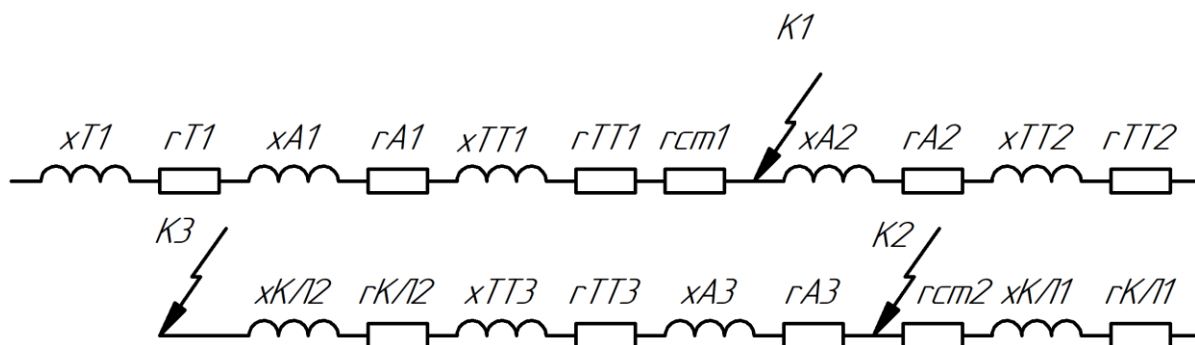


Рисунок 6.2 – Схема замещения для расчетов токов КЗ

Для расчета токов однофазного КЗ будем использовать параметры схемы нулевой последовательности, представленной на рисунке 6.3.

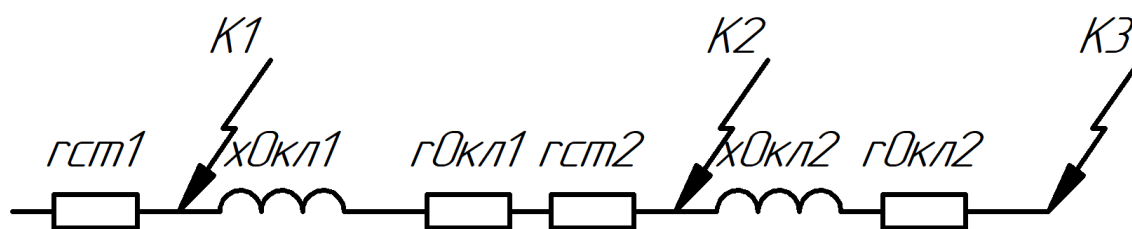


Рисунок 6.3 – Схема замещения для расчета токов однофазного КЗ

Для того чтобы рассчитать токи КЗ, найдем сопротивления элементов схемы.

Переходные сопротивления на ступенях распределения при отсутствии достоверных данных о контактах и их переходных сопротивлениях в сетях, питающихся от магазинных трансформаторов мощностью до 400 кВА принято брать равными:

- распределительные устройства подстанции:

$$r_{ст1} = 15 \text{ мОм};$$

- первичные распределительные пункты:

$$r_{ст2} = 20 \text{ мОм}.$$

Сопротивления трансформатора активное и индуктивное найдем из справочных таблиц:

- активное сопротивление:

$$r_{Т1} = 3,4 \text{ мОм};$$

- индуктивное сопротивление:

$$x_{Т1} = 13,5 \text{ мОм}.$$

Сопротивления автоматических выключателей составит:

- автоматический выключатель к ВРУ:

$$r_{А1} = 0,1 \text{ мОм};$$

$$x_{А1} = 0,1 \text{ мОм}.$$

- автоматический выключатель к ПР10:

$$r_{А2} = 0,15 \text{ мОм};$$

$$x_{А2} = 0,17 \text{ мОм}.$$

- автоматический выключатель к электроприемнику 4:

$$r_{А3} = 0,4 \text{ мОм};$$

$$x_{А3} = 0,5 \text{ мОм}.$$

Сопротивления трансформаторов тока согласно ГОСТ 28249-93 составят:

- трансформатор тока к ВРУ:

$$r_{ТТ1} = 0,05 \text{ мОм};$$

$$x_{ТТ1} = 0,07 \text{ мОм}.$$

- трансформатор тока к ПР10:

$$r_{\text{ТТ2}} = 0,2 \text{ мОм};$$

$$x_{\text{ТТ2}} = 0,3 \text{ мОм}.$$

- трансформатор тока к электроприемнику 4:

$$r_{\text{ТТ3}} = 0,42 \text{ мОм};$$

$$x_{\text{ТТ3}} = 0,67 \text{ мОм}.$$

Индуктивное сопротивление кабельных линий будем находить по формуле:

$$x_{\text{КЛ}} = X_0 \cdot l, \quad (6.1)$$

где X_0 – удельное индуктивное сопротивление, мОм/м;

l – длина кабельной линии, м.

Активное сопротивление кабельных линий будем находить по формуле:

$$r_{\text{КЛ}} = r_0 \cdot l, \quad (6.2)$$

где r_0 – удельное активное сопротивление, мОм/м;

l – длина кабельной линии, м.

При отсутствии данных можно принять удельные сопротивления нулевой последовательности:

$$r_{\text{П}} = 2 \cdot r_0 \text{ мОм/м};$$

$$x_{\text{П}} = 0,4 \text{ мОм/м}.$$

Рассчитаем сопротивления кабельной линии КЛ₁ при $l=5,5$ м:

- активное сопротивление:

$$r_{\text{КЛ1}} = 0,154 \cdot 5,5 = 0,85 \text{ мОм};$$

- индуктивное сопротивление:

$$x_{\text{КЛ1}} = 0,08 \cdot 5,5 = 0,44 \text{ мОм};$$

- сопротивление схемы нулевой последовательности:

$$x_{\text{ОКЛ1}} = 0,06 \cdot 5,5 = 0,33 \text{ мОм};$$

$$r_{\text{ОКЛ1}} = 0,308 \cdot 5,5 = 1,7 \text{ мОм}.$$

Аналогично рассчитаем для КЛ₂ при l=12,7 м:

$$r_{\text{КЛ2}} = 1,16 \cdot 12,7 = 14,73 \text{ мОм};$$

$$x_{\text{КЛ2}} = 0,095 \cdot 12,7 = 1,2 \text{ мОм};$$

$$x_{\text{ОКЛ2}} = 0,4 \cdot 12,7 = 5,08 \text{ мОм};$$

$$r_{\text{ОКЛ2}} = 2,32 \cdot 12,7 = 29,46 \text{ мОм};$$

Упростим схему замещения на рисунке 6.2 и получим схему на рисунке 6.4.

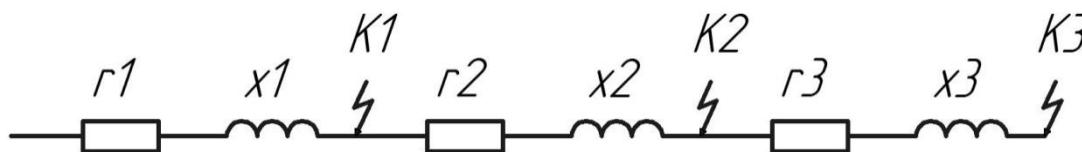


Рисунок 6.4 – Упрощенная схема замещения

Рассчитаем сопротивления упрощенной схемы замещения для расчета токов трехфазных и двухфазных КЗ.

$$r_1 = r_{\text{T1}} + r_{\text{A1}} + r_{\text{ТТ1}} + r_{\text{ст1}} = 3,4 + 0,1 + 0,05 + 15 = 18,55 \text{ мОм}.$$

$$x_1 = x_{T1} + x_{A1} + x_{TT1} = 13,5 + 0,1 + 0,07 = 13,67 \text{ мОм.}$$

$$r_2 = r_{A2} + r_{TT2} + r_{KL1} + r_{CT2} = 0,15 + 0,2 + 0,85 + 20 = 21,2 \text{ мОм.}$$

$$x_2 = x_{A2} + x_{TT2} + x_{KL1} = 0,17 + 0,3 + 0,44 = 0,91 \text{ мОм.}$$

$$r_3 = r_{A3} + r_{TT3} + r_{KL2} = 0,4 + 0,42 + 14,73 = 15,55 \text{ мОм.}$$

$$x_3 = r_{A3} + x_{TT3} + x_{KL2} = 0,5 + 0,67 + 1,2 = 2,37 \text{ мОм.}$$

Для расчета токов будем использовать следующие формулы:

- коэффициент действующего значения тока:

$$q = \sqrt{1 + 2 K_y - 1^2}, \quad (6.3)$$

где K_y – ударный коэффициент.

- ток трехфазного КЗ:

$$I_{K3}^{(3)} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_{K3}}; \quad (6.4)$$

- ток двухфазного КЗ:

$$I_{K3}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{K3}^{(3)}; \quad (6.5)$$

- ударный ток:

$$i_y = \sqrt{2} \cdot K_y I_{K3}^3; \quad (6.6)$$

- действующее значение ударного тока:

$$I_y = q \cdot I_{K3}^3. \quad (6.7)$$

Рассчитаем токи КЗ для точки КЗ1 по упрощенной схеме замещения на рисунке 6.4. Рассчитаем сопротивления итоговые до точки КЗ1:

$$r_{\text{КЗ1}} = r_1 = 18,55 \text{ мОм.}$$

$$x_{\text{КЗ1}} = x_1 = 13,67 \text{ мОм.}$$

$$z_{\text{КЗ1}} = \sqrt{18,68^2 + 13,64^2} = 23,04 \text{ мОм.}$$

Найдем отношение $\frac{r_{\text{КЗ1}}}{x_{\text{КЗ1}}}$ для того, чтобы определить ударный коэффициент:

$$\frac{r_{\text{КЗ1}}}{x_{\text{КЗ1}}} = \frac{18,68}{13,64} = 1,36.$$

Ударный коэффициент найдем по графику зависимости $K_y = F\left(\frac{r_{\text{КЗ1}}}{x_{\text{КЗ1}}}\right)$, который представлен на рисунке 6.5.

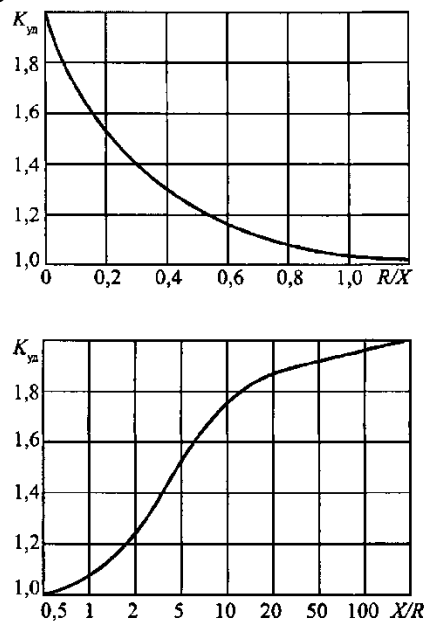


Рисунок 6.5 – График зависимости $K_y = F\left(\frac{r_{\text{КЗ1}}}{x_{\text{КЗ1}}}\right)$

Таким образом, $K_y = 1,25$. Тогда коэффициент действующего значения тока равен:

$$q_{K31} = \sqrt{1 + 2 \cdot 1,25 - 1^2} = 1,06.$$

Ток трехфазного КЗ в точке К1:

$$I_{K31}^{(3)} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 23,04} = 10,01 \text{ кА.}$$

Ток двухфазного КЗ равен:

$$I_{K31}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} 10,01 = 8,65 \text{ кА.}$$

Ударный ток для точки К31 составит:

$$i_{yK31} = \sqrt{2} \cdot 1,25 \cdot 10,01 = 17,69 \text{ кА.}$$

Действующее значение ударного тока:

$$I_{yK31} = 1,06 \cdot 10,01 = 10,61 \text{ кА.}$$

Аналогично рассчитаем для точек короткого замыкания К2, К3 и занесем в таблицу 6.1.

Рассмотрим схему на рисунке 6.3. Данная схема является схемой замещения нулевой последовательности. Аналогично рассчитаем суммарное сопротивление до точек КЗ и рассчитаем полное сопротивление, результат запишем в таблицу 6.1. Сопротивления нулевой последовательности для

переходных ступеней примем равными сопротивлениям прямой последовательности.

6.2 Расчет токов однофазного КЗ

Ток однофазного КЗ рассчитаем по формуле:

$$I_{\text{КЗ}}^{(1)} = \frac{U_{\text{нф}}}{z_n + z_T} \quad (6.8)$$

где $U_{\text{нф}}$ – номинальное фазное напряжение, кВ;

z_n – сопротивление до точки КЗ в схеме нулевой последовательности;

z_T – полное сопротивление трансформатора при однофазном КЗ, для трансформатора 630 кВА $z_T = 129$ мОм.

Рассчитаем ток однофазного КЗ для точки короткого замыкания КЗ1:

$$I_{\text{КЗ1}}^{(1)} = \frac{0,220}{15 + 129} = 3,79 \text{ кА.}$$

Аналогично рассчитаем другие точки, результат запишем в таблицу 6.1.

Таблица 6.1 – Сводная расчетная таблица токов КЗ

Точка КЗ	$r_{\text{КЗ}}$, мОм	$x_{\text{КЗ}}$, мОм	$z_{\text{КЗ}}$, мОм	$\frac{r_{\text{КЗ}}}{x_{\text{КЗ}}}$	K_y	q	$I_{\text{КЗ}}^{(3)}$, кА	$I_{\text{КЗ}}^{(2)}$, кА	z_n , мОм	$I_{\text{КЗ}}^{(1)}$, кА	i_y , кА	I_y , кА
КЗ1	18,55	13,67	23,04	1,36	1,25	1,06	10,01	8,65	15	3,79	17,69	10,61
КЗ2	21,2	0,91	21,22	23,29	0,01	1,72	10,8	9,34	53	2,29	0,15	18,58
КЗ3	15,55	2,34	15,73	6,65	0,1	1,61	14,6	12,63	71	1,93	2,06	23,5

Таким образом, наиболее опасным является трехфазное короткое замыкание в точке КЗ1, т.е. на шинах РУ 0,4 кВ.

7 Проверка выбранных сечений проводников и аппаратов

7.1 Проверка аппаратов на защиту от токов КЗ и перегрузок

Проверка на защиту от токов КЗ и перегрузок состоит из двух частей: проверки на срабатывание расцепителя; проверки на срабатывание выключателя автоматического. Проверка на срабатывание расцепителя выполняется при условии, что $I_{нр} \geq I_p$. Проверки на срабатывание автоматического выключателя выполняется при условии, что $I_{на} \geq I_p$

В таблице 7.1 выполним проверку на срабатывание расцепителя и автоматического выключателя.

Таблица 7.1 – Проверка на защиту от токов КЗ и перегрузок

№	Электроприемник	Выключатель	I_p, A	$I_{на}, A$	$I_{нр}, A$	Проверка
1	2	3	4	5	6	7
1	Морозный ларь снеж МЛП – 350	ВА 51-25	4.4	20	20	прошел
2	Холодильный шкаф Bonvini 350 DGC	ВА 51-25	4.5	20	20	прошел
3	Ларь – бонета Bonvini BF – 2100 L	ВА 51-25	12.2	32	32	прошел
4	Холодильный стеллаж (Горка) интеко – мастер вилая 100 BC.	ВА 51-25	13.4	32	32	прошел
5	Сплит-система кассетная Vallu BLC_C-60HN1	ВА 51-31	4.3	125	125	прошел
6	ПР1	ВА 51-25	5	20	20	прошел
7	ПР2	ВА 51-25	2	20	20	прошел
8	ПР3	ВА 51-25	4	20	20	прошел
9	ПР4	ВА 51-25	8.6	20	20	прошел
10	ПР5	ВА 51-25	8	20	20	прошел
11	ПР6	ВА 51-29	13.4	32	32	прошел

Продолжение таблицы 7.1

12	ПР7	ВА 51-41	4.3	125	125	прошел
13	ВРУ	ВА 53-41	45.3	227	227	прошел

Таким образом, все выбранное оборудование прошло проверку.

7.2 Проверка на динамическую устойчивость

Ток динамической стойкости определяется ударным током, который протекает через коммутационный аппарат. Проверка определяется выражением $I_{\text{дин}} \geq i_{\text{уд}}$, где $i_{\text{уд}}$ – ударный ток, $I_{\text{дин}}$ – ток динамической стойкости, $I_{\text{дин}} = n \cdot I_{\text{ПКС}}$. n – коэффициент характеризующий отношение наибольшей включающей способности к наибольшей отключающей способности. Коэффициент n принимаем равным 1,41 для выключателей с предельной коммутирующей способностью до 1500 А, для выключателей с предельной коммутирующей способностью $20000 \text{ А} < I_{\text{ПКС}} < 50000 \text{ А}$ $n=2.1$.

Составим таблицу 7.2 в которой произведем проверку на динамическую стойкость автоматических выключателей.

Таблица 7.2 – Проверка на динамическую стойкость

№	Название	$i_{\text{ук1}}, \text{кА}$	$i_{\text{ук2}}, \text{кА}$	$i_{\text{ук3}}, \text{кА}$	$I_{\text{ПКС}}, \text{кА}$	$n \cdot I_{\text{ПКС}}, \text{кА}$
1	ВА 51-25	-	-	17,69	15	31,5
2	ВА 51-41 (ПР7)	-	0,15	17,69	25	52,5
3	ВА 53-41 (ВРУ)	17,69	0,15	17,69	25	52,5

Как видно из таблицы 7.2 автоматические выключатели могут выдержать такую токовую нагрузку.

7.3 Проверка по отключающей способности

Немаловажным фактором при выборе защитного автомата является устойчивость к коротким замыканиям. Для анализа данного условия используется понятие предельной коммутационной стойкости (ПКС),

характеризующее нормальную работу устройства при включении его на ток КЗ. Для обеспечения надёжного отключения аппаратом максимальных токов короткого замыкания, которые могут возникнуть на выходных зажимах, необходимо, чтобы аппарат обладал достаточной отключающей способностью. При этом отключающая способность аппарата должна соответствовать условию $I_{ПКС} \geq I^{(3)}$.

В таблице 7.3 проведем проверку выключателей по отключающей способности.

Таблица 7.3 – Проверка по отключающей способности

№	Название	$I_{K1}^{(3)}$, кА	$I_{K2}^{(3)}$, кА	$I_{K3}^{(3)}$, кА	$I_{ПКС}$, кА
1	ВА 51-35	-	-	14,6	15
2	ВА 51-37 (ПР7)	-	10,8	14,6	25
3	ВА 53-41 (ВРУ)	10,01	10,8	14,6	25

Как видно из таблицы 7.3 выбранные автоматические выключатели прошли проверку по отключающей способности. Замена оборудования не требуется.

8 Расчёт заземляющих устройств КТП.

Расчёт производится для понижающей подстанции, на которой установлен трансформатор ТМГ-400/6/0,4 с заземленными нейтралями на стороне 0,4 кВ. Заземлитель, расположенный у трансформаторной подстанции. Естественных заземлителей нет. Ток замыкания на землю неизвестен, длина кабельных линий 6 кВ равна 0,7 км ($l_{\text{кл}}=0,7$ км). Заземлитель предполагается выполнить из угловой стали длиной $l_{\text{в}}=3$ м, сечением 40404 мм, верхние концы которого соединяются между собой с помощью горизонтального электрода, выполненного из стальной полосы сечением 440 мм, уложенной на глубине $H_0=0,7$ м. Удельное сопротивление земли $\rho_{\text{изм}}=100$ Ом•м (почва суглинистая).

8.1 Расчётный ток замыкания на землю.

$$I_3 = \frac{U_{\text{ном}} \cdot l_{\text{кл}}}{10},$$

где $U_{\text{ном}}$ - номинальное напряжение высокой стороны, кВ;

l - общая длина подключённых к сети кабельных линий, км, $=0,7$ км;

$$I_3 = \frac{6 \cdot 0,7}{10} = 0.42.$$

Требуемая норма сопротивления заземляющего устройства определяется из двух условий:

r_3 - Ом, но не более 10 Ом - для электроустановок выше 1 кВ при условии, что заземлитель используется одновременно для электроустановок до 1 кВ;

$$r_3 \leq \frac{125}{I_3};$$

r_3 - Ом - для заземления электрооборудования до 1 кВ.

За норму принимается наименьшее значение.

По первому условию:

$$r_3 = \frac{125}{0.7} = 297.6.$$

Принимается норма сопротивления заземляющего устройства Ом.

Коэффициенты сезонных колебаний сопротивления грунта, о.е.; =4,5;
=1,8.

$$P_e = 100 \cdot 1.8 = 180;$$

$$P = 100 \cdot 4.5 = 450.$$

Расположение вертикального электрода относительно поверхности земли представлено на рисунке.

Средняя глубина заложения вертикального электрода (расстояние от поверхности земли до середины вертикального электрода):

$$H = H_0 + 0,5 \cdot l_B, \quad (4.4),$$

где H_0 - глубина заложения электродов, принимается равной 0,7 м;

l_B - длина вертикального электрода, м.

$$H = 0,7 + 0,5 \cdot 3,0 = 2,2.$$

Расчётное сопротивление растеканию тока одиночного вертикального электрода, Ом:

$$R_{e,об} = \frac{P_e}{2 \cdot \pi \cdot l} \ln \frac{2 \cdot 1}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot H + l_e}{4 \cdot H - l} , \quad (4.5)$$

где d - эквивалентный диаметр вертикального электрода.

b - ширина сторон уголка.

При применении вертикальных электродов из угловой стали в формулу вместо диаметра трубы подставляется эквивалентный диаметр уголка, вычисленный по выражению ;

$$R_{e,об} = \frac{180}{2 \cdot 3.14 \cdot 3} \ln \frac{2 \cdot 3}{0.04 \cdot 0.95} + \frac{1}{1} \ln \frac{4 \cdot 2.2 + 3}{4 \cdot 2.2 - 3} = 51.75.$$

Теоретическое число вертикальных электродов, шт:

$$N_e^T = \frac{R_{e,об}}{r} ; \quad (4.6)$$
$$N_e = \frac{51.75}{4} = 12.94;$$

Принимается =13.

Определяется коэффициент использования вертикальных заземлителей (отношение расстояния между вертикальными электродами к их длине равно2).

Тогда необходимое количество вертикальных электродов, шт:

$$N = \frac{R_{e,об}}{K \cdot r} = \frac{51.75}{0.66 \cdot 4} 19.6; \quad (4.8)$$

Принимается =20.

Длина горизонтального электрода, м.

Расчётное сопротивление растеканию тока одиночного горизонтального электрода, Ом:

$$R_{Г,об} = \frac{P_{Г}}{2 \cdot \pi \cdot l} \ln \frac{2 \cdot l_{Г}^2}{b \cdot H}, \quad (4.9)$$

где - ширина горизонтального электрода, =0,04м.

$$R_{Г,об} = \frac{450}{2 \cdot 3.14 \cdot 114} \cdot \ln \frac{2 \cdot 114^2}{0.04 \cdot 0.7} 8.64 ;$$

Определяется коэффициент использования горизонтальных заземлителей.

Сопротивление горизонтального электрода с учетом коэффициента использования полосы, Ом:

$$R_{Г} = \frac{R_{Г,об}}{K} = \frac{8.64}{0.56} = 15.43. \quad (4.10)$$

Требуемое сопротивление растеканию вертикальных электродов, Ом:

$$R = \frac{R_{Г} \cdot r_3}{R - r_3} = \frac{15.43 \cdot 4}{15.43 - 4} = 5.4; \quad (4.11)$$

$$n = \frac{R_{в.о}}{R \cdot n} = \frac{51.75}{0.65 \cdot 5.4} = 14.17; \quad (4.12)$$

Принимается =15.

Уточняем значение расчётного сопротивления растекания горизонтального электрода ($R_{Г}$), Ом:

$$R = \frac{450}{2 \cdot 3.14 \cdot 8.4} \ln \frac{2.84^2}{0.04 \cdot 0.7} = 11.2.$$

Сопротивление растеканию группового заземлителя, Ом:

$$R = \frac{R_B \cdot R_\Gamma}{R \cdot n + R_\Gamma \cdot n \cdot n^2}, \quad (4.13)$$

где z_Γ, z_B - коэффициенты использования для горизонтального и вертикальных электродов, о.е.; $z_\Gamma=0,69$; $z_B=0,68$:

$$R = \frac{51.75 \cdot 11.2}{51.75 \cdot 0.68 + 11.2 \cdot 0.68 \cdot 15} = 3.86.$$

Полученное значение удовлетворяет необходимым условиям.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном ВКР проекте спроектирована система электрооборудования и электрохозяйства торгового магазина.

При проектировании первом шагом был расчет электрических нагрузок торгового магазина. Приведен расчёт электропотребителей и потребляемой нагрузки освещения, была составлена таблица 1.1. После провели выбор силового трансформатора и компенсирующих устройств. Для приема и распределения электроэнергии на территории торгового магазина был выбран трансформатор ТМГ-400/6/0,4. К трансформатору были подобраны компенсирующие устройства, а так же была спроектирована схема электроснабжения. Электроприемники были разделены на соответствующие группы, которые подключались к щитам, приведенные в таблице 5.1. К данным щитам выбраны соответствующие кабели и автоматы, приведенные в таблице 5.3 и в таблице 5.4. Затем был проведен расчет токов короткого замыкания, который был определяющим для выбора электрооборудования, которое обеспечивает надежность электроснабжения, электробезопасность, а также пожарную безопасность продуктового магазина. Выбранное электрооборудование рассмотрено в пункте 5. Была проведена проверка выключателей, установленных на КТП, были проверены трансформаторы тока, проведена расчетная проверка разъединителей, а также выбраны кабели и соответствующие автоматы, относящиеся к каждому щиту, к которым подключаются электроприемники. Проведен расчет заземляющих устройств КТП в пункте 8.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. РФ. Госстрой России. СПЗ1-110-2003. Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий : утв. приказом №194 от 26.10.2013. М., 2003. 55 с.
2. РФ. Стандартиформ. ГОСТ Р 55710-2013. Освещение рабочих мест внутри зданий : утв. приказом №1364-ст от 08.11.2013. М., 2013. 20 с.
3. Gonen T. Electric Power Distribution System Engineering, 2nd Edition. Boca Raton : CRC Press, 2007. 856 p.
4. Sheldrake A.L. Handbook of Electrical Engineering. Hoboken : Wiley, 2003. P. 131.
5. Winders J.J. Power Transformers: Principles and Applications. New York : Marcel Dekker, 2002. 286 p.
6. Brown R.E. Electric Power Distribution Reliability (Power Engineering (Willis)), 2nd Edition. Boca Raton : CRC Press, 2008. 504 p.
7. РФ. Энергоатомиздат. РД 34.20.185-94. Инструкция по проектированию городских электрических сетей: утв. приказом №213 от 07.07.1994. М., 1994, 49 с.
8. Компенсация реактивной мощности: расчет мощности и выбор ступени регулирования конденсаторной батареи [Электронный ресурс]. Дата обновления: 22.04.2018. URL: <http://blog.avralsoft.ru/kompensatsiya-reaktivnoy-moshhnosti-raschet-moshhnosti-i-vyibor-stupeni-regulirovaniya-kondensatornoy-batarei.html> (дата обращения: 22.04.2019).
9. Приказ Министерства промышленности и энергетики РФ от 23 июня 2015 г. № 380 «О Порядке расчета значений соотношения потребления активной и реактивной мощности для отдельных энергопринимающих устройств (групп энергопринимающих устройств) потребителей электрической энергии».
10. РФ. Стандартиформ. ГОСТ Р 52719-2007. Трансформаторы силовые. Общие технические условия : утв. приказом №60-ст от 09.04.2007. М., 2007. 45 с.

11. Правила устройства электроустановок. 7-е издание / Ред. Л.Л. Жданова, Н. В. Ольшанская. М.: НЦ ЭНАС, 2013. 104 с.
12. Активные и индуктивные сопротивления линии [Электронный ресурс]. Дата обновления: 22.04.2019. URL:
https://www.websor.ru/aktivnj_i_induktivnje_soprotivleniya.html (дата обращения: 22.04.2019).
13. РФ. Издательство стандартов. ГОСТ 28249-93. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением ниже 1 кВ : утв. приказом от 21.10.1993. М., 1994. 66 с.
14. РФ. Стандартиформ. ГОСТ 31565-2012. Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности : утв. приказом №1097-ст от 22.11.2012. М., 2012. 12 с.
15. Выбор автомата по мощности нагрузки и сечению провода [Электронный ресурс]. Дата обновления: 22.04.2019. URL:
<https://volgaproekt.ru/stati/vybor-avtomata-po-moshchnosti-nagruzki.html>
(дата обращения: 22.04.2019).
16. РФ. Минэнерго России. СО 153-34.21.122-2003. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций : утв. приказом №280 от 30.06.2003. М., 2003. 29 с.
17. РФ. Стандартиформ. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях: утв. приказом №191-ст от 12.07.2012. М., 2011. 15 с.
18. РФ. Госстрой России. СНиП 2.04.05-91*. Отопление, вентиляции и кондиционирование : утв. приказом №18-11 от 15.05.1997. М., 1999. 71 с.
19. РФ. Минрегион России. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий : утв. приказом №265 от 30.06.2012. М., 2012. 139 с.
20. Hughes A., Drury B. Electric Motors and Drives: Fundamentals, Types and Applications, 4th Edition. London : Newnes, 2013. 440 p.