

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

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

«Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ А.С. Торопов
подпись, инициалы, фамилия
« ____ » _____ 20__ г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
код - наименование направления

Реконструкция системы электроснабжения ООО «Саянский жадейт»
тема

Руководитель _____ 20__ г. доцент каф. ЭМиАТ, к.т.н.
Г.Н.Чистяков
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник _____ 20__ г. В.В.
Костученко
подпись дата инициалы, фамилия

Нормоконтролер _____ 20__ г. И.А.Кычакова
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Абакан 2023

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

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

«Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ А.С. Торопов
подпись, инициалы, фамилия
« ____ » _____ 20__ г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы

Студенту Костученко Владиславу Васильевичу

(фамилия, имя, отчество)

Группа ЗХЭн18-01(З-18) Направление (специальность) 13.03.02

номер

код

«Электроэнергетика и электротехника»

наименование

Тема выпускной квалификационной работы Реконструкция системы электроснабжения ООО «Саянский жадеит»

Утверждена приказом по университету № 287 от 17.05.2023.

Руководитель ВКР Чистяков Г.Н., к.т.н. доцент кафедры «ЭМиАТ»

(инициалы, фамилия, должность и место работы)

Исходные данные для ВКР план расположения объектов ООО «Саянский жадеит», схема электрических соединений, графики электрических нагрузок, план развития предприятия.

Перечень разделов выпускной квалификационной работы:

1. Теоретическая часть. Характеристика объекта проектирования;
2. Аналитическая часть. Анализ загруженности трансформатора ТП-400/10/0,4кВ;
3. Практическая часть. Расчет электрических нагрузок предприятия;
 - 3.1. Выбор электродвигателей для оборудования ООО «Саянский жадеит»;
 - 3.2. Расчет электрических нагрузок и пусковых токов первого уровня электроснабжения;
 - 3.3. Разработка схемы питания силовых электрических приемников нового цеха ООО «Саянский жадеит».
 - 3.4. Приближенный расчет осветительных установок цехов методом удельной нагрузки на единицу площади цеха
 - 3.5. Выбор сетевых электротехнических устройств и аппаратов защиты в них.
 - 3.6. Определение мощности компенсирующих устройств на стороне 0,4кВ
 - 3.7. Расчет потерь активной и реактивной мощности в трансформаторах. Определение результирующих нагрузок на стороне 10кВ подстанции
 - 3.8. Проектирование схемы распределения электроэнергии по территории ООО «Саянский жадеит»
 - 3.9. Анализ качества электроэнергии в сети напряжением выше 1000 В
 - 3.10. Конструктивное исполнение системы электроснабжения ООО «Саянский жадеит»

Перечень обязательных листов графической части:

1. Генеральный план ООО «Саянский жадеит» с нанесением схемы электроснабжения и картограмм нагрузок;
2. Однолинейная схема электроснабжения ООО «Саянский жадеит»
3. План нового цеха ООО «Саянский жадеит» с разводкой осветительной сети

Руководитель ВКР

подпись

/Г.Н.Чистяков
инициалы, фамилия

Задание принял к исполнению

подпись

/В.В.Костученко
инициалы, фамилия

« »

20__

Г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Реконструкция системы электроснабжения ООО «Саянский жадеит» содержит 89 страницы текстового документа, 30 использованных источников, 3 листа графического материала.

СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ, МЕТОД РАСЧЕТНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ, РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ, ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ, КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ, НАДЕЖНОСТЬ, ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ.

Проектируемый объект – ООО «Саянский жадеит»

Цель:

- проектирование наиболее экономичной и рациональной системы электроснабжения;
- расчет защитных характеристик оборудования 10-0,4кВ, воздушных линии 10кВ, кабельных линий 0,4кВ и т.д;
- технико-экономический расчет системы внутрицехового электроснабжения;

В результате выполнения работы проведён расчёт системы электроснабжения объекта, из рассмотренных вариантов выбрана наиболее оптимальная схема, обоснованная надежностью и меньшими экономическими затратами.

Представлен анализ показателей качества электроэнергии.

В результате разработана схема внешнего электроснабжения ООО «Саянский жадеит» с учетом современных требований, таким как надежность, экономичность, безопасность для человека и окружающей среды. Обосновано питающее напряжение, рассчитаны электрические нагрузки. Выбранное электротехническое оборудование проверено на действие токов короткого замыкания, а высоковольтное оборудование проверено на термическую стойкость.

ABSTRACT

The final qualifying work on the topic "Reconstruction of the power supply system of Sayansky Jadeite LLC" contains 89 pages of a text document, 30 sources used, 3 sheets of graphic material.

POWER SUPPLY SYSTEMS, CALCULATION COEFFICIENTS METHOD, CALCULATION OF SHORT-CIRCUIT CURRENTS, EQUIPMENT SELECTION, POWER QUALITY, RELIABILITY, TECHNICAL AND ECONOMIC CALCULATION.

The projected object is LLC "Sayansky Jadeite"

Purpose:

- design of the most economical and rational power supply system;
- calculation of the protective characteristics of 10-0.4kV equipment, 10 kV overhead lines, 0.4kV cable lines, etc;
- technical and economic calculation of the in-shop power supply system;

As a result of the work, the calculation of the power supply system of the facility was carried out, the most optimal scheme was selected from the considered options, justified by reliability and lower economic costs.

An analysis of electricity quality indicators is presented.

As a result, the scheme of external power supply of Sayansky Jadeite LLC has been developed taking into account modern requirements, such as reliability, efficiency, safety for humans and the environment. The supply voltage is justified, electrical loads are calculated. The selected electrical equipment has been tested for short-circuit currents, and the high-voltage equipment has been tested for thermal stability.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
1 Теоретическая часть. Характеристика объекта проектирования.....	9
2 Аналитическая часть. Анализ загруженности трансформатора ТП-400/10/0,4кВ.....	11
3 Практическая часть. Расчет электрических нагрузок предприятия.....	13
3.1 Выбор электродвигателей для оборудования ООО «Саянский жадеит».....	17
3.2 Расчет электрических нагрузок и пусковых токов первого уровня электроснабжения.....	20
3.3 Разработка схемы питания силовых электрических приемников нового цеха ООО «Саянский жадеит».....	25
3.3.1 Определение расчетных электрических нагрузок узлов электрической сети нового цеха и по предприятию в целом...	26
3.4 Приближенный расчет осветительных установок цехов методом удельной нагрузки на единицу площади цеха.....	33
3.4.1 Светотехнический расчет электрического освещения нового цеха.....	35
3.4.2 Электротехнический расчет электрического освещения. Выбор щитов освещения, кабелей и защитной аппаратуры..	41
3.5 Выбор сетевых электротехнических устройств и аппаратов защиты в них.....	48
3.6 Определение мощности компенсирующих устройств на стороне 0,4кВ.....	49
3.7 Расчет потерь активной и реактивной мощности в трансформаторах. Определение результирующих нагрузок на стороне 10кВ подстанции.....	50
3.8 Проектирование схемы распределения электроэнергии по территории ООО «Саянский жадеит».....	53
3.8.1 Построение картограммы электрических нагрузок цехов.....	53

3.8.2	Выбор параметров схемы распределения электроэнергии по ООО «Саянский жадеит».....	55
3.8.3	Выбор коммутационно-защитной аппаратуры и кабелей, питающих объекты ООО «Саянский жадеит».....	57
3.8.4	Проверка проводов в сети 0,4 кВ, определение потерь мощности и активной энергии в линиях.....	66
3.8.5	Технико-экономическое сравнение двух схем распределительных сетей 0,4 кВ.....	67
3.9	Анализ качества электроэнергии в сети напряжением выше 1000 В..	73
3.9.1	Расчет потерь напряжения в сети напряжением выше 1000 В и ТП.....	73
3.9.2	Оценка отклонения напряжения электроэнергии и шинах низкого напряжения трансформаторов.....	77
3.9.3	Расчет отклонения напряжения для самого удаленного электроприемника нового цеха ООО «Саянский жадеит».....	78
3.9.4	Расчет отклонения напряжения для самого мощного электроприемника нового цеха ООО «Саянский жадеит».....	82
3.10	Конструктивное исполнение системы электроснабжения ООО«Саянский жадеит».....	85
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	86
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	87
	ПРИЛОЖЕНИЕ. Расчет устройств заземления и грозозащиты нового цеха...	90

Перечень графического материала:

1. Генеральный план ООО «Саянский жадеит» с нанесением схемы электроснабжения и картограмм нагрузок;
2. Однолинейная схема электроснабжения ООО «Саянский жадеит»;
3. План нового цеха ООО «Саянский жадеит» с разводкой осветительной сети.

ВВЕДЕНИЕ

Экономия энергетических ресурсов должна осуществляться путем перехода на энергосберегающие технологии производства; совершенствование энергетического оборудования; реконструкцию устаревшего оборудования; сокращение всех видов энергетических потерь и повышение уровня использования вторичных ресурсов; улучшение структуры производства; преобразование и использование энергетических ресурсов [10].

Развитие и усложнение структуры систем электроснабжения, возрастающие требования к экономичности и надежности их работы в сочетании с изменяющейся структурой и характером потребителей электроэнергии [18].

В области электроснабжения потребителей эти задачи предусматривают повышение уровня проектно-конструкторских разработок, внедрение и рациональную эксплуатацию высоконадежного электрооборудования, снижение непроизводительных расходов электроэнергии при ее передаче, распределении и потреблении. При проектировании систем электроснабжения существенно проявляется взаимное влияние многих факторов, таких как качество электроэнергии, выбор силовых трансформаторов, компенсация реактивной мощности и др. рассматриваемых с единых позиций, что заостряет внимание студентов на многообразии технических решений, из которых целесообразные могут быть получены только в процессе творческой работы [14].

Передача, распределение и потребление выработанной электроэнергии на промышленных предприятиях должны производиться с высокой экономичностью и надежностью. Широко применяют современные системы автоматики, а также простые и надежные устройства защиты отдельных элементов системы электроснабжения промышленных предприятий. Все это обеспечивает необходимое рациональное и экономное расходование электроэнергии во всех

отраслях промышленности, являющихся основными потребителями огромного количества электроэнергии [4].

1 Теоретическая часть. Характеристика объекта проектирования

ООО «Саянский жадеит», создано в 2005 г. и расположено в пос. Красный Хутор Шушенского района Красноярского края. В 2006 г. предприятие получило лицензию (КРР № 01639 ТР) на геологическое изучение, разведку и добычу серпентинитов на Перевальном участке в Шушенском районе [20].

В настоящее время ООО «Саянский жадеит» получает питание от ТП 400 кВА, расположенной на территории предприятия, которая в свою очередь запитана от подстанции электрической системы напряжением 35/10 кВ. Цеха и другие объекты предприятия запитаны кабелем марки АВБШв, проложенном в троншеях.

Основная часть электрооборудования была введена в эксплуатацию в 1979 году. С того момента прошло 40 лет. Согласно ГОСТ 27002-83 срок эксплуатации электрооборудования составляет в среднем 30-35 лет. Очевидно, что срок эксплуатации большинства электроприемников ООО «Саянский жадеит» уже закончился. Следовательно большая часть электрооборудования морально и физически устарела, а значит, ухудшились его энергетические показатели. Кроме того, в процессе эксплуатации оборудование подвергается воздействию различных факторов: повышенная влажность, пыль, всевозможные механические и электрические нагрузки. При этом изменяются изоляционные, проводниковые и другие свойства отдельных частей и механизмов. В свою очередь эти изменения приводят к возникновению коротких замыканий, пробоем изоляции, механическим повреждениям. В результате происходят частые отключения электроустановок в результате аварии, много времени уходит на ремонт, что сказывается на качестве технологического процесса.

На основании вышеперечисленного можно сделать вывод о необходимости реконструкции системы электроснабжения ООО «Саянский жадеит» с заменой морально и физически устаревшего оборудования на новое и более современное с технико-экономическим обоснованием принимаемых решений.

Перечень основных монтажных работ по реконструкции системы электроснабжения ООО «Саянский жадеит»:

- Замена электродвигателей напряжением 0,38 кВ серии АО на электродвигатели серии АИР приблизительно той же мощности;

- Замена пускозащитной аппаратуры напряжением 0,38 кВ на новую аппаратуру других марок: трехполюсные выключатели на магнитные пускатели марки ПМЛ, пускатели марки ПМЕ на пускатели марки ПМЛ, автоматические выключатели серии АП 50 на выключатели серии А 3700 или ВА;

- Замена кабельных линий напряжением 0,38 кВ для питания электродвигателей;

- Реконструкция вводных распределительных устройств (далее – ВРУ) цехов.

- Замена трансформатора ТП-400/10/0,4 кВ на трансформатор меньшей мощности, поскольку нагрузка предприятия снизилась, проработка вопроса об установке двухтрансформаторной ТП для обеспечения бесперебойного электроснабжения предприятия;

- Проверка на пропускную способность высоковольтной воздушной линии напряжением 10 кВ, питающей ТП – 400/10/0,4 кВ;

Также реконструкция системы электроснабжения ООО «Саянский жадеит» связана с вводом в эксплуатацию нового цеха, где установлено следующее оборудование:

- 1) Передвижная канатная машина WS – 11 для разрезания блоков камня на заготовки, небольших массивов камня алмазным канатом, мощность двигателя – 11 киловатт, рабочая длина алмазного каната – до 20 метров, скорость резки гранитных блоков – 2 – 4 м²/час;

- 2) Камнекольный пресс PS-50 – это более мощная и модернизированная модель камнекола PJ-40. Пресс PS-50 устанавливают в производственную линию для промышленного изготовления колотой и пилено-колотой брусчатки. Камнекольный пресс PS-50 легко раскалывает заготовки до 30 сантиметров. В основном камнекольные прессы устанавливают на камнеобрабатывающем производстве для того, чтобы сократить до минимума проблему утилизации отходов – каменного бута и получить из них прибыль, путем производства брусчатки. Мощность двигателя – 11 киловатт;

- 3) Галтовочный барабан. Мощность двигателя – 30 киловатт;
- 4) Ленточный конвейер ЛК-10-0,5. Мощность двигателя 3 киловатта;
- 5) Вытяжная вентиляция SYSTEMAIR TA 2000 EL. Мощность двигателя 16 киловатт.

Реконструкцию системы электроснабжения ООО «Саянский жадит» необходимо выполнить на основании результатов расчета электрических нагрузок, расчета электроосвещения, выбора схемы внутреннего электроснабжения.

Предприятие работает в две смены. Электроприемники относятся к 2 категории электроснабжения, перерыв в электроснабжении которых приводит к значительному ущербу предприятия, массовому браку продукции, расстройству сложного технологического процесса, массовому недоотпуску продукции, простоям рабочих мест, механизмов и промышленного транспорта.

2 Аналитическая часть. Анализ загруженности трансформатора ТП-400/10/0,4кВ

Для анализа загруженности трансформаторной подстанции построим суточный график по полученным замерам мощности и определим коэффициент загрузки трансформатора отталкиваясь от замеров, произведенных 21.12.2022г.

В таблице 2.1 приведены данные замеров зимнего максимума нагрузок на низкой стороне трансформатора 0,4 кВ.

Таблица 2.1– Данные замеров зимнего максимума нагрузок на стороне 0,4 кВ

Сутки, время	P, кВт	Q, квар	S, кВА
1	2	3	4
1	50,1	80,2	94,6
2	40,2	80,1	89,6
3	18,1	13,4	22,5
4	16,3	12,7	20,7
5	16,4	12,7	20,7
6	16,3	12,6	20,6
7	16,2	12,4	20,4
8	30,1	90,5	95,4
9	40,8	80,4	90,2
10	50,3	90,6	103,6
11	60,4	90,4	108,7
12	85,3	90,6	124,4
13	85,4	90,8	124,6
14	70,8	85,5	111,0

15	83,1	86,7	120,1
16	75,6	84,8	113,6
17	84,2	90,4	123,5
18	83,4	90,6	123,1
19	82,3	80,7	115,3
20	85,4	80,8	117,6
21	83,5	80,6	116,1
22	70,9	90,8	115,2
23	60,4	90,7	109,0
24	50,7	90,4	103,6

Максимальное значение потребляемой мощности по результатам замеров следующее $P_{\max} = 85,4$ кВт.

На рисунке 2.1 представлен суточный график потребления активной мощности на стороне 0,4 кВ.

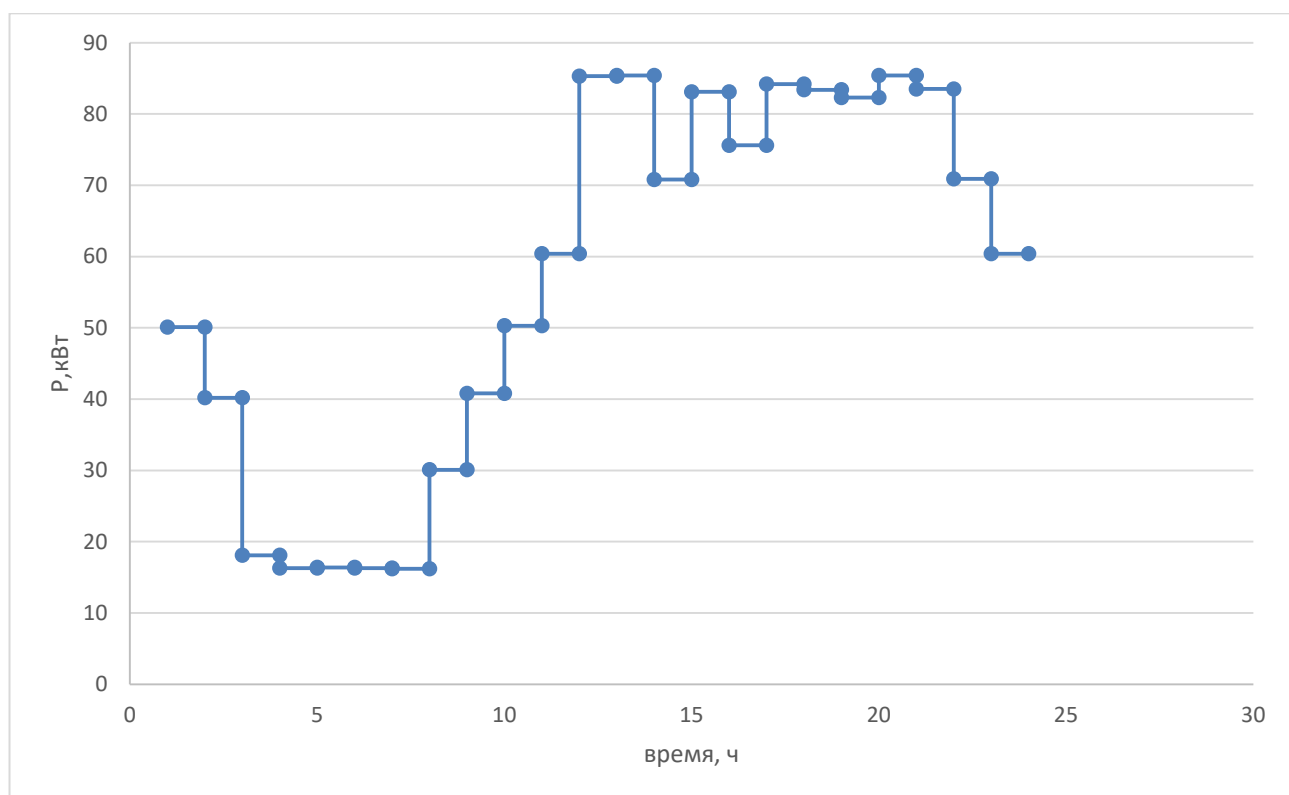


Рисунок 2.1 – Суточный график потребления активной мощности на стороне 0,4 кВ

Максимальный коэффициент загрузки трансформатора 10/0,4кВ составляет:

$$k_{з1} = \frac{S_{max}}{S_{ном}} \cdot 100\% \quad (2.1)$$

$$k_{з1} = \frac{124,7}{400} \cdot 100\% = 31,2\%$$

Так как трансформатор недогружен, решением может послужить его замена на менее мощный.

3 Практическая часть. Расчет электрических нагрузок предприятия

Экспликация зданий и сооружений ООО «Саянский жадеит» представлена в таблице 3.1

Таблица 3.1 – Экспликация зданий и сооружений

Позиция	Наименование
1	2
1	Столярный участок
2	Токарный участок по обработке камня
3	Цех переработки камня
4	Приямок оборотной воды
5	Токарный участок
6	Участок резки и подготовки камня
7	Участок сухой галтовки камня
8	Открытый склад сырья
9	Гараж
10	Сварочный участок
11	Новый цех
12	Административное помещение
13	Котельная
14	Склад готовой продукции и ЗИП
15	Склад ГСМ

Данные по электрическим нагрузкам ООО «Саянский жадейт» приведены в таблице 3.2

Таблица 3.2 - Данные электрических нагрузок ООО «Саянский жадейт»

№ п/п	Наименование ЭП	Установленная мощность, кВт	cosφ	K_u
1	2	3	4	5
1	Станок распиловочный по дереву марка	3	0,82	0,14
2	Токарный станок	7,5	0,65	0,17
		2,2	0,71	0,14
3	Циркуляционный насос системы отопления Grundfos	2	0,8	0,2
4	Кран мостовой электрический 5т	18	0,5	0,2
5	Станок распиловочный алмазно-дисковый «КСМ»	30	0,65	0,14

Продолжение таблицы 3.2

1	2	3	4	5
5.1	Тележка станочная	3	0,65	0,14
5.2	Станина приводная	2,2	0,7	0,14
6	Шлифовально-полировальный станок	7,5	0,88	0,14
		2,2	0,79	0,14
7	Галтовочный барабан мокрой обработки	7,5	0,65	0,14
8	Шлифовально-полировальный станок	7,5	0,88	0,14
		2,2	0,79	0,74
9	Галтовочный барабан мокрой обработки	7,5	0,65	0,14
10	Циркуляционный насос системы отопления Grundfos	2	0,8	0,2
11	Токарный станок по обработке камня	11	0,65	0,17
		4	0,65	0,17
12	Токарный станок по обработке камня	11	0,65	0,17
		4	0,65	0,17
13	Заточной станок	3	0,45	0,17
14	Сверлильный станок	1,5	0,5	0,14
15	Насосная станция «КА 20/30»	4	0,84	0,7
16	Станок распиловочный алмазно-дисковый «Вымпел»	22	0,65	0,14
16.1	Тележка станочная	3	0,65	0,14
16.2	Станина приводная	2,2	0,71	0,2
17	Галтовочный барабан мокрой обработки	4	0,65	0,14
18	Станок распиловочный алмазно-канатный	11	0,6	0,14

18.1	Станина приводная	2,2	0,71	0,14
19	Шлифовально-полировальный станок	7,5	0,88	0,14
		2,2	0,79	0,14
20	Станок распиловочный	1,5	0,7	0,14
21	Компрессор «Remeza»	5,5	0,85	0,14
22	Вытяжная вентиляция	2,2	0,8	0,65
23	Токарный станок	7,5	0,45	0,12
		2,2	0,5	0,12
24	Станок распиловочный алмазно-канатный	18,5	0,6	0,12
24.1	Станина приводная	3	0,65	0,2
25	Галтовочный барабан тонкой обработки камня модель 330-000.00-11	11	0,85	0,2
26	Галтовочный барабан тонкой обработки камня модель 330-000.00-11	11	0,85	0,2
27	Передвижная канатная машина WS – 11	11	0,65	0,65
28	Вентилятор отопления гаража	1,1	0,75	0,65

Окончание таблицы 3.2

1	2	3	4	5
29	Галтовочный барабан тонкой обработки камня модель 330-000.00-11	11	0,85	0,2
30	Галтовочный барабан тонкой обработки камня модель 330-000.00-11	11	0,85	0,2
31	Камнекольный пресс PS-50	7,5	0,6	0,35
32	Галтовочный барабан грубой обработки камня модель 330-000.00-13	30	0,81	0,2
33	Ленточный конвейер ЛК-10-0,5	3	0,74	0,4
34	Вытяжной вентилятор Plymovent	1,5	0,8	0,75
35	Молот кузнечный МА 4129 А	7,5	0,5	0,16
36	Сварочный аппарат ТДМ 400	16	0,6	0,3
37	Галтовочный барабан грубой обработки камня модель 330-000.00-13	30	0,81	0,2
38	Галтовочный барабан грубой обработки камня модель 330-000.00-13	30	0,81	0,2
39	Вытяжная вентиляция SYSTEMAIR TA 2000 EL	16	0,8	0,65
40	Электрический чайник (1ф.)	2,5	0,65	0,12

На рисунке 3.1 приведен генеральный план ООО «Саянский жадет» с подробным указанием электрических приемников.

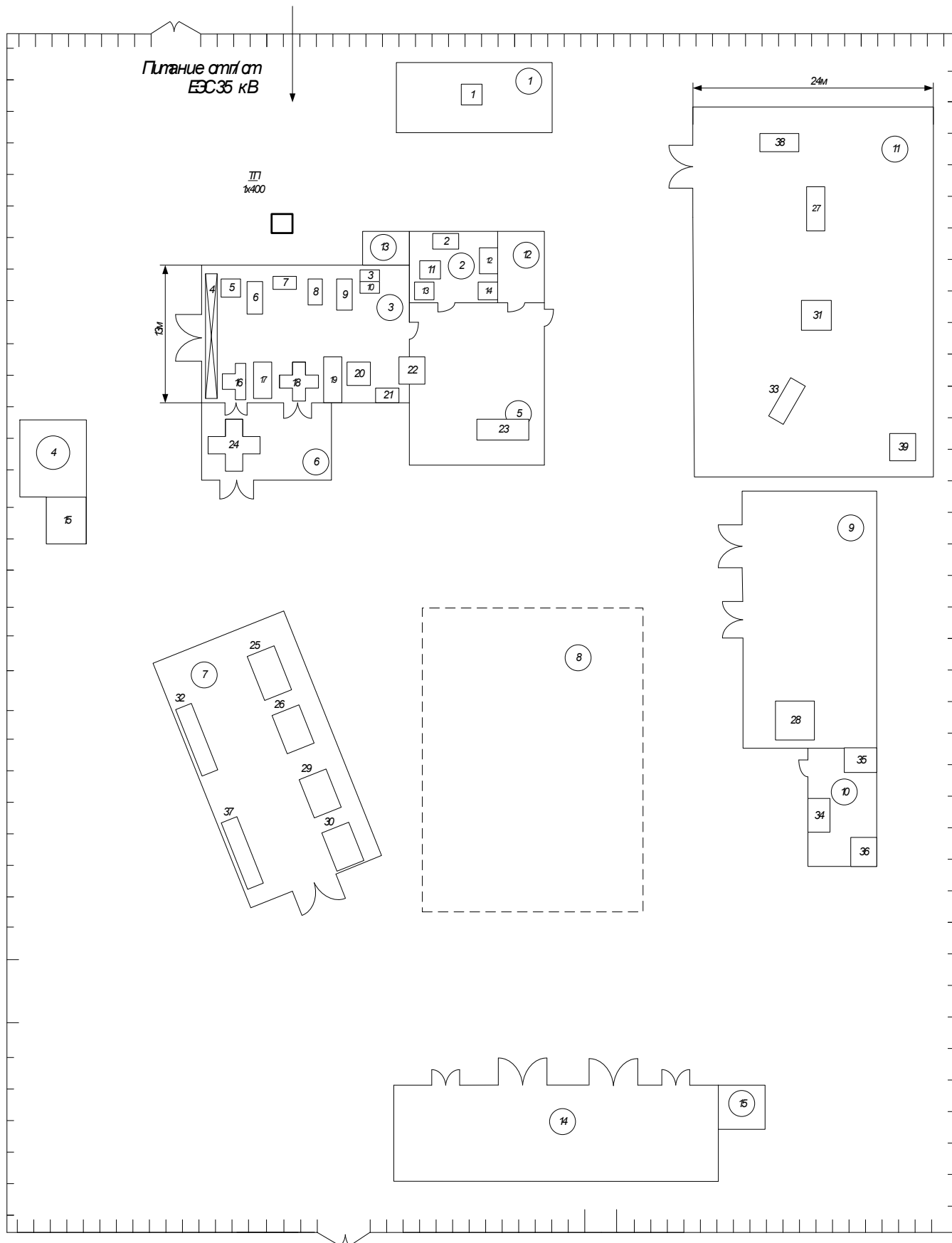


Рисунок 3.1 – Генеральный план ООО «Саянский жадеит» с подробным указанием электрических приемников

3.1 Выбор электродвигателей для оборудования ООО «Саянский жадеит»

Электродвигатель выбирается для определения неизвестных номинальных величин электроприемника таких как - КПД, коэффициента мощности - $\cos\phi$, кратность пускового тока к номинальному - $I_{п}/I_{н}$, в зависимости от установленной мощности - $P_{уст}$. Зная полученные величины становится возможным рассчитать номинальный ток электродвигателя $I_{н}$, и пускового тока $I_{п}$. Правильный расчет токов способствует обоснованному выбору защитных аппаратов и проводников системы электроснабжения.

Для установленных приводов электроприемников цеху применяем асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором серии АИР ($n=3000$ об/мин).

Электродвигатель необходимо выбирать таким образом, чтобы его номинальная мощность соответствовала мощности приводного механизма по выражению:

$$P_{уст} \leq P_{н.эд}, \quad (3.1)$$

где $P_{уст}$ – установленная мощность оборудования, кВт;
 $P_{н.эд}$ – номинальная мощность электродвигателя, кВт.

Двигатель должен быть выбран в соответствии с напряжением сети согласно выражению:

$$U_{н.эд} \geq U_c, \quad (3.2)$$

где $U_{н.эд}$ – номинальное напряжение электродвигателя, кВ;
 U_c – номинальное напряжение сети, кВ.

Для установленных приводов электроприемников в цеху применяем асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором серии АИР ($n=1500$ об/мин).

Электродвигатели для остальных электроприемников выбираются аналогично. Результаты выбора приведены в таблице 3.2

$$P_{ном} = P_{уст}, \quad \eta=1; \quad (3.3)$$

$$P_{ном} = \frac{P_{уст}}{\eta} \quad (3.4)$$

Рассмотрим пример выбора двигателя для галтовочного барабана грубой обработки камня ЭП №38 нового цеха:

$$P_{уст} = 30 \text{ кВт.}$$

Принимаем электродвигатель АИР225М8 со следующими параметрами:

$$\eta=0,905$$

$$P_{ном.эд.} = \frac{30}{0,905} = 33 \text{ кВт}$$

Выбранный электродвигатель удовлетворяет условию (3.1).

Электродвигатели для остальных электроприемников предприятия выбираются и рассчитываются аналогично. Результаты выбора приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Электрические нагрузки оборудования ООО «Саянский жадейт»

№ на плане	Наименование ЭП	$P_{уст},$ кВт	$\eta, \%$	$P_{ном},$ кВт	$P_{нэд},$ кВт	Марка двигателя
1	2	4	6	7	9	10
1	Станок распиловочный по дереву марка	3	82	3,7	4	АИР 100 L4
2	Токарный станок	7,5	87,5	8,6	11	АИР 132 М4
		2,2	76,5	2,9	3	АИР 112 МВ8
3	Циркуляционный насос системы отопления Grundfos	2	76,5	2,6	3	АИР 112 МВ8
4	Кран мостовой электрический 5т	18	89,5	20,1	22	АИР 180 S2
5	Станок распиловочный алмазно-дисковый «КСМ»	30	90,5	33,1	37	АИР 200 М4
5.1	Тележка станочная	3	82	3,7	4	АИР 100 L4
5.2	Станина приводная	2,2	76,5	2,6	3	АИР 112 МВ8
6	Шлифовально-полировальный станок	7,5	85	8,8	11	АИР 160 М8
		2,2	76,5	2,6	3	АИР 112 МВ8
7	Галтовочный барабан мокрой обработки	7,5	85	8,8	11	АИР 160 М8
8	Шлифовально-полировальный станок	7,5	85	8,8	11	АИР 160 М8
		2,2	76,5	2,6	3	АИР 112 МВ8
9	Галтовочный барабан мокрой обработки	7,5	85	8,8	11	АИР 160 М8
10	Циркуляционный насос системы отопления Grundfos	2	76,5	2,6	3	АИР 112 МВ8
11	Токарный станок по обработке камня	11	87	12,6	15	АИР 160 М6
		4	83	4,8	5,5	АИР 132 М8
12	Токарный станок по обработке камня	11	87	12,6	15	АИР 160 М6
		4	83	4,8	5,5	АИР 132 М8
13	Заточной станок	3	82	3,7	4	АИР 100 L4

14	Сверлильный станок	1,5	82	1,8	2,2	АИР 80 В2
15	Насосная станция «КА 20/30»	4	83	4,8	5,5	АИР 132 М8

Окончание таблицы 3.3

1	2	4	6	7	9	10
16	Станок распиловочный алмазно-дисковый «Вымпел»	22	90,5	24,3	30	АИР 180М4
16.1	Тележка станочная	3	82	3,7	4	АИР 100 L4
16.2	Станина приводная	2,2	76,5	2,9	3	АИР 112 МВ8
17	Галтовочный барабан мокрой обработки	4	83	4,8	5,5	АИР 132 М8
18	Станок распиловочный алмазно-канатный	11	87	12,6	15	АИР 160 М6
18.1	Станина приводная	2,2	76,5	2,6	3	АИР 112 МВ8
19	Шлифовально-полировальный станок	7,5	85	8,8	11	АИР 160 М8
		2,2	76,5	2,6	3	АИР 112 МВ8
20	Станок распиловочный	1,5	82	1,8	2,2	АИР 80 В2
21	Компрессор «Remeza»	5,5	85	8,8	11	АИР 160 М8
22	Вытяжная вентиляция	2,2	76,5	2,6	3	АИР 112 МВ8
23	Токарный станок	7,5	85	8,8	11	АИР 160 М8
		2,2	76,5	2,6	3	АИР 112 МВ8
24	Станок распиловочный алмазно-канатный	18,5	89,5	20,7	22	АИР 180 S2
24.1	Станина приводная	3	82	3,7	4	АИР 100 L4
25	Галтовочный барабан тонкой обработки камня модель 330-000.00-11	11	87	12,6	15	АИР 160 М6
26	Галтовочный барабан тонкой обработки камня модель 330-000.00-11	11	87	12,6	15	АИР 160 М6
27	Передвижная канатная машина WS – 11	11	87	12,6	15	АИР 160 М6
28	Вентилятор отопления гаража	1,1	76,5	1,4	1,5	АИР 80 В4
29	Галтовочный барабан тонкой обработки камня модель 330-000.00-11	11	87	12,6	15	АИР 160 М6
30	Галтовочный барабан тонкой обработки камня модель 330-000.00-11	11	87	12,6	15	АИР 160 М6
31	Камнекольный пресс PS-50	7,5	85	8,8	11	АИР 160 М8
32	Галтовочный барабан грубой обработки камня модель 330-000.00-13	30	90,5	33,1	37	АИР 200 М4
33	Ленточный конвейер ЛК-10-0,5	3	82	3,7	4	АИР 100 L4
34	Вытяжной вентилятор Plymovent	1,5	82	1,8	2,2	АИР 80 В2
35	Молот кузнечный МА 4129 А	7,5	85	8,8	11	АИР 160 М8
36	Сварочный аппарат ТДМ 400	16	89	18	18,5	АИР 200 М8
37	Галтовочный барабан грубой обработки камня модель 330-000.00-13	30	90,5	33,1	37	АИР 200 М4
38	Галтовочный барабан грубой обработки камня модель 330-000.00-13	30	90,5	33,1	37	АИР 200 М4
39	Вытяжная вентиляция SYSTEMAIR TA		89	18	18,5	

2000 EL	16				АИР 200 М8
---------	----	--	--	--	------------

3.2 Расчет электрических нагрузок и пусковых токов первого уровня электроснабжения

Расчет электрической нагрузки на первом уровне производится для каждого электроприемника в отдельности, с целью определения рабочего тока электроприемника и последующего выбора марки и сечения питающего кабеля а также коммутационно-защитной аппаратуры.

Основными исходными данными для выбора сечений проводов и кабелей питающих сетей, ответвлений, а также защитных аппаратов является длительный рабочий ток (расчетный, номинальный) и кратковременный максимальный (пусковой, пиковый). Для технологического оборудования (станков) с многодвигательным приводом для определения этих токов необходимы номинальные данные составляющих их электродвигателей и режимы их пусков и работы.

Подробный расчет приведем для галтовочного барабана грубой обработки камня ЭП №38, расположенного в новом цехе.

Для электроустановок, работающих в длительном режиме:

$$P_{p1} = P_{ном} , \text{ так как ПВ}=100\% \quad (3.5)$$

Для электроустановок, работающих в повторно-кратковременном режиме:

$$P_{p1} = P_{ном} \sqrt{ПВ} , \quad (3.6)$$

Для галтовочного барабана грубой обработки камня ЭП №38 ПВ=60%:

$$P_{p1} = 33,1 \cdot \sqrt{0,6} = 25,7 \text{ кВт}$$

Реактивная мощность электроустановки определяется по выражению:

$$Q_{p1} = P_{p1} \operatorname{tg}\varphi, \quad (3.7)$$

$$Q_{p1} = 25,6 \cdot 0,72 = 18,6$$

где $\operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg} \operatorname{acos}(\cos \varphi) = \operatorname{tg} \operatorname{acos}(0,81) = 0,72$

Полная мощность находится по выражению:

$$S_{p1} = \sqrt{P_{p1}^2 + Q_{p1}^2}, \quad (3.8)$$

$$S_{p1} = \sqrt{25,7^2 + 18,6^2} = 31,7$$

Расчетный ток:

$$I_{p1} = \frac{S_{p1}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}, \quad (3.9)$$

$$I_{p1} = \frac{31,7}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 48,2 \text{ A}$$

Пусковой ток:

$$I_{п} = K_{п} I_{p1}, \quad (3.10)$$

$$I_{п} = 6,5 \cdot 48,2 = 313,1 \text{ A}$$

где $K_{п}=6,5$ – кратность пускового тока.

Результаты расчетов представлены в таблице 3.4 в целом по ООО «Саянский жадеит».

3.3 Разработка схемы питания силовых электрических приемников нового цеха ООО «Саянский жадит»

Разветвленность сети и наличие большого количества коммутационно-защитной аппаратуры оказывает значительное влияние на технико-экономические показатели и на надежность системы электроснабжения. На выбор схемы и конструктивное исполнение цеховой сети оказывают влияние такие факторы, как степень ответственности приемников электроэнергии, режимы их работы и размещение по территории цеха, номинальные токи и напряжения.

Для получения наиболее экономически выгодной проектируемой схемы электроснабжения, дальнейший расчет произведем по двум вариантам схем внутрицехового электроснабжения силовых электроприемников нового цеха.

На рисунке 3.2 представлена радиальная схема электроснабжения.

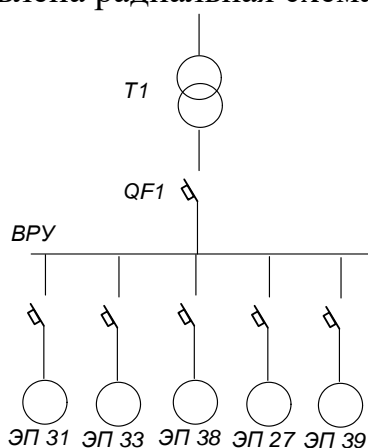


Рисунок 3.2 – Первый вариант схемы внутрицехового электроснабжения силовых электроприемников нового цеха

На рисунке 3.3 представлена радиально-магистральная схема электроснабжения.

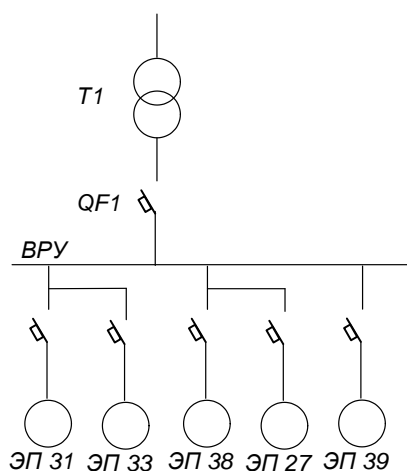


Рисунок 3.3 – Второй вариант схемы внутрицехового электроснабжения силовых электроприемников нового цеха

3.3.1 Определение расчетных электрических нагрузок узлов электрической сети нового цеха и по предприятию в целом

Расчет выполняется по форме Ф636-92 [21]. Выполним расчет на примере нового цеха, расчет для остальных объектов сведем в таблицу 3.6.

Определяется групповой коэффициент использования для данного узла питания:

$$K_u = \Sigma K_u P_n / \Sigma P_n \quad (3.4)$$

$$K_{u11} = \frac{0,65 \cdot 11 + 0,35 \cdot 7,5 + 0,2 \cdot 30 + 0,4 \cdot 3 + 0,65 \cdot 16}{11 + 7,5 + 30 + 3 + 16} = \frac{27,4}{67,5} = 0,41$$

Определяется эффективное число электроприемников n_ε .

При значительном числе ЭП (магистральные шинопроводы, шины цеховых трансформаторных подстанций, в целом по цеху, предприятию) [21] n_ε может определяться по упрощенной формуле:

$$n_\varepsilon = 2 \Sigma P_n / p_{н.макс} \quad (3.5)$$

$$n_{\varepsilon 11} = \frac{2 \cdot 67,5}{30} = \frac{135}{30} = 4,5$$

Найденное по указанным выражениям значение n_ε округляется до ближайшего меньшего целого числа $n_\varepsilon = 3$.

Расчетная активная мощность подключенных к узлу питания ЭП напряжением до 1 кВ (графа 12) определяется по выражению:

$$P_p = K_p \Sigma K_u P_n \quad (3.6)$$

$$P_{p11} = 1,14 \cdot 27,7 = 31,6 \text{ кВт}$$

В случаях, когда расчетная мощность P_p окажется меньше номинальной наиболее мощного электроприемника, следует принимать $P_p = p_{н.макс}$.

Расчетная реактивная мощность (графа 13) определяется следующим образом:

Для питающих сетей напряжением до 1 кВ в зависимости от n_ε :

$$\text{при } n_3 \leq 10 \quad Q_p = 1,1 \sum K_u P_n \operatorname{tg} \varphi \quad (3.7)$$

$$Q_{p11} = 1,1 \cdot 30 = 33 \text{ кВар}$$

$$\text{при } n_3 > 10 \quad Q_p = \sum K_u P_n \operatorname{tg} \varphi \quad (3.8)$$

Реактивная мощность в целом по предприятию определяется следующим образом:

$$Q_p = K_p \sum K_u P_n \operatorname{tg} \varphi = P_p \operatorname{tg} \varphi \quad (3.10)$$

$$Q_p = 0,75 \cdot 97,3 = 73 \text{ кВар}$$

К расчетной активной и реактивной мощности силовых ЭП напряжением до 1 кВ должны быть при необходимости добавлены осветительные нагрузки $P_{p.o}$ и $Q_{p.o}$. итоговые расчеты по ООО «Саянский жадеит» сведем в таблицу 3.6

3.4 Приближенный расчет осветительных установок цехов методом удельной нагрузки на единицу площади цеха

При определении электрических нагрузок в целом по цеху или корпусу предприятия должна учитываться осветительная нагрузка [21]. Расчетная нагрузка освещения отдельных помещений, зданий, цехов и корпусов приближенно определяется по выражению, кВт

$$P_{p.o} = K_{c.o} \cdot P_{уд.o} \cdot F \cdot 10^{-3}, \text{ кВт} , \quad (3.11)$$

$$P_{p.o} = 0,95 \cdot 16 \cdot 864 \cdot 10^{-3} = 13,1 \text{ кВт}$$

где $K_{c.o}$ – коэффициент спроса осветительной нагрузки, значение коэффициента принимается в соответствии с приложением [22]; $P_{уд.o}$ – удельная мощность осветительной нагрузки, Вт/м² [22]; F – площадь помещения цеха, участка, м² (определяется по плану цеха или генплану предприятия).

Расчетная реактивная мощность осветительной нагрузки помещения (цеха, корпуса) определяется по формуле:

$$Q_{p.o} = P_{p.o} \cdot \text{tg } \varphi, \text{ кВар} , \quad (3.12)$$

$$Q_{p.o} = 13,1 \cdot \text{tg} (\arccos(0,9)) = 4,3 \cdot 0,48 = 6,4 \text{ кВар}$$

где $\text{tg } \varphi = \text{tg}(\arccos(\cos \varphi))$, для светодиодных светильников $\cos \varphi = 0,9$.

После расчета силовой и осветительной нагрузки вычисляется их сумма, которая записывается в итоговой строке таблицы 3.6.

Для расчета осветительной нагрузки определим удельную нагрузку нового цеха:

Полная удельная нагрузка освещения может быть определена по:

$$\sigma_{11} = \frac{\sqrt{P_{p.o}^2 + Q_{p.o}^2}}{F_{11}} \quad (3.13)$$

$$\sigma_{11} = \frac{\sqrt{13,1^2 + 6,4^2}}{864} = 0,0169 \text{ кВА/м}^2$$

где F_{11} – площадь цеха, индекс 11 означает что удельная нагрузка рассчитана для нового цеха.

Расчеты для других цехов предприятия занесем в таблицу 3.5.

Таблица 3.5 - Расчетная нагрузка освещения цехов и других объектов предприятия

№п/п	Наименование потребителя	K_{co}	Рудо, кВт	$F_{ц}, м^2$	$\cos\varphi$	$tg\varphi$	Рро, кВт	Qро, кВАр	Sро, кВА	$\sigma, кВА/м^2$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Столярный участок	0,95	14	111	0,9	0,48	1,5	0,7	1,6	0,0148
2	Токарный участок по обработке камня	0,95	14	93	0,9	0,48	1,2	0,6	1,4	0,0148
3	Цех переработки камня	0,95	14	256	0,9	0,48	3,4	1,7	3,8	0,0148
4	Приямок оборотной воды	-	-	-	-	-	0,0	0,0	0,0	0,0000
5	Токарный участок	0,85	16	133	0,9	0,48	1,8	0,9	2,0	0,0151
6	Участок резки и подготовки камня	0,95	14	84	0,9	0,48	1,1	0,5	1,2	0,0148
8	Открытый склад сырья	-	-	-	-	-	0,0	0,0	0,0	0,0000
7	Участок сухой галтовки камня	0,95	11	348	0,9	0,48	3,6	1,8	4,0	0,0116
9	Гараж	0,95	6	306	0,9	0,48	1,7	0,8	1,9	0,0063
10	Сварочный участок	0,95	16	79	0,9	0,48	1,2	0,6	1,3	0,0169
11	Новый цех	0,95	16	864	0,9	0,48	13,1	6,4	14,6	0,0169
12	Административное помещение	0,9	20	21	0,9	0,48	0,4	0,2	0,4	0,0200
13	Освещение территории	0,6	0,16	9496	0,9	0,48	0,9	0,4	1,0	0,0001
	Итого осветительная нагрузка			12501			30,0	14,5	33,4	

3.4.1 Светотехнический расчет электрического освещения нового цеха

Расчёт рабочего освещения.

Размещение светильников определяется следующими размерами:

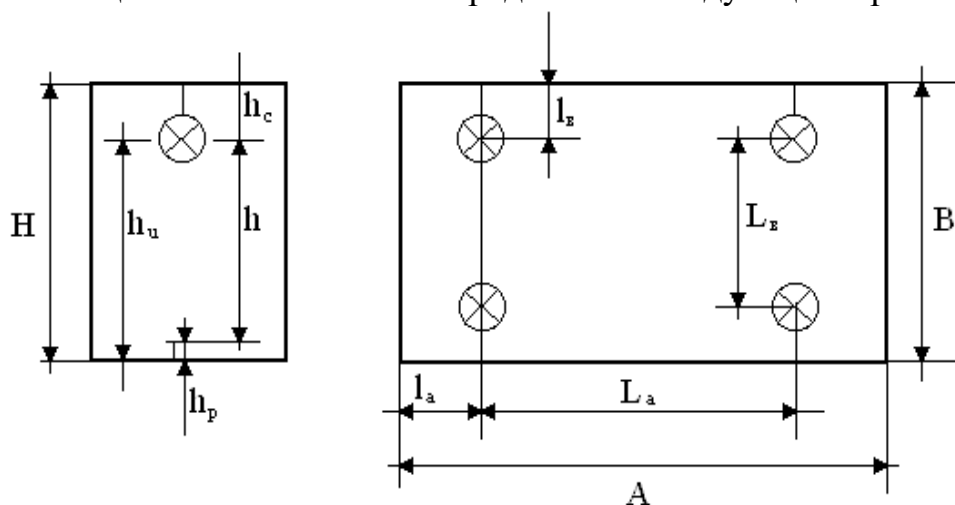


Рисунок 3.4 – Схема размещения светильников

где h_c – высота подвески светильников, м; h_p – высота рабочей поверхности, м; h_u – высота подвеса светильников над полом, м; h – расчетная высота, м; H – высота здания, м; L_a – расстояние от стенки до светильников в поперечной оси, м; L_b – расстояние от стенки до светильников в продольной оси, м; L_a – расстояние между светильниками в продольной оси, м; L_b – расстояние между светильниками в поперечной оси, м; A – длина помещения, м; B – ширина помещения, м.

Задачей расчета осветительной установки является определение числа и мощности источника света или определение фактической освещенности, создаваемой спроектированной установкой.

Расчет освещения выполняется методом коэффициента использования светового потока, т.к. нет крупных затеняющих предметов.

Определим тип, количество и расположение светильников рабочего освещения нового цеха ООО «Саянский жадеит».

Определяем габариты помещения: длина $A=36$ м, ширина $B=24$ м, высота помещения составляет $H=10$ м. Исходя из высоты помещения определяем тип светильников – РСП (светильник для светодиодных ламп LED CL, подвесной, для промышленных предприятий), например, примем светильник РСП05.

Задаемся величинами:

высота рабочей поверхности над полом $h_p=0,8$ м;

величина подвеса светильника $h_c=3,2$ м.

Определяем высоту светильников над рабочей поверхностью:

$$h = H - h_p - h_c, \text{ м.} \quad (3.14)$$

$$h = 10 - 0,8 - 3,2 = 6, \text{ м.}$$

Для принятого светильника находим значение $\lambda_{\text{э}}$ - отношение расстояния между светильниками или рядами светильников. По табл.10.4 [26, стр 260] принимаем $\lambda_{\text{э}} = 1$,

$$\lambda_{\text{э}} = \frac{L_A}{h} \quad (3.15)$$

Из выражения (3.15) находится L_A :

$$L_A = \lambda_{\text{э}} \cdot h \quad (3.16)$$

$$L_A = 1 \cdot 6,7 = 6,7 \text{ м}$$

При $L_A = 6,7$ м, в ряду можно разместить 6 светильников, расстояние до стены можно определить по формуле:

$$l_A = (A - L_A \cdot (L_A - 1)) / 2 \quad (3.17)$$

$$l_A = (36 - 6 \cdot 5) / 2 = 3 \text{ м.}$$

Принимаем число рядов равным 4, тогда $L_B = 6$ м; $L_A / L_B = 6/6 = 1 < 1,5$; где 1,5 – это рекомендованное число, за которое не должно выходить отношение L_A / L_B [26, стр.261].

При $L_B = 6$ м, и количестве рядов 4, расстояние до стены можно для ряда определить по формуле:

$$l_B = (B - L_B \cdot (n - 1)) / 2 \quad (3.18)$$

$$l_B = (24 - 6 \cdot 3) / 2 = 3 \text{ м,}$$

где n – количество рядов.

Число светильников в цехе принимаем равным 24. Размещение светильников показано на рисунке 3.5.

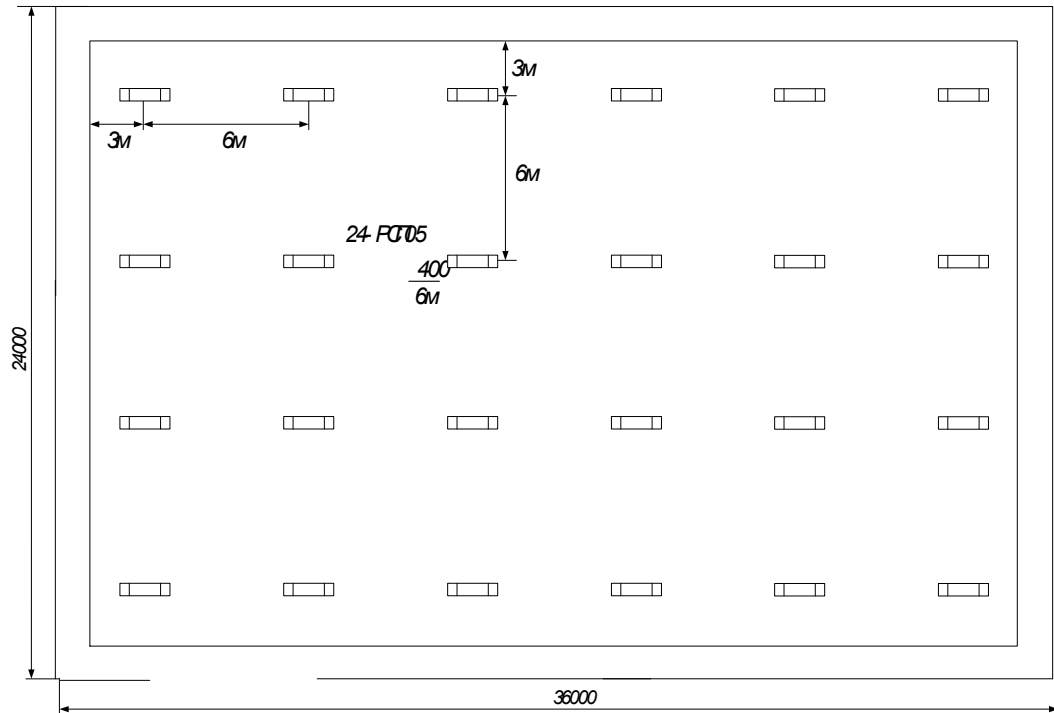


Рисунок 3.5- Размещение рабочего освещения по новому цеху

Определяем индекс помещения:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} \quad (3.19)$$

$$i = \frac{36 \cdot 24}{6 \cdot (36 + 24)} = 2,4$$

Определяем коэффициенты отражения потолка стен и пола по табл. 5-1 [26. стр. 126] – $P_n=50\%$, $P_c=30\%$, $P_p=10\%$ для цеховых помещений.

Используя найденные значения коэффициентов отражения поверхностей и вычисленный индекс помещения по таб. 5-9 [26. стр.134] определяем η - коэффициент использования светового потока источника света. $\eta=0,72$ для светильника РСП05.

Определяем норму освещенности по таб. 4-4 [26. стр. 102]. Для части цеха в котором производятся основные производственные работы принимаем норму освещенности $E_H=200$ Лк.

Определяем световой поток от одного светильника, необходимый для создания нормы освещенности:

$$\Phi_{OB} = \frac{E_H \cdot K_{ЗАП} \cdot A \cdot B \cdot z}{\eta \cdot N_C \cdot N_L} \text{ Лм,} \quad (3.20)$$

$$\Phi_{OB} = \frac{200 \cdot 1.5 \cdot 36 \cdot 24 \cdot 1.15}{0.72 \cdot 24 \cdot 1} = 17250 \text{ Лм,}$$

В этой формуле N_L – число ламп в светильнике, N_C – количество светильников, по одной лампе в светильнике.

где $K_{ЗАП}=1,5$ – принимается для ламп LED CL, z – коэффициент минимальной освещенности, принимается равным 1,15 для ламп LED CL.

Используем в светильнике лампу LED CL 400 мощностью 400 Вт с номинальным световым потоком лампы $\Phi_L=19000$ лм.

Определим фактический световой поток, создаваемый принятым количеством светильников:

$$\Phi = N_C \cdot N_L \cdot \Phi_L \quad (3.21)$$

$$\Phi = 24 \cdot 1 \cdot 19000 = 456000 \text{ Лм.}$$

Сравниваем фактическое значение светового потока с общим необходимым световым потоком:

$$\Delta\Phi_{\%} = \frac{\Phi - \Phi_{ОБЩ}}{\Phi_{ОБЩ}} \cdot 100\%. \quad (3.22)$$

$$\Delta\Phi_{\%} = \frac{19000 - 17250}{17250} \cdot 100\% = 10.1\%.$$

Отклонение фактического светового потока составляет +10,1%. Согласно [26] отклонение фактического светового потока от расчетного должно находиться в пределах $-10\% \dots +20\%$. Исходя из выше сказанного окончательно принимаем выбранный тип и количество светильников.

Расчёт аварийного освещения

Исходя из высоты помещения определяем тип светильников – НСП (светильник для ламп LED CL, подвесной, для промышленных предприятий),

например, примем светильник НСП07, имеющих полуширокую типовую кривую силы света.

Задаемся величинами:

высота рабочей поверхности над полом $h_p=0,8$ м;

величина подвеса светильника $h_c=2,5$ м.

Определяем высоту светильников над рабочей поверхностью:

$$h = H - h_p - h_c = 10 - 0,8 - 2,5 = 6,7 \text{ м.}$$

Для принятого светильника находим значение $\lambda_{\text{э}}$ - отношение расстояния между светильниками или рядами светильников. По табл.10.4 [26, стр. 260] принимаем $\lambda_{\text{э}}=1,8$, для светильников с полуширокой кривой силы света.

$$\lambda_{\text{э}} = \frac{L_A}{h} \quad (3.23)$$

Из выражения (3.23) находится L_A :

$$L_A = \lambda_{\text{э}} \cdot h = 1,8 \cdot 6,7 = 12,06 \approx 12 \text{ м}$$

При $L_A=6$ м, в ряду можно разместить 3 светильника, расстояние до стены можно определить по формуле:

$$l_A = (A - L_A \cdot (L_A - 1)) / 2 = (36 - 12 \cdot 2) / 2 = 6 \text{ м.}$$

Принимаем число рядов равным 3, тогда $L_B=8$ м;

$$L_A / L_B = 12/8 = 1,5 < 1,5;$$

где 1,5 – это рекомендованное число, за которое не должно выходить отношение L_A / L_B ([26, стр261]).

При $L_B=8$ м, и количестве рядов 3, расстояние до стены можно для ряда определить по формуле:

$$l_B = (B - L_B \cdot (n - 1)) / 2 = (24 - 8 \cdot 2) / 2 = 4 \text{ м,}$$

где n – количество рядов.

Число светильников в цехе принимаем равным 9. Размещение светильников показано на рисунок 3.6.

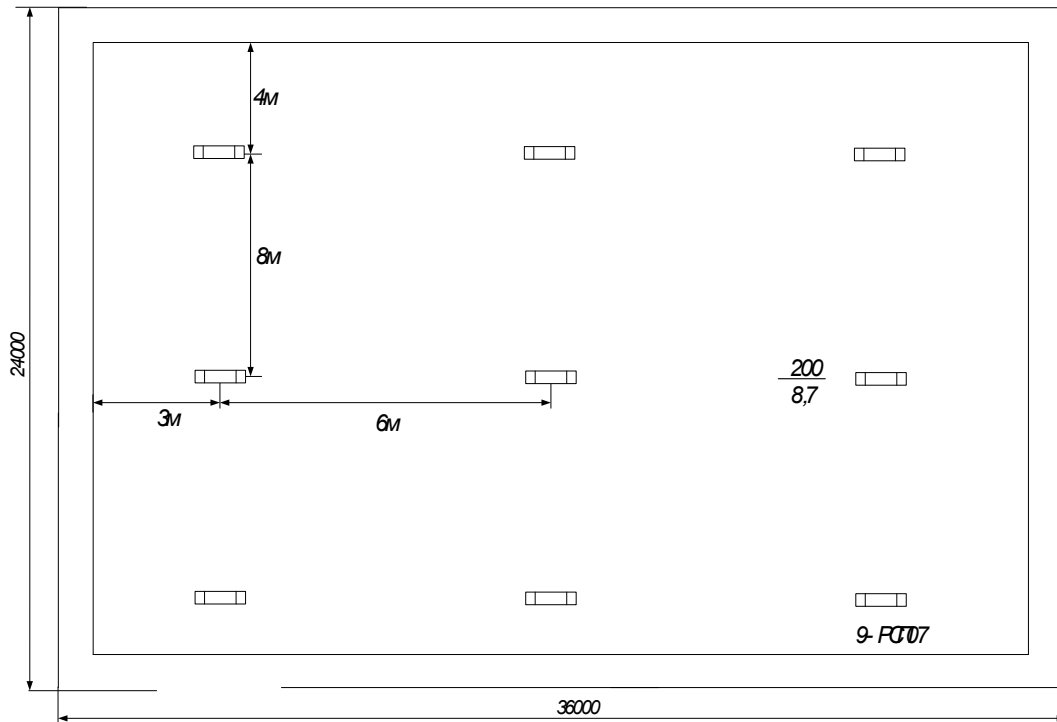


Рисунок 3.6- Размещение аварийного освещения по цеху

Определяем индекс помещения:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{36 \cdot 24}{6.7 \cdot (36 + 24)} = 2.15.$$

Определяем коэффициенты отражения потолка стен и пола по табл. 5-1 [26. стр. 126] – $R_{\text{п}}=50\%$, $R_{\text{с}}=30\%$, $R_{\text{р}}=10\%$ для цеховых помещений.

Используя найденные значения коэффициентов отражения поверхностей и вычисленный индекс помещения по таб. 5-9 [26. стр.134] определяем η - коэффициент использования светового потока источника света. $\eta=0,53$ для светильника НСП11.

Определяем норму освещенности по таб. 4-4 [26. стр. 102]. Для части цеха в котором производятся основные производственные работы принимаем норму освещенности $E_{\text{э}}=0,05 \cdot E_{\text{РАБ}}=200 \cdot 0,05=10$ лк.

Определяем световой поток от одного светильника, необходимый для создания нормы освещенности:

$$\Phi_{\text{об}} = \frac{E_{\text{н}} \cdot K_{\text{зап}} \cdot A \cdot B \cdot z}{\eta \cdot N_{\text{с}} \cdot N_{\text{л}}} = \frac{10 \cdot 1.5 \cdot 36 \cdot 24 \cdot 1.15}{0.53 \cdot 9 \cdot 1} = 3124.5 \text{ лм.}$$

В этой формуле N_L – число ламп в светильнике, N_C – количество светильников, по одной лампе в светильнике.

где $K_{ЗАП}=1,5$ – принимается для ламп LED CL, z – коэффициент минимальной освещенности, принимается равным 1,15 для ламп LED CL.

Используем в светильнике лампу Б220-200 мощностью 200 Вт с номинальным световым потоком лампы $\Phi_L=2920$ лм.

Определим фактический световой поток, создаваемый принятым количеством светильников:

$$\Phi = N_C \cdot N_L \cdot \Phi_L = 9 \cdot 1 \cdot 2920 = 26280 \text{ лм.}$$

Сравниваем фактическое значение светового потока с общим необходимым световым потоком:

$$\Delta\Phi_{\%} = \frac{\Phi - \Phi_{ОБЩ}}{\Phi_{ОБЩ}} \cdot 100\% = \frac{2920 - 3124.5}{3124.5} \cdot 100\% = -6.5\%.$$

Отклонение фактического светового потока составляет -6,5%. Согласно [26] отклонение фактического светового потока от расчетного должно находиться в пределах:

-10% ...+20%. Исходя из выше сказанного окончательно принимаем выбранный тип и количество светильников.

3.4.2 Электротехнический расчет электрического освещения. Выбор щитов освещения, кабелей и защитной аппаратуры

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

Произведем выбор сечения кабеля рабочего освещения нового цеха. Питание осветительной нагрузки осуществляем от одного щита освещения. Расчет производим методом моментов по наибольшему падению напряжения (у наиболее удаленных или наиболее мощных ламп).

Определяем расчетную нагрузку одной лампы:

$$P_p = P_{НОМ} \cdot K_C \cdot K_{ПРА} = 400 \cdot 0.95 \cdot 1 = 380 \text{ Вт,}$$

где K_c – коэффициент спроса; $K_c = 0,95$ [26, стр. 271]; $K_{пра}$ – коэффициент, учитывающий потери мощности в пускорегулирующей аппаратуре. $K_{пра} = 1$ для лампы LED CL так как у светодиодных светильников нет пускорегулирующей аппаратуры.

Распределение моментов по фазам выглядит следующим образом:

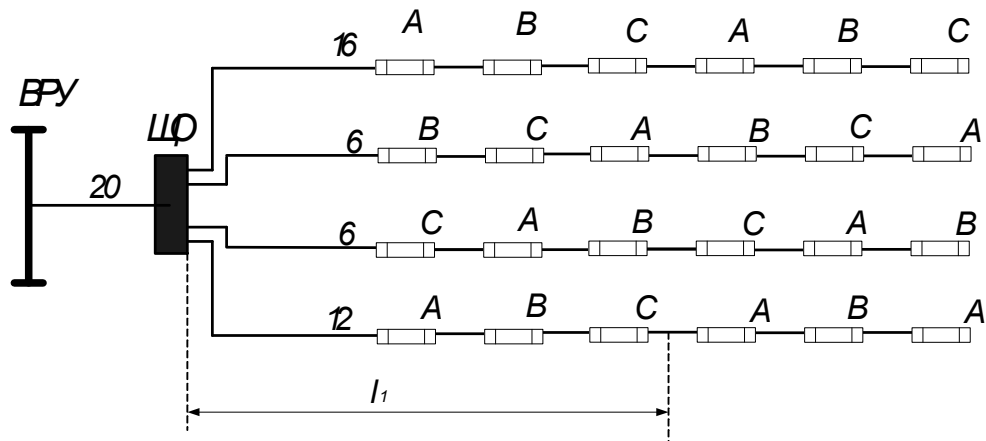


Рисунок 3.7 – Схема замещения

$$M_A = P_p \cdot N_{CB} \cdot l_1 \quad (3.24)$$

где l_1 – это суммарное расстояние до “середин” групп освещения, пофазно.

4ряд:

$$\sum M_a = P l_0 + P(l_0+3l) = P(2l_0+3l) = 380 \cdot (2 \cdot 16 + 3 \cdot 6) = 19 \text{ кВт}\cdot\text{м};$$

$$\sum M_b = P(l_0+l) + P(l_0+4l) = P(2l_0+5l) = 380 \cdot (2 \cdot 16 + 5 \cdot 6) = 23,56 \text{ кВт}\cdot\text{м};$$

$$\sum M_c = P(l_0+2l) + P(l_0+5l) = P(2l_0+7l) = 380 \cdot (2 \cdot 16 + 7 \cdot 6) = 28,12 \text{ кВт}\cdot\text{м}.$$

1ряд:

$$\sum M_a = P l_0 + P(l_0+3l) + P(l_0+5l) = P(3l_0+8l) = 380 \cdot (3 \cdot 12 + 8 \cdot 6) = 31,92 \text{ кВт}\cdot\text{м};$$

$$\sum M_b = P(l_0+l) + P(l_0+4l) = P(2l_0+5l) = 380 \cdot (2 \cdot 12 + 5 \cdot 6) = 20,52 \text{ кВт}\cdot\text{м};$$

$$\sum M_c = P(l_0+2l) = 380 \cdot (2 \cdot 12 + 2 \cdot 6) = 13,68 \text{ кВт}\cdot\text{м}.$$

2 ряд:

$$\sum M_a = P(l_0+1) + P(l_0+4l) = P(2l_0+5l) = 380 \cdot (2 \cdot 6 + 5 \cdot 6) = 15,96 \text{ кВт}\cdot\text{м};$$

$$\sum M_b = P(l_0+2l) + P(l_0+5l) = P(2l_0+7l) = 380 \cdot (2 \cdot 6 + 7 \cdot 6) = 20,52 \text{ кВт}\cdot\text{м}.$$

$$\sum M_c = P l_0 + P(l_0+3l) = P(2l_0+3l) = 380 \cdot (2 \cdot 6 + 3 \cdot 6) = 11,4 \text{ кВт}\cdot\text{м};$$

3 ряд:

$$\sum M_a = P l_0 + P(l_0+2l) + P(l_0+4l) = P(3l_0+6l) = 380 \cdot (3 \cdot 6 + 4 \cdot 6) = 15,96 \text{ кВт}\cdot\text{м};$$

$$\sum M_b = P l_0 + P(l_0+3l) = P(2l_0+3l) = 380 \cdot (2 \cdot 6 + 3 \cdot 6) = 11,4 \text{ кВт}\cdot\text{м}.$$

$$\sum M_c = P(l_0+1) + P(l_0+4l) = P(2l_0+5l) = 380 \cdot (2 \cdot 6 + 5 \cdot 6) = 15,96 \text{ кВт}\cdot\text{м};$$

Суммарный момент по каждой фазе:

$$\sum M_a = 19 + 31,92 + 15,96 + 15,96 = 82,84 \text{ кВт}\cdot\text{м};$$

$$\sum M_b = 23,56 + 20,52 + 20,52 + 11,4 = 76 \text{ кВт}\cdot\text{м};$$

$$\sum M_c = 28,12 + 13,68 + 11,4 + 15,96 = 69,16 \text{ кВт}\cdot\text{м};$$

Принимается что шкаф освещения располагается на высоте 1,5 м от пола, тогда расстояние от ЩО до потолка составляет 8,5, светильники аварийного освещения свешиваются от потолка на высоте 5,5 м.

Нагрузка по фазам распределена практически равномерно.

Определяем расчетную нагрузку освещения щита освещения:

$$P_{po} = P_p \cdot N_{cs} = 380 \cdot 24 = 9120 \text{ Вт},$$

где $N_{cs} = 24$ - количество светильников, присоединенных к щиту освещения.

Расчетный ток на участке сети определяется по выражению:

$$I_{po} = \frac{P_{po}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos(\varphi)} = \frac{9,1}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,59} = 23,5 \text{ А},$$

где $\cos(\varphi) = 0.59$ – коэффициент мощности осветительной нагрузки, для ламп LED CL.

Для защиты кабеля устанавливаем на ТП автомат ВА 51-25, с номинальным током расцепителя $I_{рц.ном} = 25$ А., принимаем кабель питания ОЩВ ПВХ $4 \times 4_{мм^2}$, с длительно допустимым током $I_{доп} = 27$ А, при этом выполняется условие:

$$I_{доп} \geq \frac{I_{расц} \cdot K_3}{K_{прокл}} \quad \text{или} \quad 27 \geq \frac{25 \cdot 1}{1} \quad \text{или} \quad 27 \geq 25,$$

где K_3 - коэффициент защиты, $K_{прокл}$ - коэффициент прокладки.

Автомат на вводе выбираем ВА 51-25, с номинальным током расцепителя $I_{рц.ном} = 25$ А, что удовлетворяет требованию селективности.

Расчетный ток группы:

$$I_{ро} = \frac{P_p \cdot N_{zp}}{U_\phi \cdot \cos(\varphi)} = \frac{0,38 \cdot 6}{0,22 \cdot 0,59} = 17,6 \text{ А};$$

$$S_p = \frac{M_{max.\phi}}{K_c \cdot \Delta U_{доп}} = \frac{31,92}{7,7 \cdot 2,5} = 1,7$$

Выбираем кабель ПВХ $4 \times 4_{мм^2}$, длительно допустимый ток которого 27 А.

Определяем суммарные моменты нагрузки для вычисления потерь напряжения.

$$M_1 = \sum P \cdot l = 9,12 \cdot 24 = 218,9 \text{ кВт}\cdot\text{м};$$

где - l - расстояния от ЩО до шин ТП.

Потери напряжения в одном ряде:

$$\Delta U_1 = \frac{M_1}{s_1 \cdot K_c} = \frac{218,9}{4 \cdot 7,4} = 0,07 \%,$$

где: s – сечение провода; K_c – коэффициент, зависящий от схемы питания и материала проводника; $K_c = 7,4$ [26, табл. 10.7];

Моменты нагрузок в самых удалённых лампах. Самой удаленной является первая группа (фаза А).

Определяем расчетную нагрузку группы:

$$P_{гр} = P_p \cdot N_{гр} = 380 \cdot 4 / 1000 = 1,52 \text{ кВт}\cdot\text{м},$$

где $N_{св} = 4$ - количество светильников в группе от фазы А.

Определим момент:

$$M_{св} = P_{гр} \cdot L_1 = 1,52 \cdot 77 = 117,04 \text{ Вт}\cdot\text{м};$$

где L_1 – учитывает подъем кабеля вдоль стены от ЩО до потолка 8,5м, прокладку по потолку вдоль цеха м, прокладку по потолку поперек цеха до середины цеха, спуск кабеля к светильнику 0,5 м.

Потери напряжения в самых удалённых лампах:

$$\Delta U_{св} = \frac{M_{св}}{s_{св} \cdot K_c} + \Delta U_1 = \frac{117,04}{25 \cdot 7,4} + 0,07 = 0,7 \text{ \%};$$

Потери напряжения находятся в допустимых пределах.

Электротехнический расчет аварийного освещения

Аварийное освещение выполняем светодиодными лампами LED CL.

Питание осуществляем от одного щита ЩАО – 6, автомат на вводе ВА 51-25. Для каждой группы будет следующая схема:

Определяем расчетную нагрузку одной лампы:

$$P_p = P_{ном} \cdot K_c = 200 \cdot 1 = 200 \text{ Вт}.$$

Распределение моментов по фазам выглядит следующим образом:

$$M_A = 200 \cdot 3 \cdot (80 + 60 + 38 + 56 + 59) = 263700 \text{ Вт}\cdot\text{м};$$

$$M_B = 200 \cdot 3 \cdot (72 + 51 + 57 + 47 + 50) = 249300 \text{ Вт}\cdot\text{м};$$

$$M_C = 200 \cdot 3 \cdot (62 + 70 + 48 + 37 + 68) = 256500 \text{ Вт}\cdot\text{м};$$

Нагрузка по фазам распределена практически равномерно.

Расчетный ток на участке сети.

$$I_{po} = \frac{P_p \cdot N_{св}}{U_\phi \cdot \cos(\varphi)} = \frac{200 \cdot 45}{\sqrt{3} \cdot 380} = 20.5 \text{ A};$$

Для защиты кабеля устанавливаем на ВРУ автомат ВА51-25, с номинальным током расцепителя $I_{рц.ном} = 27 \text{ A}$., принимаем кабель питания ЩАО ПВХ $4 \times 2,5 \text{ мм}^2$, с длительно допустимым током $I_{дон} = 27 \text{ A}$, при этом выполняется условие:

Расчётный ток для наиболее загруженной фазы:

$$I_{po1} = \frac{3 \cdot 200}{\sqrt{3} \cdot 380} = 1.367 \text{ A};$$

Принимаем кабель марки ПВХ сечением $4 \times 2,5 \text{ мм}^2$.

Расчётный ток на других проводах такой же, поэтому для остальных также выбираем кабель марки ПВХ сечением $4 \times 2,5 \text{ мм}^2$. Рассчитываем потери напряжения для самой удалённой лампы, для этого в формулу подставляем момент самой большой нагрузки:

$$\Delta U_c = \frac{M_A}{s \cdot K_c} = \frac{80 \cdot 10^{-3} \cdot 200 \cdot 3}{10 \cdot 44} = 0.164 \text{ \%};$$

Потери напряжения не превышают допустимые.

3.5 Выбор сетевых электротехнических устройств и аппаратов защиты в них

Для подключения вводных распределительных устройств, шкафов распределительных и электроприемников используют провода АВВГ, проложенные в трубах.

Водные распределительные устройства и шкафы распределительные выбираются по номинальному току и количеству присоединений.

В данном пункте необходимо выбрать марки ВРУ и ШР. Распределительные пункты выбираются с учетом расчетного тока определенного по методу коэффициентов расчетной нагрузки в соответствии с РТМ 36.18.32.4-92 и с учетом количества присоединений силового пункта.

Согласно схемам внутрицехового электроснабжения распределительные пункты должны иметь минимальное необходимое число присоединений – 12. Исходя из этого, а также из расчетного и пускового тока определяем марку распределительного пункта – ПР-11-3048 на ток до 100 А - напольного исполнения, имеющий один вводной выключатель, и укомплектован трехполюсными автоматами ВА51-25. Марку распределительного пункта выбираем по прайсу, т.к. в нем указаны все необходимые данные, в том числе и цена. Расчетные токи силовых пунктов (определенные по методу коэффициентов расчетной нагрузки в соответствии с РТМ 36.18.32.4-92, таблица 3.6) не превышают 100А.

Результаты выбора ВРУ сведены в таблицу 3.7

Таблица 3.7 – Результаты выбора ВРУ объектов ООО «Саянский жадит»

Наименование ЭП	Расчетный ток, А	Тип ВРУ	Номинальный ток, А	Напряжение, В
1	2	3	4	5
1.Столярный участок	7,6	ВРУ1-3-26 УХЛ4	100	380
2.Токарный участок по обработке камня	21,3	ВРУ1-3-26 УХЛ4	160	380
3.Цех перераб. камня	69,7	ВРУ1-3-26 УХЛ4	500	380
4.Прямом оборотной воды	8,3	ВРУ1-3-26 УХЛ4	100	380
5.Токарный участок	14,7	ВРУ1-3-26 УХЛ4	125	380
6.Участок резки и подготовки камня	34,0	ВРУ1-3-26 УХЛ4	250	380
7.Уч. сухой галтовки	58,7	ВРУ1-3-26 УХЛ4	500	380
9.Гараж	2,2	ВРУ1-3-26 УХЛ4	50	380

Окончание таблицы 3.7

1	2	3	4	5
10.Сварочный участок	32,8	ВРУ1-3-26 УХЛ4	250	380
11.Новый цех	71,3	ВРУ1-3-26 УХЛ4	630	380
12.Админ. помещение	5,9	ВРУ1-3-26 УХЛ4	50	380

Типовые щиты ВРУ выпускаются на номинальные токи от 100А до 630А, поэтому выбираем для объектов предприятия ВРУ на номинальный ток 100 А, во всех случаях расчетный ток меньше номинального, что соответствует требованиям.

3.6 Определение мощности компенсирующих устройств на стороне 0,4кВ

Произведем выбор мощности трансформаторов с учетом компенсации реактивной мощности.

При выборе мощности трансформаторов одновременно должен решаться вопрос об экономически целесообразной величине реактивной мощности, передаваемой через трансформаторы в сеть напряжением до 1 кВ [2].

Произведем выбор мощности конденсаторных батарей для снижения потерь мощности в трансформаторах.

Наибольшая реактивная мощность $Q_{max.T}$, которая может быть передана в сеть напряжением до 1 кВ из сети 10 кВ без увеличения числа трансформаторов, определяется по формуле, кВАр:

$$Q_{max.T} = \sqrt{(1,1 \cdot N_{min} \cdot K_z \cdot S_{н.тр})^2 - P_p^2} \quad (3.25)$$

$$Q_{max.T} = \sqrt{(1,1 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 100)^2 - 99,7^2} = 196,1 \text{ кВАр}$$

Суммарная мощность конденсаторных батарей на напряжение до 1 кВ составит, кВАр

$$Q_{НК} = Q_p - Q_{max.T} = 87,5 - 196,1 = -108,6 \text{ кВАр}, \quad (3.26)$$

Установка конденсаторных батарей не требуется .

В дальнейших расчетах необходимо выполнить проверку по $\text{tg } \varphi$ для доведения коэффициента реактивной мощности до нормативного значения не превышающего 0,4.

3.7 Расчет потерь активной и реактивной мощности в трансформаторах. Определение результирующих нагрузок на стороне 10 кВ подстанции

Коэффициент загрузки:

$$k_3 = \frac{P_p}{n \cdot S_{\text{тр}}} = \frac{99,7}{2 \cdot 100} = 0,499 \quad (3.27)$$

где P_p - расчетная нагрузка на стороне 0,4 кВ;

n – количество цеховых трансформаторов;

$S_{\text{тр}}$ - мощность цеховых трансформаторов.

Результирующий расчет нагрузок для трансформаторных подстанции и выбор мощности трансформаторов рекомендуется выполнять по форме Ф202-90 [22].

Расчетная полная мощность предприятия со стороны высшего напряжения трансформаторов ИП определяется с учетом потерь мощности в трансформаторах ИП [22]. Приблизительно потери мощности в них определяются по формулам:

$$\Delta P_{\text{т.ИП}} = 0,02 \cdot S_{\text{р.}\Sigma}, \quad (3.20)$$

$$\Delta P_{\text{т.ИП}} = 0,02 \cdot 132,7 = 2,7 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_{\text{т.ИП}} = 0,1 \cdot S_{\text{р.}\Sigma}. \quad (3.21)$$

$$\Delta Q_{\text{т.ИП}} = 0,1 \cdot 132,7 = 13,3 \text{ кВар}$$

Полная расчетная мощность предприятия со стороны высшего напряжения трансформаторов ИП (на границе балансового разграничения с энергосистемой) определяется по формулам [22]:

$$P_p = P_{p\Sigma} + \Delta P_{т.ИП}, \quad (3.22)$$

$$P_p = 99,7 + 2,7 = 102,4$$

$$Q_p = Q_{p\Sigma} + \Delta Q_{т.ИП}. \quad (3.23)$$

$$Q_p = 87,5 + 13,3 = 100,8$$

Коэффициент реактивной мощности $\text{tg}\varphi=0,99$, для доведения коэффициента реактивной мощности до нормативного значения не более 0,4, необходимо установить конденсаторные установки мощностью по 30 кВАр.

Выбираем две установки УКМ 58-0,4-30-10 УЗ номинальной мощностью 30 кВар для установки на каждую секцию 0,4 кВ ТП. Таким образом, фактическая мощность комплектной конденсаторной установки:

$$Q_{КУЕ} = 2 \cdot 30 = 60 \text{ кВар.}$$

Результаты расчета представлены в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Расчет электрических нагрузок на III и IV уровнях СЭС

Наименование	Коэф. реактивной мощности $\text{tg } \varphi$	Расчетная нагрузка			Количество и мощность трансформ. шт., кВА
		кВт	кВАр	кВА	
		P_p	Q_p	S_p	
1	2	3	4	5	6
Силовая нагрузка 0,4 кВ	1,10	66,4	73,0	98,7	
Осветительная нагрузка	0,48	30,0	14,5	33,4	
Итого нагрузка без учета потерь	0,91	96,4	87,5	130,2	
Потери в сети 0,4 кВ		3,3	0,0		
Итого на стороне 0,4 кВ без КУ	0,88	99,7	87,5	132,7	
Мощность КУ на напряжении 0,4 кВ			0		нет КУ согласно п.3.6
Итого на стороне 0,4 кВ	0,88	99,7	87,5	132,7	
Потери в трансформаторах	$K_z=0,65$	2,7	13,3		$K_{пер}=1,3$

Окончание таблицы 3.8

1	2	3	4	5	6
Итого на стороне ВН	0,99	102,3	100,8	143,6	
Мощность КУ на напряжении 0,4 кВ с учетом выполнения предельного tgφ			-60		2хАУКРМ-ЭМ 0,4-30-10
Итого на стороне ВН с учетом выполнения предельного tgφ	0,40	102,3	40,8	110,2	2хТМЗ-100/10

По результатам расчетов электрических нагрузок ООО «Саянский жадеит», с учетом ввода в эксплуатацию нового цеха, можем сделать вывод о том, что необходимо заменить имеющуюся на предприятии ТП 1х400 кВА на ТП 2х100 кВА, для обеспечения бесперебойного электроснабжения предприятия во избежание перерывов в электроснабжении, которые приводят к значительному ущербу предприятия, массовому браку продукции, расстройству сложного технологического процесса, массовому недоотпуску продукции, простоям рабочих мест, механизмов.

3.8 Проектирование схемы распределения электроэнергии по территории ООО «Саянский жадеит»

3.8.1 Построение картограммы электрических нагрузок цехов

Для наглядного представления распределения нагрузок по территории ООО «Саянский жадеит» и выбора мощности и типа ТП и РП, применяем картограмму нагрузок, которая представляет собой размещенные на генплане предприятия окружности, причем площади ограниченные этими окружностями, в выбранном масштабе равны расчетным нагрузкам цехов. Для каждого цеха наносим свою окружность, центр которой совпадает с ЦЭН цеха. Радиус окружности определяется из выражения [6]:

$$r_i = \sqrt{\frac{P_{pi}}{\pi \cdot m}}, \quad (3.24)$$

где P_{pi} – расчетная нагрузка i -го цеха, m – масштаб для определения площади круга (постоянный для всех цехов предприятия).

При построение картограммы нагрузок предприятия оси ординат можно наносить на план цеха или предприятия в целом произвольно.

Силовую нагрузку изобразим отдельными кругами. Осветительную нагрузку наносим совместно с кругами, изображающим нагрузку до 1000 В [6].

Результаты расчетов представлены в таблицу 3.9.

Таблица 3.9 – Результаты расчетов для построения картограммы нагрузок

Наименование потребителя		P_{p+} Росв, кВт	Q_{p+} $Q_{осв}$, кВар	X_i , м	Y_i , м	$P_i \cdot X_i$, кВт· м	$P_i \cdot Y_i$, кВт· м	$Q_i \cdot X_i$, кВар· м	$Q_i \cdot Y_i$, кВар· м	r_i , м	d_i , м
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Столярный участок	4,9	4,5	100	188	487	916	445	837	2, 2	4,4
2	Токарный участок по обработке камня	12,2	12,7	95	149	1162	1823	1206	1892	3, 5	7,0
3	Цех переработки камня	34,2	35,5	61	134	2087	4584	2167	4761	5, 8	11, 7
4	Приямok оборотной воды	4,0	4,4	6	123	24	492	26	541	2, 0	4,0
5	Токарный участок	9,3	9,1	100	124	932	1155	913	1132	3, 1	6,1
6	Участок резки и подготовки камня	19,6	20,9	52	109	1020	2138	1086	2277	4, 4	8,9

7	Участок сухой галтовки камня	33,6	34,8	51	35	1716	1177	1773	1217	5,8	11,6
---	------------------------------	------	------	----	----	------	------	------	------	-----	------

Окончание таблицы 3.9

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
9	Гараж	2,8	2,1	175	68	498	193	360	140	1,7	3,4
10	Сварочный участок	17,2	18,2	183	26	3147	447	3327	473	4,1	8,3
11	Новый цех	44,6	41,0	176	134	7855	5981	7218	5495	6,7	13,4
12	Административное помещение	3,0	3,0	111	149	330	443	337	453	1,7	3,4
ИТОГО		185,5	186,1			19257	19349	18859	19218		
						103,8	104,3	101,3	103,2		

Произведем расчет потерь активной и реактивной мощности в выбранных трансформаторах. Параметры трансформаторов [4], занесем в таблицу 3.10

Таблица 3.10 – Параметры трансформаторов

Трансформатор	Номинальное напряжение		$S_{ном}, кВА$	$\Delta P_X, кВт$	$\Delta P_K, кВт$	$U_K, \%$	$I_X, \%$
	ВН	НН					
1	2	3	4	5	6	7	8
ТМЗ-100/10	10	0,4	100	0,36	1,97	4,5	2,6

Питание ТП будем осуществлять при помощи ВЛ, выполненных проводом марки АС.

Определим расчетный ток ВЛ питающей ТП и выберем сечение провода [4].

Расчетная нагрузка четвертого уровня представляет собой сумму расчетной нагрузки третьего уровня (расчетная силовая нагрузка цехов питающихся от ТП, включающая в себя потери в линиях, и нагрузку на освещение) и потерь в трансформаторах.

$$P_{IV} = P_{III} + \Delta P_{тр} = 88,1 + 2,4 = 90,5 \text{ кВт},$$

$$Q_{IV} = Q_{III} + \Delta Q_{тр} - Q_{ку} = 80,6 + 11,9 - 60 = 32,6 \text{ кВАр},$$

$$S_{IV} = \sqrt{P_{IV}^2 + Q_{IV}^2} = \sqrt{90,5^2 + 32,6^2} = 96,2 \text{ кВА},$$

Выбираем сечение жил ВЛ, учитывая допустимую перегрузку в аварийном режиме. Принимаем время ликвидации аварии максимальным (6ч), а коэффициент загрузки линии в нормальном режиме 0,6. в соответствии с [17] допустимая перегрузка составляет 1,25. Коэффициент снижения токовой нагрузки $K_{с.н.}$ принимаем [17] равным 0,9.

Определим расчетный длительный ток ВЛ в нормальном режиме.

$$I_{раб} = \frac{S_{IV}}{n \cdot \sqrt{3} \cdot U} = \frac{110,2}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 3,2 \text{ А}.$$

Определим расчетный длительный ток воздушной линии в аварийном режиме.

$$I_{\text{ав.}} = \frac{S_{IV}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{110,2}{\sqrt{3} \cdot 10} = 6,4 \text{ А.}$$

Определим расчетный длительный ток ВЛ в аварийном режиме с учетом коэффициента прокладки и коэффициента снижения токовой нагрузки $K_{\text{с.н.}}$, и допустимой перегрузки.

$$I_{\text{ав.дл.}} = \frac{I_{\text{ав.}}}{1,25 \cdot K_{\text{с.н.}}} = \frac{6,4}{1,25 \cdot 0,9} = 5,7 \text{ А.}$$

По таблице 4.14 [17] принимаем сечение жил трехжильного провода равным 35 мм^2 ($I_{\text{доп}} = 110 \text{ А}$), марки АС.

По длительно допустимому току, существующие провода марки АС-35, проходят.

Замены существующей воздушной линии, выполненной проводом марки АС -35, не требуется.

3.8.3 Выбор коммутационно-защитной аппаратуры и кабелей, питающих объекты ООО «Саянский жадит»

Приведём пример расчёта для нового цеха №11:

Расчетный ток, протекающий через кабель определяем по расчетным активной и реактивной мощностям электроприемников питающихся от данного кабеля:

$$I_{\text{РАСЧ}} = 71,3 \text{ А, А} - \text{из таблицы 3.6 выпускной квалификационной работы.}$$

Для защиты ВРУ цеха выбираем автоматический выключатель ВА 51-35 с номинальным током $I_{PC.HOM} = 100$, А.

Для остальных цехов и объектов ООО «Саянский жадеит» расчёт аналогичен.

Выбор коммутационно-защитных аппаратов и их уставок защиты для цехов предприятия представлен в таблице 3.11

Сечение жил проводников и кабелей напряжением до 1 кВ по нагреву определяется по таблицам длительно-допустимых токов, составленных для нормальных условий прокладки.

Определение допустимых токов проводников осуществляется по формуле:

$$I_{\text{доп}} = \frac{I_p}{K_n}, \quad (3.25)$$

где $I_{\text{доп}}$ – допустимый ток выбираемого проводника, А; K_n – поправочный коэффициент, учитывающий условия прокладки проводов и кабелей (при нормальных условиях прокладки $K_n = 1$); I_p – расчетный ток проводника.

Сечения проводов и жил кабелей цеховой сети выбираются по условию соответствия выбранному защитному устройству:

$$I_{\text{доп}} \geq K_{\text{защ}} I_z, \quad (3.26)$$

где $K_{\text{защ}}$ – коэффициент защиты; I_z – параметр защитного устройства (номинальный ток).

Ответвления к электроприемникам прокладываются в трубах. Трассы участков трубных прокладок условно делятся на три степени сложности в зависимости от их длины и числа углов.

Для питания нового цеха №11 используем кабель АВВГ 4х25 мм²

Определим длительно допустимый ток.

$$I_{\text{доп}} = 82, \text{ А.}$$

Выбранное сечение проводника по условиям нагрева должно быть согласовано с аппаратом защиты этого проводника по условию:

$$I_{\text{расч}} \leq I_{\text{расц}} \leq I_{\text{доп.каб.}} \quad (3.27)$$

$71,3 A \leq 100 A \leq 82 A$ условие не выполняется.

где K_3 - коэффициент защиты или кратность защиты [5]

Увеличиваем сечение кабеля: АВВГ 4x50 мм²

$$I_{доп} = 126, A.$$

$$71,3 A \leq 100 A \leq 126 A$$

Определим пусковой ток:

$$I_{II} = K_{II} \cdot I_H = 6,5 \cdot 71,3 = 463,3 A, \text{ где } K_{II} - \text{кратность пускового тока.}$$

Выбор кабелей, питающих цеха предприятия представлен в таблице 3.12

Для защиты двигателей электроприемников выбираем магнитные пускатели марки ПМЛ. Для питания ЭП выбираем кабели марки АВВГ соответствующих сечений. Выбор производим по расчетным токам из таблицы 3.5.

Результаты выбора коммутационно-защитной аппаратуры и кабелей, питающих электрприемники, расположенные в цехах ООО «Саянский жадеит», сведем в таблицу 3.13

3.8.4 Проверка проводов в сети 0,4 кВ, определение потерь мощности и активной энергии в линиях

а) Произведем расчет для радиальной схемы нового цеха вариант №1.

Найдем потери напряжения, потери мощности в проводах.

Потери энергии найдем по формуле:

$$\Delta A = \Delta P \cdot \tau, \quad \text{МВт} \cdot \text{ч} \quad (3.28)$$

где $\tau = 8760$ часов

Расчеты сведем в таблицу 3.14.

Таблица 3.14 – Расчет потерь напряжения и мощности вариант №1

Участок	L, м	I _{раб} , А	cosφ	Марка кабеля	γ _{уд} , Ом /км	х _{уд} , Ом /км	S _{нагр} , кВА	ΔU, %	ΔP, кВт	ΔQ, кВАр	ΔA, МВт·ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ВРУ-ЭП31	25,8	17,3	0,6	АВВГ – (3x50+1x25)	0,625	0,0625	11,4	0,000021	0,6	0,056	4,9
ВРУ-ЭП33	35,8	5,8	0,74	АВВГ – (3x10+1x6)	3,12	0,073	3,8	0,000043	0,3	0,007	2,8
ВРУ-ЭП27	16,2	22,9	0,65	АВВГ – (3x70+1x35)	0,447	0,0612	15,1	0,000013	0,7	0,096	6,2
ВРУ-ЭП38	8,6	48,2	0,81	АВВГ – (3x240+1x120)	0,13	0,0587	31,7	0,000005	0,9	0,409	7,9
ВРУ-ЭП39	60	42,0	0,65	АВВГ – (3x185+1x50)	0,169	0,0596	29,1	0,000043	0,9	0,315	7,8
Итого											29,6

б) Произведем расчет для радиально-магистральной схемы нового цеха вариант №2.

Найдем потери напряжения, потери мощности в проводах. Расчеты сведем в таблицу 3.15

Таблица 3.15 – Расчет потерь напряжения и мощности вариант №2

Участок	L, м	I _{раб} , А	cosφ	Марка кабеля	г _{уд} , Ом /км	х _{уд} , Ом /км	S _{нагр} , кВА	ΔU, %	ΔP, кВт	ΔQ, кВАр	ΔA, МВт·ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ВРУ-ЭП31	25,8	23,1	0,6	АВВГ – (3х50+1х25)	0,625	0,0625	11,4	0,000021	1,0	0,100	8,8
ЭП31-ЭП33	15,2	5,8	0,74	АВВГ – (3х10+1х6)	3,12	0,073	3,8	0,000018	0,3	0,007	2,8
ВРУ-ЭП39	60	54,0	0,81	АВВГ – (3х185+1х50)	0,169	0,0596	31,7	0,000038	1,5	0,521	13,0
ВРУ-ЭП38	8,6	64,9	0,65	АВВГ – (3х240+1х120)	0,13	0,0587	15,1	0,000006	1,6	0,742	14,4
ЭП38-ЭП27	12,1	22,9	0,65	АВВГ – (3х70+1х35)	0,447	0,0612	29,1	0,000010	0,7	0,096	6,2
Итого											45,0

3.8.5 Технико-экономическое сравнение двух схем распределительных сетей 0,4 кВ

Экономичность сопоставляемых вариантов определяется путем сравнения затрат двух вариантов по формуле:

$$Z = E \cdot K + I + \Delta A \cdot c, \quad (3.29)$$

где E=0,12 – нормативный коэффициент;

ΔA - годовая стоимость потерь электроэнергии в линиях;

I – издержки.

K- величина капитальных затрат;

c – тариф на электроэнергию.

Издержки находятся по формуле:

$$I = (I_a + I_p + I_o) \cdot K, \quad (3.30)$$

где I_a – издержки на амортизацию;

I_p – издержки на ремонт;

I_o – издержки на обслуживание.

Так как схемы электроснабжения отличаются лишь протяженностью линии, то вести полное технико-экономическое сравнение вариантов нецелесообразно. Остальные элементы схемы одинаковы для двух вариантов, поэтому их не будем включать в расчет. Проведем расчет только в отличающейся части схемы.

Расчет стоимости внутрицехового монтажа кабеля 0,4 кВ:

1. Технические показатели линии:

1.1. Количество линий – одна.

1.2. Марка и сечение кабеля- АВВГ(3х10+1х6); АВВГ(3х50+1х25); АВВГ(3х70+1х35); АВВГ – (3х185+1х50); АВВГ – (3х240+1х120)

I вариант схемы.

Характеристика и технико-экономические показатели линии 0,4 кВ.

2.1. Протяженность:

Участок ВРУ-ЭП31 = 25,8 м;

Участок ВРУ-ЭП33 = 35,8 м;

Участок ВРУ-ЭП27= 16,2 м;

Участок ВРУ-ЭП38 = 8,6 м;

Участок ВРУ-ЭП39 = 60 м;

2.2. Сечение линий:

АВВГ(3х10+1х6) - стоимость 31,9 руб./м.

АВВГ(3х50+1х25) - стоимость 229,2 руб./м.

АВВГ(3х70+1х35) – с тоимость 245,7руб./м.

АВВГ(3х185+1х50) - стоимость 365,7 руб./м.

АВВГ(3х240+1х120) – стоимость 838,5 руб./м. [18].

Таблица 3.16 – Расчет затрат на монтаж КЛ 0,4 кВ

Составляющие затрат	Расчет затрат	Величина затрат, руб.
Стоимость КЛ 0,4 кВ по базисным показателям	5913,4+1142+3980,3+7211,1+21942	40188,8
Участок ВРУ-ЭП31	229,2·25,8	5913,4
Участок ВРУ-ЭП33	31,9·35,8	1142
Участок ВРУ-ЭП27	245,7·16,2	3980,3
Участок ВРУ-ЭП38	838,5·8,6	7211,1
Участок ВРУ-ЭП39	365,7·60	21942
Итого		
Стоимость строительства ВЛ (с учетом затрат сопутствующих строительству 19,1 %*)	40188,8·19,1	767606,1

Примечание: *19,1% - для напряжений 0,4-10 кВ [2].

Всего: 767606,1·1,09 ([2] п. 67 приложения №2) = 836690,6 руб.

- строительно-монтажные работы

$836690,6 \cdot 0,19 \cdot 5,85 = 929981,6$ руб.,

где 5,85 - индекс изменения сметной стоимости строительно-монтажных работ по видам строительства (без учета НДС).

- оборудование

$836690,6 \cdot 0,6 \cdot 3,94 = 1977936,6$ руб.,

где 3,94 - индекс изменения сметной стоимости оборудования (без учета НДС).

- пусконаладочные работы

$$836690,6 \cdot 0,04 \cdot 12,64 = 423030,8 \text{ руб.},$$

где 12,64- индекс изменения сметной стоимости строительного-монтажных работ по видам строительства (без учета НДС).

- прочие затраты

$$836690,6 \cdot 0,17 \cdot 7,74 = 1100917,5 \text{ руб.},$$

Всего: $929981,6 + 1977936,6 + 423030,8 + 1100917,5 = 4431866,5 \cdot 1,09 = 4830734,5$ руб.

$$K = 836690,6 + 4830734,5 = 5667425,1 \text{ руб.}$$

$$I_{\Sigma} = (I_a + I_p + I_o) \cdot K = (0,01 + 0,025 + 0,02) \cdot 5667425,1 = 311708,4 \text{ руб.}$$

$$\Delta A = 29,6 \text{ МВт} \cdot \text{ч (табл.3.14).}$$

$$Z_I = E \cdot K + I + \Delta A \cdot c = 0,12 \cdot 5667425,1 \cdot 1,2 + 311708,4 \cdot 1,2 + 29,6 \cdot 458 = 1203716,1 \text{ руб.},$$

где НДС = 20%,

$c = 4,58 \text{ руб/кВтч} = 458 \text{ руб/МВт}$ – тариф на электроэнергию для юридического лица Красноярского края [18].

II вариант схемы.

Характеристика и технико-экономические показатели линии 0,4 кВ.

2.1. Протяженность:

Участок ВРУ-ЭП31 = 25,8 м;

Участок ЭП31-ЭП33 = 15,2 м;

Участок ВРУ-ЭП38 = 8,6 м;

Участок ЭП38-ЭП27= 12,1 м;

Участок ВРУ-ЭП39 = 60 м;

2.2. Сечение линий:

АВВГ(3х10+1х6) - стоимость 31,9 руб./м.

АВВГ(3х50+1х25) - стоимость 229,2 руб./м.

АВВГ(3х70+1х35) – с тоимость 245,7руб./м.

АВВГ(3х185+1х50) - стоимость 365,7 руб./м.

АВВГ(3х240+1х120) – стоимость 838,5 руб./м. [18].

Таблица 3.17 – Расчет затрат на монтаж КЛ 0,4 кВ вариант №2

Составляющие затрат	Расчет затрат	Величина затрат, руб.
Стоимость КЛ 0,4 кВ по базисным показателям	5913,4+484,9+7211,1+2973+21942	38524,4
Участок ВРУ-ЭП31	229,2·25,8	5913,4
ЭП31-ЭП33	31,9·15,2	484,9
Участок ВРУ-ЭП38	838,5·8,6	7211,1
ЭП38-ЭП27	245,7·12,1	2973
Участок ВРУ-ЭП39	365,7·60	21942
Итого		
Стоимость строительства ВЛ (с учетом затрат сопутствующих строительству 19,1 %*)	38524,4·19,1	735816

Примечание: *19,1% - для напряжений 0,4-10 кВ [18].

Всего: 735816·1,09 ([18] п. 67 приложения №2) = 802039,5 руб.

- строительные-монтажные работы

$$802039,5 \cdot 0,19 \cdot 5,85 = 891466,9 \text{ руб.},$$

где 5,85 - индекс изменения сметной стоимости строительные-монтажных работ по видам строительства (без учета НДС).

- оборудование

$$802039,5 \cdot 0,6 \cdot 3,94 = 1896021,4 \text{ руб.},$$

где 3,94 - индекс изменения сметной стоимости оборудования (без учета НДС).

- пусконаладочные работы

$$802039,5 \cdot 0,04 \cdot 12,64 = 405511,2 \text{ руб.},$$

где 12,64- индекс изменения сметной стоимости строительные-монтажных работ по видам строительства (без учета НДС).

- прочие затраты

$$802039,5 \cdot 0,17 \cdot 7,74 = 1055323,6 \text{ руб.},$$

$$\text{Всего: } 891466,9 + 1896021,4 + 405511,2 + 1055323,6 = 4248323,1 \cdot 1,09 = 4630672,2 \text{ руб}$$

$$K = 802039,5 + 4630672,2 = 5432711,7 \text{ руб.}$$

$$I_{\Sigma} = (I_a + I_p + I_o) \cdot K = (0,01 + 0,025 + 0,02) \cdot 5432711,7 = 298799,1 \text{ руб.}$$

$$\Delta A = 45 \text{ МВт} \cdot \text{ч (табл.3.15).}$$

$$Z_{II} = E \cdot K + I + \Delta A \cdot c = 0,12 \cdot 5432711,7 \cdot 1,2 + 298799,1 \cdot 1,2 + 45 \cdot 458 = 1161479,5 \text{ руб,}$$

где НДС = 20%,

$c = 4,58 \text{ руб/кВтч} = 458 \text{ руб/МВт}$ – тариф на электроэнергию для юридического лица Красноярского края [22].

Сравним затраты:

$$(Z_I - Z_{II}) / Z_I \cdot 100\% = (1203716,1 - 1161479,5) / 1203716,1 \cdot 100 = 3,5\%.$$

Отклонение между затратами двух вариантов распределения электроэнергии в новом цехе ООО «Саянский жадеит» меньше 5%, то есть варианты практически равноценны.

Выбираем вариант №2 радиально-магистральную схему по минимуму затрат .

3.9 Анализ качества электроэнергии в сети напряжением выше 1000 В

3.9.1 Расчет потерь напряжения в сети напряжением выше 1000 В и ТП

Качество напряжения зависит от потерь напряжения в отдельных элементах питающей сети [13].

Максимальный режим

Определим падение напряжения в высоковольтной ВЛ 10кВ, питающей ТП [13].

$$\Delta U_{ВЛ} = \sqrt{3} I_{\text{раб}} l (r_{\text{уд}} \cos \varphi + x_{\text{уд}} \sin \varphi), \quad (3.31)$$

где $I_{\text{раб}} = 3,2 \text{ А}$ п.3.8.2 стр.56 выпускной квалификационной работы;

$r_{\text{уд}} = 0,89 \text{ Ом/км}$, $x_{\text{уд}} = 0,095 \text{ Ом/км}$ - справочные данные [22];

$l = 2200 \text{ м}$ исходные данные.

$$\cos\varphi = \cos\left(\arctg\left(\frac{Q}{P}\right)\right), \quad (3.32)$$

где $P_{IV} = 102,3 \text{ кВт}$, $Q_{IV} = 40,8 \text{ кВАр}$ - это активная и реактивная мощности передаваемые по ВЛ в максимальном режиме работы таб. .

$$\cos\varphi = \cos\left(\arctg\left(\frac{40,8}{102,3}\right)\right) = 0,93, \sin\varphi = 0,37$$

$$\Delta U_{ВЛ} = \sqrt{3} \cdot 3,2 \cdot 2,2 \cdot (0,89 \cdot 0,93 + 0,095 \cdot 0,37) = 10,5 \text{ В}$$

Определяем напряжение в конце ВЛ 10 кВ [13].

$U_0 = U_{III} = 1,05U_{\text{ном}} = 1,05 \cdot 10000 = 10500 \text{ В}$ – в максимальном режиме.

$$U_1 = U_0 - \Delta U_{ВЛ} = 10500 - 10,5 = 10489,5 \text{ В}.$$

Определим потери напряжения в трансформаторе [13]:

$$\Delta U_{\text{ТР}} = \beta(U_a \cos\varphi + U_p \sin\varphi), \quad (3.33)$$

где U_a , U_p – активная и реактивная составляющие напряжения короткого замыкания.

$$\beta = \frac{S_{\text{рас}}}{2S_{\text{ном}}} - \text{коэффициент загрузки,}$$

$$S_{\text{рас}} = 110,2 \text{ кВА,}$$

$$S_{\text{ном}} = 100 \text{ кВА,}$$

$$\beta = \frac{110,2}{2 \cdot 100} = 0,551$$

$$U_p = \sqrt{U_K^2 - U_a^2} \quad (3.34)$$

$$U_K = 4,5\%,$$

$$U_a = \frac{\Delta P_K}{S_{\text{НОМ}}} 100\% = \frac{1,97}{100} \cdot 100 = 1,97\%,$$

$$\Delta P_K = 1,97 \text{ кВт.}$$

$$U_p = \sqrt{U_K^2 - U_a^2} = \sqrt{4,5^2 - 1,97^2} = 4,05 \%,$$

$$U_{\text{ТР}\%} = 0,551 \cdot (1,97 \cdot 0,93 + 4,05 \cdot 0,37) = 1,83\%,$$

$$\Delta U_{\text{ТР}} = \frac{10500 \cdot 1,83}{100} = 192,5 \text{ В.}$$

Определяем напряжение на низкой стороне трансформатора [13].

$$U_2 = U_1 - \Delta U_{\text{ТР}} = 10489,5 - 192,5 = 10297 \text{ В,}$$

$$U'_2 = \frac{U_2}{K_T} = \frac{10297}{10/0,4} = 411,9 \text{ В.}$$

Минимальный режим

Так как токи и потери напряжения прямо пропорциональны мощности, то для любых величин в минимальном режиме выполняются условия [13]:

$$\Delta U_{\text{ВЛ}} = m \cdot \Delta U_{\text{ВЛmax}}, \quad (3.35)$$

где $m = \frac{P_{\text{min}}}{P_{\text{max}}} = 0,6$ [17].

$$\Delta U_{\text{ВЛ}} = m \cdot \Delta U_{\text{ВЛmax}} = 0,6 \cdot 10,5 = 6,3 \text{ В}$$

$$U_0 = U_{\text{III}} = U_{\text{НОМ}} = 10000 \text{ В} - \text{ в минимальном режиме.}$$

$$U_1 = U_0 - \Delta U_{BL} = 10000 - 6,3 = 9993,7 \text{ В}$$

Определим потери напряжения в трансформаторе.

$$\Delta U_{TP} = 0,6 \cdot \Delta U_{TPmax} = 0,6 \cdot 192,5 = 115,5 \text{ В}$$

$$U_2 = U_1 - \Delta U_{TP} = 9878,2 - 115,5 = 9878,2 \text{ В}$$

$$U'_2 = \frac{U_2}{K_T} = \frac{9878,2}{10/0,4} = 395,1 \text{ В}$$

Послеаварийный режим

В качестве послеаварийного режима будем рассматривать выход из строя одного трансформатора [13].

$$I_{ав} = 6,4 \text{ А}$$

$$\Delta U_{KЛ} = \sqrt{3} \cdot 6,4 \cdot 2,2 \cdot (0,89 \cdot 0,93 + 0,095 \cdot 0,37) = 21 \text{ В},$$

$U_0 = U_{III} = 1,1U_{ном} = 1,1 \cdot 10000 = 11000 \text{ В}$ – в послеаварийном режиме.

$$U_1 = U_0 - \Delta U_{BL} = 11000 - 21 = 10979 \text{ В}.$$

Определим потери напряжения в трансформаторе [13]:

$$\beta = \frac{S_{расч}}{S_{ном}} = \frac{110,2}{100} = 1,102$$

$$U_{TP\%} = 1,102 \cdot (1,97 \cdot 0,93 + 4,05 \cdot 0,37) = 3,67\%,$$

$$\Delta U_{TP} = \frac{11000 \cdot 3,67}{100} = 403,4 \text{ В}.$$

Определяем напряжение на низкой стороне трансформатора.

$$U_2 = U_1 - \Delta U_{TP} = 10979 - 403,4 = 10575,6 \text{ В},$$

$$U'_2 = \frac{U_2}{K_T} = \frac{10575,6}{10/0,4} = 423 \text{ В}.$$

3.9.2 Оценка отклонения напряжения электроэнергии и шинах низкого напряжения трансформаторов

Отклонение напряжения на каждом участке будем определять по формуле [13]:

$$V = \left[\frac{(U_{ин} - \Delta U_{участка}) - U_{ном}}{U_{ном}} \right]. \quad (3.36)$$

Произведем расчет отклонения напряжения для ТП в максимальном режиме работы [13].

Определим отклонение напряжения в конце ВЛ 10 кВ.

$$V_1 = \frac{U_1 - U_{ном}}{U_{ном}} \cdot 100\% = \frac{10489,5 - 10000}{10000} \cdot 100\% = 4,89\%.$$

Определим отклонение напряжения на низкой стороне трансформатора:

$$V_2 = \frac{U'_2 - U_{ном}}{U_{ном}} \cdot 100\% = \frac{411,9 - 400}{400} \cdot 100\% = 2,97\%.$$

Произведем расчет отклонения напряжения для ТП в минимальном режиме работы [13].

Определим отклонение напряжения в конце ВЛ 10 кВ.

$$V_1 = \frac{U_1 - U_{ном}}{U_{ном}} \cdot 100\% = \frac{9993,7 - 10000}{10000} \cdot 100\% = -0,06\%.$$

Определим отклонение напряжения на низкой стороне трансформатора:

$$V_2 = \frac{U'_2 - U_{ном}}{U_{ном}} \cdot 100\% = \frac{395,1 - 400}{400} \cdot 100\% = -1,22\%.$$

Произведем расчет отклонения напряжения для ТП в п/аварийном режиме работы [13].

Определим отклонение напряжения в конце ВЛ 10 кВ.

$$V_1 = \frac{U_1 - U_{ном}}{U_{ном}} \cdot 100\% = \frac{10979 - 10000}{10000} \cdot 100\% = 9,79\%.$$

Определим отклонение напряжения на низкой стороне трансформатора:

$$V_2 = \frac{U'_2 - U_{ном}}{U_{ном}} \cdot 100\% = \frac{423 - 400}{400} \cdot 100\% = 5,76\%.$$

3.9.3 Расчет отклонения напряжения для самого удаленного электроприемника нового цеха ООО «Саянский жадит»

Максимальный режим

Для максимального режима принимается напряжения на шинах ИП 1,05 от номинального. Принимаем $U_0=10500\text{В}$.

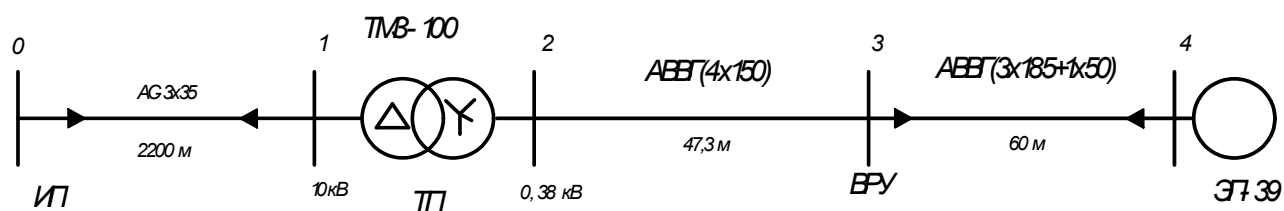


Рисунок 3.9 – Схема сети

Расчеты выполнены согласно ГОСТ 32144-2013.

$$V_0 = 5,0\%;$$

$$V_1 = 4,89\%;$$

$$V_2 = 2,97\%;$$

Данные точки эюры рассчитаны в п. 3.9.2 выпускной квалификационной работы.

Для выбранных сечений проводов оцениваются потери напряжения в точках 3 и 4:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3}I_p L(r_{уд} \cos\varphi + x_{уд} \sin\varphi)}{U_{ном}} \cdot 100\%, \quad (3.37)$$

где $r_{уд}$, $x_{уд}$ – удельное активное и реактивное сопротивление, Ом/км.

Потери наяржения в КЛ, питающей ВРУ определим следующим образом:

Определяем длину кабеля по чертежу: длина кабеля составляет $L=47,3$ м.

$$\Delta U_{\%} = \frac{\sqrt{3} \cdot 42 \cdot 47,3 \cdot (0,208 \cdot 0,73 + 0,0596 \cdot 0,68)}{380} \cdot 100\% = 1,74\%$$

где r и x – удельные сопротивления провода определяются по [22]. $I_{расч_каб}$ - максимальный расчётный ток, А; L - длина линии.

Потери наяржения в КЛ, питающей ЭП39 определим следующим образом:

Определяем длину кабеля по чертежу: длина кабеля составляет $L=60$ м.

Определим падения наяржения в кабеле :

$$\Delta U_{\%} = \frac{\sqrt{3} \cdot 42 \cdot 60 \cdot (0,0596 \cdot 0,65 + 0,000043 \cdot 0,75)}{380} \cdot 100\% = 0,45\%$$

$$V_3 = V_2 - 1,74 = 2,97 - 1,74 = 1,23\%$$

$$V_4 = V_3 - 0,45 = 1,23 - 0,45 = 0,78\%$$

Минимальный режим.

$$V_0 = 0\%;$$

$$V_1 = -0,06\%;$$

$$V_2 = -1,22\%$$

Данные точки эюры рассчитаны в п. 3.9.2 выпускной квалификационной работы.

$$V_3 = V_2 - 1,74 \cdot 0,3 = -1,22 - 1,74 \cdot 0,3 = -1,74\%;$$

$$V_4 = V_3 - 0,45 \cdot 0,3 = -1,74 - 0,45 \cdot 0,3 = -1,88\%$$

Послеаварийный режим.

$$V_0 = 10\%;$$

$$V_1 = 9,79\%;$$

$$V_2 = 5,76\%$$

Данные точки эюры рассчитаны в п. 3.9.2 выпускной квалификационной работы.

$$V_3 = V_2 - 1,74 = 5,76 - 1,74 = 4,02\%;$$

$$V_4 = V_3 - 0,45 = 4,02 - 0,45 = 3,57\%$$

Результаты расчетов сведем в таблицу 3.18

Таблица 3.18 – Результаты расчетов

Точка расчета	Отклонение, %
Отклонения напряжения в максимальном режиме работы	
Отклонение напряжения V_0 , %	5
Отклонение напряжения V_1 , %	4,89
Отклонение напряжения V_2 , %	2,97
Отклонение напряжения V_3 , %	1,23
Отклонение напряжения V_4 , %	0,78
Отклонения напряжения в минимальном режиме работы	
Отклонение напряжения V_0 , %	0
Отклонение напряжения V_1 , %	-0,06
Отклонение напряжения V_2 , %	-1,22
Отклонение напряжения V_3 , %	-1,74
Отклонение напряжения V_4 , %	-1,88
Отклонения напряжения в п/аварийном режиме работы	
Отклонение напряжения V_0 , %	10
Отклонение напряжения V_1 , %	9,79
Отклонение напряжения V_2 , %	5,76
Отклонение напряжения V_3 , %	4,02
Отклонение напряжения V_4 , %	3,57

Эпюры отклонения напряжения представлены на рисунке 3.10

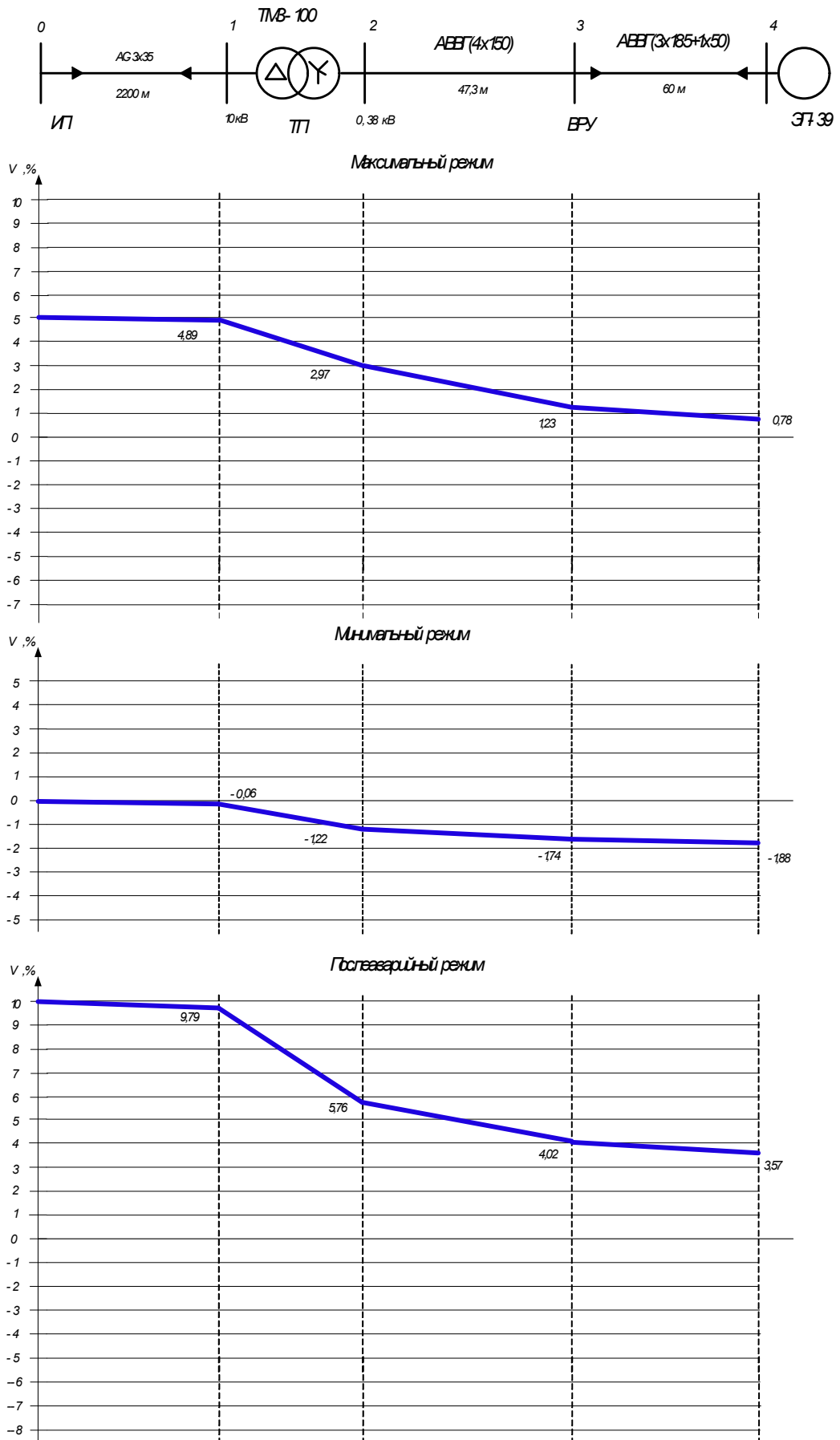


Рисунок 3.10 – Эпюры отклонения напряжения для самого удаленного электроприемника нового цеха ООО «Саянский жадеит»

3.9.4 Расчет отклонения напряжения для самого мощного электроприемника нового цеха ООО «Саянский жадеит»

Максимальный режим

Для максимального режима принимается напряжения на шинах ИП 1,05 от номинального. Принимаем $U_0=10500\text{В}$.

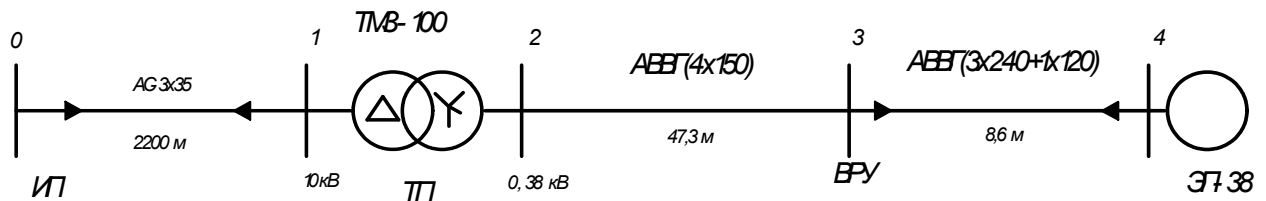


Рисунок 3.11 – Схема сети

Расчеты выполнены согласно ГОСТ 32144-2013.

$$V_0 = 5,0\%;$$

$$V_1 = 4,89\%;$$

$$V_2 = 2,97\%;$$

Данные точки эпюры рассчитаны в п. 3.9.2 выпускной квалификационной работы;

$V_3 = 1,23\%$ - расчет выполнен в п.3.9.3 выпускной квалификационной работы;

Потери наращения в КЛ, питающей ЭП38 определим следующим образом:

Определяем длину кабеля по чертежу: длина кабеля составляет $L=8,6\text{м}$.

Определим падение напряжения в кабеле :

$$\Delta U_{\%} = \frac{\sqrt{3} \cdot 42 \cdot 8,6 \cdot (0,13 \cdot 0,81 + 0,0587 \cdot 0,59)}{380} \cdot 100\% = 0,19\%$$

$$V_4 = V_3 - 0,45 = 1,23 - 0,19 = 1,04\%$$

Минимальный режим.

$$V_0 = 0\%;$$

$$V_1 = -0,06\%;$$

$$V_2 = -1,22\%$$

Данные точки эюры рассчитаны в п. 3.9.2 выпускной квалификационной работы.

$V_3 = -1,74\%$ - расчет выполнен в п.3.9.3 выпускной квалификационной работы;

$$V_4 = V_3 - 0,19 \cdot 0,3 = -1,74 - 0,19 \cdot 0,3 = -1,8\%$$

Послеаварийный режим.

$$V_0 = 10\%;$$

$$V_1 = 9,79\%;$$

$$V_2 = 5,76\%$$

Данные точки эюры рассчитаны в п. 3.9.2 выпускной квалификационной работы.

$V_3 = 4,02\%$; - расчет выполнен в п.3.9.3 выпускной квалификационной работы;

$$V_4 = V_3 - 0,45 = 4,02 - 0,19 = 3,83\%$$

Результаты расчетов сведем в таблицу 3.19

Таблица 3.19 – Результаты расчетов

Точка расчета	Отклонение, %
Отклонения напряжения в максимальном режиме работы	
Отклонение напряжения V_0 , %	5
Отклонение напряжения V_1 , %	4,89
Отклонение напряжения V_2 , %	2,97
Отклонение напряжения V_3 , %	1,23
Отклонение напряжения V_4 , %	1,04
Отклонения напряжения в минимальном режиме работы	
Отклонение напряжения V_0 , %	0
Отклонение напряжения V_1 , %	-0,06
Отклонение напряжения V_2 , %	-1,22
Отклонение напряжения V_3 , %	-1,74
Отклонение напряжения V_4 , %	-1,8
Отклонения напряжения в п/аварийном режиме работы	
Отклонение напряжения V_0 , %	10
Отклонение напряжения V_1 , %	9,79
Отклонение напряжения V_2 , %	5,76
Отклонение напряжения V_3 , %	4,02

Эпюры отклонения напряжения представлены на рисунке 3.12

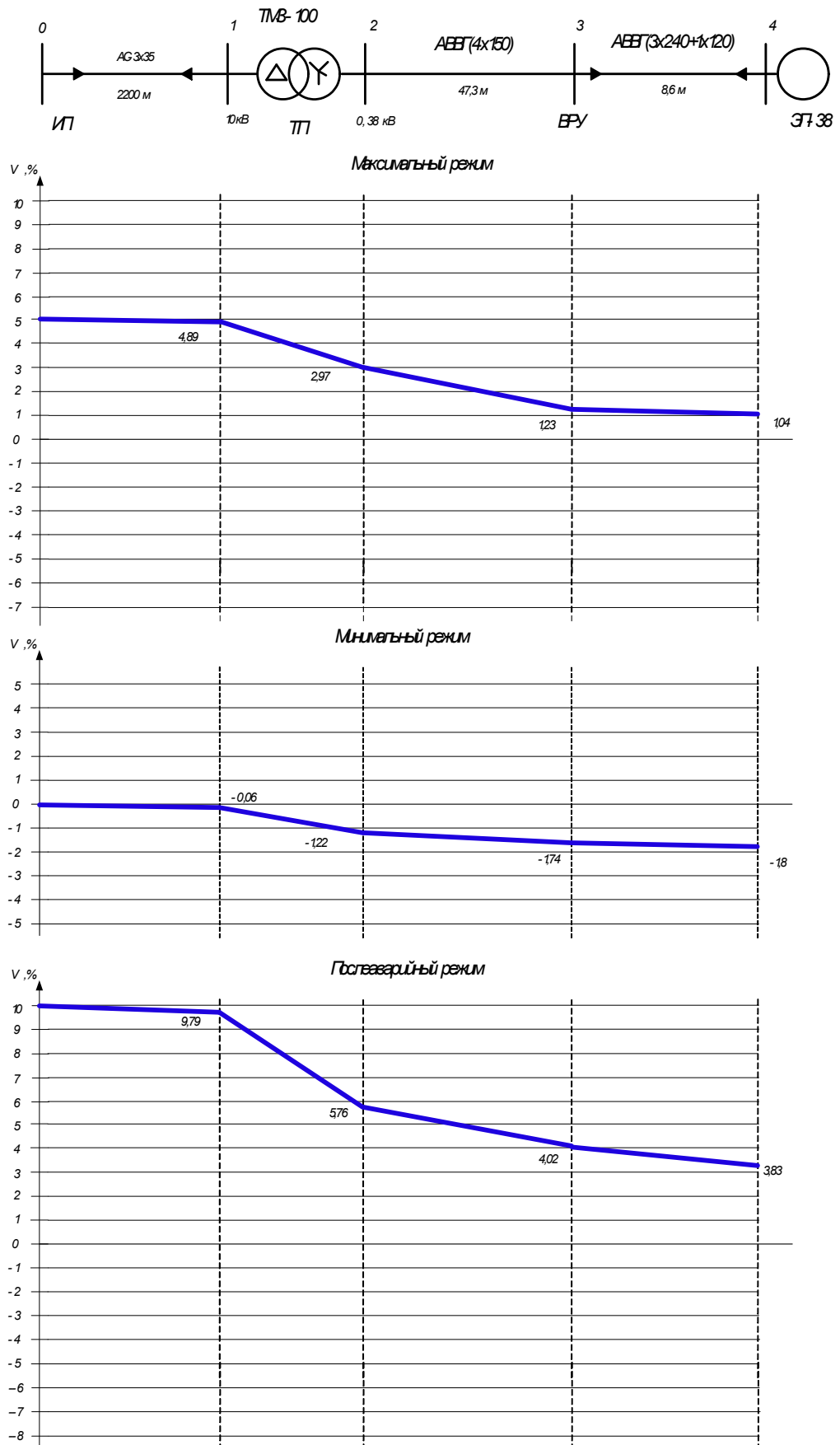


Рисунок 3.12 – Эпюры отклонения напряжения для самого мощного электроприемника нового цеха ООО «Саянский жадцит»

3.10 Конструктивное исполнение системы электроснабжения ООО «Саянский жадейт»

Способы выполнения внутрицеховых электрических сетей изменяются в направлении повышения их экономичности, надежности, эксплуатационных свойств. Подземная прокладка кабелей в каналах, туннелях, блоках и трубах уступает место открытой прокладке проводников на металлических конструкциях, лотках, тросах и струнах; кабельные сети заменяют магистральными и распределительными шинопроводами.

Основные требования, предъявляемые к внутрицеховым электрическим сетям, заключаются в обеспечении:

- надежности, т. е. минимальной повреждаемости сети при механических воздействиях окружающего оборудования и обслуживающего персонала и вредном воздействии окружающей среды;
- экономичности, обуславливающей минимальные капиталовложения и годовые эксплуатационные расходы. Сеть должна иметь минимально возможную протяженность и минимальное количество составляющих ее элементов;
- универсальности, т. е. способности к подключению новых нагрузок без замены, перекладки или усиления проводников;
- гибкости, т. е. возможности легко и просто вносить изменения в действующую сеть и приспособлять ее к новым условиям работы при увеличении количества цеховых электроприемников, изменении их характера и размещения.

Схема электроснабжения ООО «Саянский жадейт» удовлетворяет вышеупомянутым требованиям и включает в себя следующие элементы:

- ВЛ 10 кВ: трехжильный провод марки АС 3х35 мм²;
- Трансформаторная подстанция, где установлено два трансформатора типа ТМЗ-100/10/0,4;
- Кабели, питающие объекты предприятия марки АВВГ, соответствующих сечений, определенных расчетным путем, АВВГ (4х4), АВВГ (4х25), АВВГ (4х95), АВВГ (4х120), 3хАВВГ (4х150), 2хАВВГ (4х240), АВВГ (4х95);
- Вводные распределительные устройства марки ВРУ1-3-26 УХЛ4;
- Электродвигатели напряжением 0,38 кВ серии АИР, выбранные по установочной мощности электроприемников;
- Пускозащитная аппаратура напряжением 0,38 кВ, магнитные пускатели марки ПМЛ, автоматические выключатели серии ВА.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью реконструкции системы электроснабжения ООО «Саянский жадеит» является улучшение её функционирования и надежности электроснабжения в частности:

- реконструкция ТП 10/0,4 кВ, установка двухтрансформаторной ТП для обеспечения бесперебойного электроснабжения ООО «Саянский жадеит», во избежание перерывов в электроснабжении, которые приводят к значительному ущербу предприятия, массовому браку продукции, расстройству сложного технологического процесса, массовому недоотпуску продукции, простоям рабочих мест, механизмов;

- замена кабеля 0,4 кВ, определенного по имеющейся на сегодняшний день нагрузке предприятия;

- электроснабжение нового цеха предприятия.

В работе определена расчетная нагрузка предприятия, проверены число и мощность трансформаторов.

Приведен расчет электрических нагрузок, светотехнический расчет сети, электротехнический расчет, расчет токов короткого замыкания и на его основе сделан выбор электрооборудования.

Реконструкция системы электроснабжения выполнена в следующем объеме: установлены два трансформатора меньшей мощности. Все вновь устанавливаемое оборудование, ныне выпускаемое, проверено на устойчивость при токах короткого замыкания.

Требования ГОСТ 32144-2013 к качеству электроэнергии выполняется: отклонение напряжения не превышать $\pm 5\%$.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Абрамова, Е.Я. Методические указания по расчету заземляющих устройств / Е.Я. Абрамова, В.Ф. Трунилов - Оренбург: ОрПИ, 1988. - 46 с.
2. Блок, В.М. Электрические сети и системы / В.М. Блок. - М.: Высшая школа, 2012. - 430 с.
3. Веников, В.А. Расчет токов короткого замыкания в сети внешнего и внутреннего электроснабжения промышленных предприятий: Москва. - Энергоатомиздат, 1997.- 434 с.
4. Воротницкий, В.Э. Потери электроэнергии в электрических сетях энергосистем / Железко Ю.С., Казанцев В.Н. - М.: Энергоатомиздат, 2008. - 368с.
5. Гайсаров, Р.В. Выбор электрических аппаратов и проводников. – Южно-Уральский государственный университет, 2014.- 51с.
6. Глазунов, А.А. Электрические сети и системы: учебник / А.А. Глазунов, А.А. Глазунов. – М.: Госэнергоиздат, 2010. – 368 с.
7. ГОСТ 32144-2013. 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 Р 51541-2014 Энергосбережение. Энергетическая эффективность. Состав показателей. Общие положения. Режим доступа: http://gostisnip.ru/dokumenty/gosty/energoberezhenie/gost_r_51541-99/
12. Двоскин Л.И. Схемы и конструкции распределительных устройств. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 220 с.
13. Иванов, В.С. Режимы потребления и качество электроэнергии систем электроснабжения промышленных предприятий / В.С. Иванов, В.И. Соколов. – Москва: Энергоатомиздат, 1997. – 287с.

14. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. - М.: Энергоиздат, 1989. - 608 с.

15. 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.

16. 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/

17. 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.

18. Приказ ФСТ России от 10.10.2014 N 225-э/1 "О предельных уровнях тарифов на электрическую энергию (мощность) на 2019 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>.

19. 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_142_857_54007.pdf

20. Режим доступа <http://samocvety-sayan.ru>

21. РТМ 36.18.32.6-92. Указания по проектированию установок компенсации реактивной мощности в электрических сетях общего назначения промышленных предприятий. - М.: Тяжпромэлектропроект, 1992. - 70 с.

22. 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.

23. Файбисович, Д.Л. Справочник по проектированию электрических сетей / под редакцией Д.Л. Файбисовича. – Москва: Изд-во НЦЭНАС, 2006. – 320 с.
24. Фёдоров, А.А. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: в 2 т./ под общ. ред. А. А. Фёдорова. – Москва : Энергоатомиздат, 1987. – Т.2. – 592 с.
25. Фёдоров, А.А. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: в 2 т./ под общ. ред. А. А. Фёдорова. – Москва : Энергоатомиздат, 1986. – Т.1. – 568 с.
26. Федоров, А.А. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий: учеб. пособие для вузов/ А.А. Федоров, Л.Е. Старкова – Москва: Энергоатомиздат, 1987. – 368 с.
27. Электрические системы. Режимы работы электрических систем и сетей / под ред. В.А. Веникова. – М.: Высшая школа, 2008. – 344 с.
28. 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.
29. Электрические системы. Т. 2: Электрические сети / под ред. В.А. Веникова. – М.: Высшая школа, 2011. – 440 с.
30. 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.

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

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

«Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
А.С. Торопов
подпись, инициалы, фамилия
« 30 » 06 2023г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
код - наименование направления

Реконструкция системы электроснабжения ООО «Саянский жадент»
тема

Руководитель Г.Н. Чистяков 2023г. доцент каф. ЭМиАТ.к.т.н. Г.Н. Чистяков
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник В.В. Костученко 26.06.23 2023г.
подпись дата инициалы, фамилия

Нормоконтролер И.А. Кычакова 26.06.2023г.
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Абакан 2023