

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

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

«Электроэнергетика»  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ Г. Н. Чистяков  
подпись, инициалы, фамилия  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021г.

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»  
код - наименование направления

Реконструкция системы электроснабжения детского сада  
г. Черногорска ул. Чайковского, 12  
тема

Руководитель \_\_\_\_\_ доцент кафедры ЭЭ, к.э.н. Н.В.Дулесова  
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник \_\_\_\_\_ Н.С.Моргунов  
подпись дата инициалы, фамилия

Нормоконтролер \_\_\_\_\_ И.А.Кычакова  
подпись, дата инициалы, фамилия

Абакан 2021

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

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

«Электроэнергетика»  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ Г.Н. Чистяков  
подпись, инициалы, фамилия  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021г.

**ЗАДАНИЕ  
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ  
в форме бакалаврской работы**

Студенту Моргунову Никите Сергеевичу

(фамилия, имя, отчество)

Группа ХЭн17-01 (17-1) Направление (специальность) 13.03.02  
номер код

«Электроэнергетика и электротехника»

наименование

Тема выпускной квалификационной работы Реконструкция системы электроснабжения детского сада г. Черногорска ул. Чайковского, 12

Утверждена приказом по университету №243 от 23.04.2021г.

Руководитель ВКР: Дулесова Наталья Валериевна, доцент кафедры «Электроэнергетика», кандидат экономических наук

(инициалы, фамилия, должность и место работы)

Исходные данные для ВКР Генеральный план, ведомость электроприемников, генеральный план территории детского сада

Перечень разделов ВКР:

- 1 Теоретическая часть;
- 2 Аналитическая часть;
- 3 Практическая часть. Расчет внутренней сети электроснабжения;
  - 3.1 Разбиение электроприемников на группы и расчет нагрузок щитов силовых;
  - 3.2 Светотехнический расчет системы освещения;
  - 3.3 Электротехнический расчет системы освещения;
  - 3.4 Проектирование схемы электроснабжения детского сада. Определение расчетных электрических нагрузок и токов для выбора параметров защитных аппаратов и токоведущих элементов;
  - 3.5 Проверка по допустимым потерям напряжения;
  - 3.6 Расчет токов короткого замыкания и проверка основного оборудования сети;

Перечень графического материала:

1. План электроснабжения детского сада с разводкой силовой сети после реконструкции;
2. План электроснабжения детского сада с разводкой осветительной сети после реконструкции;
3. Однолинейная принципиальная схема электроснабжения детского сада.

Руководитель ВКР

\_\_\_\_\_

подпись

Н.В.Дулесова

инициалы, фамилия

Задание принял к исполнению

\_\_\_\_\_

подпись

Н.С.Моргунов

инициалы, фамилия

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Реконструкция системы электроснабжения детского сада г. Черногорска ул. Чайковского, 12» содержит 52 страницы текстового документа, 25 использованных источников, 3 листа графического материала.

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ, ОБОРУДОВАНИЕ, КАЧЕСТВО, ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ, НАДЕЖНОСТЬ, ЭКОНОМИЧНОСТЬ, ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ.

Объектом исследования является – система электроснабжения детского сада г. Черногорска, ул. Чайковского, 12.

Предмет исследования – средства, технологии и системы обеспечения электроэнергией потребителей детского сада г. Черногорска, ул. Чайковского, 12.

Цель – реконструкция электроснабжения детского сада г. Черногорска, ул. Чайковского, 12 с учетом требований, предъявляемых к электроснабжению потребителей первой и второй категории.

К задачам реконструкции электрической сети относятся:

- определение расчётных электрических нагрузок;
- выбор схемы распределения электроэнергии;
- расчёт токов короткого замыкания;
- выбор основного оборудования, а также его проверка по условиям короткого замыкания;
- определение оптимальной марки и сечения проводов и кабелей;
- проверка сечений по условиям допустимой токовой нагрузки;
- составление технико-экономического расчета для двух вариантов canalization электроэнергии;
- экономический эффект.

Научная новизна и практическая значимость исследования обусловлена тем, что теоретические и практические рекомендации могут быть использованы специалистами подрядных организаций при строительстве и реконструкции сетей объекта.

## THE ABSTRACT

The final qualifying work on the topic "Reconstruction of the power supply system of the kindergarten of Chernogorsk, Tchaikovsky str., 12" contains 52 pages of a text document, 25 used sources, 3 sheets of graphic material.

POWER SUPPLY, EQUIPMENT, QUALITY, ELECTRICITY, RELIABILITY, EFFICIENCY, ENERGY SAVING, ENERGY EFFICIENCY.

The object of the study is the power supply system of a kindergarten in Chernogorsk, Tchaikovsky str., 12.

The subject of the study is the means, technologies and systems for providing electricity to consumers of a kindergarten in Chernogorsk, Tchaikovsky str., 12.

The goal is to design the power supply system of a kindergarten in Chernogorsk, 12 Tchaikovsky Street, taking into account the requirements for the power supply of consumers of the second category.

The tasks of designing an electrical network include:

- determining the calculated electrical loads;
- selection of the electricity distribution scheme;
- calculation of short-circuit currents;
- selection of the main equipment, as well as its check for short-circuit conditions;
- determination of the optimal brand and cross-section of wires and cables;
- checking the cross sections according to the conditions of the permissible current load;
- preparation of a technical and economic calculation for two variants of electricity sewerage;
- economic effect.

The scientific novelty and practical significance of the study is due to the fact that theoretical and practical recommendations can be used by specialists of contracting organizations during the construction and reconstruction of the facility's networks.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	7
1 Теоретическая часть.....	8
1.1 Нормативные требования к реконструкции систем электроснабжения детского сада.....	8
2 Аналитическая часть.....	10
2.1 Анализ предоставленных данных.....	10
2.2 Обоснование реконструкции объекта.....	13
3 Практическая часть. Расчет внутренней сети электроснабжения .....	14
3.1 Разбиение электроприемников на группы и расчет нагрузок щитов силовых .....	14
3.2 Светотехнический расчет системы освещения.....	21
3.2.1 Светотехнический расчет системы рабочего освещения.....	21
3.2.2 Светотехнический расчет системы аварийного освещения.....	24
3.3 Электротехнический расчет системы освещения.....	25
3.4 Проектирование схемы электроснабжения детского сада. Определение расчетных электрических нагрузок и токов для выбора параметров защитных аппаратов и токоведущих элементов .....	28
3.4.1 Выбор сечений проводов и кабелей.....	28
3.4.2 Выбор коммутационных аппаратов.....	31
3.4.3 Выбор щитов силовых.....	34
3.5 Проверка по допустимым потерям напряжения.....	34
3.6 Расчет токов короткого замыкания и проверка основного оборудования сети .....	37
3.6.1 Расчет токов трехфазного КЗ сети 0,4 кВ. Проверка коммутационных аппаратов по отключающей способности.....	37
3.6.2 Расчет токов однофазного КЗ сети 0,4 кВ. Проверка коммутационных аппаратов по чувствительности.....	40
Заключение.....	49
Список использованных источников.....	50

## ВВЕДЕНИЕ

Энергосистема – объединение тепловых и электрических сетей, потребителей, электростанций, которые связаны общими режимами распределения, производства и потребления тепла и электрической энергии. Часть энергосистемы, которая состоит из электрических сетей (преобразовательные подстанции, линии электропередачи) электростанций и потребителей, в совокупности образует электрическую систему.

Перед обслуживающими и эксплуатирующими организациями электрической системы есть главная цель, чтобы потребители получали бесперебойное электроснабжение с условием, чтобы электроэнергия была качественной.

Одной из задач, непосредственно связанных с энергоснабжением потребителей, является качественное и бесперебойное снабжение потребителей электроэнергией. Ее решением может послужить проектирование новых линий электропередач и понижающих подстанций у потребителей.

В условиях бурного развития электроники и новейших технологий неизбежен рост потребления электроэнергии, не только имеющимся в настоящее время крупными промышленными центрами и предприятиями практически любых отраслей, но прогнозируемыми и организуемыми мелкими фирмами, организациями, а также бытовыми потребителями.

Исходя из вышесказанного, актуальной остается проблема реконструкции схем электроснабжения небольших районов и потребителей с относительно малыми нагрузками.

Электроснабжение общественных зданий должно быть выполнено согласно требованиям ПУЭ [16], СП31-110–2003, СП 42.13330 «СНИП 2.07.01-89» и других нормативных документов. По классификации ПУЭ [16] это, как правило, потребители I и II категорий надежности.

## **1 Теоретическая часть**

### **1.1 Нормативные требования к реконструкции систем электроснабжения детского сада**

Правила устройства электроустановок ПУЭ [16] делят потребителей электричества на три категории.

Согласно нормативным документам, электропотребители детского сада относятся ко II категории электроснабжения по ПУЭ, а ряд электроприемников и вовсе к I категории. К потребителям I категории детского образовательного учреждения относятся электроприемники систем защиты от пожара, сигнализации загазованности, охранной сигнализации.

Остальные электропотребители детского сада относятся ко второй категории, для которой допустимы перерывы на необходимое время с помощью резервного ввода. Работы выполняют бригады квалифицированных электриков, выезжающие на объект по вызову заказчика, или дежурный электрик.

Электроснабжение потребителей должно быть постоянным. Источник электроэнергии для обеих категорий – две системы питания, являющиеся резервами между собой. В электропитании потребителей не предусмотрено, поэтому обязательно применяется встроенный аккумуляторный блок или АВР. Устройства запускают автоматическое переключение для восстановления электропитания или используют переносные дизель электростанции.

#### **Монтаж электросетей для детского сада**

Для распределительных сетей наружного освещения на территории детского сада, электроснабжения 0,4 кВ используются кабельные линии, отличающиеся большей безопасностью, надежностью эксплуатации, чем воздушные.

Внутреннюю систему электроснабжения выполняем из материалов, которые:



- не горят в групповой прокладке;
- не выделяют активных опасных веществ при горении, тлении;
- имеют низкую токсичность при горении;
- отличаются пониженным газо- и дымовыделением.

Система пожаро-защиты должна подключаться электропроводами, способными сохранять работоспособность при пожаре. Этому требованию соответствуют далеко не все российские и импортные кабельно-проводниковые товары.

При установке электрооборудования в здании детского сада крайне важно обеспечить его недоступность для детей. Помещения дошкольного учреждения, в которых постоянно проводятся занятия, оснащаются розетками, расположенными на высоте 1,8 м над уровнем пола.

Осветительные приборы в помещениях с постоянным пребыванием детей оснащаются защитной арматурой для рассеивания света. Помещения пищеблока (кухни), прачечной, бытовки обустраиваются светильниками с защитой от пыли, влаги.

Уровень освещенности нормирован специальными регламентами. Для групп, игровых комнат нормальный уровень освещенности на полу составляет от 400 Лк, медкабинета, раздевалки – от 300 Лк, изолятора, приемной – от 200 Лк, спален – не ниже 100 Лк. Электроосвещение предусматривает рабочее и аварийное освещение. На случай аварии разрабатывается резервное и эвакуационное освещение.

Предусматривается ряд защитных мер на случай выхода из строя системы.

Реконструкция системы электроснабжения детского сада безусловно необходима, поскольку существующая разводка силовой и осветительной сети морально и физически устарела, не соответствует требованиям пожаробезопасности и действующим нормативным документам.

## 2 Аналитическая часть

### 2.1 Анализ предоставленных данных

По условиям данных на выпускную квалификационную работу, необходимо рассмотреть реконструкцию системы электроснабжения детского сада г. Черногорска, ул. Чайковского, 12.

Исходные данные для учреждения представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Ведомость электрических нагрузок

Наименование	U <sub>ном</sub> , В	Мощность ЭП, кВт
1	2	3
Весы	220	0,2
Горячий стол	220	0,5
Кофе машина	220	0,3
Соковыжималка	220	0,2
Соковыжималка	220	0,2
Миксер	220	0,3
Печь ITRIZZA ML 44	380	12
Фритюрница AIRHOT EF4	220	2
СВЧ печь	220	3
Гриль	220	1,8
Посудомоечная машина бытовая	220	2
Посудомоечная машина бытовая	220	2
Сокоохладитель	220	0,2
Мармит	220	0,4
Мармит	220	0,4
Морозилка бытовая	220	0,6
Морозилка бытовая	220	0,6
Блинница	220	3
Стол горячий	220	0,3
СВЧ печь	220	1,5
Шкаф холодильный	220	1,4
Пароконвектомат	380	10
Сковорода	380	12
Плита	380	16,4
Шкаф холодильный	220	0,5
Плита	220	4
Мясорубка	220	1,44

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3
Весы	220	0,2
Шкаф холодильный	220	1
Весы	220	0,2
Гриль	380	22,5
Весы	220	0,2
Весы	220	0,2
Горячий стол	220	0,5
Горячий стол	220	0,5
Горячий стол	220	0,5
Аквариум	220	2
Льдогенератор	220	0,65
Весы	220	0,2
Горячий стол	220	0,5
Горячий стол	220	0,5
Шкаф холодильный	220	1
Шкаф холодильный	220	1
Весы	220	0,2
Весы	220	0,2
Весы	220	0,2
Кассовая линия, компьютер	220	1
компьютер	220	1
Рабочее место, компьютер, МФУ	220	1
Весы	220	0,2
Термоупаковщик	220	0,5
Весы	220	0,2
Термоупаковщик	220	0,5
Термоупаковщик	220	0,5
Рабочее место, компьютер	220	1
Рабочее место, компьютер	220	1
Рабочее место, компьютер	220	1
Завеса тепловая верт. ТЕПЛОМАШ	380	24
Завеса тепловая верт. ТЕПЛОМАШ	380	24
Сухародробилка	220	0,75
Шкаф холодильный	220	1,4
Чайник	220	1,5
Холодильник бытовой	220	0,7
СВЧ	220	1,2
Рабочее место, компьютер, МФУ	220	1
Рабочее место, компьютер, МФУ	220	1
Рабочее место, компьютер, МФУ	220	1

## Окончание таблицы 2.1

1	2	3
Печь конвекционная	380	16
Печь конвекционная	380	16
Печь ротационная Revent	380	54,6
Шкаф расстоечный	220	4,5
Миксер	220	0,4
Бойлер	220	2,5
Весы	220	0,2
Весы платформа	220	0,2
Шкаф холодильный	220	0,7
Мукопросеиватель	220	1,1
Весы	220	0,2
Термоупаковщик	220	0,5
Хлеборезка	220	0,5
Тестомес	380	10,5
Тестомялка	220	1,1
Бойлер	220	2,5

В дальнейших расчетах нагрузку до 400 Вт объединяем в розеточные группы.

На листе №1 графической части выпускной квалификационной работы представлен план электроснабжения детского сада г. Черногорска, ул. Чайковского, 12, после реконструкции системы электроснабжения, на котором обозначено расположение ряда силовых электроприемников, схема электроснабжения силовых электроприемников и розеточных групп, расположение щитов силовых ЩС-1, ЩС-2, ЩС-3, ЩС-4, ЩС, розеток в помещениях.

Силовая нагрузка разбита по группам, на листе №3 графической части выпускной квалификационной работы представлены розеточные группы, к которым подключены электроприемники детского сада после реконструкции.

## 2.2 Обоснованием реконструкции объекта

Реконструкция – это сложный процесс принятия изменения решений по составу электрооборудования и его размещению, схемам электрических соединений, связанных с производством расчётов, пространственной компоновкой, оптимизацией фрагментов и объекта в целом. Этот процесс требует системного подхода при изучении объекта реконструкции, а также использование результатов новейших достижений науки техники, и передового опыта проектных работ, строительного-монтажных и эксплуатационных организаций.

Процесс реконструкции систем электроснабжения детского сада, заключается в составлении описаний, предназначенных для распределения электроэнергии. Эти описания составляют совокупность документов, необходимых для создания новой системы электроснабжения.

Экономическое обоснование реконструкции объекта содержит определение проектных технико-экономических показателей, капитальных затрат на реконструкцию системы электроснабжения детского сада, расчёт ежегодных эксплуатационных расходов, связанных с обслуживанием и ремонтом электрических сетей, обеспечивающих распределение электрической энергии.

### 3 Практическая часть. Расчет внутренней сети электроснабжения.

#### 3.1 Разбиение электроприемников на группы и расчет нагрузок щитов силовых

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:

$$P_{\text{рас}} = K_c \cdot P_{\Sigma \text{уст}} \quad (3.1)$$

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

Расчет электроснабжения для щита № 1 линии 2:

Горячий стол :  $P_1=500$  Вт ;  $K_c=0,8$ ;  $\cos\varphi =0,65$ ;  $U=220$  В.

Фритюрница AIRHOT EF4:  $P_2=2000$  Вт ;  $K_c=0,8$ ;  $\cos\varphi =0,65$ ;  $U=220$  В.

СВЧ печь:  $P_3=3000$  Вт ;  $K_c=0,8$ ;  $\cos\varphi =0,65$ ;  $U=220$  В.

Определим суммарную мощность электроприёмников :

$$P_{\text{сумм}} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5, \text{ Вт}$$

$$P_{\text{сумм}} = 500 + 2000 + 3000 = 5500 \text{ Вт}$$

Определим расчетную мощность:

$$P_{\text{рас}} = 0,8 \cdot 5500 = 4400 \text{ Вт}$$

Определим полную расчетную мощность:

$$S_{\text{рас}} = P_{\text{рас}} / \cos\varphi, \text{ ВА}$$

$$S_{\text{рас}} = 4400 / 0,65 = 6769 \text{ ВА}$$

Определим расчетный ток:

$$I_{\text{рас}} = S_{\text{рас}} / U, \text{ А}$$

$$I_{\text{рас}} = 6769 / 220 = 30,8 \text{ А}$$

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

Таблица 3.1– Расчет нагрузок щитов силовых

№ п/п	Наименование ЭП	Кол-во ЭП п, шт	Мощность ЭП, Р,Вт	Кс	Р расч, Вт	S расч, ВА	Ip, А
1	2	3	4	5	6	7	8
Щит №1.1							
линия 1							
1	Печь ITRIZZA ML 44						
	итого :	1	12000	0,9	10800	16615	43,7
линия2							
2	Горячий стол	1	500				
3	Фритюрница AIRHOT EF4	1	2000				
4	СВЧ печь	1	3000				
	итого :	3	5500	0,8	4400	6769	30,8
линия 3							
5	Гриль	1	1800				
6	Блинница	1	3000				
	итого :	2	4800	0,8	3840	5908	26,9
линия 4							
7	Посудомоечная машина бытовая	1	2000				
8	Посудомоечная машина бытовая	1	2000				
9	СВЧ печь	1	1500				
	итого :	3	5500	0,8	4400	6769	30,8
линия 5							
10	Мармит	1	400				
11	Мармит	1	400				
12	Мармит	1	400				
13	Мармит	1	400				
14	Морозилка бытовая	1	600				
15	Морозилка бытовая	1	600				
	итого:	6	2800	0,9	2520	3877	17,6
	итого по ЩС 1.1	15	30600	0,85	26010	40015	105,3
Щит №1.2							
линия 1							
	Розеточная группа	5	240				
	итого :		1200	1	1200	1846	8,4
линия 2							

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8
	Розеточная гр.	4	375				
	итого :		1500	1	1500	2308	10,5
линия 3							
	Розеточная гр.	4	250				
	итого :		1000	1	1000	1538	7,0
	итого по ЩС 1.2	13	3700	1	3700	5692	15,0
Щит №2.1							
линия 1							
1	Слайсер	1	500				
2	Слайсер	1	500				
3	Термоупаковщик	1	500				
4	Термоупаковщик	1	500				
5	Термоупаковщик	1	500				
6	Термоупаковщик	1	500				
	итого :	6	3000	0,9	2700	4154	18,9
линия 2							
7	Шкаф холодильный	1	1000				
8	Термоупаковщик	1	500				
9	Термоупаковщик	1	500				
10	Термоупаковщик	1	500				
	итого :	4	2500	0,9	2250	3462	15,7
линия 3							
11	Гриль	1	22500				
	итого :		22500	0,9	20250	31154	82,0
линия 4							
12	Горячий стол	1	500				
13	Горячий стол	1	500				
14	Горячий стол	1	500				
15	Горячий стол	1	2000				
	итого :	4	3500	0,9	3150	4846	22,0
линия 5							
16	Льдогенератор	1	650				
17	Горячий стол	1	500				
18	Горячий стол	1	500				
19	Шкаф холод.	1	1000				
20	Шкаф холод.	1	1000				
	итого :	5	3650	0,9	3285	5054	23,0



Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8
	итого по ЩС 2.1	20	35150	0,9	31635	48669	128,1
Щит №2.2							
линия 1							
	Розеточная группа	16	200				
	итого :		3200	0,9	2880	4431	20,1
линия 2							
	Розеточная группа	5	1000				
	итого :		5000	0,9	4500	6923	31,5
линия 3							
	Розеточная группа	5	1000				
	итого :		5000	0,9	4500	6923	31,5
линия 4							
	Розеточная группа	6	1000				
	итого :		6000	0,9	5400	8308	37,8
линия 5							
	Розеточная группа	3	1000				
	итого :		3000	0,9	2700	4154	18,9
линия 6							
	Розеточная группа	3	1000				
	итого :		3000	0,9	2700	4154	18,9
	итого по ЩС 2.2	38	25200	0,9	22680	34892	91,8
Щит № 3.1							
линия 1							
1	Печь конвекционная	1	16000				
	итого:		16000	0,9	14400	22154	58,3
линия 2							
2	Печь конвекционная	1	16000				
	итого:		16000	0,8	12800	19692	51,8
линия 3							
3	Печь ротационная Revent	1	54600				
	итого:		54600	0,9	49140	75600	198,9
линия 4							
4	Печь ротационная Revent	1	54600				
	итого:		54600	0,8	43680	67200	176,8
линия 5							
5	Тестомес	1	10500				
	итого:		10500	0,8	8400	12923	34,0

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8
линия 6							
6	Печь	1	6000				
	итого:		6000	0,8	4800	7385	19,4
	итого по ЩС 3.1	6	157700	0,84	132468	203797	536,3
Щит №3.2							
линия 1							
1	Шкаф расстоечный	1	4500				
2	Термоупаковщик	1	500				
3	Хлебозрезка	1	500				
4	Тестозакатка	1	1100				
5	Чайник	1	1500				
6	Холодильник бытовой	1	700				
7	СВЧ	1	1200				
8	Термоупаковщик	1	500				
9	Термоупаковщик	1	500				
10	Термоупаковщик	1	500				
	итого:	10	11500	0,75	8625	13269	60,3
линия 2							
11	Миксер	1	400				
12	Бойлер	1	2500				
13	Шкаф холодильный	1	700				
14	Мукопросеиватель	1	1100				
	итого:	4	4700	0,8	3760	5785	26,3
линия 3							
15	Бойлер	1	2500				
16	Сухародробилка	1	750				
17	Шкаф холодильный	1	1400				
18	Рабочее место, компьютер	1	1000				
19	Рабочее место, компьютер	1	1000				
20	Рабочее место, компьютер	1	1000				
21	Рабочее место, компьютер	1	1000				
	итого :	7	8650	0,9	7785	11977	54,4
	итого по ЩС 3.2	21	24850	0,81667	20294,2	31222	82,2
Щит №3.3							

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8
линия 1							
	Розеточная группа подсобного пом.	12	200				
	итого	12	2400	0,9	2160	3323	15,1
линия 2							
	Розеточная группа: компьютер, МФУ	6	1000				
	итого :		6000	0,9	5400	8308	37,8
линия 3							
	Розеточная группа: компьютер, МФУ	5	1000				
	итого :		5000	0,9	4500	6923	31,5
линия 4							
	Розеточная группа: Рабочее место, компьютер, МФУ	5	1000				
	итого :		5000	0,9	4500	6923	31,5
линия 5							
24	Завеса тепловая вертикальная ТЕПЛОМАШ	1	24000				
	итого:		24000	1	24000	36923	97,2
линия 6							
25	Завеса тепловая вертикальная ТЕПЛОМАШ	1	24000				
	итого:		24000	1	24000	36923	97,2
	итого по ЩС 3.3	20	49200	0,95	46740	71908	189,2
Щит освещения ЩО							
линия 1							
	Лев. верх. ч. плана	29	40				
	итого:		1160	1	1160	1785	8,1
линия 2							
	Пр. верх. ч. плана	23	40				
	итого:		920	1	920	1415	6,4
линия 3							
	Лев. ниж. ч. плана	17	40				
	итого:		680	1	680	1046	4,8
линия 4							
	Пр. ниж. ч. плана	9	40				
	итого:		360	1	360	554	2,5
	итого по ЩО 3.4	78	3120	1	3120	4800	12,6

## Окончание таблицы 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8
Щит № 4.1							
линия 1							
1	Пароконвектомат	1	19000				
	итого:		19000	0,8	15200	23385	61,5
линия 2							
2	Пароконвектомат	1	10000				
	итого:		10000	0,9	9000	13846	36,4
линия 3							
3	Сковорода	1	12000				
	итого:		12000	0,9	10800	16615	43,7
линия 4							
4	Плита	1	16400				
	итого		16400	0,9	14760	22708	59,8
линия 5							
5	Фритюрница	1	8000				
	итого:		8000	0,9	7200	11077	29,1
	итого по ЩС 4.1	5	65400	0,9	58860	90554	238,3
Щит № 4.2							
линия 1							
6	Шкаф хол.	1	1400				
7	Шкаф хол.	1	500				
8	Шкаф холод.	1	500				
	итого:	3	2400	1	2400	3692	16,8
линия 2							
9	Плита	1	4000				
	итого:	1	4000	0,9	3600	5538	25,2
линия 3							
10	Мясорубка	1	1400				
11	Миксер	1	400				
12	Компьютер	1	1000				
	итого	3	2800,0	0,9	2520	3877	17,6
	итого по ЩС 4.2	7	9200,0	0,9	8280	12738	33,5
Щит освещения ЩО							
линия 1							
	По всему плану	37	32				
	итого:		1184	1	1184	1822	8,3
	итого по ЩО 4.3	37	684	1	684	1052	4,8

## **3.2 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, 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.

### **3.2.1 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 использованы светильники марки ДВО-680 с установкой в нем диодных ламп мощностью по 36 Вт каждая. Согласно информации, представленной заводом изготовителем о данном светильнике, он предназначен для использования общественных зданиях и помещениях. Данный светильник имеет степень защиты IP 54. 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:

$$N = \frac{E_{\min} \cdot k \cdot S \cdot Z}{\Phi_{\text{л}} \cdot n \cdot \eta}, \quad (3.2)$$

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

$k$  – коэффициент запаса;

$S$  – освещаемая площадь, м<sup>2</sup>;

$Z$  – коэффициент минимальной освещенности (коэффициент неравномерности освещения);

$N$  – число светильников;

$n$  – число ламп в светильнике;

$\eta$  – 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 также 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  $\eta$  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 пылевыделениями  $r_{\text{п}}=50\%$ ,  $r_{\text{с}}=30\%$ ,  $r_{\text{р}}=10\%$ .

Индекс помещения определяется по следующему выражению:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)}, \quad (3.3)$$

где А, В, 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.

Таблица 3.2 – Значения коэффициента  $\eta$

<i>i</i>	$r_{\Pi}$ , % 70	50	30
	$r_c$ , % 50	30	10
	$r_p$ , % 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 приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Расчетные параметры для определения количества светильников

Участок	$E_{\min}$	k	Z	$\Phi_{л}$ , лм	n, шт	<i>i</i>	$\eta$
1	2	3	5	6	7	8	9
Игровые, спальни	500	1,25	1,1	1350	68	8,05	45
Подсобные помещения	200	1,25	1,1	1250	9	8,05	45
Кухня и смежные помещения	300	1,25	1,1	1240	19	8,05	45

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

### **3.2.2 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 детском саду система аварийного освещения расположена либо между, либо параллельно основным светильникам. 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.



### 3.3 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:

$$\Delta U = \frac{M}{K_C \cdot S} \quad (3.4)$$

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:

$$M = L \cdot P_{PO} \quad (3.5)$$

где  $L$  – расстояния от ЩО до ВРУ;

$P_{P.O.}$ - расчетная нагрузка освещения.

$$M = 20 \cdot 12,6 = 252 \text{ кВт}\cdot\text{м}$$

Потери напряжения в кабеле питающем ЩО1:

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

Определяем моменты нагрузки:

$$M_P = P_L \cdot N_{Л.Р.} \cdot (l_1 + \frac{l_2}{2}) \quad (3.6)$$

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 удовлетворяет требованиям ГОСТ 32144-2013 если:

$$\Delta U_{ВРУ-ЩО1} + \Delta U_{ГР} < \Delta U_{доп.нр.} \quad (3.7)$$

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

Определяем суммарные моменты нагрузки:

$$M_{ГР1} = M_{P1} + M_{P6} \quad (3.8)$$

Определяем моменты нагрузки для фазы А:

$$M_{P1} = 0,04 \cdot 29 \cdot (6 + \frac{77}{2}) = 51,62$$

$$M_{P6} = 0,04 \cdot 29 \cdot (12 + \frac{71}{2}) = 55,1$$

$$M_{ГР1} = 51,62 + 55,1 = 106,72$$

Определяем моменты нагрузки для фазы В:

$$M_{P2} = 0,04 \cdot 23 \cdot \left(8 + \frac{76}{2}\right) = 42,32$$

$$M_{P5} = 0,04 \cdot 23 \cdot \left(10 + \frac{73}{2}\right) = 42,78$$

$$M_{ГР1} = 42,32 + 42,78 = 85,1$$

Определяем моменты нагрузки для фазы С:

$$M_{P3} = 0,04 \cdot (9 + 8 + 9) \cdot \left(8 + \frac{69}{2}\right) = 44,2$$

$$M_{P4} = 0,04 \cdot 26 \cdot \left(9 + \frac{72}{2}\right) = 46,8$$

$$M_{ГР1} = 44,2 + 46,8 = 91$$

$$\Delta U = \frac{91}{72 \cdot 1,5} = 0,84\%$$

0,84 < 5% проходит.

Кабель сечением 1,5 мм<sup>2</sup> удовлетворяет требованиям ГОСТ 32.144-2013.

### 3.4 Проектирование схемы электроснабжения детского сада. Определение расчетных электрических нагрузок и токов для выбора параметров защитных аппаратов и токоведущих элементов

#### 3.4.1 Выбор сечений проводов и кабелей

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

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

Таблица 3.4 – Выбор сечений проводов и кабельных линий

№	$I_p$ , А	Марка кабеля	$I_{доп}$ , А	$r_{уд.кл.}$ , Ом/км	$x_{уд.кл.}$ , Ом/км
1	2	3	4	5	6
ВРУ	468	3хВВГ – 5х120	657	0,261	0,0602
Щит 1	105,3	ВВГ-5х50	126	0,625	0,0625
Щит 2	128,1	ВВГ-5х70	155	0,447	0,0612
Щит 3	536,3	3хВВГ – 5х95	570	0,329	0,0602
Щит 4	238,3	2хВВГ-5х50	252	0,625	0,0625

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

Таблица 3.5 – Выбор сечений проводов и кабельных линий

№	$I_p, A$	Марка кабеля	$I_{доп}, A$	$r_{уд.кл.}, \frac{Ом}{км}$	$X_{уд.кл.}, \frac{Ом}{км}$
1	2	3	4	5	6
Щит №1.1					
линия 1	43,7	ВВГ – 5х10	50	3,12	0,073
линия2	30,8	ВВГ – 3х6	37	5,21	0,09
линия 3	26,9	ВВГ – 3х4	29	7,81	0,095
линия 4	30,8	ВВГ – 3х6	37	5,21	0,09
линия 5	17,6	ВВГ – 3х4	29	7,81	0,095
Щит №1.2					
линия 1	8,4	ВВГ -3х4	29	7,81	0,095
линия2	10,5	ВВГ -3х4	29	7,81	0,095
линия 3	7	ВВГ -3х4	29	7,81	0,095
Щит №2.1					
линия 1	18,9	ВВГ -3х4	29	7,81	0,095
линия2	15,7	ВВГ -3х4	29	7,81	0,095
линия 3	82	ВВГ – 5х25	88	1,25	0,0662
линия 4	22	ВВГ -3х4	29	7,81	0,095
линия 5	23	ВВГ -3х4	29	7,81	0,095
Щит №2.2					
линия 1	20,1	ВВГ -3х4	29	7,81	0,095
линия2	31,5	ВВГ – 3х6	37	5,21	0,09
линия 3	31,5	ВВГ – 3х6	37	5,21	0,09
линия 4	37,8	ВВГ -3х10	50	3,12	0,073
линия5	18,9	ВВГ – 3х4	29	7,81	0,095
линия 6	18,9	ВВГ – 3х4	29	7,81	0,095
Щит № 3.1					
линия 1	58,3	ВВГ -5х16	62	1,95	0,0675
линия2	51,8	ВВГ -5х16	62	1,95	0,0675
линия 3	198,9	ВВГ -5х95	204	0,329	0,0602
линия 4	176,8	ВВГ -5х95	204	0,329	0,0602
линия 5	34	ВВГ -5х6	37	1,95	0,0675
линия 6	19,4	ВВГ -5х4	29	7,81	0,095
Щит №3.2					
линия 1	60,3	ВВГ -3х16	62	1,95	0,0675
линия2	26,3	ВВГ – 3х4	29	7,81	0,095
линия 3	54,4	ВВГ -3х16	62	1,95	0,0675

Окончание таблицы 3.5

1	2	3	4	5	6
Щит № 3.3					
линия 1	15,1	ВВГ -3х4	29	7,81	0,095
линия2	37,8	ВВГ – 3х10	50	3,12	0,073
линия 3	31,5	ВВГ – 3х10	50	3,12	0,073
линия 4	31,5	ВВГ – 3х10	50	3,12	0,073
линия 5	97,2	ВВГ – 5х35	109	0,894	0,0637
линия 6	97,2	ВВГ – 5х35	109	0,894	0,0637
Щит освещения ЩО					
линия 1	7,8	ВВГ -3х4	29	7,81	0,095
линия2	6,3	ВВГ -3х4	29	7,81	0,095
линия 3	9,1	ВВГ -3х4	29	7,81	0,095
линия 4	6,8	ВВГ -3х4	29	7,81	0,095
Щит № 4.1					
линия 1	61,5	ВВГ -5х16	67	1,95	0,0675
линия2	36,4	ВВГ – 5х10	50	3,12	0,073
линия 3	43,7	ВВГ – 5х10	50	3,12	0,073
линия 4	59,8	ВВГ -5х16	67	1,95	0,0675
линия 5	29,1	ВВГ – 5х6	37	5,21	0,09
Щит№ 4.2					
линия 1	16,8	ВВГ -3х4	29	7,81	0,095
линия2	25,2	ВВГ -3х4	29	7,81	0,095
линия3	17,6	ВВГ -3х4	29	7,81	0,095
Щит освещения ЩО					
линия 1	4,8	ВВГ -3х4	29	7,81	0,095

### 3.4.2 Выбор коммутационных аппаратов

Выбор автоматических выключателей производим по условию:

а) по номинальному току:

$$I_{\text{ср.рас.}} \geq I_p \quad (3.9)$$

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

б) по номинальному току теплового расцепителя:

$$I_{\text{ном.т.в.}} \geq K_n \cdot I_p \quad (3.10)$$

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:

$$I_{\text{ср.рас.}} \geq I_3 \quad (3.11)$$

$$I_{\text{ср.рас.}} \leq (K_{\text{ус.прок.}} \cdot I_{\text{доп.}}) / K_{\text{защ}} \quad (3.12)$$

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 щита силового сведен в таблицу 3.6

Таблица 3.6 – Выбор вводных автоматов на щит распределительный

№	$I_p, A$	Сечение кабеля	$I_{\text{доп.}}, A$	$K_{\text{ус.прок}}$	$K_{\text{защ}}$	$I_{\text{доп.}}, A$	Тип выключателя	Номинальный ток выключателя
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ВРУ	468	3хВВГ – 5х120	3х219	0,95	1	219	DPX3 630 3P 320A 36kA	320
Щит 1	105,3	ВВГ-5х50	115,8	0,95	1	126	DPX 160 3P 125A 16kA	125
Щит 2	128,1	ВВГ-4х70	140,9	0,95	1	155	DPX 160 3P 160A 16kA	160
Щит 3	536,3	3хВВГ – 5х95	567,5	0,95	1	190	DPX3 630 3P 250A 36kA	250
Щит 4	238,3	2хВВГ-5х50	262,1	0,95	1	126	DPX3 630 3P 125A 36kA	125

## Выбор автоматов защиты отходящих линий сведем в таблицу 3.7

Таблица 3.7 – Выбор автоматов защиты отходящих линий

№	$I_p, A$	Марка кабеля	$I_{доп}, A$	$K_{ус.прок}$	$K_{защ}$	$I_{ср.рас.}$	Тип автомата	Номинальный ток выключателя	Отключающая способность
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Щит №1.1									
линия 1	43,7	ВВГ – 5х10	50	0,95	1	47,5	DX3 3П C50A	50	6000
линия2	30,8	ВВГ – 3х6	37	0,95	1	35,2	DX3 1П C40A	40	6000
линия 3	26,9	ВВГ – 3х4	29	0,95	1	27,6	DX3 1П C32A	32	6000
линия 4	30,8	ВВГ – 3х6	37	0,95	1	47,5	DX3 1П C50A	50	6000
Линия 5	17,6	ВВГ- 3х4	29	0,95	1	27,6	DX3 1П C32A	32	6000
Щит №1.2									
линия 1	8,4	ВВГ -3х4	29	0,95	1	27,6	DX3 1П C32A	32	6000
линия2	10,5	ВВГ -3х4	29	0,95	1	27,6	DX3 1П C32A	32	6000
линия 3	7	ВВГ -3х4	29	0,95	1	27,6	DX3 1П C32A	32	6000
Щит №2.1									
линия 1	18,9	ВВГ -3х4	29	0,95	1	27,6	DX3 1П C32A	32	6000
линия2	15,7	ВВГ -3х4	29	0,95	1	27,6	DX3 1П C32A	32	6000
линия 3	82	ВВГ – 5х25	88	0,95	1	83,6	DX3 3П C100A	100	16000
линия 4	22	ВВГ – 3х4	29	0,95	1	27,6	DX3 1П C32A	32	6000
линия 5	23	ВВГ – 3х4	29	0,95	1	27,6	DX3 1П C32A	32	6000
Щит №2.2									
линия 1	20,1	ВВГ -3х4	29	0,95	1	27,6	DX3 1П C32A	32	6000
линия2	31,5	ВВГ – 3х6	37	0,95	1	47,5	DX3 1П C50A	50	6000
линия 3	31,5	ВВГ – 3х6	37	0,95	1	47,5	DX3 1П C50A	50	6000
линия 3	37,8	ВВГ – 3х10	50	0,95	1	47,5	DX3 1П C50A	50	6000
линия 4	18,9	ВВГ -3х4	29	0,95	1	27,6	DX3 1П C32A	32	6000
линия 5	18,9	ВВГ -3х4	29	0,95	1	27,6	DX3 1П C32A	32	6000
Щит № 3.1									
линия 1	58,3	ВВГ -5х16	62	0,95	1	58,9	DX3 3П C63A	63	6000
линия2	51,8	ВВГ -5х16	62	0,95	1	58,9	DX3 3П C63A	63	6000
линия 3	198,9	ВВГ -5х95	204	0,95	1	193,8	DX3 3П C250A	250	16000
линия 4	176,8	ВВГ -5х95	204	0,95	1	193,8	DX3 3П C250A	250	16000
линия 5	34	ВВГ -5х6	37	0,95	1	35,2	DX3 3П C40A	40	6000
линия 6	19,4	ВВГ -5х4	29	0,95	1	27,6	DX3 3П C32A	32	6000



## Окончание таблицы 3.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Щит №3.2									
линия 1	60,3	ВВГ -3х16	62	0,95	1	58,9	DX3 1П С63А	63	6000
линия2	26,3	ВВГ – 3х4	29	0,95	1	27,6	DX3 1П С32А	32	6000
линия 3	54,4	ВВГ -3х16	62	0,95	1	58,9	DX3 1П С63А	63	6000
Щит № 3.3									
линия 1	15,1	ВВГ -3х4	29	0,95	1	27,6	DX3 1П С32А	32	6000
линия2	37,8	ВВГ – 3х10	50	0,95	1	47,5	DX3 1П С50А	50	6000
линия 3	31,5	ВВГ – 3х10	50	0,95	1	47,5	DX3 1П С50А	50	6000
линия 4	31,5	ВВГ – 3х10	50	0,95	1	47,5	DX3 1П С50А	50	6000
линия 5	97,2	ВВГ – 5х35	109	0,95	1	103,6	DX3 3П С125А	125	16000
линия 6	97,2	ВВГ – 5х35	109	0,95	1	103,6	DX3 3П С125А	125	16000
Щит освещения ЩО 3.4									
линия 1	7,8	ВВГ -3х4	29	0,95	1	27,6	DX3 1П С32А	32	6000
линия2	6,3	ВВГ -3х4	29	0,95	1	27,6	DX3 1П С32А	32	6000
линия 3	9,1	ВВГ -3х4	29	0,95	1	27,6	DX3 1П С32А	32	6000
линия 4	6,8	ВВГ -3х4	29	0,95	1	27,6	DX3 1П С32А	32	6000
Щит № 4.1									
линия 1	61,5	ВВГ -5х16	62	0,95	1	58,9	DX3 3П С63А	63	6000
линия2	36,4	ВВГ – 5х10	50	0,95	1	47,5	DX3 3П С50А	50	6000
линия 3	43,7	ВВГ – 5х10	50	0,95	1	47,5	DX3 3П С50А	50	6000
линия 4	59,8	ВВГ -5х16	62	0,95	1	58,9	DX3 3П С63А	63	6000
линия 5	29,1	ВВГ – 5х6	37	0,95	1	35,2	DX3 3П С40А	40	6000
Щит№ 4.2									
линия 1	16,8	ВВГ -3х4	29	0,95	1	27,6	DX3 1П С32А	32	6000
линия2	25,2	ВВГ -3х4	29	0,95	1	27,6	DX3 1П С32А	32	6000
линия 3	17,6	ВВГ -3х4	29	0,95	1	27,6	DX3 1П С32А	32	6000
Щит освещения ЩО 4.3									
линия 1	4,8	ВВГ -3х4	29	0,95	1	27,6	DX3 1П С32А	32	6000

### 3.4.3 Выбор щитов силовых

Щиты силовые выбираем исходя из количества присоединений и рабочего тока самого щита [1,стр.187]

Таблица 3.8 – Выбор щитов силовых

№	$I_p, A$	Тип РП	Число отходящих линий
1	2	3	4
Щит 1	105,3	ПР11-1045-21-уз	5
Щит 2	128,1	ПР11-1045-21-уз	5
Щит 3	515,9	ПР11-3055-21-уз	3
Щит 4	238,3	ПР11-3055-21-уз	5

### 3.5 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 выходило за пределы допустимого по ГОСТ 32144-2013.

По длине линии присоединено несколько (n) нагрузок:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot \sum_0^n I_{расч} \cdot L \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi), B \quad (3.13)$$

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 3.9.

Таблица 3.9 – Проверка по допустимым потерям напряжения

№	I <sub>p</sub> , А	Марка кабеля	I <sub>доп</sub> , А	г <sub>уд.кл.</sub> , Ом/км	х <sub>уд.кл.</sub> , Ом/км	cos	sin	L,км	Потери, В	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Щит №1.1										
линия 1	43,7	ВВГ – 5х10	50	3,12	0,073	0,65	0,86	0,091	14,3	3,8
линия2	30,8	ВВГ – 3х6	37	5,21	0,09	0,65	0,86	0,096	17,8	4,7
линия 3	26,9	ВВГ – 3х4	29	7,81	0,095	0,65	0,86	0,079	18,9	5,0
линия 4	30,8	ВВГ – 3х6	37	5,21	0,09	0,65	0,86	0,101	18,6	4,9
линия 5	17,6	ВВГ – 3х4	29	7,81	0,095	0,65	0,86	0,103	16,1	4,2
Щит №1.2										
линия 1	8,4	ВВГ -3х4	29	7,81	0,095	0,65	0,86	0,103	7,7	2,0
линия2	10,5	ВВГ -3х4	29	7,81	0,095	0,65	0,86	0,104	9,7	2,6
линия 3	7	ВВГ -3х4	29	7,81	0,095	0,65	0,86	0,105	6,6	1,7
Щит №2.1										
линия 1	18,9	ВВГ -3х4	29	7,81	0,095	0,65	0,86	0,074	12,5	3,3
линия2	15,7	ВВГ -3х4	29	7,81	0,095	0,65	0,86	0,072	10,1	2,7
линия 3	82	ВВГ – 5х25	88	1,25	0,0662	0,65	0,86	0,071	8,8	2,3
линия 4	22	ВВГ -3х4	29	7,81	0,095	0,65	0,86	0,069	13,5	3,6
линия 5	23	ВВГ -3х4	29	7,81	0,095	0,65	0,86	0,065	13,4	3,5
Щит №2.2										
линия 1	20,1	ВВГ -3х4	29	7,81	0,095	0,65	0,86	0,075	13,4	3,5
линия2	31,5	ВВГ – 3х6	37	5,21	0,09	0,65	0,86	0,076	14,4	3,8
линия 3	31,5	ВВГ – 3х6	37	5,21	0,09	0,65	0,86	0,077	14,6	3,8
линия 4	37,8	ВВГ -3х10	50	3,12	0,073	0,65	0,86	0,074	10,1	2,7
линия5	18,9	ВВГ – 3х4	29	7,81	0,095	0,65	0,86	0,078	13,1	3,4
линия 6	18,9	ВВГ – 3х4	29	7,81	0,095	0,65	0,86	0,079	13,3	3,5
Щит № 3.1										
линия 1	58,3	ВВГ -5х16	62	1,95	0,0675	0,65	0,86	0,018	2,3	0,6
линия2	51,8	ВВГ -5х16	62	1,95	0,0675	0,65	0,86	0,019	2,2	0,6
линия 3	198,9	ВВГ -5х95	204	0,329	0,0602	0,65	0,86	0,025	2,3	0,6
линия 4	176,8	ВВГ -5х95	204	0,329	0,0602	0,65	0,86	0,026	2,1	0,6
линия 5	34	ВВГ -5х6	37	1,95	0,0675	0,65	0,86	0,024	1,9	0,5
линия 6	19,4	ВВГ -5х4	29	7,81	0,095	0,65	0,86	0,020	3,5	0,9
Щит №3.2										
линия 1	60,3	ВВГ -3х16	62	1,95	0,0675	0,65	0,86	0,020	2,8	0,7
линия2	26,3	ВВГ – 3х4	29	7,81	0,095	0,65	0,86	0,021	5,0	1,3

Окончание таблицы 3.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
линия 3	54,4	ВВГ -3х16	62	1,95	0,0675	0,65	0,86	0,023	2,8	0,7
Щит № 3.3										
линия 1	15,1	ВВГ -3х4	29	7,81	0,095	0,65	0,86	0,054	7,3	1,9
линия2	37,8	ВВГ – 3х10	50	3,12	0,073	0,65	0,86	0,051	7,0	1,8
линия 3	31,5	ВВГ – 3х10	50	3,12	0,073	0,65	0,86	0,055	6,3	1,7
линия 4	31,5	ВВГ – 3х10	50	3,12	0,073	0,65	0,86	0,053	6,0	1,6
линия 5	97,2	ВВГ – 5х35	109	0,894	0,0637	0,65	0,86	0,051	5,5	1,4
линия 6	97,2	ВВГ – 5х35	109	0,894	0,0637	0,65	0,86	0,056	6,0	1,6
Щит освещения ЩО										
линия 1	7,8	ВВГ -3х4	29	7,81	0,095	0,65	0,86	0,076	5,3	1,4
линия2	6,3	ВВГ -3х4	29	7,81	0,095	0,65	0,86	0,080	4,5	1,2
линия 3	9,1	ВВГ -3х4	29	7,81	0,095	0,65	0,86	0,070	5,7	1,5
линия 4	6,8	ВВГ -3х4	29	7,81	0,095	0,65	0,86	0,085	5,2	1,4
Щит № 4.1										
линия 1	61,5	ВВГ -5х16	67	1,95	0,0675	0,65	0,86	0,031	4,4	1,2
линия2	36,4	ВВГ – 5х10	50	3,12	0,073	0,65	0,86	0,035	4,6	1,2
линия 3	43,7	ВВГ – 5х10	50	3,12	0,073	0,65	0,86	0,028	4,4	1,1
линия 4	59,8	ВВГ -5х16	67	1,95	0,0675	0,65	0,86	0,038	5,1	1,4
линия 5	29,1	ВВГ – 5х6	37	5,21	0,09	0,65	0,86	0,025	4,4	1,1
Щит № 4.2										
линия 1	16,8	ВВГ -3х4	29	7,81	0,095	0,65	0,86	0,040	6,0	1,6
линия2	25,2	ВВГ -3х4	29	7,81	0,095	0,65	0,86	0,029	6,5	1,7
линия3	17,6	ВВГ -3х4	29	7,81	0,095	0,65	0,86	0,030	4,7	1,2
Щит освещения ЩО										
линия 1	4,8	ВВГ -3х4	29	7,81	0,095	0,65	0,86	0,050	2,1	0,6

### 3.6 Расчет токов короткого замыкания и проверка основного оборудования сети

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

Расчет токов к.з. ниже 1 кВ, как правило, вводится в именованных единицах. Особенностью расчетов коротких замыканий в сетях ниже 1 кВ 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.

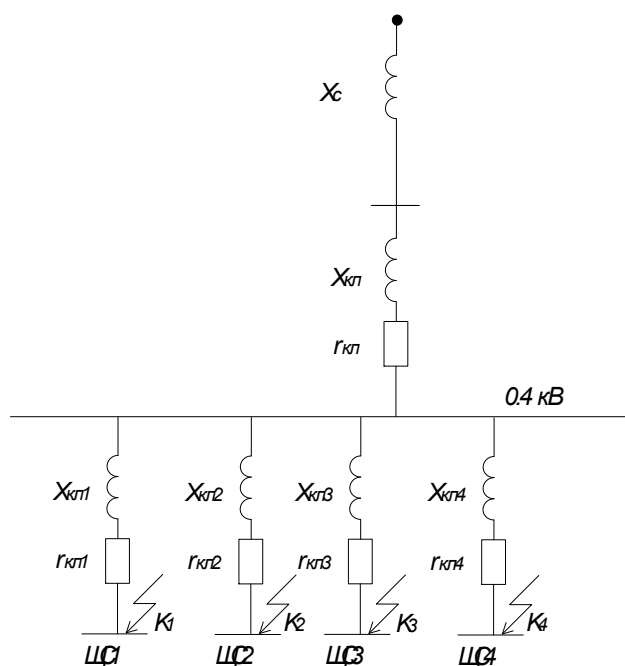


Рисунок 5.2 – Схема замещения элементов сети

Расчет тока трехфазного к.з. для точки  $K_1$ :

Для кабеля ВВГ 5х70 протяженностью  $L_{кз1}=25\text{м}$  по справочным данным были определены удельные активное и реактивное сопротивления:

Активное сопротивление :  $R_{уд.кз} = 0,625 \text{ Ом/км}$

Реактивно сопротивление:  $X_{уд.кз} = 0,0625 \text{ Ом/км}$

$$R_{л} = R_{уд.кз} \cdot L_{кз} , \text{ мОм} \tag{3.14}$$

$$R_{л} = 0,625 \cdot 25 = 15,6 \text{ мОм}$$

$$X_{л} = X_{уд.кл} \cdot L_{кл}, \text{ мОм} \quad (3.15)$$

$$X_{л} = 0,0625 \cdot 25 = 1,6 \text{ мОм}$$

Рассчитаем сопротивление и ток кз в точке К1:

$$X_{\Sigma} = X_{л} + X_{л1} + X_{вн}, \text{ мОм} \quad (3.14)$$

$$X_{\Sigma} = 1,6 + 24,1 + 36,1 = 61,8 \text{ мОм}$$

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

$$R_{\Sigma} = R_{доб} + R_{л1} + R_{л}, \text{ мОм} \quad (3.15)$$

$$R_{\Sigma} = 20 + 104,4 + 15,6 = 140 \text{ мОм}$$

Ток трехфазного КЗ точке К1:

$$I_{К1} = \frac{U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{X_{\Sigma}^2 + R_{\Sigma}^2}} \quad (3.16)$$

$$I_{К1} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{61,8^2 + 135^2}} = 1,509 \text{ кА}$$

Аналогичные расчеты производим и для остальных точек к.з., полученные результаты расчетов сведем в таблицу 3.10

Таблица 3.10 – 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
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
К1	36,1	104,4	24,1	1,25	0,0662	25	15,6	1,6	20	140,0	61,8	1,509
К2	36,1	104,4	24,1	1,25	0,0662	50	625,0	5,2	20	749,4	65,4	0,307
К3	36,1	104,4	24,1	0,894	0,0637	22	9,8	1,3	20	134,2	61,5	1,564
К4	36,1	104,4	24,1	3,12	0,073	23	20,6	1,5	20	145,0	61,7	1,466

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 3.11 – Проверка автоматических выключателей на отключающую способность

№	Точка КЗ	$I_{кз},$ кА	Тип выключателя	Предельная отключающая способность, кА	$I_{кз} \leq I_{о.с.}$
1	2	3	4	5	6
Щит 1	К1	1,509	DPX 160 3P 125A	16	0,625
Щит 2	К3	1,564	DPX 160 3P 160A	16	0,447
Щит 3	К6	1,614	DPX3 630 3P 250A	36	0,329
Щит 4	К10	1,492	DPX3 630 3P 125A	36	0,625

Автоматические выключатели по проверке на отключаемую способность проходят.

### 3.6.2 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:

$$I_{K3} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_T}{3} + Z_n} \quad (3.17)$$

$U_{\phi}$  - 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  $\Delta/Y_{H-11}$ ).

Полное сопротивление петли: фазный - нулевой провод:

$$Z_n = \sqrt{(R_{\text{дуг}} + R_{T.T.} + R_a + R_{\phi} + R_n + R_{\phi 1} + R_{n1} + R_{\phi 2} + R_{n2})^2 + (X_{BH.} + X_{T.T.} + X_a + X_{\text{д/о}} + X_{\text{кл}} + X_{\text{кл1}} + X_{\text{кл2}})^2} \quad (3.18)$$

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

$R_{\phi}$  - суммарные активные сопротивления фазного провода всех участков рассчитываемой цепочки;

$R_{T.T.}$ ,  $X_{T.T.}$  - активное и индуктивное сопротивление трансформатора тока  $R_{T.T.} = 0,00015$  Ом;  $X_{T.T.} = 0,00021$  Ом;

$X_{BH.}$  - сопротивления внешней сети трансформатора;

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



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

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

Полное сопротивление петли: фазный - нулевой провод:

$$Z_n = \sqrt{(30 + 0,15 + 0,4 + 104,4 + 104,4 + 15,6 + 15,6 + 78 + 78)^2 + (36,1 + 0,21 + 0,99 + 0,6 + 24,1 + 1,6 + 1,825)^2} = 491,98$$

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

$$I_{кз} = \frac{220}{\frac{10,6}{3} + 491,98} = 444 \text{ A}$$

Расчет однофазных коротких замыканий у остальных электроприемников производится аналогичным образом, а расчет сведем в таблицу 3.12

Таблица 3.12 –Результаты расчета токов однофазного КЗ

№	X <sub>вн</sub>	Z <sub>тр/3</sub>	R <sub>дуг</sub>	R <sub>ТТ</sub>	R <sub>а</sub>	X <sub>ТТ</sub>	X <sub>а</sub>	X <sub>э/0</sub>	X <sub>кл</sub>	R <sub>ф</sub>	R <sub>н</sub>	X <sub>кл1</sub>	R <sub>ф1</sub>	R <sub>н1</sub>	X <sub>кл2</sub>	R <sub>ф2</sub>	R <sub>н2</sub>	Z <sub>н</sub>	I <sub>кз</sub>
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	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,6	15,6	15,6	1,825	78	78	491,975	444,0
линия2	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,6	15,6	15,6	2,25	130,25	130,25	596,9	366,4
линия 3	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,6	15,6	15,6	2,375	195,25	195,25	727,025	301,1
линия 4	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,6	15,6	15,6	2,25	130,25	130,25	596,9	366,4
линия 5	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,6	15,6	15,6	2,375	195,25	195,25	727,025	301,1
Щит №1.2																			
линия 1	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	5,2	625	625	4,75	390,5	390,5	2342,3	93,8
линия2	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	5,2	625	625	4,75	390,5	390,5	2342,3	93,8
линия 3	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	5,2	625	625	4,75	390,5	390,5	2342,3	93,8
Щит №2.1																			
линия 1	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,3	9,8	9,8	2,09	171,82	171,82	667,98	327,6
линия2	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,3	9,8	9,8	2,09	171,82	171,82	667,98	327,6
линия 3	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,3	9,8	9,8	1,456 4	27,5	27,5	378,706	575,6
линия 4	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,3	9,8	9,8	2,09	171,82	171,82	667,98	327,6
линия 5	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,3	9,8	9,8	2,09	171,82	171,82	667,98	327,6
Щит №2.2																			
линия 1	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,5	20,6	20,6	2,185	179,63	179,63	705,495	310,3
линия2	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,5	20,6	20,6	2,07	119,83	119,83	585,78	373,3
линия 3	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,5	20,6	20,6	2,07	119,83	119,83	585,78	373,3
линия 4	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,5	20,6	20,6	1,679	71,76	71,76	489,249	446,4
линия5	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,5	20,6	20,6	2,185	179,63	179,63	705,495	310,3

Продолжение таблицы 3.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
линия 6	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,5	20,6	20,6	2,185	179,63	179,63	705,495	310,3
Щит № 3.1																			
линия 1	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	0,9	4,9	4,9	1,012 5	29,25	29,25	371,563	586,5
линия2	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	0,9	4,9	4,9	1,012 5	29,25	29,25	371,563	586,5
линия 3	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	0,9	4,9	4,9	0,903	4,935	4,935	322,823	674,1
линия 4	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	0,9	4,9	4,9	0,903	4,935	4,935	322,823	674,1
линия 5	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	0,9	4,9	4,9	1,012 5	29,25	29,25	371,563	586,5
линия 6	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	0,9	4,9	4,9	1,425	117,15	117,15	547,775	399,1
Щит №3.2																			
линия 1	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,1	16,1	16,1	1,215	35,1	35,1	406,065	537,1
линия2	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,1	16,1	16,1	1,71	140,58	140,58	617,52	354,2
линия 3	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,1	16,1	16,1	1,215	35,1	35,1	406,065	537,1
Щит № 3.3																			
линия 1	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	0,6	3,3	3,3	0,95	78,1	78,1	465,7	468,8
линия2	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	0,6	3,3	3,3	0,73	31,2	31,2	371,68	586,3
линия 3	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	0,6	3,3	3,3	0,73	31,2	31,2	371,68	586,3
линия 4	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	0,6	3,3	3,3	0,73	31,2	31,2	371,68	586,3
линия 5	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	0,6	3,3	3,3	0,637	8,94	8,94	327,067	665,5
линия 6	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	0,6	3,3	3,3	0,637	8,94	8,94	327,067	665,5
Щит осв.ЩО																			
линия 1	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,1	137,5	137,5	1,045	85,91	85,91	750,315	291,8
линия2	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,1	137,5	137,5	1,045	85,91	85,91	750,315	291,8

Окончание таблицы 3.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
линия 3	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,1	137,5	137,5	1,045	85,91	85,91	750,315	291,8
линия 4	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,1	137,5	137,5	1,045	85,91	85,91	750,315	291,8
Щит № 4.1																			
линия 1	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,8	17,5	17,5	1,89	54,6	54,6	449,24	485,9
линия2	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,8	17,5	17,5	2,044	87,36	87,36	514,914	424,3
линия 3	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,8	17,5	17,5	2,044	87,36	87,36	514,914	424,3
линия 4	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,8	17,5	17,5	1,89	54,6	54,6	449,24	485,9
линия 5	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,8	17,5	17,5	2,52	145,88	145,88	632,43	345,9
Щит № 4.2																			
линия 1	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	2	84,2	84,2	2,565	210,87	210,87	896,055	244,6
линия2	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	2	84,2	84,2	2,565	210,87	210,87	896,055	244,6
линия3	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	2	84,2	84,2	2,565	210,87	210,87	896,055	244,6
Щит осв. ЩО																			
линия 1	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	2,6	312,5	312,5	2,375	195,25	195,25	1321,83	166,0

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

$$I_{КЗ}^{(1)} \geq 3 \cdot I_{н.расц.} \quad (3.20)$$

Проверка выполнена в таблице 3.13, где определен коэффициент чувствительности равный отношению тока однофазного КЗ к номинальному току расцепителя.

Таблица 3.13 – Результаты расчета проверки чувствительности автоматов к однофазным КЗ в сети 0,4 кВ

№	$I_{КЗ}$	Тип автомата	Номинальный ток выключателя, А	$I_{КЗ} / I_{н.в.}$
1	2	3	4	5
Щит №1.1				
линия 1	444,0	DX3 3П C50A	50	8,88
линия2	366,4	DX3 1П C40A	40	9,16
линия 3	301,1	DX3 1П C32A	32	9,41
линия 4	366,4	DX3 1П C50A	50	7,33
Линия 5	301,1	DX3 1П C32A	32	9,41
Щит №1.2				
линия 1	93,8	DX3 1П C32A	32	2,93
линия2	93,8	DX3 1П C32A	32	2,93
линия 3	93,8	DX3 1П C32A	32	2,93
Щит №2.1				
линия 1	327,6	DX3 1П C32A	32	10,24
линия2	327,6	DX3 1П C32A	32	10,24
линия 3	575,6	DX3 3П C100A	100	5,76
линия 4	327,6	DX3 1П C32A	32	10,24
линия 5	327,6	DX3 1П C32A	32	10,24

Продолжение таблицы 3.13

1	2	3	4	5
Щит №2.2				
линия 1	310,3	DX3 1П C32A	32	9,70
линия2	373,3	DX3 1П C50A	50	7,47
линия 3	373,3	DX3 1П C50A	50	7,47
линия 3	446,4	DX3 1П C50A	50	8,93
линия 4	310,3	DX3 1П C32A	32	9,70
линия 5	310,3	DX3 1П C32A	32	9,70
Щит № 3.1				
линия 1	586,5	DX3 3П C63A	63	9,31
линия2	586,5	DX3 3П C63A	63	9,31
линия 3	674,1	DX3 3П C250A	250	2,70
линия 4	674,1	DX3 3П C250A	250	2,70
линия 5	586,5	DX3 3П C40A	40	14,66
линия 6	399,1	DX3 3П C32A	32	12,47
Щит №3.2				
линия 1	537,1	DX3 1П C63A	63	8,53
линия2	354,2	DX3 1П C32A	32	11,07
линия 3	537,1	DX3 1П C63A	63	8,53
Щит № 3.3				
линия 1	468,8	DX3 1П C32A	32	14,65
линия2	586,3	DX3 1П C50A	50	11,73
линия 3	586,3	DX3 1П C50A	50	11,73
линия 4	586,3	DX3 1П C50A	50	11,73
линия 5	665,5	DX3 3П C125A	125	5,32
линия 6	665,5	DX3 3П C125A	125	5,32
Щит освещения ЩО 3.4				
линия 1	291,8	DX3 1П C32A	32	9,12
линия2	291,8	DX3 1П C32A	32	9,12
линия 3	291,8	DX3 1П C32A	32	9,12
линия 4	291,8	DX3 1П C32A	32	9,12

Окончание таблицы 3.13

1	2	3	4	5
Щит № 4.1				
линия 1	485,9	DX3 3П C63A	63	7,71
линия2	424,3	DX3 3П C50A	50	8,49
линия 3	424,3	DX3 3П C50A	50	8,49
линия 4	485,9	DX3 3П C63A	63	7,71
линия 5	345,9	DX3 3П C40A	40	8,65
Щит№ 4.2				
линия 1	244,6	DX3 1П C32A	32	7,64
линия2	244,6	DX3 1П C32A	32	7,64
линия 3	244,6	DX3 1П C32A	32	7,64
Щит освещения ЩО 4.3				
линия 1	166,0	DX3 1П C32A	32	5,19

Все выбранные выключатели проходят по чувствительности.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были получены следующие результаты.

Выполнен обзор литературных источников, на основе изучения которых, построен алгоритм выполнения расчетов.

Спроектировано электроснабжение детского сада г. Черногорска, ул. Чайковского, 12, из двух вариантов схем электроснабжения 0,4 кВ детского сада на основании технико-экономического сравнения вариантов выбрана наиболее экономически эффективная и целесообразная схема.

Система электроснабжения проектировалась с учетом современных требований к системам, таким как надежность, экономичность, безопасность для человека и окружающей среды.

Выполнены расчеты нагрузок электроприемников.

Рассчитано и выбрано основное рабочее и защитное оборудование сети.

Выполнен анализ электрической сети с учетом привязок к существующей городской сети и предложены мероприятия по повышению и обеспечению энергоэффективности.

Результатом выполнения работы является разработка схемы электроснабжения потребителей, выполнение анализа электрической сети с учетом привязок к существующей сети.

Таким образом, в результате выполнения работы решены все задачи, поставленные перед началом работы.



## 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.Татаринов, 2014, №9.
4. Будзко, И.А. Электроснабжение сельскохозяйственных предприятий и населенных пунктов / М.С. Левин - М.: Агропромиздат, 2012. - 320с.
5. Воротницкий, В.Э. Потери электроэнергии в электрических сетях энергосистем / Железко Ю.С., Казанцев В.Н. - М.: Энергоатомиздат, 2012. - 368с.
6. Глазунов, А.А. Электрические сети и системы: учебник / А.А. Глазунов, А.А. Глазунов. – М.: Госэнергоиздат, 2013. – 368 с.
7. ГОСТ 13109-97. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200006034>
8. ГОСТ 17677-82. Светильники. Общие технические условия. Режим доступа: <http://files.stroyinf.ru/Data1/10/10583/>
9. ГОСТ 28249-93 «Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1кВ». Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200004630>
10. 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>

11. ГОСТ 6825 -91 «Лампы люминесцентные трубчатые для общего освещения». Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200005327>
12. ГОСТ Р 51541-2014 Энергосбережение. Энергетическая эффективность. Состав показателей. Общие положения. Режим доступа: [http://gostisnip.ru/dokumenty/gosty/energoberezhnie/gost\\_r\\_51541-99/](http://gostisnip.ru/dokumenty/gosty/energoberezhnie/gost_r_51541-99/)
13. Кнорринг, Г.М. Справочная книга для проектирования электрического освещения:/ под ред. Г.М. Кнорринга.-Л: Энергия, 2012. -384 с.: ил.
14. 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.
15. 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/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW/)
16. 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, 2012. – 411 с.
17. 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>.

18. 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/2021/11/LAW94054\\_0\\_20211002\\_1\\_42857\\_54007.pdf](http://energoeducation.ru/wpcontent/uploads/2021/11/LAW94054_0_20211002_1_42857_54007.pdf)
19. Расчет заземляющих устройств: Методические указания по лабораторной работе №9 для студентов специальности 100400 – «Электроснабжение» / Сост. Л. Л. Латушкина; КГТУ. Красноярск, 2012. – 16 с.
20. СП 31-110-2003 Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий, 74с.
21. 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.
22. Электрические системы. Режимы работы электрических систем и сетей / под ред. В.А. Веникова. – М.: Высшая школа, 2015. – 344 с.
23. 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, 2013. – 438 с.
24. Электрические системы. Т. 2: Электрические сети / под ред. В.А. Веникова. – М.: Высшая школа, 2011. – 440 с.
25. 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, 2014. – 352 с.

Выпускная квалификационная работа выполнена мной самостоятельно.  
Использованные в работе материалы и концепции из опубликованной научной литературы и других источников имеют ссылки на них.

Отпечатано в \_\_\_1\_\_\_ экземпляре.

Библиография \_\_\_25\_\_\_ наименований.

Электронный экземпляр сдан на кафедру.

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_  
(дата)

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Н.С. Моргунов  
(ФИО)

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

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

«Электроэнергетика»  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
Г. Н. Чистяков  
подпись, инициалы, фамилия  
«19» 07 2021г.

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»  
код - наименование направления

Реконструкция системы электроснабжения детского сада  
г. Черногорска ул. Чайковского, 12  
тема

Руководитель Дулесова 14.07.21 доцент кафедры ЭЭ, к.э.н. Н.В. Дулесова  
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник М.С. 15.07.21 Н.С. Моргунов  
подпись дата инициалы, фамилия

Нормоконтролер Кычакова 14.07.21г. И.А. Кычакова  
подпись, дата инициалы, фамилия

Абакан 2021