

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
Зав. кафедрой
_____ А.С. Торопов
подпись инициалы, фамилия
« ____ » _____ 2024г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
код - наименование направления

Электроснабжение магазина по адресу: г. Абакан,
ул. Пушкина, д. 44
тема

Руководитель _____ 2024г. доцент каф. ЭМиАТ, к.э.н. Н.В.Дулесова
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник _____ 2024г. В.В.Трофимов
подпись дата инициалы, фамилия

Нормоконтролер _____ 2024г. _____ И.А.Кычакова
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

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

Зав. кафедрой

_____ А.С. Торопов
подпись инициалы, фамилия
« » _____ 2024 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа (ВКР) на тему «Электроснабжение магазина по адресу: г. Абакан, ул. Пушкина, д.44» содержит 51 страницу текстового документа, 25 использованных источников, 3 листа графического материала.

ЭЛЕКТРОСБЕРЕЖЕНИЕ, КОРОТКОЕ ЗАМЫКАНИЕ,
ЭЛЕКТРОБОРУДОВАНИЕ, ЭЛЕКТРОПРИЕМНИК, ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ,
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ, ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЕ,
ЭЛЕКТРООСВЕЩЕНИЕ.

Проектируемый объект – магазин г. Абакан, ул. Пушкина, д.44.

Цель: электроснабжение магазина по адресу: г.Абакан, ул. Пушкина, д.44

Задачи:

- спроектировать наиболее экономичную и рациональную систему электроснабжения 0,4 кВ;
- выбрать сечения проводов и кабелей, коммутационных аппаратов, распределительных пунктов;
- выполнить расчет токов короткого замыкания, проверку оборудования на термическую и электродинамическую стойкость;
- выполнить расчет токов трехфазного и однофазного короткого замыкания, проверку коммутационных аппаратов по отключающей способности и по чувствительности.

Актуальность данной работы обусловлена тем, что выполнена схема электроснабжения магазина по адресу: г.Абакан, ул.Пушкина, д.44

Практическая значимость расчётов обусловлена тем, что теоретические и практические рекомендации могут быть использованы специалистами при строительстве объектов торговли.

THE ABSTRACT

Graduation qualification work (WRC) on the topic "Power supply of the market Abakan, ul. Pushkina, d.44 "contains 51 pages of a text document, 25 sources used, 3 sheets of graphic material.

ELECTRICAL SAFETY, SHORT CIRCUIT, ELECTRICAL EQUIPMENT, ELECTRIC RECEPTION, ELECTRICITY, ENERGY EFFICIENCY, CHOICE EQUIPMENT, ELECTRICITY.

The projected object is a store in Abakan, Pushkin str., 44.

Purpose: power supply of the store at the address: Abakan, Pushkin str., 44

Tasks:

- design the most economical and efficient 0.4 kV power supply system;
- select sections of wires and cables, switching devices, distribution points;
- calculate short-circuit currents, check equipment for thermal and electrodynamic stability;
- calculate the currents of three-phase and single-phase short circuits, check switching devices for breaking capacity and sensitivity.

The relevance of this work is due to the fact that the reconstruction of a promising and in-demand power supply scheme of the store at the address: Abakan, Pushkin str., 44 has been carried out.

The practical significance of the calculations is due to the fact that theoretical and practical recommendations can be used by specialists in the construction and reconstruction of trade facilities.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	7
1 Характеристика объекта и приемников электроэнергии	8
2 Светотехнический расчет системы освещения.....	11
2.1 Расчёт электрических нагрузок осветительной сети.....	11
2.2 Светотехническая система аварийного освещения	15
3 Расчет электрической нагрузки магазина	17
3.1 Расчет электрических нагрузок силовой сети.....	17
3.2 Выбор коммутационных защитных аппаратов.	24
3.3 Расчет токов короткого замыкания.....	26
3.4 Выбор ВРУ и вводного автомата.....	28
3.5 Проверка оборудования по токам короткого замыкания.....	29
3.6 Расчет потерь напряжения и анализ качества напряжения силовой сети.....	40
Заключение.....	48
Список использованных источников.....	49

ВВЕДЕНИЕ

Электроснабжение магазина напрямую зависит от категории предлагаемой продукции. В продуктовых магазинах энергоснабжение обуславливается, прежде всего, наличием холодильных установок, это холодильные и морозильные витрины/шкафы, бары для прохладительных напитков, холодильные камеры и сплит системы, шкафы шоковой заморозки, столы охлаждаемые, кроме того, весовые приборы, касса и т.д.

Особенность электроснабжения объектов торговли заключается не только в разветвленности 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.

В магазинах энергоснабжение обуславливается, прежде всего, наличием холодильных установок, это холодильные и морозильные витрины, весовые приборы, касса и т.д.

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 Характеристика объекта и приемников электроэнергии

Магазин расположен в городе Абакан, ул. Пушкина, д. 44, режимы работы магазина с 8:00 до 23:00 без обеда и выходных, специализация магазина заключается продажа смешанной формы торговли товаров. Магазин предусматривает наличие производственных, служебных, вспомогательных и бытовых помещений. Холодильные, силовые и тепловые оборудования различного назначения размещены в торговом зале. Наиболее мощный приемник – холодильное оборудование 4 кВт. Самый маломощный – фасовка 0,2 кВт.

Потребители электроэнергии относятся к 2 категории надежности электроснабжения. По роду тока электроприёмники относятся к потребителям, работающим от сети переменного тока промышленной частоты (50 Гц). Количество рабочих смен – 2. Грунт в районе магазина – супесь. Климатические параметры Абакана находится в умеренном резко континентальном климате. Погода определяется воздействием Сибирского антициклона зимой, определяющим морозную и сухую погоду в холодный период, и воздушных масс из Атлантики, приносящих летом тепло и влагу. Каркас здания сооружен из блоков-секций, длиной 6 м каждый. Здание имеет площадь 713,2м². Высота потолков 3,5м.

Таблица 1 – Ведомость электрических нагрузок магазина

Наименования	Мощность ЭП, кВт
1	2
1 Реклама	1,0
2 Компьютер	0,45
3 Принтер	0,3
4 Факс	0,3
5 Кондиционер	1,3
6 Кофемашина	0,3
7 Чайник	0,3

Продолжение таблицы 1

2	3
8 Насос	0,5
9 Фасовка	0,2
11 Фасовка	0,2
12 Фасовка	0,35
13 Фасовка	0,45
14 Фасовка	0,2
15 Касса	0,45
16 Касса	0,3
17 Касса	0,45
18 Касса	0,45
19 Касса	0,3
20 Касса	0,3
21 Торговый зал (холодильник)	0,51
22 Торговый зал (холодильник)	0,51
23 Торговый зал (холодильник)	0,51
24 Торговый зал (холодильник)	0,51
25 Торговый зал (холодильник)	0,51
26 Ларь	0,5
27 Ларь	0,5
28 Весы	0,15
29 Весы	0,3
30 Весы	0,2
31 Касса	0,45
32 Касса	0,45
33 Касса	0,3
34 Касса	0,3
35 Гастроном (СВЧ печь)	1,0
36 Гастроном (Морозилка бытовая)	0,4
37 Гастроном (Блинница)	0,4
38 Гастроном (Сокоохладитель)	0,3
39 Гастроном (Кофе машина)	0,3
40 Гастроном (Соковыжималка)	0,2
41 Гастроном (Соковыжималка)	0,2
42 Гастроном (Миксер)	0,3
43 Гастроном (Термопод)	0,2
44 Гастроном (Термопод)	0,2
45 Гриль	3,5
46 Теплофон	1,0
47 Теплофон	1,0
48 Теплофон	1,0
49 Теплофон	1,0
50 Ц.касса	0,3
51 Ц.касса	0,45
52 Рабочее место	0,45

Окончание таблицы 1

1	2
53 Рабочее место	0,45
54 Сервер	2,0
55 МФУ видео	0,3
56 Столовая (Холодильник бытовой)	0,45
57 Столовая (Чайник)	0,45
58 Столовая (СВЧ печь)	1,0
59 Столовая (Телевизор)	0,3
60 Столовая (Морозилка бытовая)	0,4
61 Столовая (Соковыжималка)	0,4
62 Теплофон	1,0
63 Рукосушитель	1,5
64 Холодильное оборудование	3,5
65 Холодильное оборудование	3,5
66 Холодильное оборудование	3,5
67 Холодильное оборудование	3,5
68 Холодильное оборудование	3,5
69 Холодильное оборудование	2,5
70 Холодильное оборудование	4,0
71 Холодильное оборудование	4,0
72 Холодильное оборудование	4,0

Итого: количество потребителей 72, суммарная мощность потребителей составляет 66,25 кВт

2 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 и повышению производительности труда.

В работе предусматривается:

- 1) Рабочее освещение
- 2) Аварийное освещение
- 3) Эвакуационное освещение

2.1 Расчёт электрических нагрузок осветительной сети

Напряжение сети рабочего и аварийного освещения в здании – 380/220В. Осветительная сеть выполнена на напряжение 220В. В качестве источников света рассматриваем, в основном, светильники с люминесцентными лампами.

Выбор типов светильников выполнен в зависимости от назначения помещений, характеристики среды и высоты подвеса светильников.

Рассмотрим расчёт по рабочему освещению подвального помещения линии 1.1Р.

Расчётная мощность освещения определяется по формуле:

$$P_{\text{расч}} = N \cdot P \cdot K_{\text{пра}} \cdot K_{\text{с}} \quad (1)$$

где: N – количество ламп

P – мощность лампы

Произведём расчёт по линии 1.1Р

$$P_{\text{расч}} = 12 \cdot 32 \cdot 1,1 \cdot 1 = 422 \text{ Вт}$$

Общие показатели рабочего освещения.

ЩО-1, линия 1.2, представлена в таблице 1.

$$P_{\text{ном}}=0,86\text{кВт}$$

$$K_c=0,9$$

$$P_{\text{расч}}=0,77\text{Вт} \quad \cos\varphi = 0,92$$

$$I_{\text{расч}}=4,12\text{А}$$

Согласно [3] для провода ВВГнг-LS-(3x1.5) $I_{\text{доп}}$ равен 7А.

Представим расчеты осветительной сети в таблице 1.

Таблица 1 – Рабочее освещение подвального помещения

Наименование линии	$I_{\text{расч}}$ А	$P_{\text{ном}}$ кВт	Марка провода и наименование осветительного прибора	$I_{\text{доп}}$ А	Количество потребителей
1-1			резерв		
1-2	4,12	0,86	ВВГнгLS-(3x1.5)	7	18
1-3	3,92	0,82	ВВГнгLS-(3x1.5)	7	17
1-4	0,91	0,19	ВВГнгLS-(3x1.5)	7	4
1-5	0,91	0,19	ВВГнгLS-(3x1.5)	7	4
1-6	0,91	0,19	ВВГнгLS-(3x1.5)	7	4
1-7	1,2	0,25	ВВГнгLS-(3x1.5)	7	6
1-8	5,65	1,18	ВВГнгLS-(3x1.5)	7	20
1-9			резерв		
1-10	1,39	0,29	ВВГнгLS-(3x1.5)	7	6
1-11	2,01	0,42	ВВГнгLS-(3x1.5)	7	13
1-12			резерв		

Необходимо предусмотреть ремонтное освещение, которое выполним от сети рабочего напряжения, через понижающий трансформатор типа ЯТП-0,25. Ремонтное освещение предусматривается в местах, где требуется дополнительное освещение для выполнения ремонтных работ (электрощитовая, ИТП). Напряжение сети ремонтного освещения – 12 В.

Понизительные трансформаторы для подключения светильников ремонтного освещения принимаются в исполнении, отвечающем требованиям окружающей среды. В качестве дежурного освещения предусмотрим использование аварийного эвакуационного освещения.

Управление светильниками производится выключателями, установленными у входов со стороны дверной ручки. Выключатели устанавливаются на высоте 1,8м в остальных помещениях 0,8м. Высота потолков 3,5 м

Групповые сети электроосвещения выполнены кабелями ВВГнг и условие проектировки:

открытого в гофрированные труба по подвалу и тех.помещениям;

скрытый в электротехнической нише;

скрыто под штукатуркой;

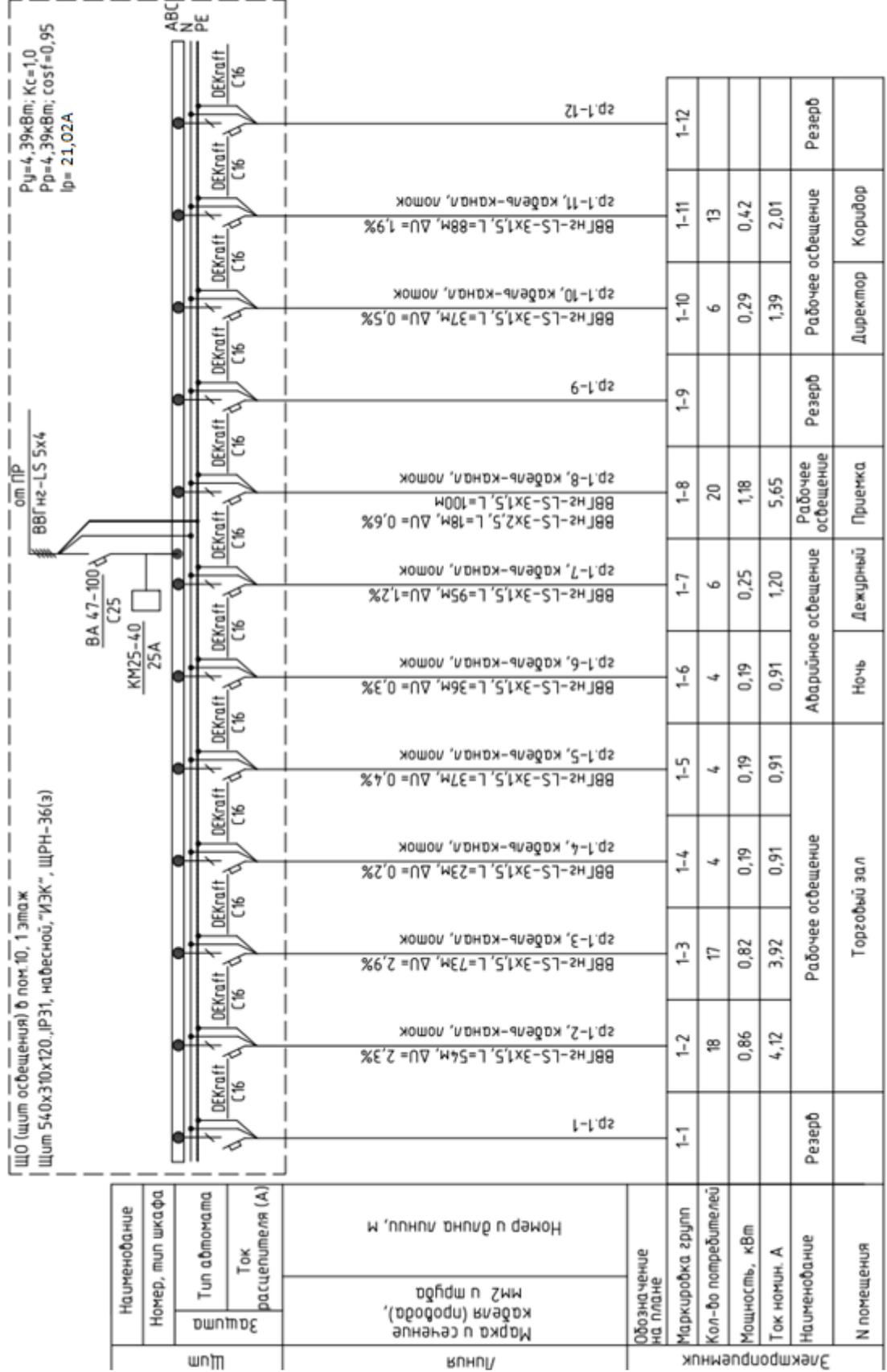
скрыто в пустотах плит перекрытия.

Кабель марки ВВГнг принят для электроснабжения аварийного освещения.

Выбор величины освещённости, качественных показателей освещения, типов светильников выполнен в соответствии с требованиями СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение. «Актуализированная редакция СНиП 23-05-952».

На рисунке 1 представим однолинейную схему ЩО-1.

3-50Г ц, 270/380В



Щит	Наименование	
	Номер, тип шкафа	Тип автомата
Щит	Защита	Ток расщепителя (А)
	Марка и сечение кабеля (провода), м2 и метра	Номер и длина линии, м

Электроприемник	Обозначение на плане	
	Маркировка групп	Кол-во потребителей
Мощность, кВт	0,86	18
Ток номин. А	4,12	
Наименование	Резерв	Резерв
	Рабочее освещение	Рабочее освещение
И помещения	Аварийное освещение	Аварийное освещение
	Ночь	Ночь
Дежурный	Дежурный	Дежурный
	Приемка	Приемка
Рабочее освещение	Рабочее освещение	Рабочее освещение
	Директор	Директор
Коридор	Коридор	Коридор
	Резерв	Резерв

Рисунок 1 – Однолинейная схема рабочего и аварийного освещения ЦО

2.2 Светотехническая система аварийного освещения

Аварийное освещение предназначено для безопасного завершения работы во время внезапного отключения сети рабочего освещения. Системы аварийного освещения следует устанавливать в помещениях производственного процесса, 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.

Аварийное освещение будет выполнено светильником аварийный марки Jetron JL 01-30LED.

Светильник Jetron JL 01-30LED предназначен для внутреннего использования: рабочая температура от 0° до +40°С. Для увеличения долговечности работы устройства производителем предусмотрена система защита аккумуляторной батареи от перезарядки и полной разрядки. Диапазон напряжения переменного тока, от которого производится зарядка батареи, достаточно широкий: 187-242 В. Количество светодиодов в данном светильнике 30 шт обеспечивающие световой поток 180Лм.

Для достижения минимальных затрат светильники аварийного освещения должны быть использованы в составе системы рабочего освещения.

Представим схематическое изображение линий аварийного и рабочего освещения по магазину. План расположения оборудования и прокладки трасс представлен на рисунке 2.

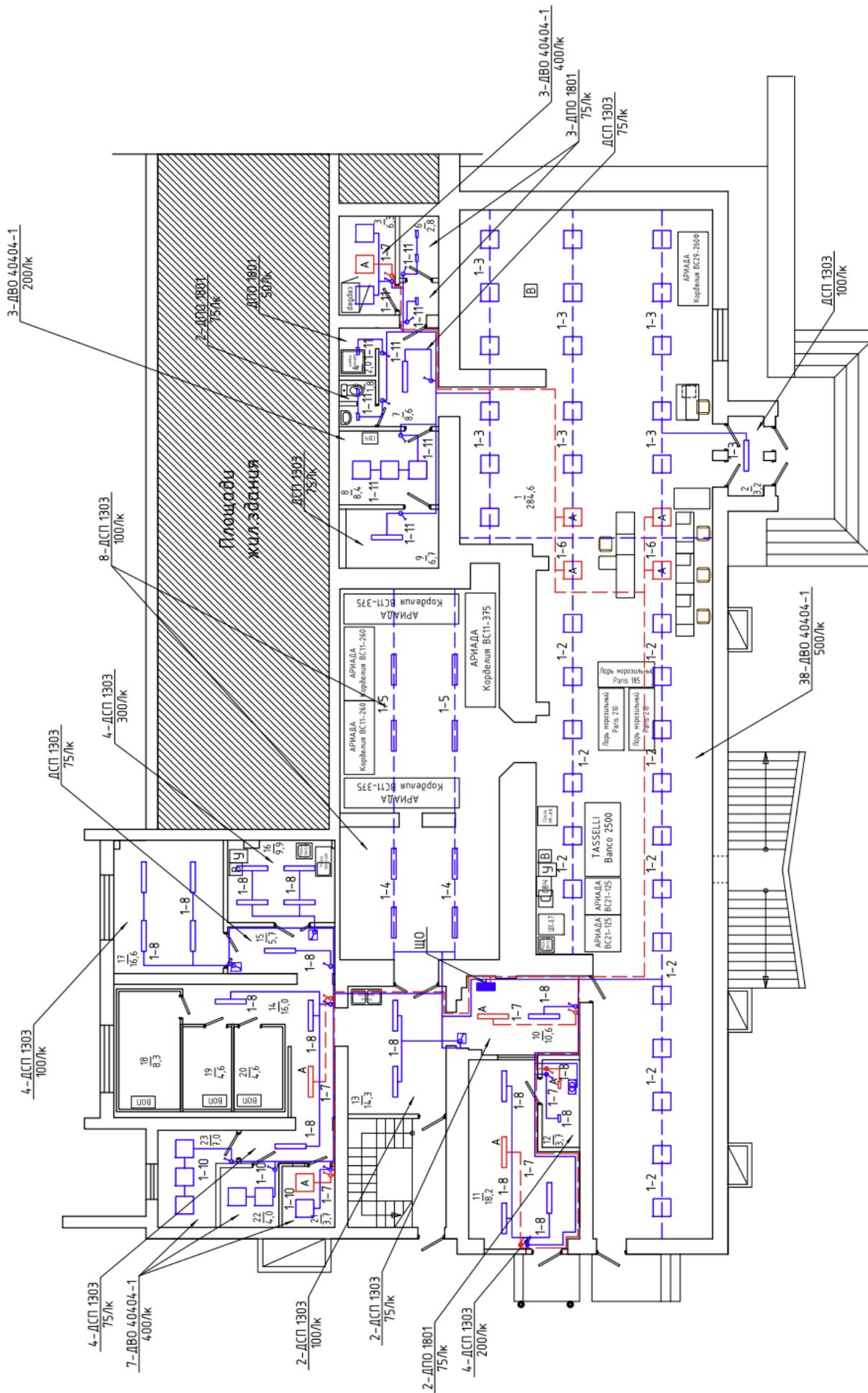


Рисунок 2 – План расположения оборудования и прокладки трасс. Сеть освещения

3 Расчет электрической нагрузки магазина

3.1 Расчет электрических нагрузок силовой сети

Питание электропотребителей в здании производим по системе TN-S с разделением PEN проводников на устройстве ввода, по 5-ти и 3-х проводным линиям.

Электропроводку выбираем с учетом ГОСТ Р505.71.15-97 ч.5 гл.52 и п.7.1.34 ПУЭ.

Линии выполнены кабелем ВВГнг

Способ прокладки кабеля:

- гофрированных трубках;
- в пластиковых кабель каналах;
- в плитах перекрытия;
- открыто в перфорированном лотке в пластиковых трубах под перекрытием

подвала.

При выборе необходимо учесть следующие условия:

$$I_{\text{доп}} \geq I_p \quad (2)$$

$$I_{\text{доп}} \geq K_{\text{зщ}} \cdot I_{\text{ном.а}}, \quad (3)$$

где $K_{\text{зщ}}$ – коэффициент защиты, а $I_{\text{ном}}$ - ток автомата, номинальный.

Питания ШС производится кабелем марки ВВГнг.

Результаты выбора кабелей сведены в таблицы: 2-4.

Для выбора произведём расчёт защитных аппаратов

$$P_p = P_{\text{ном}} \cdot \sqrt{\text{ПВ}}, \text{ кВт} \quad (4)$$

$$Q_p = P_p \cdot \text{tg}(\arccos(\varphi)), \text{ кВар} \quad (5)$$

Полную мощность находим из выражения:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \text{ кВА} \quad (6)$$

Для примера рассчитаем активную, реактивную и полную мощность для электроприемника запитанного по линии М-1 таблица 2.

Произведем расчет для рекламы в качестве примера:

$$P = 1,0 \text{ кВт}; \cos\varphi = 0,85; U = 220 \text{ В}; K_{\pi} = 1.$$

Полная мощность рекламы:

$$S = P / \cos\varphi, \text{ кВА.} \quad (7)$$

$$S = 1,0 / 0,85 = 1,17 \text{ кВА.}$$

$$I_p = P / (\cos\varphi U), \text{ А.} \quad (8)$$

$$I_p = 1,0 / (0,85 \cdot 220) \cdot 10^3 = 5,35 \text{ А.}$$

Пусковой ток кассовой линии:

$$I_{\pi} = I_p \cdot K_{\pi}, \text{ А,} \quad (9)$$

$$I_{\pi} = 5,35 \cdot 1 = 5,35 \text{ А.}$$

Аналогично для трехфазного электроприемника (линия М-2 ЩС пом.10)

$$P = 20,1 \text{ кВт}; \cos\varphi = 0,85; U = 380 \text{ В}; K_{\pi} = 0,6.$$

$$S = P / \cos\varphi, \text{ кВА.}$$

$$S = 20,1 / 0,85 = 23,65 \text{ кВА.}$$

$$I_p = P / (\sqrt{3} \cos\varphi U), \text{ А.}$$

$$I_p = 20,1 / (\sqrt{3} \cdot 0,85 \cdot 380) \cdot 10^3 = 35,9 \text{ А. } I_{\pi}$$

$$= I_p = 35,9 \text{ А.}$$

Расчёты мощности по остальным электроприёмникам представим в таблицах 2.

Таблица 2 – Расчёт силовой нагрузки ШР

Распр. устр-во	№ линии	R _{ном} , кВт	I _{расч} , А	ЭП	Марка провода	Потери ΔU, %	Длина, м / кол-во потреб., шт
1	2	3	4	5	6	7	8
ПР	М-1	1,0	5,35	Реклама	ВВГ нГ-LS-5x4	0,1	6
	М-2	20,1	35,9	ЩС пом.10	ВВГ нГ-LS-5x10	0,3	10
	М-3	32	57,2	ЩС хол.	ВВГ нГ-LS-5x16	0,4	15
	М-4	4,39	7,85	ЩО пом.10	ВВГ нГ-LS-5x4	0,1	10
	М-5	32	57,2	ЩВ пом.10	ВВГ нГ-LS-5x16	0,1	5

Продолжение Таблицы 2

ЩС	С-1			резерв			
	С-2			резерв			
	С-3			резерв			
	С-4	2,95	15,8	Розеточная сеть, директор	ВВГ нГ-LS-3х2,5	3,3	37/6
	С-5			резерв			
	С-6			резерв			
	С-7			резерв			
	С-8	0,5	2,67	Розеточная сеть, насос	ВВГ нГ-LS-3х2,5	0,5	30/1
	С-9	1,6	8,56	Розеточная сеть, фасовка	ВВГ нГ-LS-3х2,5	1,2	25/6
	С-10	2,25	12	Розеточная сеть, кассы	ВВГ нГ-LS-3х2,5	2,6	38/6
	С-11	2,55	13,6	Розеточная сеть, торговый зал	ВВГ нГ-LS-3х2,5	2,9	39/5
	С-12	1	5,35	Розеточная сеть, ларь	ВВГ нГ-LS-3х2,5	1,3	43/2
	С-13	0,65	3,48	Розеточная сеть, торговый зал	ВВГ нГ-LS-3х2,5	0,8	43/3
	С-14	1,5	8,02	Розеточная сеть, кассы	ВВГ нГ-LS-3х2,5	1,7	38/4
	С-15	3,5	18,7	Розеточная сеть, кассы	ВВГ нГ-LS-3х2,5	2,1	20/10
	С-16	3,5	18,7	Розеточная сеть, кассы	ВВГ нГ-LS-3х2,5	2,3	22/1
	С-17	2	10,7	Розеточная сеть, кассы	ВВГ нГ-LS-3х2,5	1,8	30/2
	С-18	2	10,7	Розеточная сеть, кассы	ВВГ нГ-LS-3х2,5	2,2	37/2
	С-19			резерв			
	С-20	0,75	4,01	Розеточная сеть, Ц.касса	ВВГ нГ-LS-3х2,5	0,5	23/2
	С-21	3,2	17,1	Розеточная сеть, сервер	ВВГ нГ-LS-3х2,5	4,8	51/4
	С-22	3	16	Розеточная сеть, столовая	ВВГ нГ-LS-3х2,5	4,7	52/6
	С-23	1	5,35	Розеточная сеть, теплофон	ВВГ нГ-LS-3х2,5	1,1	37/1
	С-24	1,5	8,02	Розеточная сеть, рукосушитель	ВВГ нГ-LS-3х2,5	2,3	51/1

План расположения оборудования и прокладки трасс, силовая сеть представлены на листе №1 графической части работы и на рисунке 3.

Щит ЩС. Схема электрическая принципиальная представлена на листе №3 графической части работы и на рисунке 4.

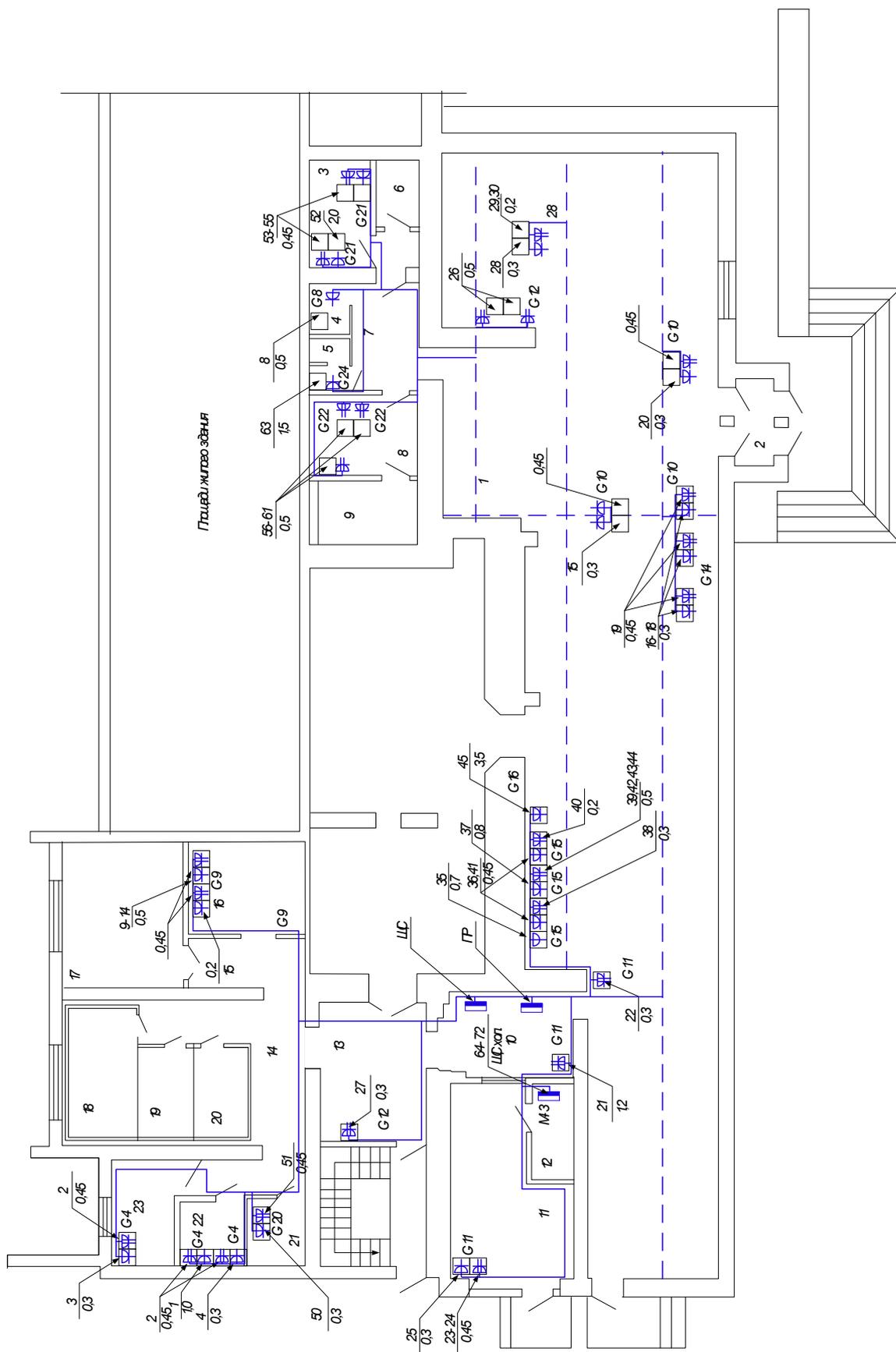


Рисунок 3 – План расположения оборудования и прокладки трасс. Силовая сеть

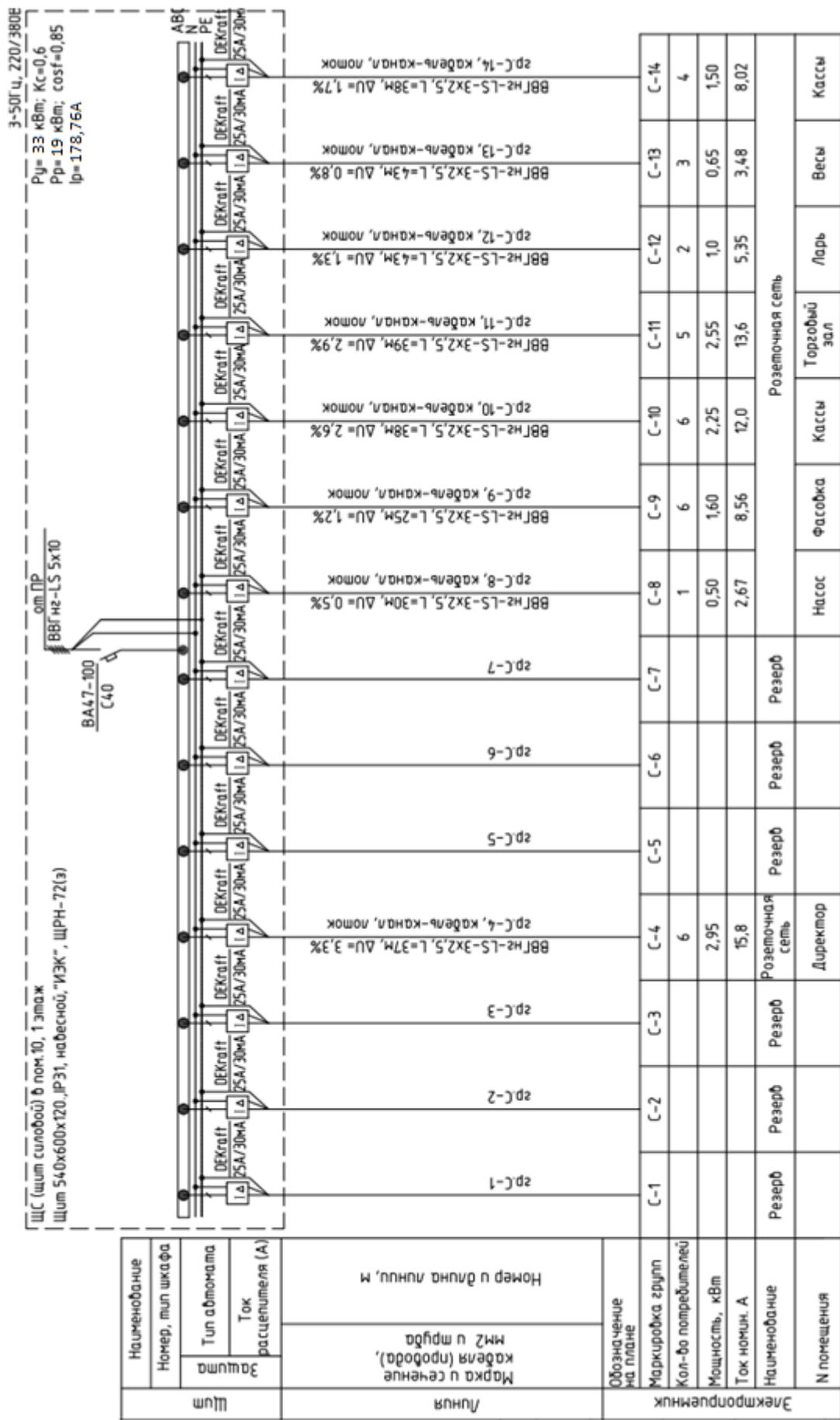
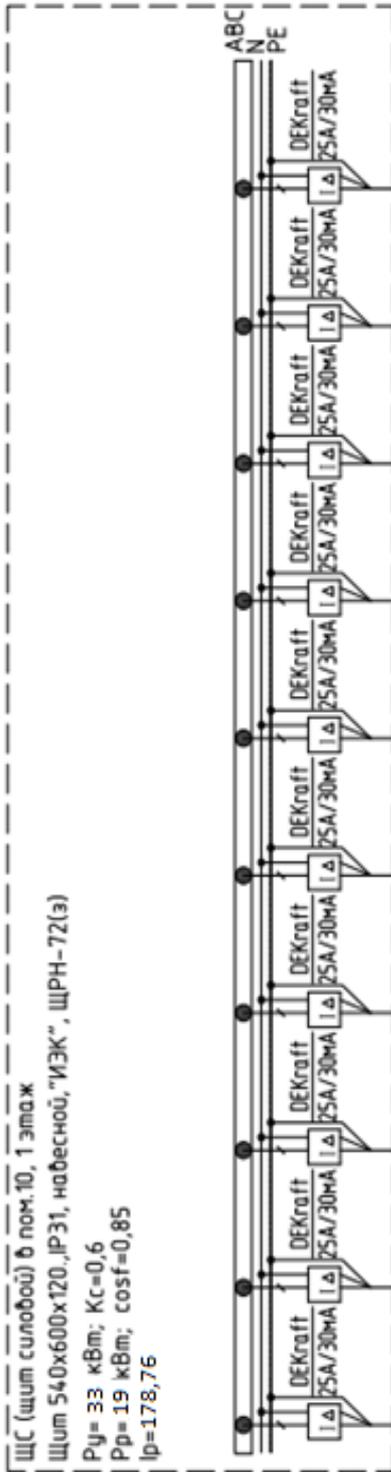


Рисунок 4 – Однолинейная схема силовой сети ЩС. Часть 1



Щит	Наименование		Линия
	Номер, тип шкафа	Тип автомата	
Щит	Защита	Ток	Марка и сечение кабеля (провода), мм ² и жила
		расцепителя (А)	
Электроприемник			
Обозначение на плане			
Маркировка групп	10	С-15	С-15
Кол-во потребителей	3,50	С-16	С-16
Мощность, кВт	18,7	С-17	С-17
Ток номин. А	18,7	С-18	С-18
Наименование	Розеточная сеть		
N помещения	Гastronom	Гриль	Теплофоны
	Резерв	Ц. касса	Сервер
		Столбовая	Телефон
	Розеточная сеть	Ручкоуши-тель	

Рисунок 5 – Однолинейная схема силовой сети ЩС. Часть 2

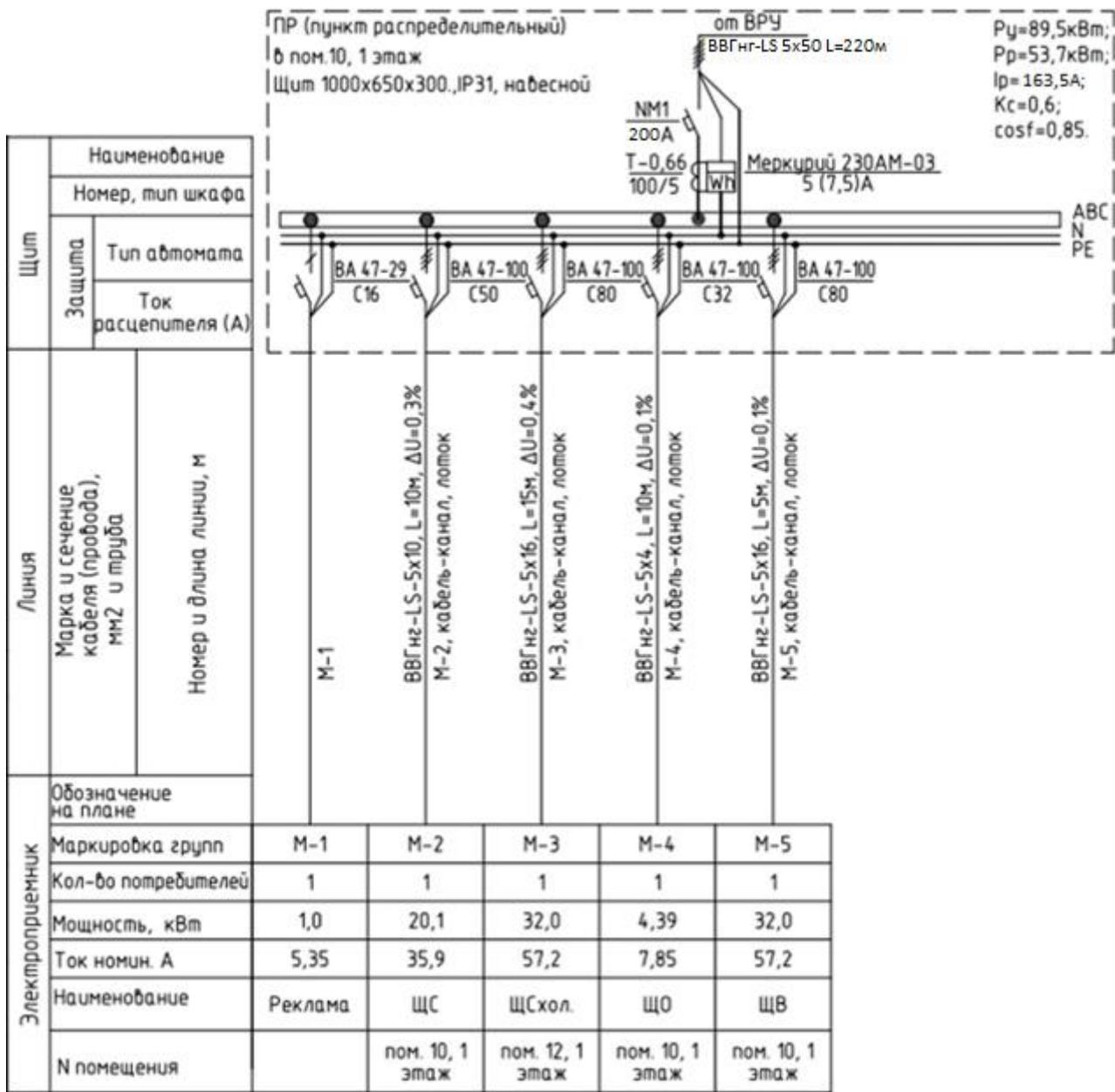


Рисунок 6 - Схема электрическая принципиальная щита ПР.

3.2 Выбор коммутационных защитных аппаратов

В линиях, питающих электрооборудование, выбираем автоматы, с номинальным током срабатывания.

При выборе автомата необходимо учитывать условия защиты линии от перегрузки.

Выбор автоматических выключателей производим по таким условиям как:

$$U_a \geq U_{\text{ном.сети}}, \text{ - номинальное напряжение} \quad (10)$$

U_a – номинальное напряжение автомата, В.

- номинальный ток (установка теплового расцепителя), А.

$$I_{\text{ном.а}} \geq 1,25 \cdot I_p \quad (11)$$

$I_{\text{ном.а}}$ – номинальный ток автомата, А.

- номинальный ток электромагнитного расцепителя:

$$I_{\text{ном.то}} \geq 1,2 \cdot I_{\text{пуск}}, \quad (12)$$

$I_{\text{ном.то}}$ – номинальный ток срабатывания токовой отсечки, А.

$$I_{\text{ном.то}} = K_y \cdot I_{\text{ном.а}}, \quad (13)$$

где K_y – кратность установки, принимаемая для автоматов серии DEKraft.

Для выполнения условий принимаем кратность не менее 5-7 равную кратности пуска электроприёмника.

Результаты расчета приведём в таблице 10.

Таблица 10 – Выбор автоматов для ШРВ

Распределительное устройство	$I_{\text{расч}}, \text{ А}$	$I_{\text{ном расц А}}$	Аппарат, отходящий линии (ввода): обозначение, тип.	Название электроприёмника
ПР щит 220/380В	163,5	200	NM1	Вывод от ВРУ
	5,35	16	ВА47-29, 3Р, С	Реклама, М-1
	35,9	50	ВА47-100, 3Р, С	ЩС, Пом.10, М-2
	57,2	80	ВА47-100, 3Р, С	ЩС хол., пом.12, М-3
	7,85	32	ВА47-100, 3Р, С	ЩО, пом.10., М-4
	57,2	80	ВА47-100, 3Р, С	ЩВ, пом 10, М-5

Аналогично выбираем автоматы для ЩС.

Таблица 11 – Выбор автоматов для ЩС

Распределительное устройство	I _{расч} , А	I _{ном} расц А	Аппарат, отходящий линии (ввода): обозначение, тип.	Название ЭП
1	2	3	4	5
<u>ЩС</u> 220/380В	-	-	DEKraft	Резерв, С-1
	-	-	DEKraft	Резерв, С-2
	-	-	DEKraft	Резерв, С-3
	15,8	25	DEKraft	Розеточная сеть (РС), директор, С-4
	-		DEKraft	Резерв, С-5
	-		DEKraft	Резерв, С-6
	-		DEKraft	Резерв, С-7
	2,67	25	DEKraft	РС Насос, С-8
	8,56	25	DEKraft	РС Фасовка, С-9
	12	25	DEKraft	РС Кассы, С-10
	13,6	25	DEKraft	РС Торговый зал, С-11
	5,35	25	DEKraft	РС Ларь, С-12
	3,48	25	DEKraft	РС Весы, С-13
	8,02	25	DEKraft	РС Кассы, С-14
	18,7	25	DEKraft	РС Гастроном, С-15
	18,7	25	DEKraft	РС Гриль, С-16
	10,7	25	DEKraft	РС Теплофоны, С-17
	10,7	25	DEKraft	РС Теплофоны, С-18
	-		DEKraft	РС Резерв, С-19
	4,01	25	DEKraft	РС Ц.касса, С-20
17,1	25	DEKraft	РС Сервер, С-20	
16	25	DEKraft	РС Столовая, С-20	
5,35	25	DEKraft	РС Теплофон, С-20	
8,02	25	DEKraft	РС Рукосушитель, С-20	

Аналогично выполняем выбор автоматов для ЩО

Таблица 11 – Выбор автоматов для ЩО

Распределительное устройство	$I_{расч}, A$	$I_{ном расч}, A$	Аппарат, отходящий линии (ввода): обозначение, тип.	Название ЭП
1	2	3	4	5
ЩО 220/380В	-	-	DEKraft	Резерв, 1-1
	4,12	16	DEKraft	Рабочее освещение (РО), торговый зал, 1-2
	3,92	16	DEKraft	РО, 1-3
	0,91	16	DEKraft	РО, 1-4
	0,91	16	DEKraft	РО, 1-5
	0,91	16	DEKraft	Аварийное освещение, (АО), Ночь 1-6
	1,2	16	DEKraft	АО, Дежурный, 1-7
	5,65	16	DEKraft	РО, Приемка, С-8
	-	16	DEKraft	Резерв, 1-9
	1,39	16	DEKraft	РО Директор, 1-10
	2,01	16	DEKraft	РО Коридор, 1-11
	-		DEKraft	Резерв, 1-12

3.3 Расчет токов короткого замыкания

Расчет токов короткого замыкания произведём относительно ф9 ТП-21-07-15.

При напряжении до 1 кВ любое сопротивление оказывает влияние на ток короткого замыкания. Учитывать надо все сопротивления цепи, как индуктивные, так и активные.

При расчете токов короткого замыкания в сетях надо учитывать сопротивление следующим образом: 15 мОм – для первых ШС и на контактах аппаратов, питаемых линиями от главных магистралей; 20 мОм – для остальных ШС и на зажимах аппаратов, питаемых от первых ШС.

Сопротивления линии от ф9 ТП-21-07-15 до ВУ:

$$X_{л} = X_{о} \cdot \ell_{л} \quad (14)$$

$$X_{л} = 0,0596 \cdot 0,103 = 6,1 \text{ мОм}$$

$$R_{л} = R_{0} \cdot \ell_{л} \quad (15)$$

$$R_{л} = 0,326 \cdot 0,103 = 34,5 \text{ мОм}$$

Сопротивления линии от ВУ до РУ(ПР8501-006):

$$X_{л} = 0,0596 \cdot 0,01 = 0,59 \text{ мОм}$$

$$R_{л} = 0,326 \cdot 0,01 = 3,26 \text{ мОм}$$

Суммарное активное сопротивление, кроме сопротивлений элементов системы электроснабжения высшего напряжения и трансформатора, должно учитывать переходные сопротивления контактов. Для этой цели в расчет вводим добавочное сопротивление, которое на шинах подстанции составляет 15 мОм:

$$Z_{\Sigma} = R_{\Sigma} + jX_{\Sigma} \quad (16)$$

$$R_{\Sigma} = 34,5 + 3,26 + 15 = 41 \text{ мОм}$$

$$X_{\Sigma} = 6,1 + 0,59 = 6,69 \text{ нОм}$$

$$Z_{\Sigma} = \sqrt{41^2 + 6,69^2} = 41,5 \text{ мОм}$$

$$I_{кз} = \frac{U_{ср.ном}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{X_{\Sigma кз}^2 + R_{\Sigma кз}^2}} \quad (17)$$

$$I_{кз} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 41,5} = 5,7 \text{ кА}$$

Для выключателей типа ВА величина $I_{откл} = 6 \text{ кА}$

Условия проверки выключателей токами короткого замыкания

$$I_{откл.} \geq I_{к.з.}$$

$$6 \text{ кА} > 5,7 \text{ кА}$$

3.4 Выбор ВРУ и вводного автомата

ВРУ выбирается по числу отходящих линий и номинальному току. Для магазина выбран в качестве ВРУ шкаф ВРУ-8504 и вводной автомат типа ВА88-35Р 3Р на номинальный ток 200 А.

Ток срабатывания автоматический выключателя должен быть согласован с максимально допустимым длительным током линии при выполнении условия:

По нагреву длительный расчетный током:

$$I_p \leq K_{с.н} \cdot I_{доп} , \quad (18)$$

где I_p - расчетный ток линии, А;

$I_{доп}$ - длительно допустимый ток проводника, А;

$K_{с.н.}$ - прокладочный коэффициент на условия прокладки кабеля который равен 0,95 [7, УП].

$$163,5 \leq 0,95 \cdot 225 \text{ А};$$

$$163,5 \leq 213,75 \text{ А}.$$

Соответствия выбранному защитному устройству:

$$K_{с.н} \cdot I_{доп} \geq K_{защ} \cdot I_z , \quad (19)$$

где I_z - параметр защитного устройства, А;

$K_{защ}$ - коэффициент защиты, который равен 1, представляющий собой отношения длительного тока для провода или кабеля к параметру защитного устройства:

$$0,95 \cdot 225 \text{ А} \geq 1 \cdot 200 \text{ А}, 213,75 \text{ А} \geq 200 \text{ А}$$

3.5 Проверка оборудования по токам короткого замыкания

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 :

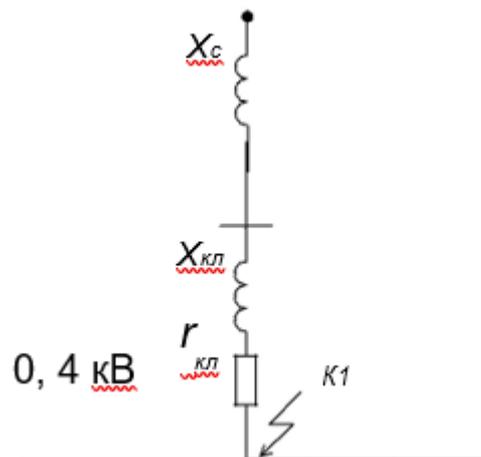


Рисунок 7 - Схема замещения тока короткого замыкания ВР

На шинах низкого напряжения трансформаторной подстанции ток короткого замыкания равен 8,1 кА. Тогда сопротивление внешней сети, включающей в себя результирующее сопротивление сети 10 кВт сопротивления трансформатора находится по формуле:

$$X_{\text{вн}} = \frac{U_{\text{л}}}{\sqrt{3} \cdot I_{\text{к.з.нн}}}, \quad (20)$$

где U - среднее номинальное напряжения 400 В.

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

$$X_{\text{вн}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 8,1} = 28,54 \text{ мОм}$$

Для кабеля ВВГнг-LS 5x50 протяженностью $L_{\text{кл1}}=220$ м по справочным данным были определены удельные активное и реактивное сопротивления:

Активное сопротивления: $R_{\text{уд.кл1}}=0,37$ мОм/м

Реактивно сопротивления: $X_{\text{уд.кл1}}=0,063$ мОм/м

$$R_{\text{л1}}= R_{\text{уд.кл1}} \cdot L_{\text{кл1}} , \text{ мОм} \quad (21)$$

$$X_{\text{л1}}= X_{\text{уд.кл1}} \cdot L_{\text{кл1}} , \text{ мОм} \quad (22)$$

$$X_{\text{л1}}= 0,063 \cdot 220=13,9 \text{ мОм}$$

Рассчитаем сопротивление и ток к.з. в точке К1 на вводе низкого напряжения подстанции:

$$X_{\Sigma}= X_{\text{л1}} + X_{\text{вн}} , \text{ мОм} \quad (23)$$

$$X_{\Sigma}= 13,9 + 28,54=42,44 \text{ мОм.}$$

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

$$R_{\Sigma} = R_{\text{доб}} + R_{\text{л1}}, \quad (24)$$

$$R_{\Sigma} = 15 + 81,4 = 96,4 \text{ мОм.}$$

Ток КЗ точке К1:

$$I_{\text{К1}} = \frac{U_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{X_{\Sigma}^2 + R_{\Sigma}^2}}, \quad (25)$$

$$I_{\text{К1}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{42,44^2 + 96,4^2}} = 2,19 \text{ кА.}$$

Расчет токов к.з. ниже 1000 В, как правило, вводится в именованных единицах. Особенностью расчетов к.з. в сетях ниже 1000 В является тот факт, что необходимо учитывать сопротивления дуги и трансформатора тока. На автоматах для этой цели вводится дополнительное сопротивление, величина которого зависит от возникновения к.з.

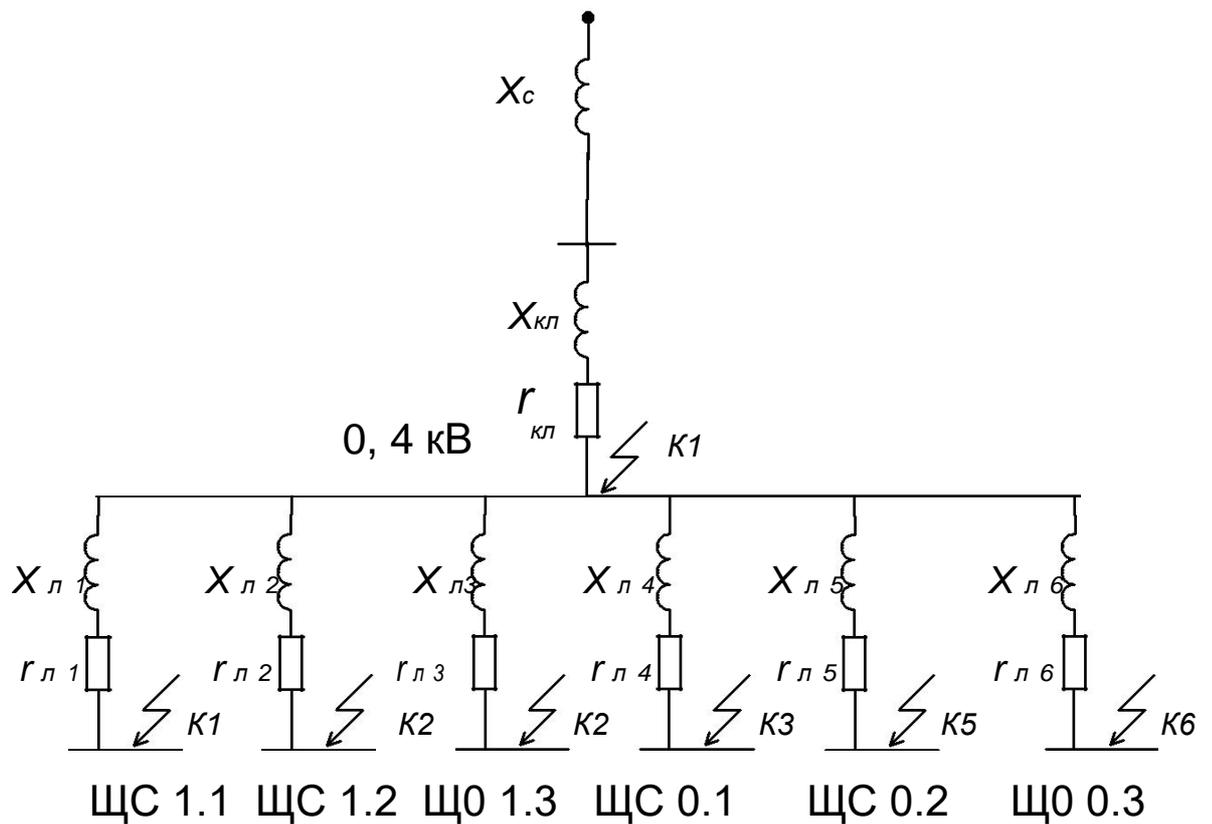


Рисунок 8 - Схема замещения тока трехфазного к.з.

Расчет тока трехфазного к.з. для точки K1:

Для кабеля ВВГнг-LS 5x4 протяженностью $L_{к\lambda 1}=18\text{м}$ по справочным данным были определены удельные активное и реактивное сопротивления:

Активное сопротивление: $R_{уд.к\lambda}=1,84\text{ мОм/м}$

Реактивно сопротивление: $X_{уд.к\lambda}=0,073\text{ мОм/м}$

$$R_{л}=R_{уд.к\lambda} \cdot L_{к\lambda}, \text{ мОм} \quad (26)$$

$$R_{л}=1,84 \cdot 18=33,12\text{ мОм}$$

$$X_{л}=X_{уд.к\lambda} \cdot L_{к\lambda}, \text{ мОм} \quad (27)$$

$$X_{л}=0,073 \cdot 18=1,314\text{ мОм}$$

Рассчитаем сопротивление и ток кз в точке K1:

$$X_{\Sigma}=X_{л} + X_{л1}+X_{вн} \quad (28)$$

$$X_{\Sigma}=1,314 + 18,7+28,54=48,554 \text{ мОм}$$

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

$$R_{\Sigma}=R_{\text{доб}} + R_{\text{л1}}+R_{\text{л}}, \text{ мОм} \quad (29)$$

$$R_{\Sigma}=20 + 81,4+33,12=134,52 \text{ мОм}$$

Ток трехфазного КЗ

$$I_{\text{К-1}} = \frac{U_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{X_{\Sigma}^2 + R_{\Sigma}^2}}, \quad (30)$$

$$I_{\text{К-1}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{49,554^2 + 134,52^2}} = 1,61 \text{ кА} \quad (31)$$

Аналогичные расчеты производим и для остальных точек к.з, полученные результаты расчетов сведем в таблицу 12

Таблица 12 – Трехфазный ток КЗ

точка КЗ	$X_{\text{внеш}}, \text{ мОм}$	$R_{\text{л1}}, \text{ мОм}$	$X_{\text{л1}}$	$X_{\text{уд.кл}}$	$R_{\text{уд.кл}}$	$L_{\text{кл}}, \text{ м}$	$R_{\text{л}}, \text{ мОм}$	$X_{\text{л}}, \text{ мОм}$	$R_{\text{доб}}, \text{ мОм}$	$R_{\text{сумм}}, \text{ мОм}$	$X_{\text{сум}}, \text{ мОм}$	$I_{\text{к.з.}}, \text{ кА}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
К1	28,54	81,4	18,7	0,073	1,84	18	33,12	1,314	20	134,52	49,554	1,610
К2	28,54	81,4	18,7	0,126	12,3	16	196,8	2,016	20	298,20	49,256	0,727
К3	28,54	81,4	18,7	0,126	12,3	12	147,6	1,512	20	249,00	48,752	0,866
К4	28,54	81,4	18,7	0,126	12,3	16	196,8	2,016	20	298,20	49,256	0,727
К5	28,54	81,4	18,7	0,091	0,74	38	28,12	3,458	20	129,52	50,698	1,579
К6	28,54	81,4	18,7	0,126	12,3	12	147,6	1,512	20	249,00	48,752	0,866

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

$$I_{\text{к.з.}} \leq I_{\text{о.с.}} \quad (32)$$

где - $I_{0.c}$ - предельная отключаемая способность.

Таблица 13 – Проверка автоматических выключателей на отключающую способность

№	точка к.з.	И _{к.з.} ,кА	Тип выключателя	Предельная отключающая способность,кА	И _{к.з.} ≤ I _{0.c}
1	2	3	4	5	6
Щит № 1.1	K1	1,534	ВА57Ф35 34	10	проходит
Щит № 1.2	K2	0,727	ВА57Ф35 34	10	проходит
Щит № 0.1	K3	0,866	ВА57Ф35 34	10	проходит
Щит №1.3	K4	0,727	ВА57Ф35 34	10	проходит
Щит №0.2	K5	1,579	ВА57Ф35 84	10	проходит
Щит №0.3	K6	0,866	ВА57Ф35 34	10	проходит

Автоматические выключатели по проверки на отключаемую способность проходят.

Для правильного выбора параметров релейной защиты и автоматики в системе электроснабжения наряду с токами трехфазных КЗ необходимо знать токи несимметричных КЗ – в нашем случае однофазное 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:

$$I_{к.з.} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_T}{3} + Z_n},$$

(33)

где U_{ϕ} - фазное напряжения сети;

Питание дома производится от трансформаторной подстанции, на которой установлено два трансформатора ТМЗ-630/10

$Z_T/3$ - сопротивления силового трансформатора при однофазном замыкании на корпус (принимается $Z_T = 10,6$ мОм при мощности трансформатора 630 кВА с обмотками Δ/Y_{H-11}).

Полное сопротивление петли: фазный - нулевой провод:

$$Z_{\phi-0} = \sqrt{(R_{\text{дуг.}} + R_{\text{Т.Т.}} + R_a + R_{\phi} + R_H + R_{\phi 1} + R_{\phi 2} + R_{H2})^2 + (X_{\text{ВН}} + X_{\text{Т.Т.}} + X_a + X_{\text{э'0}} + X_{\text{кл}} + X_{\text{кл1}} + X_{\text{кл2}})^2} \quad (34)$$

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
 $R_{\text{ТТ}} = 0,00015$ Ом; $X_{\text{ТТ}} = 0,00021$ Ом;

$X_{\text{ВН}}$ - сопротивления внешней сети трансформатора; $R_{\text{дуг}}$ - сопротивление дуги в точке КЗ;

- внешнее индуктивное сопротивление петли фаза-нуль, принимается равным 0,6 мОм/км;

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

Полное сопротивление петли: фазный - нулевой провод

$$Z_{\phi-0} = \sqrt{(30 + 0,15 + 0,4 + 81,4 + 81,4 + 33,12 + 33,12 + 392,2 + 392,2)^2 + (28,54 + 0,21 + 0,99 + 132 + 18,7 + 1,78 + 6,15)^2} = 1060,85, \text{ мОм}$$

Определим ток однофазного КЗ для силового щита № 1.1 линии 1:

$$I_{\text{к.з.}} = \frac{220}{\frac{10,6}{3} + 1060,85} = 206,7, \text{ А}$$

Расчет однофазных коротких замыканий у остальных электроприемников производится аналогичным образом, а расчет сведен в таблицу 14.

Таблица 14 –Расчет тока однофазного КЗ

точка к.з.	Xвн	Zгрз	Rдуг.	Rт.т.	Rа	Xт.т.	Xа	Xэ'0	Xкл	Rф	Rн	Xкл1	Rф1	Rн1	Xкл2	Rф2	Rн2	Zп	Ikз
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Щит №1.1																			
линия 1	28,54	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	132,00	18,70	81,40	81,40	1,78	33,12	33,12	6,15	392,2	392,20	1060,85	206,7
линия 2	28,54	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	132,00	18,70	81,40	81,40	1,78	33,12	33,12	6,15	392,2	392,20	1060,85	206,7
линия 3	28,54	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	132,00	18,70	81,40	81,40	1,78	33,12	33,12	6,15	392,2	392,20	1060,85	206,7
линия 4	28,54	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	132,00	18,70	81,40	81,40	1,78	33,12	33,12	6,15	392,2	392,20	1060,85	206,7
линия 5	28,54	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	132,00	18,70	81,40	81,40	1,78	33,12	33,12	6,15	392,2	392,20	1060,85	206,7
линия 6	28,54	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	132,00	18,70	81,40	81,40	1,78	33,12	33,12	651,90	6,678	6,68	877,64	249,7
Щит №1.2																			
линия 1	28,54	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	132,00	18,70	81,40	81,40	2,02	196,80	196,80	6,80	664,2	664,20	1924,68	114,1
линия 2	28,54	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	132,00	18,70	81,40	81,40	2,02	196,80	196,80	6,80	664,2	664,20	1924,68	114,1
линия 3	28,54	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	132,00	18,70	81,40	81,40	2,02	196,80	196,80	6,80	664,2	664,20	1924,68	114,1
линия 4	28,54	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	132,00	18,70	81,40	81,40	2,02	196,80	196,80	6,80	664,2	664,20	1924,68	114,1
Щит №0.1																			
линия 1	28,54	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	132,00	18,70	81,40	81,40	1,39	135,30	135,30	7,56	738	738,00	1949,17	112,7
линия 2	28,54	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	132,00	18,70	81,40	81,40	1,39	135,30	135,30	7,56	738	738,00	1949,17	112,7
линия 3	28,54	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	132,00	18,70	81,40	81,40	1,39	135,30	135,30	7,56	738	738,00	1949,17	112,7
линия 4	28,54	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	132,00	18,70	81,40	81,40	1,39	135,30	135,30	7,56	738	738,00	1949,17	112,7
линия 5	28,54	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	132,00	18,70	81,40	81,40	1,39	135,30	135,30	7,56	738	738,00	1949,17	112,7
линия 6	28,54	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	132,00	18,70	81,40	81,40	1,39	135,30	135,30	7,56	738	738,00	1949,17	112,7
Щит №1.3																			
линия 1	28,54	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	132,00	18,70	81,40	81,40	2,02	196,80	196,80	7,56	738	738,00	2071,68	106,0
линия 2	28,54	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	132,00	18,70	81,40	81,40	2,02	196,80	196,80	7,56	738	738,00	2071,68	106,0
линия 3	28,54	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	132,00	18,70	81,40	81,40	2,02	196,80	196,80	7,56	738	738,00	2071,68	106,0
линия 4	28,54	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	132,00	18,70	81,40	81,40	2,02	196,80	196,80	7,56	738	738,00	2071,68	106,0

Продолжение таблицы 14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Щит №0.2																			
линия 1	28,54	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	132,00	18,70	81,40	81,40	1,46	11,84	11,84	147,60	1,512	1,51	396,22	550,3
линия 2	28,54	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	132,00	18,70	81,40	81,40	1,46	11,84	11,84	147,60	1,512	1,51	396,22	550,3
линия 3	28,54	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	132,00	18,70	81,40	81,40	1,46	11,84	11,84	147,60	1,512	1,51	396,22	550,3
линия 4	28,54	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	132,00	18,70	81,40	81,40	1,46	11,84	11,84	147,60	1,512	1,51	396,22	550,3
линия 5	28,54	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	132,00	18,70	81,40	81,40	1,46	11,84	11,84	147,60	1,512	1,51	396,22	550,3
линия 6	28,54	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	132,00	18,70	81,40	81,40	1,46	11,84	11,84	147,60	1,512	1,51	396,22	550,3
линия 7	28,54	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	132,00	18,70	81,40	81,40	1,46	11,84	11,84	147,60	1,512	1,51	396,22	550,3
линия 8	28,54	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	132,00	18,70	81,40	81,40	1,46	11,84	11,84	147,60	1,512	1,51	396,22	550,3
линия 9	28,54	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	132,00	18,70	81,40	81,40	1,46	11,84	11,84	147,60	1,512	1,51	396,22	550,3
линия 10	28,54	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	132,00	18,70	81,40	81,40	1,46	11,84	11,84	147,60	1,512	1,51	396,22	550,3
линия 11	28,54	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	132,00	18,70	81,40	81,40	1,46	11,84	11,84	147,60	1,512	1,51	396,22	550,3
линия 12	28,54	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	132,00	18,70	81,40	81,40	1,46	11,84	11,84	147,60	1,512	1,51	396,22	550,3
линия 13	28,54	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	132,00	18,70	81,40	81,40	1,46	11,84	11,84	147,60	1,512	1,51	396,22	550,3
линия 14	28,54	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	132,00	18,70	81,40	81,40	1,46	11,84	11,84	147,60	1,512	1,51	396,22	550,3
линия 15	28,54	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	132,00	18,70	81,40	81,40	1,46	11,84	11,84	147,60	1,512	1,51	396,22	550,3
Щит №0.3																			
линия 1	28,54	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	132,00	18,70	81,40	81,40	1,39	135,30	135,30	6,30	615	615,00	1704,36	128,8
линия 2	28,54	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	132,00	18,70	81,40	81,40	1,39	135,30	135,30	6,30	615	615,00	1704,36	128,8
линия 3	28,54	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	132,00	18,70	81,40	81,40	1,39	135,30	135,30	6,30	615	615,00	1704,36	128,8
линия 4	28,54	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	132,00	18,70	81,40	81,40	1,39	135,30	135,30	6,30	615	615,00	1704,36	128,8
линия 5	28,54	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	132,00	18,70	81,40	81,40	1,39	135,30	135,30	6,30	615	615,00	1704,36	128,8
линия 6	28,54	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	132,00	18,70	81,40	81,40	1,39	135,30	135,30	6,30	615	615,00	1704,36	128,8
линия 7	28,54	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	132,00	18,70	81,40	81,40	1,39	135,30	135,30	6,30	615	615,00	1704,36	128,8
линия 8	28,54	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	132,00	18,70	81,40	81,40	1,39	135,30	135,30	6,30	615	615,00	1704,36	128,8

Окончание таблицы 14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
линия 9	28,5	3,6	30	0,15	0,4	0,2	0,99	132	18,7	81,4	81,4	1,4	135	135	6,3	615	615	1704	128,8

Проверка на чувствительность к токам однофазного КЗ проверяется по условию для автоматических выключателей с обратной зависимой от тока характеристикой

$$I = I_{н.расц} \cdot I_k \geq 3 \cdot I_{н. расц} \quad (35)$$

Проверка выполнена в таблице 14, где определен коэффициент чувствительности равный отношению тока однофазного КЗ к номинальному току расцепителя.

3.6 Расчет потерь напряжения и анализ качества напряжения силовой сети

Для расчёта выберем группу С-17 в которую входят два теплофона мощностью по 1кВт каждый.

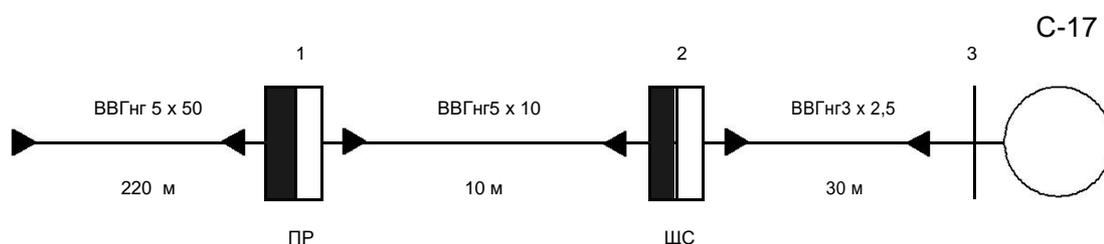


Рисунок 9 – Схема замещения для группы С-17

Падение напряжения в кабеле :

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_p \cdot L(r_{кл} \cdot \cos\varphi + X_{кл} \cdot \sin\varphi) \quad (36)$$

Тогда напряжение в конце участка будет:

$$U_{кон} = U_{нач} - \Delta U, \% \quad (37)$$

Проверку анализа качества напряжения в силовой сети сведем в таблицы 15, 16.

Таблица 15 – Характеристика потребителя

Группа	Потребитель	Кол	$\sum P, \text{кВт}$	$I_{расч}, \text{А}$
С-17	Телефон $P_{ном}=1\text{кВт}$	2	2	10,7

Таблица 16 – Проверка анализа качества напряжения

№ участка	Марка и сечение провода	L	$\Delta U, \text{В}$	$\Delta U, \%$	V, %
Участок 0-1	ВВГнг-LS 5x50	220	22,2	5,5	-0,58
Участок 1-2	ВВГнг-LS 5x10	10	1,14	0,3	-0,87
Участок 2-3	ВВГнг-LS 3x2,5	30	3,96	1,8	-2,5

По данным таблицы 16 построим эпюру отклонения напряжения для группы потребителей С-17

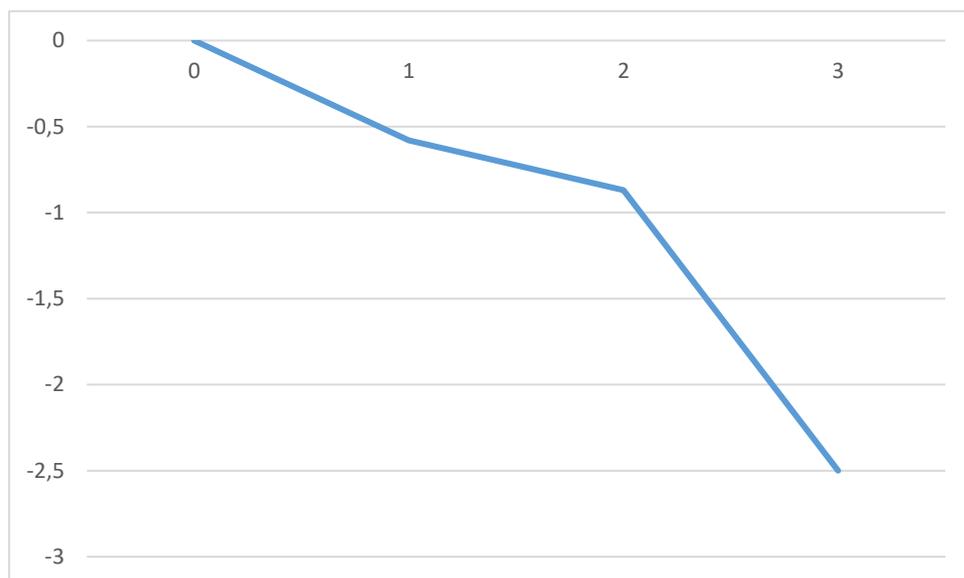


Рисунок 10 – Эпюра отклонения напряжения электроприемника С-17

Для расчёта выберем группу С-16, в которой мощность потребителя 3,5 кВт.

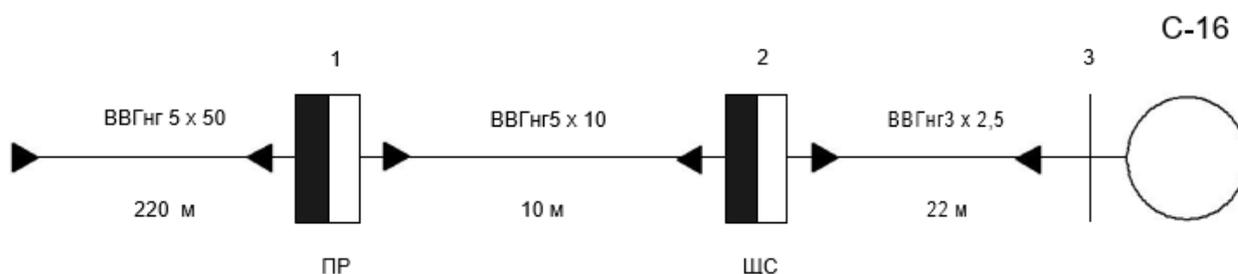


Рисунок 11 – Схема замещения для группы С -16

Таблица 17 – Характеристика потребителя

Группа	Потребитель	Кол	$\Sigma P, \text{кВт}$	$I_{\text{расч}}, \text{А}$
С-16	Гриль $P_{\text{ном}}=3,5 \text{ кВт}$	1	3,5	18,7

Таблица 18 – Проверка анализа качества напряжения

№ участка	Марка и сечение провода	L	$\Delta U, \text{В}$	$\Delta U, \%$	$VU, \%$
Участок 0-1	ВВГнг-LS 5х50	220	22,2	5,5	-0,58
Участок 1-2	ВВГнг-LS 5х10	10	1,14	0,3	-0,87
Участок 2-3	ВВГнг-LS 3х2,5	22	5,06	2,3	-3,2

По данным таблицы 18 построим эпюру отклонения напряжения

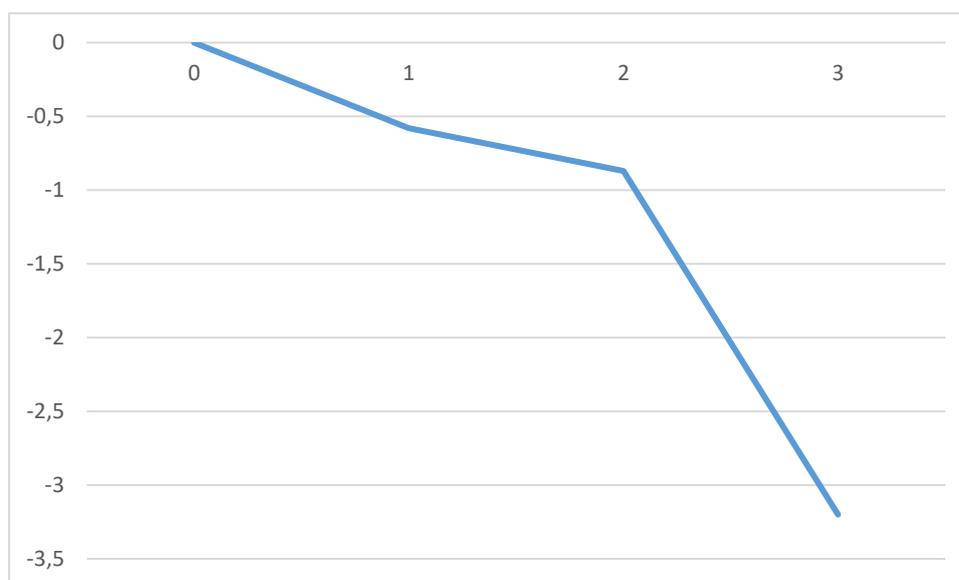


Рисунок 12 – Эпюра отклонения напряжения электроприемника С-16

Выполним расчёт потерь напряжения в осветительной сети определив потери напряжения, максимально допустимые потери напряжения в осветительной сети составляют: 2,5%, следовательно, суммарные потери напряжения на всех участках осветительной сети не должны превысить это значение.

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:

$$\Delta U = \frac{M}{K_c \cdot S} \quad (38)$$

где M - момент нагрузки;

K_c - коэффициент, зависящий от конфигурации сети и материала проводника,
 $K_c = 72$;

S - сечения проводника.

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

Произведем расчет освещения в линии от ПР до щита освещения.

Момент нагрузки равен:

$$M = L \cdot P_{p.o.} \quad (39)$$

где L – расстояния от ЩО до электриемника;

$P_{p.o.}$ - расчетная нагрузка освещения.

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

Потери напряжения в кабели питающем ЩО:

$$\Delta U_{\text{ЩО}} = \frac{43,9}{72 \cdot 4} = 0,15\%$$

Распределение разводки осветительной сети по фазам выглядит следующим образом: ЩО

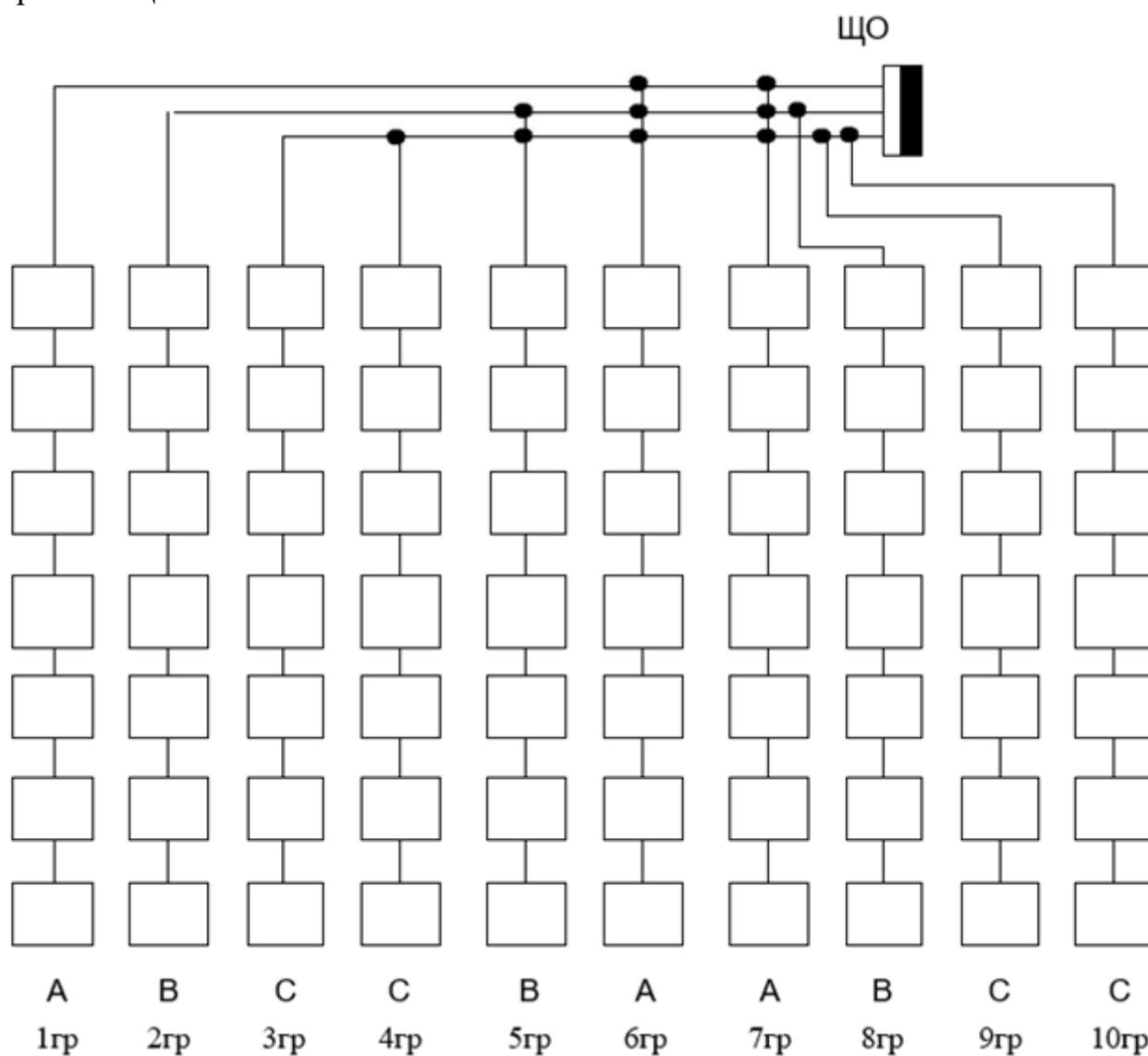


Рисунок 13 – План разводки осветительной сети ЩО

Расчет ΔU , равен:

$$\Delta U = \frac{M_{ГР}}{S \cdot K_C} \quad (40)$$

где K_C - коэффициент, зависящий от схемы питания и материала проводника,

$K_C = 72$;

S - сечение провода.

Определяем моменты нагрузки:

$$M_P = P_L \cdot N_{Л.р.} \cdot \left(l_1 + \frac{l_2}{2} \right) \quad (41)$$

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

P_L - мощность одного светильника;

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

L_2 - длина участка линии от осветительного щитка до последнего светильника.

Проверка отклонения напряжения удовлетворения требованиям за пределы:

$$\Delta U_{ЩО} + \Delta U_{ГР} < U_{доп.пр.} \quad (42)$$

$$U_{доп.пр.} = 2,5\%$$

где $U_{доп.пр.}$ - предельно допустимые потери напряжение в групповой осветительной сети

Определяем суммарные моменты нагрузки:

$$M_{ГР1} = M_{P1} + M_{P6} + M_{P7} \quad (43)$$

Определяем моменты нагрузки для фазы А:

$$M_{P1} = 0,035 \cdot 7 \cdot \left(32 + \frac{54}{2}\right) = 14,4 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$M_{P6} = 0,035 \cdot 7 \cdot \left(17 + \frac{41}{2}\right) = 9,2 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$M_{P7} = 0,035 \cdot 7 \cdot \left(13 + \frac{35}{2}\right) = 14,4 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$M_{\text{грА}} = 14,4 + 7,8 + 14,4 = 29,6 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$\Delta U_{\text{гр}} = \frac{29,6}{1,5 \cdot 72} = 0,27\%$$

$$0,15 + 0,27 < 2,5\%$$

$$0,42 < 2,5\% \text{ проходит}$$

Определяем моменты нагрузки для фазы В:

$$M_{P2} = 0,035 \cdot 7 \cdot \left(29 + \frac{51}{2}\right) = 13,3 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$M_{P5} = 0,035 \cdot 6 \cdot \left(20 + \frac{42}{2}\right) = 8,6 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$M_{P8} = 0,035 \cdot 6 \cdot \left(14 + \frac{32}{2}\right) = 6,3 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$M_{\text{грВ}} = 13,3 + 8,6 + 6,3 = 28,2 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$\Delta U_{\text{гр}} = \frac{28,2}{1,5 \cdot 72} = 0,26\%$$

$$0,15 + 0,26 < 2,5\%$$

Определяем моменты нагрузки для фазы С

$$M_{P3} = 0,035 \cdot 7 \cdot \left(19 + \frac{48}{2}\right) = 12,2 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$M_{P4} = 0,035 \cdot 7 \cdot \left(23 + \frac{45}{2}\right) = 11,1 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$M_{P9} = 0,035 \cdot 7 \cdot \left(16 + \frac{34}{2}\right) = 8,1 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$M_{P10} = 0.035 \cdot 7 \cdot \left(19 + \frac{37}{2}\right) = 7,8 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$M_{\text{ГрС}} = 12,2 + 11,1 + 8,1 + 9,1 = 40,5 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$\Delta U_{\text{Гр}} = \frac{40,5}{1,5 \cdot 72} = 0,37\%$$

$$0,15 + 0,37 < 3,98\%$$

$$0,52 < 2,5\% \text{ проходит}$$

Кабель сечением $1,5 \text{ мм}^2$ не выходит за пределы 2,5%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом данной бакалаврской работы является система электроснабжения магазина Абакан, ул. Пушкина, д. 44. Система электроснабжения проектировалась с учетом современных требований к системам, таким как надежность, экономичность, безопасность для человека и окружающей среды.

Было рассчитано:

- электрическая нагрузка ЭП в целом по зданию,
- рассчитаны электрические нагрузки по уровням электроснабжения.

Были выбраны кабельные линии, ВРУ и вводного автомата, распределительные пункты, сечений проводов и кабельных линий и параметры коммутационно – защитных аппаратов.

Выбранное электротехническое оборудование проверено на действие токов короткого замыкания.

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

Анализ качества напряжения у характерных электроприемников, проведенный для различных режимов работы, показал, что отклонения напряжения лежат в допустимых пределах.

В результате разработки ВКР в основной части проведён расчёт системы электроснабжения объекта 0,4 кВ.

В итоге была спроектирована система электроснабжения магазина по адресу: г. Абакан, ул. Пушкина, д.44, с учетом современных требований к системам, таким как надежность, экономичность, безопасность для человека и окружающей среды. Обосновано питающее напряжение 10 кВ и 0,4 кВ, рассчитаны электрические нагрузки по уровням электроснабжения. Выбранное электротехническое оборудование проверено на действие токов короткого замыкания и на термическую стойкость.

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. Татарин, 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 17677-82. Светильники. Общие технические условия. Режим доступа: <http://files.stroyinf.ru/Data1/10/10583/>
11. ГОСТ 28249-93 «Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1кВ». Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200004630>
12. 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>
13. ГОСТ 6825 -91 «Лампы люминесцентные трубчатые для общего освещения». Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200005327>
14. ГОСТ Р 51541-2014 Энергосбережение. Энергетическая эффективность. Состав показателей. Общие положения. Режим доступа: http://gostisnip.ru/dokumenty/gosty/energoberezhnie/gost_r_51541-99/
15. 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.
16. Кнорринг, Г.М. Справочная книга для проектирования электрического освещения:/ под ред. Г.М. Кнорринга.- М: Энергия, 2002. -384 с.: ил.
17. 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.
18. 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/
19. 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.
20. 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>.

21. 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
22. 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.
23. СП 31-110-2003 Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий. – Взамен ВСН 59-88; введ. 26.10.2003.
24. 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.
25. Шеховцов, В. П. Расчет и проектирование схем электроснабжения: методическое пособие для курсового проектирования. / В. П. Шеховцов. – М.: ФОРУМ: - ИНФРА – М, 2010 – 214 с.: 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

Зав. кафедрой

А.С. Торопов
подпись, инициалы, фамилия

«21» 06 2024г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
код - наименование направления

Электроснабжение магазина по адресу: г. Абакан,
ул. Пушкина, д. 44
тема

Руководитель Н.В. Дулесова 2024г. доцент каф. ЭМиАТ, к.э.н. Н.В. Дулесова
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник В.В. Трофимов 2024г. В.В. Трофимов
подпись, дата инициалы, фамилия

Нормоконтролер И.А. Кычакова 2024г. И.А. Кычакова
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Абакан 2024