

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«Сибирский федеральный университет»

институт

«Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

А. С. Торопов

подпись инициалы, фамилия

« _____ » _____ 2024г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

код – наименование направления

Электроснабжение супермаркета по адресу: г. Красноярск ул. Воронова 14г
тема

Руководитель

подпись, дата

доц. каф. ЭМиАТ, к. т. н.

должность, ученая степень

А. В. Коловский

инициалы, фамилия

Выпускник

подпись, дата

В.В.Тартыгашев

инициалы, фамилия

Нормоконтролер

подпись, дата

И.А. Кычакова

инициалы, фамилия

Абакан 2024

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	8
1 Теоретическая часть	9
1.1 Нормативные требования к системам электроснабжения общественных зданий	9
1.2 Анализ предоставленных данных	9
1.3 Характеристика объекта проектирования.....	12
2 Аналитическая часть	13
2.1 Светотехнический расчет системы освещения.....	13
2.1.1 Светотехнический расчет системы рабочего освещения.....	13
2.1.2 Светотехнический расчет системы аварийного освещения.....	16
2.2 Электротехнический расчет системы освещения.....	17
2.3 Разбиение электроприемников на группы и расчет нагрузок силовых пунктов	21
2.4 Распределение несимметричной электрической нагрузки по фазам	25
2.5 Расчет нагрузки главного распределительного устройства объекта	25
3 Практическая часть. Проектирование сети внутреннего электроснабжения	29
3.1 Выбор коммутационных аппаратов	32
3.2 Выбор кабельно-проводниковой продукции	35
3.3 Выбор прочих электрических устройств	36
Выбор распределительных пунктов.....	36
3.4 Проверка по допустимым потерям напряжения.....	37
3.5 Расчет токов короткого замыкания. Проверка оборудования	39
3.5.1 Расчет токов КЗ	39
3.5.2 Проверка электрооборудования на термическую и электродинамическую стойкость	41
3.5.3 Расчет токов трехфазного КЗ сети 0,4 кВ. Проверка коммутационных аппаратов по отключающей способности	42
3.5.4 Расчет токов однофазного КЗ сети 0,4 кВ. Проверка коммутационных аппаратов по чувствительности	44
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	50
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	51

ВВЕДЕНИЕ

Электроснабжение супермаркета по адресу ул. Воронова, 14г, м-н Зелёная Роща, Советский район, г. Красноярск напрямую зависит от вида предлагаемой продукции. В супермаркетах энергоснабжение обуславливается, прежде всего, наличием холодильных установок, это холодильные и морозильные витрины, весовые приборы, касса и т.д. Особенность электроснабжения объектов торговли заключается не только в густоте внутренних электросетей, но также, в мощностях потребления электроэнергии различными установками. Холодильные установки, вспомогательные приборы и системы, в состав которых входят различные электрические двигатели, потребляют намного больше электроэнергии, чем осветительные приборы, что требует более серьезной схемы электроснабжения объекта торговли с учетом заземления электрических приборов. Один из важных факторов, который влияет на продажи в супермаркетах – это освещение. При создании комфортной обстановки для покупателя освещение является очень важной составляющей, которая может как увеличивать продажи, так и уменьшать их.

1 Теоретическая часть

1.1 Нормативные требования к системам электроснабжения общественных зданий

Система электроснабжения супермаркета должна быть выполнена в соответствии с действующими:

СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение»;

ПУЭ 7-е издание «Правила устройств электроустановок»;

СП-31-110-2003 «Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий»;

СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий».

В соответствии с инструкцией по устройству молниезащиты зданий и сооружений РД 34.21.122-87 молниезащита данного объекта не требуется.

1.2 Анализ предоставленных данных

Таблица 1.1 - Ведомость электрических нагрузок супермаркета

Наименование	U _{ном} , В	Кол-во потребителей	Мощность ЭП, кВт
1	2	3	4
1 Реклама	220	1	1,0
2 Компьютер	220	1	0,45
3 Принтер	220	1	0,3
4 Факс	220	1	0,3
5 Кондиционер	220	1	1,3
6 Кофемашина	220	1	0,3
7 Чайник	220	1	0,3
8 Насос	220	1	0,5
9 Фасовка	220	1	0,2
10 Фасовка	220	1	0,2

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4
11 Фасовка	220	1	0,2
12 Фасовка	220	1	0,35
13 Фасовка	220	1	0,45
14 Фасовка	220	1	0,2
15 Касса	220	1	0,45
16 Касса	220	1	0,3
17 Касса	220	1	0,45
18 Касса	220	1	0,45
19 Касса	220	1	0,3
20 Касса	220	1	0,3
21 Торговый зал (холодильник)	220	1	0,51
22 Торговый зал (холодильник)	220	1	0,51
23 Торговый зал (холодильник)	220	1	0,51
24 Торговый зал (холодильник)	220	1	0,51
25 Торговый зал (холодильник)	220	1	0,51
26 Ларь	220	1	0,5
27 Ларь	220	1	0,5
28 Весы	220	1	0,15
29 Весы	220	1	0,3
30 Весы	220	1	0,2
31 Касса	220	1	0,45
32 Касса	220	1	0,45
33 Касса	220	1	0,3
34 Касса	220	1	0,3
35 Гастроном (СВЧ печь)	220	1	1,0
36 Гастроном(Морозилка бытовая)	220	1	0,4
37 Гастроном(Блинница)	220	1	0,4
38 Гастроном (Сокоохладитель)	220	1	0,3
39 Гастроном(Кофе машина)	220	1	0,3

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4
40 Гастроном(Соковыжималка)	220	1	0,2
41 Гастроном(Соковыжималка)	220	1	0,2
42 Гастроном(Миксер)	220	1	0,3
43 Гастроном(Термопод)	220	1	0,2
44 Гастроном(Термопод)	220	1	0,2
45 Гриль	220	1	3,5
46 Теплофон	220	1	1,0
47 Теплофон	220	1	1,0
48 Теплофон	220	1	1,0
49 Теплофон	220	1	1,0
50 Ц.касса	220	1	0,3
51 Ц.касса	220	1	0,45
52 Рабочее место	220	1	0,45
53 Рабочее место	220	1	0,45
54 Сервер	220	1	2,0
55 МФУ видео	220	1	0,3
56 Столовая (Холодильник бытовой)	220	1	0,45
57 Столовая (Чайник)	220	1	0,45
58 Столовая (СВЧ печь)	220	1	1,0
59 Столовая (Телевизор)	220	1	0,3
60 Столовая (Морозилка бытовая)	220	1	0,4
61 Столовая (Соковыжималка)	220	1	0,4
62 Теплофон	220	1	1,0
63 Рукосушитель	220	1	1,5
64 Холодильное оборудование	220	1	3,5
65 Холодильное оборудование	220	1	3,5
66 Холодильное оборудование	220	1	3,5
67 Холодильное оборудование	220	1	3,5
68 Холодильное оборудование	220	1	3,5

Окончание таблицы 1.1

1	2	3	4
69 Холодильное оборудование	220	1	2,5
70 Холодильное оборудование	220	1	4,0
71 Холодильное оборудование	220	1	4,0
72 Холодильное оборудование	220	1	4,0

1.3 Характеристика объекта проектирования

Супермаркет расположен в городе Красноярск на ул. Воронова, 14г, м-н Зелёная Роща, Советский район, режимы работы супермаркета с 8:00 до 23:00 без обеда и выходных, специализация супермаркета заключается в продаже товаров. Супермаркет предусматривает наличие производственных, служебных, вспомогательных и бытовых помещений. Холодильное, силовое и тепловое оборудование различного назначения размещено в торговом, подсобном помещениях. Супермаркет занимает часть площади первого этажа. Площадь супермаркета 451,6 м². Высота первого этажа 3 м.

Электроснабжение осуществляется от существующего вводного распределительного устройства (ВРУ 0,4 кВ), расположенного в коридоре супермаркета. По степени надежности электроснабжения супермаркета относится к потребителям II категории. Приборы пожарно-охранной сигнализации относятся к I категории, которая обеспечивается вторичным источником питания (АКБ).

Расчетный учет электроэнергии осуществляется счетчиком, установленным в ПР супермаркета, Меркурий 230 АМ-03 5 (7,5А).

Один из наиболее мощных приемников – гриль 3,5 кВт. Один из маломощных приемников – насос 0,5 кВт. По роду тока электроприёмники относятся к потребителям, работающим от сети переменного тока промышленной частоты (50 Гц).

2 Аналитическая часть

2.1 Светотехнический расчет системы освещения

Стадия расчета электроосвещения очень важна при проектировании. Правильно спроектированная система освещения способствует более безопасной работе персонала, снижению утомляемости, более рациональному использованию электрической энергии, повышению качества выпускаемой продукции, производительности труда и продаже товаров.

Рекомендации по проектированию систем освещения взяты из СП 31-110-2003 и СП 52.13330.2011.

2.1.1 Светотехнический расчет системы рабочего освещения

На данном этапе проектирования определяются тип источников света, наиболее рациональные места установки светильника, а также высота их установки, способ крепления и способы управления освещением. Для освещения помещений супермаркета использованы светильники марки ДВО-40404-1 с установкой в нем диодных ламп мощностью по 40 Вт каждая. Согласно информации, представленной заводом изготовителем о данном светильнике, он предназначен для использования общественных зданиях и помещениях. Данный светильник имеет степень защиты IP 40. Лампы, устанавливаемые в данном светильнике должны иметь световую температуру 4200 К. Уровень искусственной освещенности от системы общего освещения не должен быть меньше 500 ЛК. Управление освещением выполнено с помощью проходных, одноклавишных и двухклавишных выключателей. Выключатели установлены у мест входа в помещения здания, либо в наиболее рациональных местах их установки. Высота установки выключателей над уровнем пола – 1,5 м. Это обеспечит удобное управление освещением.

Светотехнический расчет будем производить по методу использования светового потока. Основная формула определения количества светильников в помещении:

$$N = \frac{E_{\min} \cdot k \cdot S \cdot Z}{\Phi_{\text{л}} \cdot n \cdot \eta}, \quad (2.1)$$

где E_{\min} - минимальная нормированная освещенность, лк;

k – коэффициент запаса;

S – освещаемая площадь, м²;

Z – коэффициент минимальной освещенности (коэффициент неравномерности освещения);

N – число светильников;

n – число ламп в светильнике;

η - коэффициент использования светового потока в долях единицы.

Нормированную освещенность для помещений будем выбирать по СП 52.13330. Коэффициент запаса k учитывает запыленность помещения, снижение светового потока ламп в процессе эксплуатации. Так как данный объект относится к объектам с низкой запыленностью, а так же с отсутствием паров кислот и щелочей, значение коэффициента запаса примем равным 1,25. Коэффициент минимальной освещенности Z характеризует неравномерность освещения. Он является функцией многих переменных, точное его определение затруднительно, но в наибольшей степени он зависит от отношения расстояния между светильниками к расчетной высоте. При расположении светильников в линию (ряд), рекомендуется принимать $Z = 1,1$ для люминесцентных ламп. Для определения коэффициента использования светового потока η находят индекс помещения i и предполагаемые коэффициенты отражения поверхностей помещения: потолка $r_{\text{п}}$, стен $r_{\text{с}}$, пола $r_{\text{р}}$. Обычно для светлых торговых помещений $r_{\text{п}}=70\%$, $r_{\text{с}}=50\%$, $r_{\text{р}}=30\%$. Для производственных помещений с незначительными пылевыведениями $r_{\text{п}}=50\%$, $r_{\text{с}}=30\%$, $r_{\text{р}}=10\%$.

Индекс помещения определяется по следующему выражению:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)}, \quad (2.2)$$

где A, B, h - длина, ширина и расчетная высота (высота подвеса светильника над рабочей поверхностью) помещения, м.

Так как высота потолков во всем здании равномерна и помещение одноэтажное, примем высоту подвеса светильника – 2,0м.

Значения коэффициента использования светового потока приведены в таблице 2.1

Таблица 2.1 – Значения коэффициента η

<i>i</i>	r_n, % 70 r_c, % 50 r_p, % 30	50 30 10	30 10 10
0,5	28	21	18
1,0	49	40	36
3,0	73	61	58
5,0	80	67	65

Параметры для расчета количества светильников супермаркета приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Расчетные параметры для определения количества светильников

Участок	E_{\min}	k	S, м ²	Z	Ф _л , лм	n, шт	<i>i</i>	η
Торговый зал	500	1,25	284,6	1,1	1350	39	8,05	45
Кабинет директора	300	1,25	7	1,1	2350	3	8,05	45
Кабинет товароведа	300	1,25	4	1,1	2350	2	8,05	45
Зона приемки	300	1,25	18,2	1,1	2350	4	8,05	45
Подсобные помещения	200	1,25	137,8	1,1	3250	43	8,05	45

Результаты светотехнического расчета системы рабочего освещения супермаркета приведены в таблице 2.3

Таблица 2.3 – Данные по принятым лампам и светильникам

Участок	Кол-во светильников	Тип светильника	Мощность светильника
Торговый зал	38	ДВО 40404-1	P=40 Вт
	1	ДСП 1303	P=40 Вт
	8	ДСП 1303	P=40 Вт
Кабинет директора,	3	ДВО-40404-1	P=40 Вт
Кабинет товароведа	2	ДВО-40404-1	P=40 Вт
Зона приемки	4	ДСП 1303	P=40 Вт
Подсобные помещения	8	ДВО-40404-1	P=40 Вт
	19	ДСП 1303	P=40 Вт
	8	ДПО 1801	P=12Вт

Расположение светильников сети рабочего освещения указано на листе 1 графической части работы.

Проектные решения приняты согласно типовым проектам 5.407-142, 5.407-64, 5.407-101, 5.407-112.

2.1.2 Светотехнический расчет системы аварийного освещения

Аварийное освещение предназначено для безопасного завершения работы во время внезапного отключения сети рабочего освещения. Системы аварийного освещения следует устанавливать в помещениях с постоянно работающими людьми, а также в помещениях, в которых одновременно может находиться более 100 человек. Подробный список помещений, в которых следует устраивать систему аварийного освещения, указан в СП

52.13330.2011. Минимальная освещенность должна составлять 5% нормы и не менее 2 Лк внутри зданий.

В супермаркете система аварийного освещения расположена между, основных светильников. Для удовлетворения эстетических качеств светильники аварийного освещения выполняются такими же, как и светильники рабочего освещения в заданном помещении. Для достижения минимальных затрат светильники аварийного освещения использованы в составе системы рабочего освещения. При этом в нормальном режиме работы объекта освещение выполняется как системой рабочего, так и системой аварийного освещения. При переходе в аварийный режим и отключении системы рабочего освещения, в работе должны остаться только светильники системы аварийного освещения.

2.2 Электротехнический расчет системы освещения

Целью электротехнического расчета освещения является определение сечения кабеля, которым будет выполнена осветительная сеть, а также определение потери напряжения в осветительной сети.

Так как осветительные сети являются сетями с распределенной нагрузкой, то определение потерь напряжения и проверка сечения кабельных линий по допустимому отклонению напряжения выполняются методом моментов нагрузки.

Потери напряжения на каждом участке рассчитываются по формуле:

$$\Delta U = \frac{M}{K_C \cdot S} \quad (2.3)$$

где M – момент нагрузки;

K_C – коэффициент, зависящий от конфигурации сети и материала проводника,

$K_C=72$ [17, табл.10.7];

S – сечение проводника.

Момент нагрузки - это сумма произведений мощности отдельных нагрузок на длину кабеля их питающих.

Произведем расчет освещения в линии от ВРУ до самого удаленного щита освещения.

Момент нагрузки равен:

$$M = L \cdot P_{р.о} \quad (2.4)$$

где L – расстояния от ЩО до ВРУ;

$P_{р.о.}$ - расчетная нагрузка освещения.

$$M = 10 \cdot 4,39 = 43,9 \text{ кВт}\cdot\text{м}$$

Потери напряжения в кабеле питающем ЩО1:

$$\Delta U \geq 5\%$$

Распределение разводки осветительной сети по фазам выглядит следующим образом: ЩО

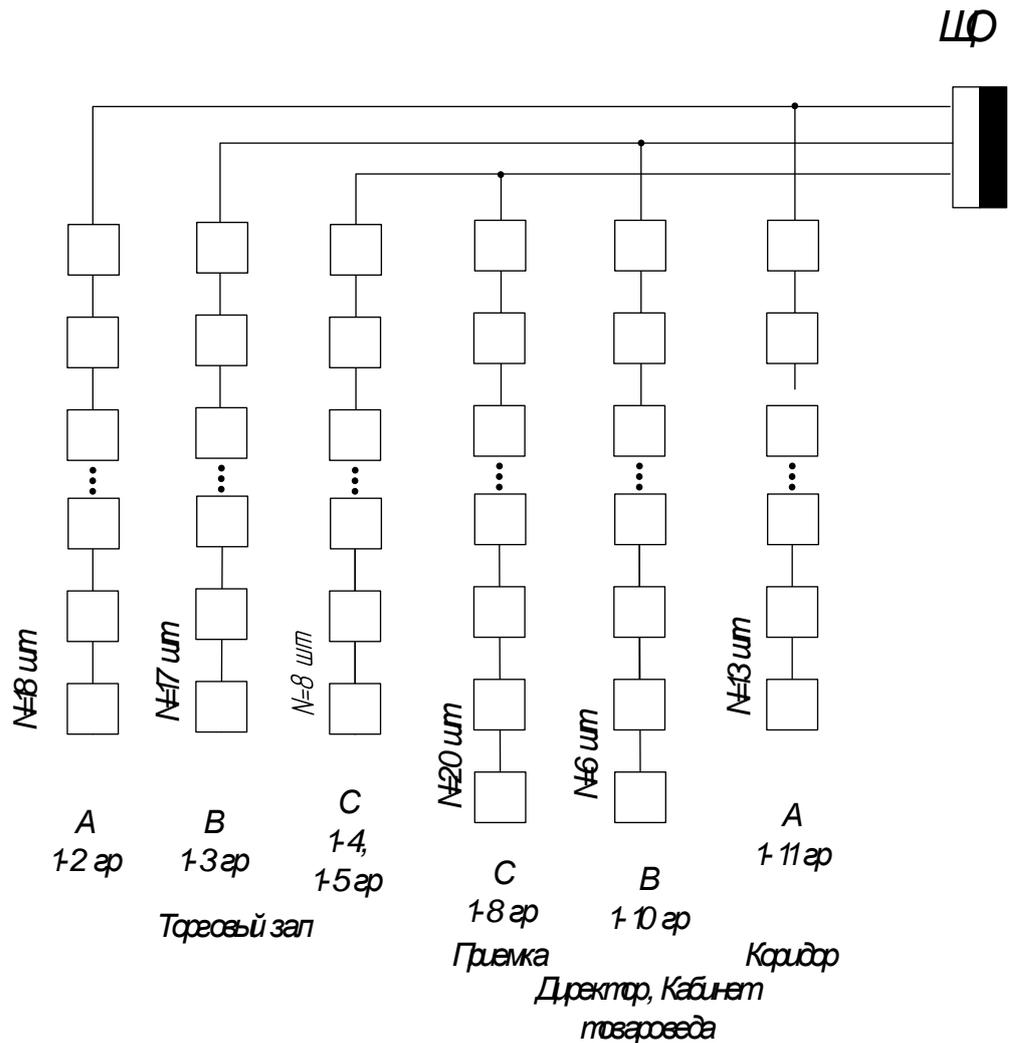


Рисунок 2.2 – Структура разводки осветительной сети ЩО

Длины линий представлены на однолинейной схеме графической части работы, в структуре разводки осветительной сети длины не отображаются.

Определяем моменты нагрузки:

$$M_P = P_{Л} \cdot N_{Л.Р.} \cdot (l_1 + \frac{l_2}{2}) \quad (2.5)$$

где $N_{Л.Р.}$ - число светильников в одном ряду;

$P_{Л}$ - мощность одного светильника;

L_1 – длина участка линии от осветительного щитка до первого светильника;

L₂- длина участка линии от осветительного щитка до последнего светильника.

Проверка отклонения напряжения удовлетворяет требованиям ГОСТ 32144-2013 если:

$$\Delta U_{ВРУ-ЩО} + \Delta U_{ГР} < \Delta U_{доп.пр.} \quad (2.6)$$

где $\Delta U_{доп.пр.} = 5\%$ - предельно допустимые потери напряжения в групповой осветительной сети.

Определяем суммарные моменты нагрузки:

$$M_{ГР1} = M_{P1} + M_{P6} \quad (2.7)$$

Определяем моменты нагрузки для фазы А:

$$M_{P1-2} = 0,04 \cdot 18 \cdot \left(6 + \frac{77}{2}\right) = 32$$

$$M_{P1-11} = 0,04 \cdot 13 \cdot \left(12 + \frac{71}{2}\right) = 24,7$$

$$M_{ГР1} = 32 + 24,7 = 56,7$$

$$\Delta U = 5\%$$

Определяем моменты нагрузки для фазы В:

$$M_{P1-3} = 0,04 \cdot 17 \cdot \left(8 + \frac{76}{2}\right) = 31,3$$

$$M_{P1-10} = 0,04 \cdot 6 \cdot \left(10 + \frac{73}{2}\right) = 11,2$$

$$M_{ГР1} = 31,3 + 11,2 = 42,4$$

$$\Delta U = 5\%$$

Определяем моменты нагрузки для фазы С:

$$M_{P1-5} = 0,04 \cdot 8 \cdot \left(8 + \frac{69}{2}\right) = 13,6; \quad M_{P1-8} = 0,04 \cdot 20 \cdot \left(9 + \frac{72}{2}\right) = 36$$

$$M_{ГР1} = 13,6 + 36 = 49,6; \quad \Delta U = \frac{49,6}{72 \cdot 1,5} = 0,46\%$$

Выбираем кабель сечением 1,5 мм², который удовлетворяет требованиям.

2.3 Разбиение электроприемников на группы и расчет нагрузок силовых пунктов

Вся силовая нагрузка распределена между двумя щитами ЩС и ЩС хол. От ЩС запитана силовая нагрузка и все остальные приемники, включенные в розеточные группы. От ЩС хол. запитано холодильное оборудование.

Определения нагрузки создаваемой группой электроприемников присоединенных к силовому щиту, производится для выбора сечения линии, питающей эту группу и коммутационно защитной аппаратуры. Расчет мощности электроприемников на силовом щите осуществляется по формуле:

$$P_{\text{рас}} = K_c \cdot P_{\Sigma \text{уст}} \quad (2.8)$$

где: K_c определяется по [таб.6.9, СП]

Насос $P_2=0,5\text{кВт}$; $K_c=0,6$; $\cos\varphi =0,85$; $U=220\text{ В}$.

Фасовка $P_3=1,6\text{кВт}$; $K_c=0,6$; $\cos\varphi =0,85$; $U=220\text{ В}$.

Кассы $P_4=2,25\text{кВт}$; $K_c=0,6$; $\cos\varphi =0,85$; $U=220\text{ В}$.

Торговый зал $P_5=2,55\text{кВт}$; $K_c=0,6$; $\cos\varphi =0,85$; $U=220\text{ В}$.

Ларь $P_6=1,0\text{кВт}$; $K_c=0,6$; $\cos\varphi =0,85$; $U=220\text{ В}$.

Весы $P_7=0,65\text{кВт}$; $K_c=0,6$; $\cos\varphi =0,85$; $U=220\text{ В}$.

Кассы $P_8=1,6\text{кВт}$; $K_c=0,6$; $\cos\varphi =0,85$; $U=220\text{ В}$.

Определим суммарную мощность электроприёмников :

$$P_{\text{сумм}} = P_{\text{реклама}} + P_{\text{ЩС}} + P_{\text{ЩСхол.}} + P_{\text{ЩО}} + P_{\text{ЩВ}}, \text{ кВт} \quad (2.9)$$

$$P_{\text{сумм}} = 1,0 + 20,1 + 32 + 4,39 + 32 = 89,5 \text{ кВт}$$

Определим расчетную мощность:

$$P_{\text{рас}} = 0,6 \cdot 89,5 = 53,7 \text{ кВт}$$

Определим полную расчетную мощность:

$$S_{\text{рас}} = P_{\text{рас}} / \cos\varphi, \text{ ВА} \quad (2.10)$$

$$S_{\text{рас}} = 53,7 / 0,85 = 63,2 \text{ кВА}$$

Определим расчетный ток:

$$I_{\text{рас}} = S_{\text{рас}} / U, \text{ А} \quad (2.11)$$

$$I_{\text{рас}} = 63,2 / 220 = 287,3 \text{ А}$$

Полученные результаты расчетов сведем в таблицу 2.4

Таблица 2.4– Расчет нагрузок силовых пунктов

№ п/п, маркировка групп	Наименование ЭП	количество ЭП п, шт	Мощность ЭП, Р,Вт	Кс	Р расч, Вт	S расч, ВА	Ip , А
1	2	3	4	5	6	7	8
Группа М-1							
1, М-1	Реклама	1	1000	1	1000	1176	5,3
	Итого гр.М-1 :	1	1000	1	1000	1176	5,3
Группа М-2							
ЩС							
Линия 1, №1, С-4	Компьютер	1	450				
Линия1, №2, С-4	Принтер	1	300				
Линия1, №3, С-4	Факс	1	300				
Линия1, №4, С-4	Кондиционер	1	1300				
Линия1, №5, С-4	Кофемашина	1	300				
Линия1, №6, С-4	Чайник	1	300				
	Итого:	6	2950	0,5	1475	1735	7,9
Линия2, №1, С-8	Насос	1	500				
	Итого :	1	500	0,5	250	294	1,3
Линия3, №2, С-9	Фасовка	1	200				
Линия3, №3, С-9	Фасовка	1	200				
Линия3, №4, С-9	Фасовка	1	200				
Линия3, №5, С-9	Фасовка	1	350				
Линия3, №6, С-9	Фасовка	1	450				
Линия3, №7, С-9	Фасовка	1	200				
	Итого :	6	1600	0,5	800	941	4,3
Линия4, №8, С-10	Касса	1	450				
Линия4, №9, С-10	Касса	1	300				
Линия4, №10, С-10	Касса	1	450				
Линия4, №11, С-10	Касса	1	450				
Линия4, №12, С-10	Касса	1	300				
Линия4, №13, С-10	Касса	1	300				
	итого :	6	2250	0,5	1125	1324	6,0
Линия5, №14, С-11	Торговый зал (холодильник)	1	510				

Продолжение таблицы 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8
Линия5, №15,С-11	Торговый зал (холодильник)	1	510				
Линия5, №16,С-11	Торговый зал (холодильник)	1	510				
Линия5, №17,С-11	Торговый зал (холодильник)	1	510				
Линия5, №18,С-11	Торговый зал (холодильник)	1	510				
	итого :	5	2550	0,5	1275	1500	6,8
Линия6, №19,С-12	Ларь	1	500				
Линия6, №20,С-12	Ларь	1	500				
	итого :	2	1000	0,5	500	588	2,7
Линия7, №21,С-13	Весы	1	150				
Линия7, №22,С-13	Весы	1	300				
Линия7, №23,С-13	Весы	1	200				
	итого :	3	650	0,5	325	382	1,7
Линия8, №24,С-14	Касса	1	450				
Линия8, №25,С-14	Касса	1	450				
Линия8, №26,С-14	Касса	1	300				
Линия8, №27,С-14	Касса	1	300				
	итого :	4	1500	0,6	900	1059	4,8
Линия9, №1, С-15	Гастроном (СВЧ печь)	1	1000				
Линия9, №2, С-15	Гастроном (Морозилка бытовая)	1	400				
Линия9, №3, С-15	Гастроном (Блинница)	1	400				
Линия9, №4, С-15	Гастроном (Сокоохладитель)	1	300				
Линия9, №5, С-15	Гастроном (Кофе машина)	1	300				
Линия9, №6, С-15	Гастроном (Соковыжималка)	1	200				
Линия9, №7, С-15	Гастроном (Соковыжималка)	1	200				
Линия9, №8, С-15	Гастроном (Миксер)	1	300				
Линия9, №9, С-15	Гастроном (Термопод)	1	200				
Линия9, №10,С-15	Гастроном (Термопод)	1	200				
	итого :	10	3500	0,6	2100	2471	11,2

Окончание таблицы 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8
Линия10, №11,С-16	Гриль	1	3500				
	Итого:	1	3500	0,5	1750	2059	9,4
Линия11, №12,С-17	Теплофон	1	1000				
Линия11, №13,С-17	Теплофон	1	1000				
	итого :	2	2000	0,5	1000	1176	5,3
Линия12, №14,С-18	Теплофон	1	1000				
Линия12, №15,С-18	Теплофон	1	1000				
	итого :	2	2000	0,5	1000	1176	5,3
Линия13, №1,С-20	Ц.касса	1	300				
Линия13, №2,С-20	Ц.касса	1	450				
	итого :	2	750	0,5	375	441	2,0
Линия14, №3,С-21	Рабочее место	1	450				
Линия14, №4, С-21	Рабочее место	1	450				
Линия14, №5, С-21	Сервер	1	2000				
Линия14, №6, С-21	МФУ видео	1	300				
	итого :	4	3200	0,5	1600	1882	8,6
Линия15, №7, С-22	Столовая (Холодильник)	1	450				
Линия15, №8, С-22	Столовая (Чайник)	1	450				
Линия15, №9, С-22	Столовая (СВЧ печь)	1	1000				
Линия15, №10,С-22	Столовая (Телевизор)	1	300				
Линия15, №11,С-22	Столовая (Морозилка)	1	400				
Линия15, №12,С-22	Столовая (Соковыжималка)	1	400				
	итого :	6	3000	0,5	1500	1765	8,0
Линия16, №13,С-23	Теплофон	1	1000				
	итого :	1	1000	0,5	500	588	2,7
Линия17, №14,С-24	Рукосушитель	1	1500				
	итого:	1	1500	0,5	750	882	4,0
	Итого по ЦС гр. М-2	63	34450	0,6	21359	32860	86,5
ЦСхол.Группа М-3							
1, М-3	Холодильное оборудование	1	3500				
2, М-3	Холодильное оборудование	1	3500				
3, М-3	Холодильное оборудование	1	3500				
4, М-3	Холодильное оборудование	1	3500				
5, М-3	Холодильное оборудование	1	3500				
6, М-3	Холодильное оборудование	1	2500				
7, М-3	Холодильное оборудование	1	4000				
8, М-3	Холодильное оборудование	1	4000				
9, М-3	Холодильное оборудование	1	4000				
	Итого по ЦС хол. :	9	32000	0,6	19200	22588	102,7

2.4 Распределение несимметричной электрической нагрузки по фазам

Симметричная трехфазная система напряжений характеризуется одинаковыми по модулю и фазе напряжениями во всех трех фазах. При несимметричных режимах напряжения в разных фазах не равны.

Несимметричные режимы в электрических сетях возникают по следующим причинам:

- 1) неодинаковые нагрузки в различных фазах,
- 2) неполнофазная работа линий или других элементов в сети,
- 3) различные параметры линий в разных фазах.

Наиболее часто несимметрия напряжений возникает из-за неравенства нагрузок фаз. Поскольку основной причиной несимметрии напряжения является различие по фазам (несимметричная нагрузка), то это явление наиболее характерно для низковольтных электрических сетей 0,4 кВ.

Таблица 2.5 – Несимметрия токов фаз

Группа	Фаза	Мощность P, кВт	Несимметрия токов фаз
ЩС линия 1	А	2,95	9,4
ЩС линия 2	В	10,05	12,5
ЩС линия 3	С	11	13,0
ЩС линия 4	А	9,45	3,2
ЩС хол	А,В,С	32	12,4

2.5 Расчет нагрузки главного распределительного устройства объекта

Суммарная мощность здания:

$$P_{\text{супермаркета}} = P_{\text{торговый зал}} + P_{\text{подсобные помещения}}, \text{ кВт} \quad (2.12)$$

$$P_{\text{торговый зал(1)}} = K \cdot (P_{\text{роз.}} + P_{\text{осв.}} + P_{\text{охл.}}), \text{ кВт} \quad (2.13)$$

$$P_{\text{подсобные помещения}(2)} = K \cdot (P_{\text{роз.}} + P_{\text{осв.}} + P_{\text{охл.}}), \text{ кВт} \quad (2.14)$$

K - коэффициент максимума использования;

$P_{\text{роз.}}$ - мощности розеточной группы;

$P_{\text{осв.}}$ - мощность осветительной нагрузки ;

$P_{\text{охл.}}$ - мощность систем охлаждения;

Расчет осветительной нагрузки:

$$P_{\text{осв.нагр}} = P_{\text{освет.}} \cdot K_c$$

(2.15)

$P_{\text{освет.}}$ – суммарная мощность осветительной нагрузки ;

K_c – расчетный коэффициент спроса.

$$P_{\text{осв.нагр}(1)} = 1,56 \cdot 0,95 = 1,482 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{осв.нагр}(2)} = 1,856 \cdot 0,95 = 1,76 \text{ кВт}$$

Расчет мощности розеточной группы :

$$P_{\text{роз.гр}} = P_{\text{уд.р.}} \cdot n \cdot K_c \text{ кВт}$$

(2.16)

$P_{\text{уд.р.}}$ - установленная мощность розетки, принимаемая 0,06 кВт

n – число розеток.

$$P_{\text{роз.гр}(1)} = 0,06 \cdot 23 \cdot 0,8 = 1,104 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{роз.гр}(2)} = 0,06 \cdot 24 \cdot 0,6 = 0,864 \text{ кВт}$$

Расчет силового оборудования:

$$P_{\text{сил.охл.}} = P_{\text{охл.}} \cdot K_c \text{ кВт}$$

(2.17)

где $P_{\text{охл.}}$ - суммарная мощность систем охлаждения.

$$P_{\text{сил.охл.}(1)} = 32 \cdot 0,6 = 19,2 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{сил.пр.обор}} = P_{\text{пр.обор.}} \cdot K_c \text{ кВт}$$

(2.18)

где $P_{\text{тепл}}$ - суммарная мощность прочих приборов.

$$P_{\text{сил.пр.обор.}(1)} = 10,5 \cdot 0,6 = 6,3 \text{ кВт}$$

Определение электрической нагрузки ЭП в целом по супермаркету:

$$P_{\text{супермаркета}} = 0,85(1,482 + 1,76 + 1,104 + 0,864 + 19,2 + 6,3 + 22,99) = 53,7 \text{ кВт}$$

Супермаркет по характеру помещения окружающей среды относится к классу нормальной средой, характеристика помещения сухое, в котором отсутствуют признаки, свойственные жарким, пыльным помещениям и помещениям с химически активной средой.

Характерной особенностью силовых сетей общественных зданий является их большая протяженность и наличие большого количества коммутационно-защитной аппаратуры. Проектируемая схема электроснабжения выполнена на рисунке 2.3

где ЩС – щит силовой;

ЩС хол – щит силовой холодильного оборудования;

ЩО – щит освещения;

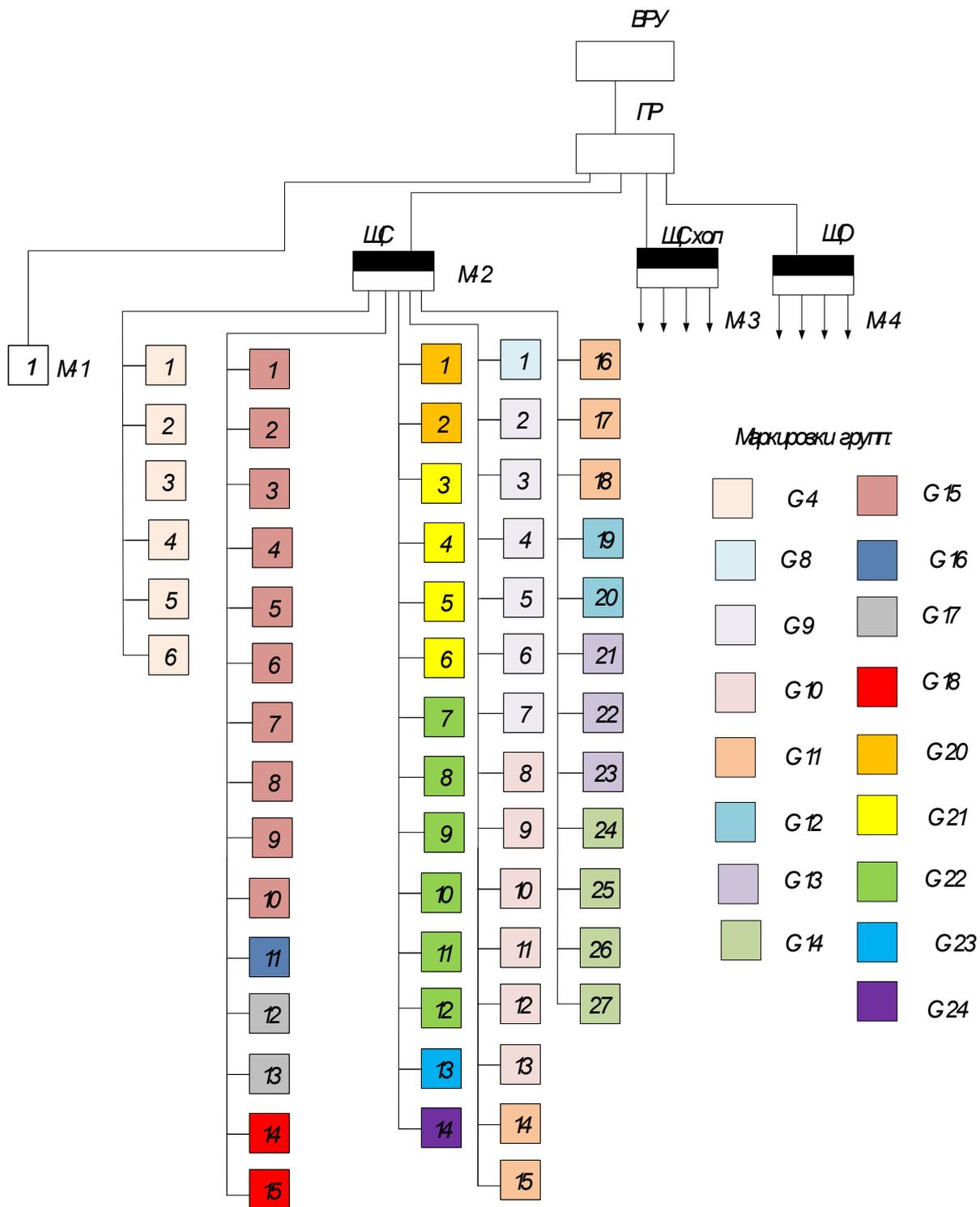


Рисунок 2.3 – Распределение электроэнергии по супермаркету

Электроприемники приведены в таблице 2.4.

3 Практическая часть. Проектирование сети внутреннего электроснабжения

Расчетную нагрузку, создаваемую одним приемников электроэнергии принимают равной номинальной мощности приемника. По этой нагрузке выбираем сечение питающего кабеля и коммутационно защитную аппаратуру.

Расчет первого уровня электроснабжения:

Гриль: $P_2=3500$ Вт ; $K_c=0,5$; $\cos\varphi=0,85$; $U=220$ В; $K=3$.

Определим полную мощность электроприемника:

$$S=P/\cos\varphi, \text{ кВА} \quad (3.1)$$

$$S= 3,5/0,85=4,1\text{кВА}$$

Определим расчетный ток электроприемника:

$$I=S/U, \text{ А} \quad (3.2)$$

$$I=4,1/220\cdot 1000= 18,7\text{А}$$

Определим ток пусковой для холодильника:

$$I_{\text{пуск}}=I\cdot K, \text{ А} \quad (3.3)$$

где K – кратность пускового тока

$$I_{\text{пуск}} =2,7\cdot 3=8,2\text{А}$$

Аналогичные расчеты производим и для остальных электроприемников, полученные результаты расчетов сведем в таблицу 3.1

Таблица 3.1 – Расчет первого уровня электроснабжения

№ п/п, мар-ка групп	Наименование ЭП	Кол-во ЭП п, шт	Мощность ЭП, Р,Вт	Класс U,В	cosφ	S расч, ВА	Ip, А	Ипуск, А
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Вывеска							
1, М-1	Реклама	1	1000	220	0,85	1176	5,3	-
	Кабинет директора							
Линия1, №1, С-4	Компьютер	1	450	220	0,85	529	2,4	-
Линия1, №2, С-4	Принтер	1	300	220	0,85	353	1,6	-
Линия1, №3, С-4	Факс	1	300	220	0,85	353	1,6	-
Линия1, №4, С-4	Кондиционер	1	1300	220	0,85	1529	7,0	20,9
Линия1, №5, С-4	Кофемашина	1	300	220	0,85	353	1,6	-
Линия1, №6, С-4	Чайник	1	300	220	0,85	353	1,6	-
	Розеточная сеть							
Линия2, №1, С-8	Насос	1	500	220	0,85	588	2,7	-
Линия3, №2, С-9	Фасовка	1	200	220	0,85	235	1,1	-
Линия3, №3, С-9	Фасовка	1	200	220	0,85	235	1,1	-
Линия3, №4, С-9	Фасовка	1	200	220	0,85	235	1,1	-
Линия3, №5, С-9	Фасовка	1	350	220	0,85	412	1,9	-
Линия3, №6, С-9	Фасовка	1	450	220	0,85	529	2,4	-
Линия3, №7, С-9	Фасовка	1	200	220	0,85	235	1,1	-
Линия4, №8, С-10	Касса	1	450	220	0,85	529	2,4	-
Линия4, №9, С-10	Касса	1	300	220	0,85	353	1,6	-
Линия4, №10, С-10	Касса	1	450	220	0,85	529	2,4	-
Линия4, №11, С-10	Касса	1	450	220	0,85	529	2,4	-
Линия4, №12, С-10	Касса	1	300	220	0,85	353	1,6	-
Линия4, №13, С-10	Касса	1	300	220	0,85	353	1,6	-
	Торговый зал							
Линия5, №14, С-11	Холодильник	1	510	220	0,85	600	2,7	8,2
Линия5, №15, С-11	Холодильник	1	510	220	0,85	600	2,7	8,2
Линия5, №16, С-11	Холодильник	1	510	220	0,85	600	2,7	8,2
Линия5, №17, С-11	Холодильник	1	510	220	0,85	600	2,7	8,2
Линия5, №18, С-11	Холодильник	1	510	220	0,85	600	2,7	8,2
	Розеточная сеть							
Линия6, №19, С-12	Ларь	1	500	220	0,85	588	2,7	8,0
Линия6, №20, С-12	Ларь	1	500	220	0,85	588	2,7	8,0
Линия7, №21, С-13	Весы	1	150	220	0,85	176	0,8	-
Линия7, №22, С-13	Весы	1	300	220	0,85	353	1,6	-
Линия7, №23, С-13	Весы	1	200	220	0,85	235	1,1	-
Линия8, №24, С-14	Касса	1	450	220	0,85	529	2,4	-
Линия8, №25, С-14	Касса	1	450	220	0,85	529	2,4	-
Линия8, №26, С-14	Касса	1	300	220	0,85	353	1,6	-
Линия8, №27, С-14	Касса	1	300	220	0,85	353	1,6	-

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Гастроном							
Линия9, №1, С-15	СВЧ печь	1	1000	220	0,85	1176	5,3	-
Линия9, №2, С-15	Морозилка бытовая	1	400	220	0,85	471	2,1	6,4
Линия9, №3, С-15	Блинница	1	400	220	0,85	471	2,1	-
Линия9, №4, С-15	Сокоохладитель	1	300	220	0,85	353	1,6	-
Линия9, №5, С-15	Кофе машина	1	300	220	0,85	353	1,6	-
Линия9, №6, С-15	Соковыжималка	1	200	220	0,85	235	1,1	-
Линия9, №7, С-15	Соковыжималка	1	200	220	0,85	235	1,1	-
Линия9, №8, С-15	Миксер	1	300	220	0,85	353	1,6	-
Линия9, №9, С-15	Термопод	1	200	220	0,85	235	1,1	-
Линия9, №10, С-15	Термопод	1	200	220	0,85	235	1,1	-
	Розеточная сеть							
Линия10, №11, С-16	Гриль	1	3500	220	0,85	4118	18,7	-
Линия11, №12, С-17	Теплофон	1	1000	220	0,85	1176	5,3	-
Линия11, №13, С-17	Теплофон	1	1000	220	0,85	1176	5,3	-
Линия12, №14, С-18	Теплофон	1	1000	220	0,85	1176	5,3	-
Линия12, №15, С-18	Теплофон	1	1000	220	0,85	1176	5,3	-
	Розеточная сеть							
Линия13, №1, С-20	Ц.касса	1	300	220	0,85	353	1,6	-
Линия13, №2, С-20	Ц.касса	1	450	220	0,85	529	2,4	-
	Кабинет видеонаблюдения							
Линия14, №3, С-21	Рабочее место	1	450	220	0,85	529	2,4	-
Линия14, №4, С-21	Рабочее место	1	450	220	0,85	529	2,4	-
Линия14, №5, С-21	Сервер	1	2000	220	0,85	2353	10,7	-
Линия14, №6, С-21	МФУ видео	1	300	220	0,85	353	1,6	-
	Столовая							
Линия15, №7, С-22	Холодильник бытовой	1	450	220	0,85	529	2,4	7,2
Линия15, №8, С-22	Чайник	1	450	220	0,85	529	2,4	-
Линия15, №9, С-22	СВЧ печь	1	1000	220	0,85	1176	5,3	-
Линия15, №10, С-22	Телевизор	1	300	220	0,85	353	1,6	-
Линия15, №11, С-22	Морозилка бытовая	1	400	220	0,85	471	2,1	6,4
Линия15, №12, С-22	Соковыжималка	1	400	220	0,85	471	2,1	-
	Розеточная сеть							
Линия16, №13, С-23	Теплофон	1	1000	220	0,85	1176	5,3	-
Линия17, №14, С-24	Рукоосушитель	1	1500	220	0,85	1765	8,0	-

Окончание таблицы 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Машинное отделение							
1, М-3	Холодильное оборудование	1	3500	220	0,85	4118	18,7	56,1
2, М-3	Холодильное оборудование	1	3500	220	0,85	4118	18,7	56,1
3, М-3	Холодильное оборудование	1	3500	220	0,85	4118	18,7	56,1
4, М-3	Холодильное оборудование	1	3500	220	0,85	4118	18,7	56,1
5, М-3	Холодильное оборудование	1	3500	220	0,85	4118	18,7	56,1
6, М-3	Холодильное оборудование	1	2500	220	0,85	2941	13,4	40,1
7, М-3	Холодильное оборудование	1	4000	220	0,85	4706	21,4	64,2
8, М-3	Холодильное оборудование	1	4000	220	0,85	4706	21,4	64,2
9, М-3	Холодильное оборудование	1	4000	220	0,85	4706	21,4	64,2

3.1 Выбор коммутационных аппаратов

Выбор автоматических выключателей производим по условию:

а) по номинальному току:

$$I_{\text{ср.рас.}} \geq I_p \quad (3.4)$$

где $I_{\text{ср.рас.}}$ – номинальный ток автомата, А.

б) по номинальному току теплового расцепителя:

$$I_{\text{НОМ.Т.В.}} \geq K_n \cdot I_p \quad (3.5)$$

где $I_{\text{НОМ.Т.В.}}$ – номинальный ток срабатывания токовой отсечки, А;

$K_n = 1,1$ – коэффициент надежности.

в) по условию защиты автомата защищаемая линия, должна быть согласована по условию:

$$I_{\text{ср.рас.}} \geq I_3 \quad (3.6)$$

$$I_{\text{ср.рас.}} \leq (K_{\text{ус.прок.}} \cdot I_{\text{доп}}) / K_{\text{защ}} \quad (3.7)$$

где $K_{\text{ус.прок.}}$ - прокладочный коэффициент на условия прокладки кабеля [7, УП];

$I_{\text{доп}}$ - длительный ток кабеля, А;

$K_{\text{защ}}$ – коэффициент защиты, который равен 1, представляющий собой отношения длительного тока для провода или кабеля к параметру защитного устройства, [1, таб.7.6];

I_3 - ток срабатывания автомата.

Выбор вводных автоматов на пункт распределительный сведем в таблицу 3.2

Таблица 3.2 - Выбор вводных автоматов на пункт распределительный

№	I_p, A	Сечение кабеля	$I_{\text{ном}}, A$	$K_{\text{ус.прот}}$	$K_{\text{защ}}$	$I_{\text{доп}}, A$	Тип выключателя	Номинальный ток выключателя
ПР	95,9	ВВГнг-LS– 5x25	105,5	0,95	1	109	ВА 47-160, C-125	125
ЩС	35,9	ВВГнг-LS– 5x10	39,5	0,95	1	50	ВА 47-100, C-50	50
ЩС хол.	57,2	ВВГнг-LS– 5x16	76	0,95	1	80	ВА 47-100, C-80	80
ЩО	7,85	ВВГнг-LS– 5x4	27,6	0,95	1	29	ВА 47-100, C-32	32

Выбор автоматов защиты отходящих линий сведем в таблицу 3.3

Таблица 3.3 – Выбор автоматов защиты отходящих линий

№	I_p, A	Марка кабеля	$I_{\text{доп}}, A$	$K_{\text{ус.прот}}$	$K_{\text{защ}}$	$I_{\text{ср.рас.}}$	Тип автомата	Номинальный ток выключателя	Отключающая способность
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ЩС									
линия 1 С-4	7,9	ВВГ нг- LS – 5x2,5	26	0,95	1	24,7	DEKraft 25A/30MA	25	4500

Окончание таблицы 3.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
линия 2 С-8	2,7	ВВГ нГ- LS – 5х2,5	26	0,95	1	24,7	DEKraft 25А/30МА	25	4500
линия 3 С-9	8,7	ВВГ нГ- LS – 5х2,5	26	0,95	1	24,7	DEKraft 25А/30МА	25	4500
линия 4 С-10	12	ВВГ нГ- LS – 5х2,5	26	0,95	1	24,7	DEKraft 25А/30МА	25	4500
линия 5 С-11	13,6	ВВГ нГ- LS – 5х2,5	26	0,95	1	24,7	DEKraft 25А/30МА	25	4500
линия 6 С-12	5,4	ВВГ нГ- LS – 5х2,5	26	0,95	1	24,7	DEKraft 25А/30МА	25	4500
линия 7 С-13	3,5	ВВГ нГ- LS – 5х2,5	26	0,95	1	24,7	DEKraft 25А/30МА	25	4500
линия 8 С-14	8,02	ВВГ нГ- LS – 5х2,5	26	0,95	1	24,7	DEKraft 25А/30МА	25	4500
линия 9 С-15	18,7	ВВГ нГ- LS – 5х2,5	26	0,95	1	24,7	DEKraft 25А/30МА	25	4500
линия 10 С-16	18,7	ВВГ нГ- LS – 5х2,5	26	0,95	1	24,7	DEKraft 25А/30МА	25	4500
линия 11 С-17	10,7	ВВГ нГ- LS – 5х2,5	26	0,95	1	24,7	DEKraft 25А/30МА	25	4500
линия 12 С-18	10,7	ВВГ нГ- LS – 5х2,5	26	0,95	1	24,7	DEKraft 25А/30МА	25	4500
линия 13 С-20	4,01	ВВГ нГ- LS – 5х2,5	26	0,95	1	24,7	DEKraft 25А/30МА	25	4500
линия 14 С-21	17,1	ВВГ нГ- LS – 5х2,5	26	0,95	1	24,7	DEKraft 25А/30МА	25	4500
линия 15 С-22	16	ВВГ нГ- LS – 5х2,5	26	0,95	1	24,7	DEKraft 25А/30МА	25	4500
линия 16 С-23	5,4	ВВГ нГ- LS – 5х2,5	26	0,95	1	24,7	DEKraft 25А/30МА	25	4500
линия 17С-24	8,02	ВВГ нГ- LS – 5х2,5	26	0,95	1	24,7	DEKraft 25А/30МА	25	4500
ЩО									
Торговый зал									
гр.1-2-рабочее	4,12	ВВГ нГ- LS – 5х1,5	16	0,95	1	15,2	DEKraft C16	16	2500
гр.1-3-рабочее	3,92	ВВГ нГ- LS – 5х1,5	16	0,95	1	15,2	DEKraft C16	16	2500
гр.1-4-рабочее	0,91	ВВГ нГ- LS – 5х1,5	16	0,95	1	15,2	DEKraft C16	16	2500
гр.1-5-рабочее	0,91	ВВГ нГ- LS – 5х1,5	16	0,95	1	15,2	DEKraft C16	16	2500
гр.1-6-аварийное	0,91	ВВГ нГ- LS – 5х1,5	16	0,95	1	15,2	DEKraft C16	16	2500
гр.1-7-аварийное	1,2	ВВГ нГ- LS – 5х1,5	16	0,95	1	15,2	DEKraft C16	16	2500
Приемка									
гр.1-8-рабочее	5,7	ВВГ нГ- LS – 5х1,5	16	0,95	1	15,2	DEKraft C16	16	2500
Директор									
гр.1-10-рабочее	1,4	ВВГ нГ- LS – 5х1,5	16	0,95	1	15,2	DEKraft C16	16	2500
Коридор									
гр.1-11-рабочее	2,0	ВВГ нГ- LS – 5х1,5	16	0,95	1	15,2	DEKraft C16	16	2500

3.2 Выбор кабельно-проводниковой продукции

Сечения кабельных линий выбраны по условию максимально допустимого нагрева, вызванного длительного максимального тока.

Выбор сечений кабельной линии, питающей силовые щиты сведен в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 – Выбор сечений проводов и кабельных линий

№	I_p, A	Марка кабеля	$I_{доп}, A$	$r_{уд.кл.}, Ом/км$	$X_{уд.кл.}, Ом/км$
ПР	95,9	ВВГнг-LS – 5x25	109	1,25	0,0662
ЩС	35,9	ВВГнг-LS – 5x10	50	3,12	0,073
ЩС хол.	57,2	ВВГнг-LS – 5x16	80	1,95	0,0675
ЩО	7,85	ВВГнг-LS – 5x4	29	7,81	0,095

Выбор сечений кабельных линий, отходящих от щитков, кабельных линий, питающих отдельные потребители сведен в таблицу 3.5

Таблица 3.5 – Выбор сечений проводов и кабельных линий

№	I_p, A	Марка кабеля	$I_{доп}, A$	$r_{уд.кл.}, Ом/км$	$X_{уд.кл.}, Ом/км$
1	2	3	4	5	6
ЩС					
линия 1 С-4	7,9	ВВГ нг- LS – 5x2,5	26	5,21	0,09
линия 2 С-8	2,7	ВВГ нг- LS – 5x2,5	26	5,21	0,09
линия 3 С-9	8,7	ВВГ нг- LS – 5x2,5	26	5,21	0,09
линия 4 С-10	12	ВВГ нг- LS – 5x2,5	26	5,21	0,09
линия 5 С-11	13,6	ВВГ нг- LS – 5x2,5	26	5,21	0,09
линия 6 С-12	5,4	ВВГ нг- LS – 5x2,5	26	5,21	0,09
линия 7 С-13	3,5	ВВГ нг- LS – 5x2,5	26	5,21	0,09
линия 8 С-14	8,02	ВВГ нг- LS – 5x2,5	26	5,21	0,09
линия 9 С-15	18,7	ВВГ нг- LS – 5x2,5	26	5,21	0,09
линия 10 С-16	18,7	ВВГ нг- LS – 5x2,5	26	5,21	0,09
линия 11 С-17	10,7	ВВГ нг- LS – 5x2,5	26	5,21	0,09
линия 12 С-18	10,7	ВВГ нг- LS – 5x2,5	26	5,21	0,09
линия 13 С-20	4,01	ВВГ нг- LS – 5x2,5	26	5,21	0,09
линия 14 С-21	17,1	ВВГ нг- LS – 5x2,5	26	5,21	0,09

Окончание таблицы 3.5

1	2	3	4	5	6
линия 15 С-22	16	ВВГ нг- LS – 5x2,5	26	5,21	0,09
линия 16 С-23	5,4	ВВГ нг- LS – 5x2,5	26	5,21	0,09
линия 17С-24	8,02	ВВГ нг- LS – 5x2,5	26	5,21	0,09
ЩО					
Торговый зал					
гр.1-2-рабочее	4,12	ВВГ нг- LS – 5x1,5	16	7,81	0,095
гр.1-3-рабочее	3,92	ВВГ нг- LS – 5x1,5	16	7,81	0,095
гр.1-4-рабочее	0,91	ВВГ нг- LS – 5x1,5	16	7,81	0,095
гр.1-5-рабочее	0,91	ВВГ нг- LS – 5x1,5	16	7,81	0,095
гр.1-6-аварийное	0,91	ВВГ нг- LS – 5x1,5	16	7,81	0,095
гр.1-7-аварийное	1,2	ВВГ нг- LS – 5x1,5	16	7,81	0,095
Приемка					
гр.1-8-рабочее	5,7	ВВГ нг- LS – 5x1,5	16	7,81	0,095
Директор					
гр.1-10-рабочее	1,4	ВВГ нг- LS – 5x1,5	16	7,81	0,095
Коридор					
гр.1-11-рабочее	2,0	ВВГ нг- LS – 5x1,5	16	7,81	0,095

3.3 Выбор прочих электрических устройств

Выбор распределительных пунктов

Распределительные пункты выбираем исходя из количества присоединений и рабочего тока самого пункта [1,стр.187]

Таблица 3.6 – Выбор распределительных пунктов

№	I_p, A	Тип РП	Число отходящих линий
Щит силовой	35,9	ЩРН-72 (з)	24
Щит хол.	57,2	ЩРН-72 (з)	12
Щит освещения	7,85	ЩРН-36 (з)	12

3.4 Проверка по допустимым потерям напряжения

После того как произвели выбор сечение кабеля по длительно допустимому току, нужно проверить кабель на допустимые потери напряжения. Отклонение напряжения присоединенных к сети токоприемников не должно выходить за пределы допустимого по ГОСТ 32144-2013.

По длине линии присоединено несколько (n) нагрузок:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot \sum_0^n I_{расч} \cdot L \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi), B \quad (3.8)$$

где $I_{расч}$ – расчетный ток, А;

L – длина участка, км;

$\cos \varphi$ – коэффициент мощности;

r_0 и x_0 - значения активных и реактивных сопротивлений определяем по таблице 2-5 [8].

Результаты расчетов сведем в таблицу 3.7.

Таблица 3.7–Проверка по допустимым потерям напряжения

№	I_p , А	Марка кабеля	$I_{доп}$, А	$r_{уд.кл.}$, Ом/км	$x_{уд.кл.}$, Ом/км	cos	sin	L, км	Потери, В	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Группа М-1										
линия 1 М-1	5,3	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09	0,85	0,55	0,002	0,1	0,022
Группа М-2										
ЩС	35,9	ВВГнг-LS – 5х10	50	3,12	0,073	0,85	0,55	0,010	1,7	0,441
линия 1 С-4	7,9	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09	0,85	0,55	0,037	2,3	0,596
линия 2 С-8	2,7	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09	0,85	0,55	0,030	0,6	0,164
линия 3 С-9	8,7	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09	0,85	0,55	0,025	1,7	0,444
линия 4 С-10	12,0	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09	0,85	0,55	0,038	3,5	0,931
линия 5 С-11	13,6	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09	0,85	0,55	0,039	4,1	1,083

Окончание таблицы 3.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
линия 6 С-12	5,4	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09	0,85	0,55	0,043	1,8	0,474
линия 7 С-13	3,5	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09	0,85	0,55	0,043	1,2	0,307
линия 8 С-14	8,0	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09	0,85	0,55	0,038	2,4	0,622
линия 9 С-15	18,7	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09	0,85	0,55	0,020	2,9	0,763
линия 10 С-16	18,7	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09	0,85	0,55	0,022	3,2	0,840
линия 11 С-17	10,7	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09	0,85	0,55	0,030	2,5	0,655
линия 12 С-18	10,7	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09	0,85	0,55	0,037	3,1	0,808
линия 13 С-20	4,0	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09	0,85	0,55	0,023	0,7	0,188
линия 14 С-21	17,1	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09	0,85	0,55	0,051	6,8	1,780
линия 15 С-22	16,0	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09	0,85	0,55	0,052	6,5	1,698
линия 16 С-23	5,4	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09	0,85	0,55	0,037	1,5	0,408
линия 17С-24	8,0	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09	0,85	0,55	0,051	3,2	0,835
ЩО										
Торговый зал	7,85	ВВГ нг-LS – 5х4	29	7,81	0,095	0,85	0,55	0,010	0,9	0,239
гр.1-2-рабочее	4,1	ВВГ нг- LS – 5х1,5	16	7,81	0,095	0,95	0,32	0,054	2,9	0,755
гр.1-3-рабочее	3,9	ВВГ нг- LS – 5х1,5	16	7,81	0,095	0,95	0,32	0,073	3,7	0,972
гр.1-4-рабочее	0,9	ВВГ нг- LS – 5х1,5	16	7,81	0,095	0,95	0,32	0,023	0,3	0,071
гр.1-5-рабочее	0,9	ВВГ нг- LS – 5х1,5	16	7,81	0,095	0,95	0,32	0,037	0,4	0,114
гр.1-6-аварийное	0,9	ВВГ нг- LS – 5х1,5	16	7,81	0,095	0,95	0,32	0,036	0,4	0,111
гр.1-7-аварийное	1,2	ВВГ нг- LS – 5х1,5	16	7,81	0,095	0,95	0,32	0,095	1,5	0,387
Приемка										
гр.1-8-рабочее	5,7	ВВГ нг- LS – 5х1,5	16	7,81	0,095	0,95	0,32	0,100	7,4	1,935
Директор										
гр.1-10-рабочее	1,4	ВВГ нг- LS – 5х1,5	16	7,81	0,095	0,95	0,32	0,037	0,7	0,176
Коридор										
гр.1-11-рабочее	2,0	ВВГ нг- LS – 5х1,5	16	7,81	0,095	0,95	0,32	0,088	2,3	0,598

3.5 Расчет токов короткого замыкания. Проверка оборудования

3.5.1 Расчет токов КЗ

Основной причиной нарушения нормального режима работы системы электроснабжения является возникновение в сети или в элементах электрооборудования короткого замыкания, вследствие повреждения изоляции или неправильных действий обслуживающего персонала. Для снижения ущерба, обусловленного выходом из строя электрооборудования при протекании токов КЗ, а также для быстрого восстановления нормального режима работы системы электроснабжения необходимо правильно определять токи КЗ и по ним выбирать электрооборудование, защитную аппаратуру (или же проверить уже выбранную на стойкость к току КЗ).

Расчет токов КЗ в сетях до 1000В в ВРУ выполняются в именованных единицах.

Определение токов КЗ начинается с составления схемы замещения.

Составим схему замещения для ВРУ :

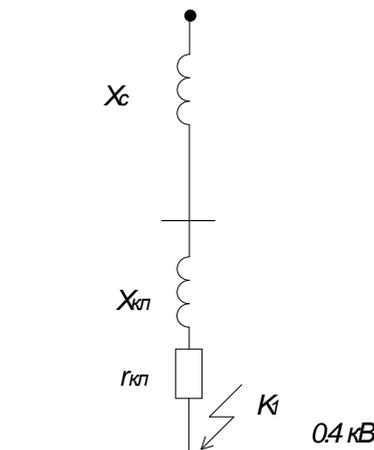


Рисунок 3.1 – Схема замещения сети

На шинах низкого напряжения трансформаторной подстанции ток короткого замыкания равен 6,4 кА. Тогда сопротивления внешней сети

включающей в себя результирующее сопротивление сети 10 кВ
сопротивления трансформатора определим по формуле:

$$X_{BH} = \frac{U_{л}}{\sqrt{3} \cdot I_{к.з.нн}} \quad (3.9)$$

где $U_{л}$ - среднее номинальное напряжения 400 В.

$I_{к.з.нн}$ - ток короткого замыкания на шинах низкого напряжения трансформаторной подстанции.

$$X_{BH} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 6,4} = 36,1$$

Для кабеля ВВГ 5х120 протяженностью $L_{кл1}=400$ м по справочным данным были определены удельные активное и реактивное сопротивления:

Активное сопротивление : $R_{уд.кл1} = 0,261$ Ом/км

Реактивное сопротивление: $X_{уд.кл1} = 0,0602$ Ом/км

$$R_{л1} = R_{уд.кл1} \cdot L_{кл1}, \text{ мОм} \quad (3.10)$$

$$R_{л1} = 0,261 \cdot 400 = 104,4 \text{ мОм}$$

$$X_{л1} = X_{уд.кл1} \cdot L_{кл1}, \text{ мОм} \quad (3.11)$$

$$X_{л1} = 0,0602 \cdot 400 = 24,1 \text{ мОм}$$

Рассчитаем сопротивление и ток к.з. в точке K_1 на вводе низкого напряжения ВРУ:

$$X_{\Sigma} = X_{л1} + X_{BH}, \text{ мОм} \quad (3.12)$$

$$X_{\Sigma} = 24,1 + 36,1 = 60,2 \text{ мОм}$$

Суммарное активное сопротивление должно учитывать переходные сопротивления контактов. Для этой цели в расчет вводят добавочное сопротивление, которое равно 15 мОм.

$$R_{\Sigma} = R_{доб} + R_{л1} + R_{п}, \text{ мОм} \quad (3.13)$$

$$R_{\Sigma} = 15 + 104,4 + 5 = 124,4 \text{ мОм}$$

Ток КЗ точке K_1 :

$$I_{K1} = \frac{U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{X_{\Sigma}^2 + R_{\Sigma}^2}} \quad (3.14)$$

$$I_{K1} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{60,2^2 + 124,4^2}} = 1,674 \text{ кА}$$

3.5.2 Проверка электрооборудования на термическую и электродинамическую стойкость

Проверку оборудования осуществляем по условиям электродинамической стойкости. При этом должно, выполняться условие:

$$i_{y\partial} \leq I_{эс}, \quad (3.15)$$

где $i_{y\partial}$ - ударный ток КЗ;

$I_{эс}$ - ток электродинамической стойкости, кА.

$$i_{y\partial} = K_{y\partial} \cdot I_{м.к.з.}, \quad (3.16)$$

Так как $R_{\Sigma} > X_{\Sigma}$, то $K_{y\partial} = 1$ и ударный ток равен амплитуде тока установившегося КЗ.

Проверка автоматических выключателей.

Проверяем автоматические выключатели по условиям электродинамической стойкости, по наибольшей отключающей способности.

В силовых пунктах установлены автоматические выключатели серии DEKraft и ВА 47-100.

DEKraft С16 с номинальными токами расцепителя 16А для которых $I_{эс} = 2,5$ кА, выбранный выключатель способен отключить ударный ток в точке КЗ:

$$I_{м.к.з.} = 1,674 \cdot \sqrt{2} = 2,367 \text{ кА} \quad (3.17)$$

$$2,367 < 2,5 \text{ кА}$$

Выбранный выключатель удовлетворяет условиям проверки.

3.5.3 Расчет токов трехфазного КЗ сети 0,4 кВ. Проверка коммутационных аппаратов по отключающей способности

Расчет токов к.з. ниже 1кВ, как правило, вводится в именованных единицах. Особенностью расчетов коротких замыканий в сетях ниже 1кВ является тот факт, что необходимо учитывать сопротивления дуги и трансформатора тока. На автоматах для этой цели вводится дополнительное сопротивление, величина которого зависит от возникновения короткого замыкания.

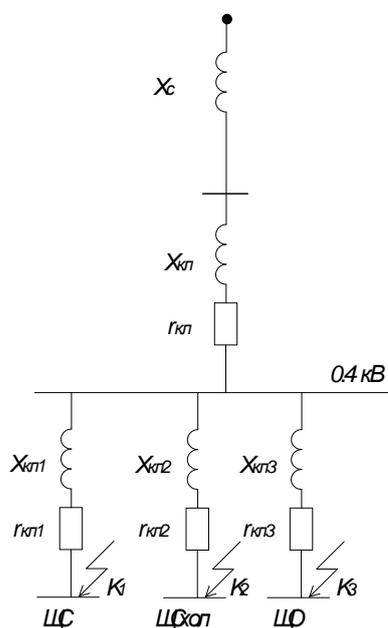


Рисунок 3.2 – Схема замещения элементов сети

Расчет тока трехфазного к.з. для точки К₁:

Для кабеля ВВГнг-LS – 5х10 протяженностью L_{кл1}=10м по справочным данным были определены удельные активное и реактивное сопротивления:

Активное сопротивление : $R_{уд.кл} = 3,12 \text{ Ом/км}$

Реактивное сопротивление: $X_{уд.кл} = 0,073 \text{ Ом/км}$

$$R_{л} = R_{уд.кл} \cdot L_{кл} , \text{ мОм} \quad (3.18)$$

$$R_{л} = 3,12 \cdot 10 = 31,2 \text{ мОм}$$

$$X_{л} = X_{уд.кл} \cdot L_{кл}, \text{ мОм} \quad (3.19)$$

$$X_{л} = 0,073 \cdot 10 = 0,73 \text{ мОм}$$

Рассчитаем сопротивление и ток кз в точке К1:

$$X_{\Sigma} = X_{л} + X_{л1} + X_{вн}, \text{ мОм} \quad (3.20)$$

$$X_{\Sigma} = 0,73 + 0,73 + 36,1 = 37,6 \text{ мОм}$$

Суммарное активное сопротивление должно учитывать переходные сопротивления контактов. Для этой цели в расчет вводят добавочное сопротивление, которое на шинах подстанции 20 мОм

$$R_{\Sigma} = R_{доб} + R_{л1} + R_{л}, \text{ мОм} \quad (3.21)$$

$$R_{\Sigma} = 20 + 104,4 + 31,2 = 155,6 \text{ мОм}$$

Ток трехфазного КЗ точке К1:

$$I_{к1} = \frac{U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{X_{\Sigma}^2 + R_{\Sigma}^2}} \quad (3.22)$$

$$I_{к1} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{37,6^2 + 155,6^2}} = 1,443 \text{ кА}$$

Аналогичные расчеты производим и для остальных точек к.з., полученные результаты расчетов сведем в таблицу 3.8

Таблица 3.8 – Результаты расчетов трехфазного тока КЗ

Точка КЗ	X _{вн} , мОм	R _{л1} , мОм	X _{л1}	R _{удкл}	X _{удкл}	L _{кл} , м	R _л , мОм	X _л , мОм	R _{доб}	R _{сумм}	X _{сумм}	I _{кз} , кА
К1	36,1	104,4	0,73	3,12	0,073	10	31,2	0,73	20	155,6	37,6	1,443
К2	36,1	104,4	0,73	1,95	0,0675	15	29,3	1,01	20	153,7	37,8	1,459
К3	36,1	104,4	0,73	7,81	0,095	10	78,1	0,95	20	202,5	37,8	1,121

Проверим выключатели, защищающие кабельные линии напряжением 0,4 кВ. Проверку будем проводить по току КЗ:

$$I_{кз} \leq I_{о.с.}$$

где I_{о.с.} - предельная отключаемая способность.

Таблица 3.9 – Проверка автоматических выключателей на отключающую способность

№	Точка КЗ	Ikз, кА	Тип выключателя	Предельная отключающая способность, кА
ЩС	К1	1,443	ВА 47-100, С-50	16
ЩС хол.	К2	1,459	ВА 47-100, С-80	16
ЩО	К3	1,121	ВА 47-100, С-32	16

Автоматические выключатели по проверке на отключаемую способность проходят.

3.5.4 Расчет токов однофазного КЗ сети 0,4 кВ. Проверка коммутационных аппаратов по чувствительности

Для правильного выбора параметров релейной защиты и автоматики в системе электроснабжения наряду с токами трехфазных КЗ необходимо знать токи несимметричных КЗ – в нашем случае однофазные КЗ, для проверки чувствительности автоматов НН к таким КЗ.

Ток однофазного замыкания на землю в сети 0,4 кВ с глухозаземленной нейтралью, равен утроенному току нулевой последовательности и определяется по формуле:

$$I_{кз} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_T}{3} + Z_n} \quad (3.23)$$

U_{ϕ} - фазное напряжение сети;

$\frac{Z_T}{3}$ - сопротивление силового трансформатора при однофазном замыкании на корпус (принимается $Z_T = 10,6$ мОм при мощности трансформатора 250 кВА с обмотками Δ/Y_n-11).

Полное сопротивление петли: фазный - нулевой провод:

$$Z_n = \sqrt{(R_{\text{дуг}} + R_{\text{ТТ}} + R_a + R_{\phi} + R_n + R_{\phi 1} + R_{n1} + R_{\phi 2} + R_{n2})^2 + (X_{\text{ВН}} + X_{\text{ТТ}} + X_a + X_{\text{з/о}} + X_{\text{кл}} + X_{\text{кл1}} + X_{\text{кл2}})^2} \quad (3.24)$$

где R_A , X_A - активное и индуктивное сопротивление автоматических выключателей;

R_{ϕ} - суммарные активные сопротивления фазного провода всех участков рассчитываемой цепочки;

$R_{\text{ТТ}}$, $X_{\text{ТТ}}$ - активное и индуктивное сопротивление трансформатора тока
 $R_{\text{ТТ}} = 0,00015 \text{ Ом}$; $X_{\text{ТТ}} = 0,00021 \text{ Ом}$;

$X_{\text{ВН}}$ - сопротивления внешней сети трансформатора;

$R_{\text{дуг}}$ - сопротивление дуги в точке КЗ;

R_n - сопротивление нейтрального провода;

$X_{\text{з/о}}$ - внешнее индуктивное сопротивление петли фаза-нуль, принимается равным $0,6 \text{ Ом/км}$;

Сопротивление кабельной линии от ТП до ВРУ, ВРУ до ЩС, от ЩС до ЭП приемника.

Полное сопротивление петли: фазный - нулевой провод:

$$Z_n = \sqrt{(30 + 0,15 + 0,4 + 104,4 + 104,4 + 15,6 + 15,6 + 78 + 78)^2 + (36,1 + 0,21 + 0,99 + 0,6 + 24,1 + 1,6 + 1,825)^2} = 573,32 \text{ мОм}$$

Определим ток однофазного КЗ для силового щита линии 1:

$$I_{\text{КЗ}} = \frac{220}{\frac{10,6}{3} + 573,32} = 381,4 \text{ А}$$

Расчет однофазных коротких замыканий у остальных электроприемников производится аналогичным образом, а расчет сведем в таблицу 3.10

Таблица 3.10 –Результаты расчета токов однофазного КЗ

№	$X_{вн}$	$Z_{гр/3}$	$R_{дуг}$	$R_{ГТ}$	R_a	$X_{ГТ}$	X_a	$X_{Э/0}$	$X_{кл}$	$L, м$	R_{ϕ}	$R_{н}$	$X_{кл1}$	$R_{\phi1}$	$R_{н1}$	$X_{кл2}$	$R_{\phi2}$	$R_{н2}$	Z_n	$I_{кз}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Гр. М-1																				
Лин. 1 М-1	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	5	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,25	130,25	130,25	550,25	397,3
Гр. М-2																				
ЩС																				
Лин. 1 С-4	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	37	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,25	130,25	130,25	573,32	381,4
Лин. 2 С-8	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	30	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,25	130,25	130,25	568,27	384,7
Лин. 3 С-9	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	25	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,25	130,25	130,25	564,67	387,2
Лин. 4 С-10	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	38	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,25	130,25	130,25	574,04	380,9
Лин. 5 С-11	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	39	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,25	130,25	130,25	574,761	380,4
Лин. 6 С-12	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	43	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,25	130,25	130,25	577,644	378,5
Лин. 7 С-13	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	43	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,25	130,25	130,25	577,644	378,5
Лин. 8 С-14	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	38	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,25	130,25	130,25	574,04	380,9
Лин. 9 С-15	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	20	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,25	130,25	130,25	561,066	389,7
Лин. 10 С-16	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	22	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,25	130,25	130,25	562,508	388,7
Лин. 11 С-17	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	30	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,25	130,25	130,25	568,274	384,7
Лин. 12 С-18	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	37	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,25	130,25	130,25	573,32	381,4
Лин. 13 С-20	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	23	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,25	130,25	130,25	563,228	388,2

Окончание таблицы 3.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Лин. 14 С-21	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	51	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,25	130,25	130,25	583,411	374,8
Лин. 15 С-22	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	52	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,25	130,25	130,25	584,132	374,4
Лин. 16 С-23	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	37	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,25	130,25	130,25	573,32	381,4
Лин. 17С-24	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	51	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,25	130,25	119,83	572,991	381,6
ЩО																				
Торговый зал																				
гр.1-2-раб.	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	54	104,4	104,4	78,1	78,1	4,9	2,375	195,25	195,25	777,167	281,8
гр.1-3-раб.	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	73	104,4	104,4	78,1	78,1	4,9	2,375	195,25	195,25	799,797	273,9
гр.1-4-раб.	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	23	104,4	104,4	78,1	78,1	4,9	2,375	195,25	195,25	740,244	295,8
гр.1-5-раб.	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	37	104,4	104,4	78,1	78,1	4,9	2,375	195,25	195,25	756,919	289,3
гр.1-6-авар.	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	36	104,4	104,4	78,1	78,1	4,9	2,375	195,25	195,25	755,728	289,8
гр.1-7-авар.	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	95	104,4	104,4	78,1	78,1	4,9	2,375	195,25	195,25	826	265,2
Приемка																				
гр.1-8-раб.	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	118	104,4	104,4	78,1	78,1	4,9	1,425	117,15	117,15	696,073	314,5
Директор																				
гр.1-10-раб.	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	37	104,4	104,4	78,1	78,1	4,9	1,425	117,15	117,15	600,367	364,3
Коридор																				
гр.1-11-раб.	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	88	104,4	104,4	78,1	78,1	4,9	1,425	117,15	117,15	660,626	331,2

Проверка на чувствительность к токам однофазного КЗ проверяется по условию для автоматических выключателей с обратно зависимой от тока характеристикой $I = I_{н.расц.}$

$$I_{КЗ}^{(1)} \geq 3 \cdot I_{н.расц.} \quad (3.25)$$

Проверка выполнена в таблице 3.11, где определен коэффициент чувствительности равный отношению тока однофазного КЗ к номинальному току расцепителя.

Таблица 3.11 – Результаты расчета проверки чувствительности автоматов к однофазным КЗ в сети 0,4 кВ

№	Ikз	Тип автомата	Номинальный ток выключателя, А	Ikз/ In.в.
1	2	3	4	5
Гр. М-1				
Лин. 1 М-1	397,3	ВА 47-29 С16	16	22,1
Гр. М-2				
ЩС				
Лин. 1 С-4	381,4	DEKraft 25А/30мА	25	14,1
Лин. 2 С-8	384,7	DEKraft 25А/30мА	25	14,1
Лин. 3 С-9	387,2	DEKraft 25А/30мА	25	14,1
Лин. 4 С-10	380,9	DEKraft 25А/30мА	25	14,1
Лин. 5 С-11	380,4	DEKraft 25А/30мА	25	14,1
Лин. 6 С-12	378,5	DEKraft 25А/30мА	25	14,1
Лин. 7 С-13	378,5	DEKraft 25А/30мА	25	14,1
Лин. 8 С-14	380,9	DEKraft 25А/30мА	25	14,1
Лин. 9 С-15	389,7	DEKraft 25А/30мА	25	14,1
Лин. 10 С-16	388,7	DEKraft 25А/30мА	25	14,1
Лин. 11 С-17	384,7	DEKraft 25А/30мА	25	14,1
Лин. 12 С-18	381,4	DEKraft 25А/30мА	25	14,1
Лин. 13 С-20	388,2	DEKraft 25А/30мА	25	14,1
Лин. 14 С-21	374,8	DEKraft 25А/30мА	25	14,1

Окончание таблицы 3.11

1	2	3	4	5
Лин. 15 С-22	374,4	DEKraft 25A/30мА	25	14,1
Лин. 16 С-23	381,4	DEKraft 25A/30мА	25	14,1
Лин. 17С-24	381,6	DEKraft 25A/30мА	25	14,4
ЩО				
Торговый зал				
гр.1-2-раб.	281,8	DEKraft C16	16	16,5
гр.1-3-раб.	273,9	DEKraft C16	16	16,5
гр.1-4-раб.	295,8	DEKraft C16	16	16,5
гр.1-5-раб.	289,3	DEKraft C16	16	16,5
гр.1-6-авар.	289,8	DEKraft C16	16	16,5
гр.1-7-авар.	265,2	DEKraft C16	16	16,5
Приемка				
гр.1-8-раб.	314,5	DEKraft C16	16	20,3
Директор				
гр.1-10-раб.	364,3	DEKraft C16	16	20,3
Коридор				
гр.1-11-раб.	331,2	DEKraft C16	16	20,3

Для проверки автомата на чувствительность, проверяем токи КЗ в самой удаленной точке по каждому щиту. Если на самой удаленной точке автоматы почувствуют ток КЗ, то на остальных линиях тоже будут чувствительны автоматы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом данной выпускной квалификационной работы является система электроснабжения супермаркета по адресу ул. Воронова, 14г, м-н Зелёная Роща, Советский район, г. Красноярск. Система электроснабжения проектировалась с учетом современным требованиям к системам, таким как надежность, экономичность, безопасность для человека и окружающей среды.

Было рассчитано электрическая нагрузка ЭП в целом по супермаркету, рассчитаны электрические нагрузки по уровням электроснабжения.

Были выбраны кабельные линии, пункт распределительный (ПР) и вводной автомат, щит силовой, щит силовой холодильного оборудования, щит освещения, сечений проводов и кабельных линий и параметры коммутационно-защитных аппаратов.

Выбранное электротехническое оборудование проверено на действие токов короткого замыкания.

Проведены светотехнический расчеты освещения. В проекте предусмотрено также аварийное и эвакуационное освещение.

Поставленная в работе цель достигнута, задачи решены в полном объеме в соответствии с выданным заданием.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Арзамасцев, Д.А. Снижение технологического расхода энергии в электрических сетях / Д.А. Арзамасцев, А.В. Липес. – М.: Высшая школа, 2014. – 127 с.
2. Блок, В.М. Электрические сети и системы / В.М. Блок. – М.: Высшая школа, 2012. – 430 с.
3. Бохмат, И.С. Снижение коммерческих потерь в электроэнергетических системах. - Электрические станции / В.Э. Воротницкий, Е.П.Татаринев, 2014, №9.
4. Будзко, И.А. Электроснабжение сельскохозяйственных предприятий и населенных пунктов / М.С. Левин - М.: Агропромиздат, 2012. - 320с.
5. Веников, В.А. Электрические системы. Режимы работы электрических систем и сетей / под ред. В.А. Веникова. – М.: Высшая школа, 2008. – 344 с.
6. Веников, В.А. Электрические системы. Т. 2: Электрические сети / В.А. Веников, А.А. Глазунов, В.А. Жуков, Л.А. Солдаткина; под ред. В.А. Веникова. – М.: Высшая школа, 2010. – 438 с.
7. Веников, В.А. Электрические системы. Т. 2: Электрические сети / под ред. В.А. Веникова. – М.: Высшая школа, 2011. – 440 с.
8. Воротницкий, В.Э. Потери электроэнергии в электрических сетях энергосистем / Железко Ю.С., Казанцев В.Н. - М.: Энергоатомиздат, 2008. - 368с.
9. Глазунов, А.А. Электрические сети и системы: учебник / А.А. Глазунов, А.А. Глазунов. – М.: Госэнергоиздат, 2010. – 368 с.
- 10.ГОСТ 13109-97. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200006034>
- 11.ГОСТ 17677-82. Светильники. Общие технические условия. Режим доступа: <http://files.stroyinf.ru/Data1/10/10583/>

- 12.ГОСТ 28249-93 «Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1кВ». Режим доступа:<http://docs.cntd.ru/document/1200004630>
- 13.ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Режим доступа:<http://docs.cntd.ru/document/1200104301>
- 14.ГОСТ 6825 -91 «Лампы люминесцентные трубчатые для общего освещения». Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200005327>
15. ГОСТ Р 51541-2014 Энергосбережение. Энергетическая эффективность. Состав показателей. Общие положения. Режим доступа:http://gostisnip.ru/dokumenty/gosty/energoberezhnie/gost_r_51541-99/
16. Ежков, В.В. Энергетические системы и сети в примерах и иллюстрациях: учебное пособие для энергетических специальностей / В.В. Ежков, Г.К. Зарудский, Е.Н. Зуев и др.; под ред. В.А. Строева. – М.: Высшая школа, 2009. – 352 с.
- 17.Кнорринг, Г.М. Справочная книга для проектирования электрического освещения:/ под ред. Г.М. Кнорринга.-Л: Энергия, 2002. -384 с.: ил.
18. Неклепаев, Б. Н. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учебное пособие для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп./ И.П. Крючков – М.: Энергоатомиздат, 2013. – 608 с.: ил.
19. Постановление Правительства РФ от 04.05.2012 N 442 (ред. от 22.02.2016) "О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии" (вместе с "Основными положениями функционирования розничных рынков электрической энергии", "Правилами полного и (или) частичного ограничения режима потребления электрической энергии") // Справочная

правовая система «КонсультантПлюс». Режим
доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_130498/

20. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) 7-ое издание. Главы 1.1-1.2, 1.7-1.9, 2.4-2.5, 4.1-4.2, 7.1-7.2, 7.5-7.6, 7.10, раздел 6. – М.: Ростехнадзор, 2010. – 411 с.
21. Приказ ФСТ России от 10.10.2014 N 225-э/1 "О предельных уровнях тарифов на электрическую энергию (мощность) на 2016 год" (Зарегистрировано в Минюсте России 28.10.2014 N 34488) [Электронный ресурс]. Приложение N 4 к приказу Федеральной службы по тарифам от 10 октября 2014 г. N 225-э/1// Справочная правовая система «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.
22. Распоряжение Правительства РФ от 13.11.2009 N 1715-р. Об Энергетической стратегии России на период до 2030 года // Справочная правовая система «КонсультантПлюс». Режим доступа: http://energoeducation.ru/wpcontent/uploads/2015/11/LAW94054_0_20151002_142857_54007.pdf
23. Расчет электрических нагрузок в системах электроснабжения: Методические указания к выполнению курсового и дипломного проектирования для студентов специальности 100400 «Электроснабжение (по отраслям)» всех форм обучения / сост. Н.В. Дулесова. – Красноярск, 2012. - 28 с.
24. СП 31-110-2003 Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий. – Взамен ВСН 59-88; введ. 26.10.2003.
25. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий. Промышленные электрические сети: в 2т./ под ред. А.А. Федорова, и Г.В. Сербиновского - 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Энергия, 2014. – 576с.: ил.

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«Сибирский федеральный университет»

институт

«Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

А. С. Горопов

подпись инициалы, фамилия

« 28 » 06 2024 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

код – наименование направления

Электроснабжение супермаркета по адресу: г. Красноярск, ул. Воронова, 14г

тема

Руководитель

Коловский 28.06.24
подпись, дата

доц. каф. ЭМиАТ, к.т.н.
должность, ученая степень

А.В. Коловский
инициалы, фамилия

Выпускник

Гартыгашев 05.06.24
подпись, дата

В.В. Гартыгашев
инициалы, фамилия

Нормоконтролер

Кычакова 28.06.2024
подпись, дата

И.А. Кычакова
инициалы, фамилия