

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»

кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

А.В. Коловский

подпись

инициалы, фамилия

« _____ » _____ 2022 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

код – наименование направления

Реконструкция системы электроснабжения ФКУ ИК-29 УФСИН России по
Республике Хакасия

тема

Руководитель _____
подпись, дата

доцент, к.э.н.
должность, ученая степень

Н. В. Дулесова
инициалы, фамилия

Выпускник _____
подпись, дата

В. В. Костин
инициалы, фамилия

Нормоконтролер _____
подпись, дата

И.А. Кычакова
инициалы, фамилия

Абакан 2022

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»

Кафедра «Электроэнергетика»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Г.Н. Чистяков

«__» _____ 2022 г.

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

Студенту Костину Владимиру Владимировичу

(фамилия, имя, отчество)

Группа ЗХЭн 17-01(з-17)

Направление 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

(код)

(наименование)

Тема выпускной квалификационной работы Реконструкция схемы электроснабжения ФКУ ИК-29 УФСИН России по Республике Хакасия в связи с вводом новой котельной

Утверждена приказом по институту № 212 от 15.04.2022г.

Руководитель ВКР Н. В. Дулесова, доцент кафедры «Электроэнергетика»

(инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы)

Исходные данные для ВКР данные по установленному электрооборудованию новой котельной, перечень зданий и сооружений и их установленная мощность, генплан колонии

Перечень разделов выпускной квалификационной работы:

Введение

1 Теоретическая часть

1.1 Особенности электроснабжения учреждений пенитенциарной системы

1.2 Методика расчета электрических нагрузок

2 Аналитическая часть

2.1 Характеристика организации

2.2 Описание существующей схемы электроснабжения ФКУ ИК-29

2.3 Обоснование реконструкции схемы электроснабжения учреждения по причине ввода нового потребителя (котельной)

3 Практическая часть

3.1 Общая характеристика котельной

3.2 Состав и характеристика электропотребителей новой котельной

3.3 Расчет электрических нагрузок первичных групп электроприемников котельной

3.4 Светотехнический расчет электрического освещения котельной

3.5 Электротехнический расчет освещения котельной

3.6 Расчет электрических нагрузок узлов электрической сети котельной

3.7 Выбор конструктивного исполнения электрической сети, марки проводов, кабелей, способов их прокладки в котельной

3.8 Выбор защитных аппаратов в котельной

3.9 Выбор сечений кабелей в котельной

3.10 Расчет токов трехфазного и однофазного короткого замыкания и проверка коммутационно-защитной аппаратуры по условиям устойчивости токам короткого замыкания в котельной

3.11 Разработка схемы электроснабжения ФКУ ИК-29 с учетом ввода новой котельной

Заключение

Список использованных источников

Перечень обязательных листов графической части:

1 План ФКУ ИК-29 с силовыми сетями после реконструкции

2 Однолинейная схема электроснабжения колонии после реконструкции

3 План новой котельной с силовыми сетями

4 План новой котельной с осветительными сетями

Руководитель ВКР

Н. В. Дулесова

(подпись, инициалы и фамилия)

Задание принял к исполнению

В. В. Костин

(подпись, инициалы и фамилия студента)

« 15 » 03 2022 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Реконструкция схемы электроснабжения ФКУ ИК-29 УФСИН России по Республике Хакасия» содержит 73 страницы текстового документа, 25 использованных источников, 34 таблицы, 11 рисунков, 4 листа графического материала, приложений нет.

РЕКОНСТРУКЦИЯ, КОТЕЛЬНАЯ, ОБЪЕКТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, ДЕЙСТВУЮЩАЯ СХЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТА, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ, ОСВЕЩЕНИЕ, СИЛОВОЙ ТРАНСФОРМАТОР, ЗАЩИТНЫЙ АППАРАТ, КАБЕЛЬ, ТОК КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ.

Объект исследования – ФКУ ИК-29 УФСИН России по Республике Хакасия.

Предмет исследования – система электроснабжения колонии и нового потребителя (котельной).

Целью бакалаврской работы является реконструкция действующей системы электроснабжения в связи с вводом новой котельной с целью повышения надежности и качества электроснабжения потребителей колонии.

В ходе выполнения работы была дана характеристика объекта проектирования и действующей схемы его электроснабжения. Произведено обоснование реконструкции схемы электроснабжения исправительной колонии.

На предварительном этапе в практической части были рассчитаны электрические нагрузки на первом уровне для силовых электроприемников, а также количество и мощность светильников, рассчитана нагрузка на втором уровне электроснабжения для узлов питания.

На следующем этапе произведена разработка новой системы электроснабжения ФКУ ИК-29 с вводом новой котельной. На основании полученных расчетных активных и реактивных мощностей выбраны актуальные марки трансформаторов соответствующей мощности и с учетом применения компенсирующих устройств для повышения коэффициента мощности и выполнения договорных условий по электроснабжению.

Практическая значимость исследований обусловлена тем, что предложенные виды электрооборудования и технические решения, касающиеся системы внутреннего электроснабжения ФКУ ИК-29, могут быть использованы для реконструкции и проектирования котельных исправительных колоний, других учреждений и предприятий.

THE ABSTRACT

The final qualifying work on the topic “Reconstruction of the power supply scheme of FKU IK-29 of the Federal Penitentiary Service of Russia in the Republic of Khakassia ” contains 73 pages of a text document, 25 sources used, 34 tables, 11 drawings, 4 sheets of graphic material, no applications.

RECONSTRUCTION, BOILER HOUSE, DESIGN OBJECT, OPERATING POWER SUPPLY SCHEME OF THE OBJECT, ELECTRIC LOADS, LIGHTING, POWER TRANSFORMER, PROTECTIVE DEVICE, CABLE, SHORT CIRCUIT CURRENT.

The object of the study is FKU IK-29 of the Federal Penitentiary Service of Russia in the Republic of Khakassia.

The subject of the study is the power supply system of the colony and the new consumer (boiler house).

The purpose of the bachelor's work is the reconstruction of the existing power supply system in connection with the commissioning of a new boiler house in order to improve the reliability and quality of power supply to the colony's consumers.

In the course of the work, a characteristic of the design object and the current scheme of its power supply was given. The substantiation of the reconstruction of the power supply scheme of the correctional colony was made.

At the preliminary stage, in the practical part, electrical loads were calculated at the first level for power receivers, as well as the number and power of lamps, the load at the second level of power supply for power units was calculated.

At the next stage, the development of a new power supply system for FKU IK-29 was carried out with the commissioning of a new boiler house. Based on the obtained calculated active and reactive powers, the current brands of transformers of the corresponding power were selected, taking into account the use of compensating devices to increase the power factor and fulfill the contractual conditions for power supply.

The practical significance of the research is due to the fact that the proposed types of electrical equipment and technical solutions related to the power supply system can be used for the reconstruction and design of boiler houses in correctional institutions and other institutions and enterprises.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 Теоретическая часть.....	8
1.1 Особенности электроснабжения учреждений пенитенциарной системы ...	8
1.2 Методика расчета электрических нагрузок.....	8
2 Аналитическая часть.....	9
2.1 Характеристика ФКУ ИК-29	9
2.2 Описание существующей схемы электроснабжения ФКУ ИК-29.....	15
2.3 Обоснование реконструкции схемы электроснабжения учреждения по причине ввода нового потребителя (котельной)	16
3 Практическая часть	19
3.1 Общая характеристика котельной.....	19
3.2 Состав и характеристика электропотребителей новой котельной.....	22
3.3 Расчет электрических нагрузок первичных групп электроприемников ...	24
3.4 Светотехнический расчет электрического освещения котельной	28
3.4.1 Расчет рабочего освещения.....	28
3.4.2 Расчет аварийного освещения.....	32
3.4.3 Расчет мощности рабочего освещения	35
3.5 Электротехнический расчет освещения котельной.....	35
3.6 Расчет электрических нагрузок узлов электрической сети котельной.....	43
3.7 Выбор конструктивного исполнения электрической сети, марки проводов, кабелей, способов их прокладки в котельной.....	47
3.8 Выбор защитных аппаратов в котельной	48
3.9 Выбор сечений кабелей	51
3.10 Расчет токов трехфазного и однофазного короткого замыкания и проверка коммутационно-защитной аппаратуры по условиям устойчивости токам короткого замыкания в котельной.....	53
3.11 Разработка схемы электроснабжения ФКУ ИК-29 с учетом ввода новой котельной	63
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	70
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	71

ВВЕДЕНИЕ

Реконструкция системы электроснабжения объекта - это ряд технических мероприятий по проработке основных параметров и характеристик будущей системы электроснабжения. Проект реконструкции схемы электроснабжения позволяет наиболее точно представить себе структуру системы электроснабжения, определить аппараты защиты, применяемую кабельную продукцию, рассчитать и увидеть расчетные нагрузки в электрической сети.

Объект исследования – ФКУ ИК-29 УФСИН России по Республике Хакасия.

Предмет исследования – система электроснабжения колонии и нового потребителя (котельной).

Целью бакалаврской работы является реконструкция действующей системы электроснабжения в связи с вводом новой котельной с целью повышения надежности и качества электроснабжения потребителей колонии.

Задачи ВКР:

- рассмотреть особенности электроснабжения учреждений пенитенциарной системы;
- описать методику расчета электрических нагрузок;
- дать характеристику организации;
- описать существующую схему электроснабжения ФКУ ИК-29;
- обосновать реконструкцию схемы электроснабжения учреждения по причине ввода нового потребителя (котельной);
- произвести расчет электрических нагрузок нового потребителя (котельной), выбрать необходимое электрооборудование;
- разработать схему системы электроснабжения ФКУ ИК-29 с учетом ввода новой котельной.

1 Теоретическая часть

1.1 Особенности электроснабжения учреждений пенитенциарной системы

Исправительные учреждения и центры уголовно-исполнительной системы проектируются в соответствии с СП 308.1325800.2017 «Исправительные учреждения и центры уголовно-исполнительной системы. Правила проектирования» [15] и другими документами в области проектирования электроснабжения, такими как ПУЭ, СП 256.1325800.2016 (по особенностям электроснабжения и проектирования электроустановок общественных зданий), СП 52.13330.2016 (по освещению) и многие другие.

Пункт 19.4 «Электроснабжение, электрооборудование, электроосвещение» СП 308.1325800.2017 [15] относит здания и сооружения на территории исправительных колоний к различным категориям электроснабжения. Т.е. на территориях таких объектов могут быть расположены, например, котельные, штабы, корпуса (общежития), перебой в электроснабжении которых недопустим и необходимо соответствующее резервное питание, например, на основе дизель-генераторных (ДГ) установок различного типа и мощности. При этом вне территории жилой, режимной, изолированной жилой зон учреждения.

Трансформаторные подстанции на территории учреждений пенитенциарной системы предусматриваются только закрытого типа и отдельно стоящими. Электропроводка в помещениях с постоянным и временным пребыванием осужденных выполняется только скрытой, т.к. открытый тип может быть поврежден самими осужденными [15].

Актуально для освещения использовать современные светодиодные светильники, наиболее экономичные с точки зрения потребления электроэнергии. В соответствии с СП 52.13330.2016 и СП 308.1325800.2017 в учреждениях пенитенциарной системы искусственное освещение может быть не только рабочим и аварийным (внутри зданий), но и дежурным (например, наружное освещение периметра в темное время суток или внутреннее освещение коридоров корпусов (общежитий)). В соответствии с пунктом 19.4.8 СП 308.1325800.2017, аварийное освещение следует предусматривать во всех помещениях с постоянным и временным пребыванием осужденных, за исключением специфических помещений.

1.2 Методика расчета электрических нагрузок

Расчет электрических нагрузок в данной ВКР производится по методу расчетных коэффициентов в соответствии с РТМ 36.18.32.4 – 92 [9]. Этот метод представляется более точным, по сравнению с другими методами. Данный метод целесообразно разработать в виде табличных форм Excel и вести автоматизированные вычисления.

2 Аналитическая часть

2.1 Характеристика ФКУ ИК-29

ФКУ ИК-29 УФСИН России по Республике Хакасия находится по адресу: 655156, Республика Хакасия, г. Черногорск, п. Пригорск (рисунок 2.1).

Исправительная колония № 29 общего режима образована 31 августа 1999 года, на основании приказа МЮ РФ от 31.08.1999 № 253.

Федеральное казенное учреждение «Исправительная колония № 29» предназначенная для отбывания наказания осужденными женщинами, ранее отбывавшими наказания в виде лишения свободы с лимитом наполнения 361 место, в т.ч. общий режим -294, УКП -67. В учреждении фактически содержится - 174 осужденных (общий режим - 107, УКП - 67).

Оперативная обстановка в учреждении удовлетворительная, контролируемая администрацией, чрезвычайных происшествий, преступлений среди спецконтингента не допущено.

Отсутствует проникновение на территорию учреждения средств сотовой связи, наркотических средств, спиртных напитков и других запрещенных предметов.

Незаконного освобождения осужденных из учреждения не допущено.

Не допущено побегов осужденных из - под охраны и надзора.

Освобождения осужденных из ШИЗО-ПКТ, в связи с незаконным во дворением, за 2021 год по представлениям прокурора не было.

Штатная численность в учреждении составляет -151,5 единицы.

Некомплект -5 единиц или 3,3 %.

По службе надзора некомплект - 1 человек или 2,4 %, по охране некомплект - 3 человека или 6,7 %,

В учреждении освоено 3 вида направлений производственной деятельности, это участок по производству швейной продукции, участок по производству сельскохозяйственной продукции и участок оказания услуг общественного питания.

Согласно показателям программы развития по приносящей доход деятельности, связанной с привлечением осужденных к труду, количество привлеченных осужденных к труду составило -132 человека, выпущено готовой продукции на 29216,02 тыс. рублей, реализовано на 26473,66 тыс. рублей.

Объемы государственных контрактов на поставку товаров и оказание услуг для нужд ФСИН России выполнены на 100 %.

С 2009 года учреждение переведено в первую категорию, охраняется способом оперативного дежурства, оборудовано тремя непрерывными рубежами обнаружения, периметр объекта протяженностью - 678 метров.

В 2016 году установлена купольная видеокамера, для осуществления надзора на внутренней территории учреждения.

В рамках оснащения исправительного учреждения современными интегрированными системами безопасности была установлена система контроля доступа на КПП по пропуску людей.

В марте 2017 года произошло заселение нового общежития для осужденных с наполняемостью 300 человек. Оборудование данного общежития полностью соответствует современным требованиям.

На должном уровне находится продовольственное обеспечение осужденных, произведен капитальный ремонт столовой для осужденных. Нормы питания стали более сбалансированы, производится выдача молока и яиц, что является важным фактором в профилактике туберкулеза.

Организован и проведен комплекс санитарно-гигиенических и противоэпидемических мероприятий, своевременна, оказывается амбулаторная и стационарная медицинская помощь.

Возгораний и пожаров на объектах учреждения не допущено.

Проведен комплекс мероприятий по подготовке учреждения к весенне-летнему периоду.



Рисунок 2.1 – Расположение ФКУ ИК-29 УФСИН России по Республике Хакасия на карте и общий вид одного из корпусов учреждения

Факс: (39031) (39031)6-30-16;

Номер телефона дежурной части – (39031)6-30-16;

График работы комнаты ожидания учреждения: ежедневно с 08.00 – 15.00.

График работы магазина: ежедневно с 08.00 часов до 17.00 часов, выходные: суббота, воскресенье.

Среди основных зданий и сооружений учреждения можно выделить следующие:

- 1) общежитие;
- 2) штаб;
- 3) питомник;
- 4) котельная;
- 5) РСЦ;
- 6) столовая;
- 7) новое общежитие;
- 8) УКП.

В женской колонии активно развита трудовая деятельность. На территории учреждения имеются следующие рабочие цеха и участки, мини-производства, такие как:

- 1) швейный цех;
- 2) тандырная;
- 3) сырный цех УКП;
- 4) столовая общественного питания;
- 5) сельскохозяйственный участок;
- 6) участок выращивания лука.

По данным, предоставленным руководством учреждения, годовая потребность в электрической энергии на наружное освещение территории представлена в таблице 2.1, годовая потребность в электрической энергии на внутреннее освещение помещений – в таблице 2.2, а годовая потребность электрической энергии других (силовых) потребителей – в таблице 2.3.

Таблица 2.1 – Годовая потребность в электрической энергии на наружное освещение территории

№ пп	Освещаемый объект	Освещаемая площадь, м ²	Нормир. год. расх., кВт·ч/м ²	Год. потр. нар. осв., тыс. кВт·ч
1	Территория внутри УКП	15984	0,91	14,54
2	Контрольные площадки УКП	120	5,49	0,66
3	Внутренняя запрет. зона ИК-29	10170	1,41	14,34
4	Внешняя запретная зона ИК-29	33900	1,41	47,80
5	Территория внутри ИК-29	27940	0,91	25,44
6	Контрольные площадки КПП ИК-29	340	5,49	1,87
7	Итого			104,65

Таблица 2.2 – Годовая потребность в электрической энергии на внутреннее освещение помещений

Наименование объекта, здания	Площадь, освещ. люм. ламп., м ²	Площадь, освещ. ламп. нак., м ²	Уд. год. расход люм. ламп., кВт·ч/м ²	Уд. год. расход ламп. нак, кВт·ч/м ²	Коэфф. спроса	Год. потр. внутр. освещ. люм. ламп. МВт·ч/год	Год. потр. внутр. освещ. ламп. нак. МВт·ч/год	Год. потр. внутр. освещ., тыс. кВт·ч
По бюджетной деятельности								
Общежитие	3087,6	24,3	17,4	31,3	0,9	64,47	0,76	58,71
Штаб	1976,2	0	32,2	55,3	0,85	76,36	0	64,91
Питомник	114,2	20	32,2	55,3	1	4,41	1,11	5,52
Котельная	147,1	16,9	24,8	40,8	1	4,38	0,69	5,07
РСЦ	0	50	14,9	27,2	1	0	1,36	1,36
Столовая	1022,8	0	34,0	58,7	0,9	41,73	0	37,56
Новое общежитие	3543,5	0	17,4	31,3	0,85	73,99	0	62,89
УКП	1193,1	250,2	17,4	31,3	0,95	24,91	7,83	31,10
Итого								267,12
По внебюджетной деятельности								
Швейный цех	742,1	0	30,7	52,9	1	27,34	0	27,34
Тандырная	60	0	34	58,7	1	2,45	0	2,45
Участок маринования капусты	39,6	34,2	34	58,7	1	1,62	2,01	3,63
Сырный цех УКП	181,8	36,8	34	58,7	1	7,42	2,16	9,58
Столовая общественного питания	45,1	0	34	58,7	1	1,84	0	1,84
Сельхоз. участок	606,8	113,2	14,9	27,2	1	10,85	3,08	13,93
Участок выращивания лука	893,6	0	34	58,7	0,95	36,46	0	34,64
Итого								93,41

Таблица 2.3 – Годовая потребность электрической энергии других (силовых) потребителей

Наименование потребителя	Мощность потребителя, кВт	Количество суток	Поправочный коэффициент	Годовая потребность, тыс. кВт·ч
1	2	3	4	5
По бюджетной деятельности				
Котельная ИК-29	35	225		189,0
УКП:				436,62
Отопление	60	225		324,0
Обогреватель	1,8	225		9,72
Холодильные установки	3,5	365	0,76	23,3
Водонагреватели	8,0	365	0,85	59,57
Бытовые приборы	9,2	32	0,74	7,07
ЭВМ (4)	0,52	87	0,45	0,49
Плита	16,25	32		12,48
Отопление питомника ИК-29	9	113		24,41
Общежитие:				156,32
ЭВМ (17)	2,57	87	0,4	1,9
Бытовые приборы	12	32	0,67	6,17
Холодильные установки	2,0	365	0,8	14,0
Тепловые завесы	9,0	225		48,6
БПК:				47,3
Машина стиральная	30	52		37,44
Центрифуга (2)	3	12		0,86
Дезинфекционная камера	1,5	30		1,08
Каток гладильный	11	30		7,92
МСЧ:				12,89
Автоклав	9	13		2,81
Аквадистиллятор	8	30		5,76
Тепловентилятор (3)	6	30		4,32
Штаб:				67,83
ПК (38)	8,36	84	0,4	6,74
Принтеры, МФУ (27)	2,98	8	0,4	0,23
Бытовые приборы	33	36	0,55	15,68
Холодильные установки	3	365	0,8	26,28
Тепловая завеса	3,5	225		18,9
Пекарня:				81,82
Шкаф пекарский	38,4	86		79,26
Просеиватель муки	0,325	99		0,77
Тестомесильная машина	1,7	44		1,79
Столовая:				268,96
Мясорубка	1,44	15		0,52
Сковорода	12	61		17,57
Плита электрическая	20,4	303		148,35
Овощерезка	0,37	15		0,13
Плита	3,2	61		19,60

Наименование потребителя	Мощность потребителя, кВт	Количество суток	Поправочный коэффициент	Годовая потребность, тыс. кВт·ч
1	2	3	4	5
Мармит				
Машина клубнеочистительная	0,55	50		0,66
Холодильные установки	3,4	365	0,78	23,23
Котел пищеварочный(3)	51,2	46		56,52
Сушилка для рук(6)	12	8	0,78	1,80
Вентиляция	2	12		0,58
Новое общежитие	307,8	365		112,42
ТСО	1,5	365		13,4
Итого	1410,77			
По внебюджетной деятельности				
Швейный цех:				62,69
Швейные машинки(34)	12,4	185	0,60	33,03
Раскроечные машинки(2)	18,02	66		27,67
Оверлог(3)	0,6	66		0,95
Парогенератор(2)	3,6	12		1,04
Сырный цех УКП:				16,91
Коптилка	4,5	87		9,36
Упаковщик	4	54		5,18
Электробойлер	1,5	61		2,20
Весы	0,2	36		0,17
Тандырная:				41,77
Печь для выпечки лаваша	25	65		39,0
Тестомесильная машина	1,5	22		0,79
Машина для раскатки теста	1,32	43		1,36
Запайщик	0,6	43		0,62
Сельхоз. Участок: (Зернодробилка)	3	46		4,04
Глубинник	0,25	122		3,31
Участок выращивания лука:	7,2	122		0,73
Столовая общ. питания:				11,94
Плита	3	54		3,89
Бытовые приборы	0,84	43		0,87
Холодильные установки	0,82	365		7,18
Автоклавная:				21,54
Автоклав(2)	15	40		14,4
Плита	5	46		5,52
Капусторез	1,5	22		0,79
Упаковщик	0,75	46		0,83
Итого	192,85			

2.2 Описание существующей схемы электроснабжения ФКУ ИК-29

Существующая однолинейная схема электроснабжения ФКУ ИК-29 УФСИН России по РХ представлена на рисунке 2.2. Питание осуществляется от двух ячеек яч. №9 и яч. №54 ПС №31 «Сибирь» кабельными линиями 10 кВ до границы раздела балансовой принадлежности, далее преимущественно воздушными линиями и кабельными вставками до соответствующих трансформаторных подстанций, указанных на схеме. Расстояние от источника питания до учреждения составляет 1,1 км.

Основное питание ИК-29 осуществляется от ТП на 1000 кВА. Имеется резерв ДГ на питание: общежития (45 и 50 кВт), действующей котельной (40 кВт), штаб (15 кВт), склад (3 кВт).

Резерв ИК-29 осуществляется от ТП с двумя параллельно включенными трансформаторами по 630 кВА каждый. Это новая ТП.

Существующая дизель-генераторная установка обеспечивает питание общежития (45 кВт), котельной (40 кВт) и штаба (15 кВт).

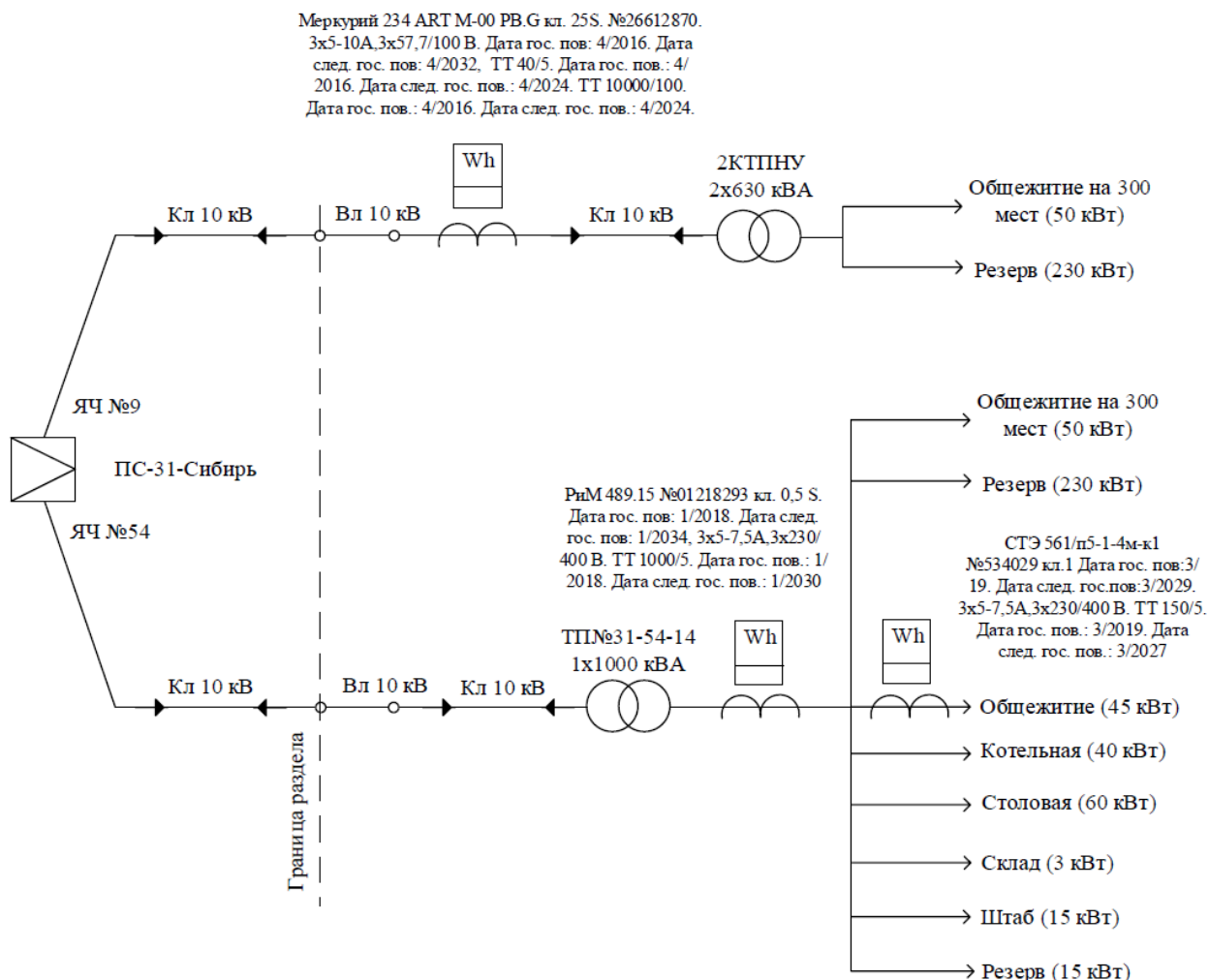


Рисунок 2.2 – Существующая однолинейная схема электроснабжения ФКУ ИК-29 УФСИН России по РХ

На стороне высокого напряжения 2 КТПНУ (2х630 кВА) установлен прибор коммерческого учета электроэнергии: счетчик Меркурий 234 ART M-00 РВ.Г кл. 25S. №26612870.

На ТП №31-54-14 (1х1000 кВА) учет ведется на низком напряжении (0,4 кВ). Там установлен счетчик коммерческого учета электроэнергии типа РИМ 489.15 №01218293 кл. 0,5 S. Отдельно на общежитие мощностью 45 кВт установлен электросчетчик типа СТЭ 561/п5-1-4м-к1 №534029 кл.1 для осуществления технического учета.

Питание потребителей (зданий и сооружений) учреждения осуществляется от трансформаторных подстанций кабельными линиями 0,4 кВ марки ААШв, проложенными в земле.

2.3 Обоснование реконструкции схемы электроснабжения учреждения по причине ввода нового потребителя (котельной)

Деятельность учреждения ФКУ ИК-29 развивается, производство расширяется, существует необходимость проектирования и ввода в эксплуатацию новых электроустановок: питающих линий и трансформаторов.

Основное питание новой котельной планируется осуществить от новой ТП с двумя трансформаторами по 630 кВА. Первый резерв будет от ТП №31-54-14 с трансформатором на 1000 кВА, второй резерв новой котельной – от дизельного генератора (ДГ) на 150 кВт, технические характеристики которого показаны в таблице 2.4 [21]. На рисунке 2.3 представлен его общий вид. Данный генератор необходим для повышения надежности электроснабжения потребителей особой категории, таких как ИК-29.

Более конкретные схемные решения по электроснабжению колонии представлены на рисунке 2.4. Согласно плану реконструкции, необходимо дополнительно задействовать воздушную линию ВЛ 10 кВ (от яч. №31 ПС №31 «Сибирь») для подключения второго трансформатора КТПНУ на 630 кВА. От этой же подстанции планируется запитать новую котельную, установленной мощностью 210,3 кВт и питомник. Новую ДГ как резервное питание для новой котельной планируется подключить к шинам НН ТП №31-54-14 (1х1000 кВА) так, как показано на рисунке 2.4.

Таблица 2.4 – Основные технические характеристики дизельного генератора 150 кВт в контейнере, с АВР (тип АД 150С-Т-400-2РНМ19)

Постоянная мощность	150 кВт / 187,5 кВА
Резервная мощность	165 кВт / 206 кВА
Напряжение	230 / 400 В
Частота	50 Гц
Количество фаз	трехфазная
Первичный дизельный двигатель	RICARDO R6110ZLD
Синхронный генератор	AZIMUT Z274H
Контроллер	HGM6120
Исполнение	контейнерного исполнения

Степень автоматизации	2-я (АВР)
Габариты (Д x Ш x В)	4050 x 2040 x 2250 мм
Вес	3289 кг
Расход топлива при 100% нагрузке	47,2 л/час
Топливный бак	400 л
Автономность	мин. 8 часов



Рисунок 2.3 – Общий вид дизельного генератора типа АД 150С-Т-400-2РНМ19

Кабельные сети учреждения, выполненные подземной прокладкой кабелей типа ААШв, как показали результаты испытаний электротехнической лаборатории, во многом изношены, замеренные сопротивления постоянному току с помощью мегаомметра показали достаточно низкие значения. Представляется, что в будущем они могут быть еще ниже и могут опуститься до предельных значений, установленных нормативными документами.

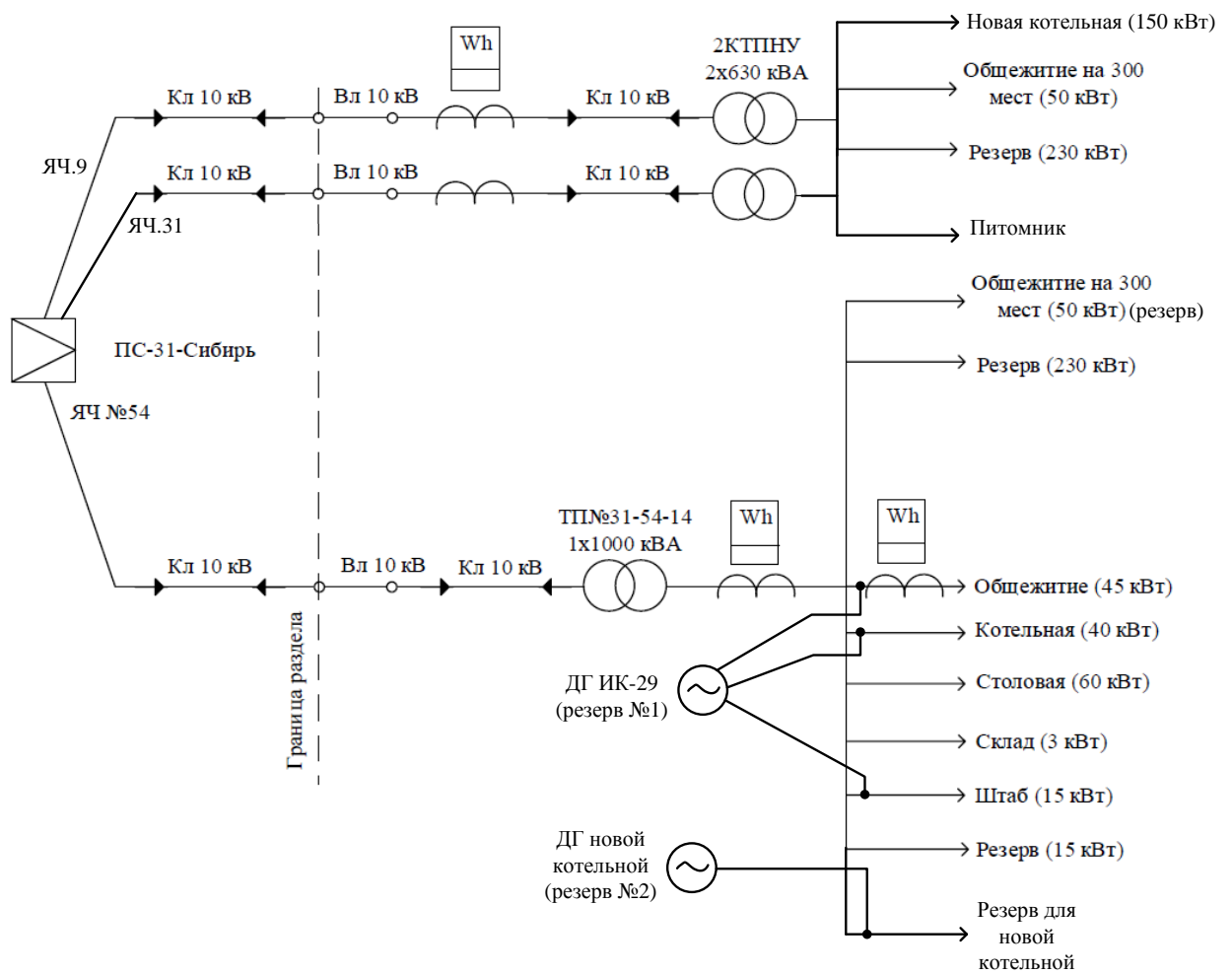


Рисунок 2.4 – Схема электроснабжения колонии с нововведениями

Таким образом, исходя из вышеизложенного, реконструкция схемы электроснабжения ФКУ ИК-29 УФСИН России по Республике Хакасия в связи с вводом новой котельной и с целью повышения надежности и качества электроснабжения, является необходимым и целесообразным решением.

3 Практическая часть

3.1 Общая характеристика котельной

Котельная на твердом топливе мощностью 4,64МВт (4,0 Гкал/час) предназначена для отопления старых и новых зданий в качестве источника тепловой энергии для женской исправительной колонии.

Категория потребления тепла по надежности теплоснабжения и отпуску тепла - II. Котельная с постоянным присутствием обслуживающего персонала.

Котельная работает при независимой системе теплоснабжения по открытой схеме для общежития, столовой и штаба администрации управления, а также по закрытой схеме для общежития на 300мест построенная в 2015году с учетом тепловой нагрузки на развития уголовной системе по этой же схеме (Федеральная целевая программа «Развития уголовно-исполнительной системы 2019-2026 годы).

Котельная представляет собой технологический комплекс, укомплектованный оборудованием, поставляемым транспортабельными блоками максимальной заводской готовности, состоящий из 14 (четырнадцать) блоков с массой наибольшего транспортабельного блока котла до 5,1 т.

Выработка тепловой энергии будет осуществляться при помощи четырех водогрейных котлов КВм-1,16КБ, мощностью 4×1,16 МВт (4×1 Гкал/ч) производства ООО «Завод Котельного Оборудования «КАРАТ»». Котлы работает с принудительной циркуляцией воды.

В котельной в качестве теплоносителя используется вода с соответствующей химической обработкой. Сырая вода проходит предварительную обработку на станции водоподготовки и поступает в накопительные емкостные водонагреватели воды объемом WHZ2000 объемом 2000 л каждый.

Загрузка топлива в склад осуществляется разгрузкой автотранспортом на площадке склада с высотой поднятия кузова до 7,0 м в штабель угля. В складе угля топливо фронтальным погрузчиком загружается в приемный бункер угля емкостью 4,5 м³. Далее уголь подается наклонным скребковым транспортером ТС 2-30 (рабочая и резервная) максимальной производительностью 30 т/час топлива из склада в котельную на отметку +5,700 м с отметки 0,000 м (отметка чистого пола склада топлива).

Транспортером, через соответствующее устройство пересыпки, топливо попадает в бункер котла оборудованный датчики определения нижнего и верхнего аварийного уровня топлива.

Проект здания котельной на твердом топливе (каменном угле) разработан в блочно-модульном исполнении с металлическим каркасом, обшитым стеновыми сэндвич-панелями с заполнением утеплителем из минеральной ваты.

Конструктивные решения здания котельной:

- несущие вертикальные конструкции - наружные стены: несущий каркас здания состоит из пространственных монтажных блок-модулей. Модуль

состоит из колонн, ригелей, вертикальных и горизонтальных связей. Жесткость и устойчивость каркаса здания в горизонтальном направлении обеспечивается связями и жесткостью узлов.

- наружные несущие стены - наружные стеновые ограждения: ограждающие конструкции – трехслойная сэндвич-панель с наполнителем из минеральной базальтовой ваты, толщиной 100 мм.

- перегородки внутренние: помещение электрощитовой – каркасные перегородки, толщиной 50 мм, прокат тонколистовой холоднокатанной ЭО-ЦПп-1, ГОСТ Р 543 01-2011, утеплитель базальтовый по ТУ 5762-001-89933256-10.

Бытовые помещения, технические помещения – каркасные перегородки, толщиной 50 мм, прокат тонколистовой холоднокатанной, утеплитель базальтовый по ТУ 5762-001-89933256-10.

- перекрытия междуэтажные: согласно паспорта разработанного ООО Завод Котельного Оборудования «КАРАТ», из профилей стальных гнутых замкнутых квадратных по ГОСТ 30245-2003, покрытие пола из листов проечно-вытяжных по ГОСТ 8706-78 -кровля: трехслойные кровельные сэндвич-панели с наполнителем из минеральной базальтовой ваты, толщиной 100 мм.

Все несущие элементы здания котельной покрыты огнезащитной вспучивающейся краской.

Здание котельной прямоугольное в плане с размерами в осях А/Б-1/2, 9,26х22,75 м и высотой по коньку 8,12 м от уровня пола.

По периметру здания устроена бетонная отмостка толщиной 65...150 мм, и шириной 1,0 м по щебеночному основанию толщиной 100мм с уклоном 2% от здания.

Здание представляет собой простую компактную конфигурацию блочно-модульного строения, которая обеспечивает оптимальную функционально-планировочную взаимосвязь помещений и котельного зала с коэффициентом компактности: $K_{des}=0,23$ (часть расположения постоянного пребывания персонала).

Молниезащита котельной обеспечивается установкой стержневого молниеотвода на дымовой трубе котельной на высоте 21,5м и необходимых заземляющих устройств. Здание котельной, топливоподача и дымовая труба соответствуют III уровню защиты от прямых ударов молнии, где в качестве молнии приемников используется дымовая труба и стержневые молнии приемники, установленные на здании. Молниеприемники токоотводами соединяются с наружным контуром заземления.

Функциональное зонирование здания котельной:

- подвал: не предусмотрен.

- 1 этаж: помещение котельного оборудования, помещение насосной станции, раздевалка с санузлом и душевой, техническое помещение, электрощитовая.

- 2 этаж: котельный зал, помещение химической водоочистки, помещение оператора, бытовое помещение.

Высота 1 этажа в осях А/Б-1/2 – 2,66 м; высота помещения в чистоте от пола до потолка - 2,50 м.

Высота 2 этажа в осях А/Б-1/2– 5,31 м.

Высота производственного помещения котельной в осях А/Б-1/2 – 5,31 м; высота помещения в чистоте от пола до потолка 5,31 м.

Площадь фасадов составляет 451,75 м², площадь остекления составляет 18,72 м². Строительный объем здания составляет 1749,01 м³. Общая площадь здания котельной составляет 421,32 м² и распределяется поровну между первым и вторым этажами.

Общий перечень применяемого оборудования котельной, включая тепловое, электрическое и технологическое оборудование, представлен в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Общий перечень применяемого оборудования котельной, включая тепловое, электрическое и технологическое оборудование

№	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа, опросного листа	Ед. изм.	Кол - во
1	2	3	4	5
К1	Котел водогрейный с питателем топлива ЗП(ПТЛ)-400	КВм-1,16КБ	шт	4
К2	Насос котельного контура	USP 80-120F 50 м ³ /час	шт	4
К3	Расширительный мембранный бак	300 литров	шт	2
К4	Теплообменник пластинчатый	Ридан 1,5 МВт	шт	3
К5	Насос сетевого контура	TPE 125-230/4 S	шт	2
К6	Водонагреватель косвенного нагрева 2000 л	Wester WHZ2000	шт	3
К7	Насос подпитки сетевого контура	TPE 32-230/2А-F-A	шт	2
1	Блок хим. водоподготовки контура	RWSRPC 2472	шт	1
2	Насосная станция для водоснабжения сдвоенная	PBS 2CDL3-8	компл	1
3	Вентилятор дутьевой с эл.дв. 2,2 кВт, 1500об/мин	ВР 120-28 №2,5	шт	4
4	Дымосос с эл.дв. 5,5 кВт, 1500об/мин	ДН6,3-1500	шт	4
5	Грязевик тепловой сети		шт	2
6	Золуловитель	ЗУ 1-2	шт	4
7	Труба дымовая	ТД 21,5-720	шт	1
8	Транспортер топливоподачи	ТС 2-30	шт	2
9	Транспортер шлакозолоудаления	ТС 2-30	шт	2
10	Бункер топлива приемный	Объем 4,5 м ³	шт	1
11	Бункер-накопитель системы ШЗУ с площадками	Объем 11 м ³	шт	1

3.2 Состав и характеристика электропотребителей новой котельной

Согласно технических условий, электроснабжение здания блочно-модульной котельной выполняется по двум взаиморезервируемым кабельным линиям напряжением $\sim 0,4$ кВ от двух существующих отдельностоящих трансформаторных подстанций: ТП-31-09-290/630кВА, РУ-0,4кВ и ТП-31-54-14/1000 кВА, РУ-0,4 кВ.

Также, в качестве третьего независимого источника электроснабжения, предусматривается использование дизельной электростанции (ДЭС) $\sim 0,4$ кВ, мощностью 100 кВт, устанавливаемой на внутримплощадочной территории проектируемой котельной и склада.

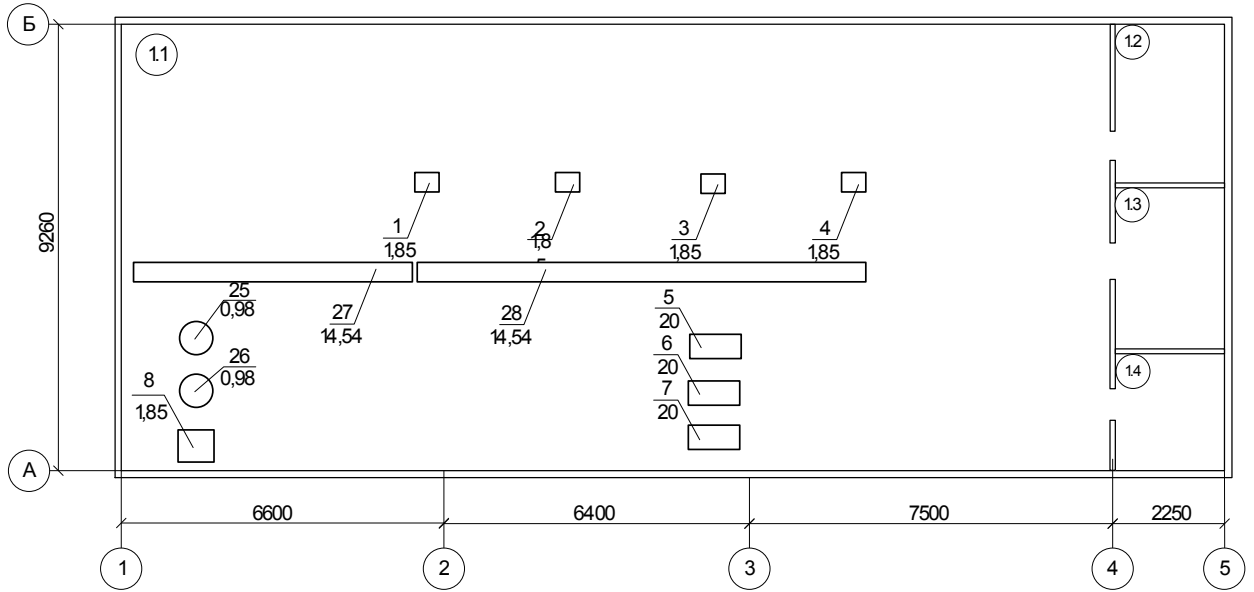
Схема электроснабжения принята в соответствии с наличием в здании котельной и склада электропотребителей II, I, и I особой категории.

Основными потребителями электроэнергии проектируемого здания являются: технологическое электрооборудование котельной, светильники рабочего и аварийного котельной и склада твёрдого топлива, наружного освещения, электрооборудование систем пожарной сигнализации, связи.

Напряжение питающей электрической сети: $\sim 0,4$ кВ, частота 50 Гц, система TN-C-S. Все электроприемники рассчитаны трехфазные, рассчитаны на напряжение 380 В. Общая установленная мощность оборудования новой котельной составляет 210,3 кВт.

Для того чтобы осуществить расчет электронагрузок и выбрать необходимое электрооборудование, необходимо предварительно составить конкретный список потребителей электроэнергии новой котельной (таблица 3.2). Нумерация электропотребителей назначается в соответствии с планом расстановки оборудования в котельной (рисунок 3.1).

План на от м.0,000 м



План на от м.2,660 м

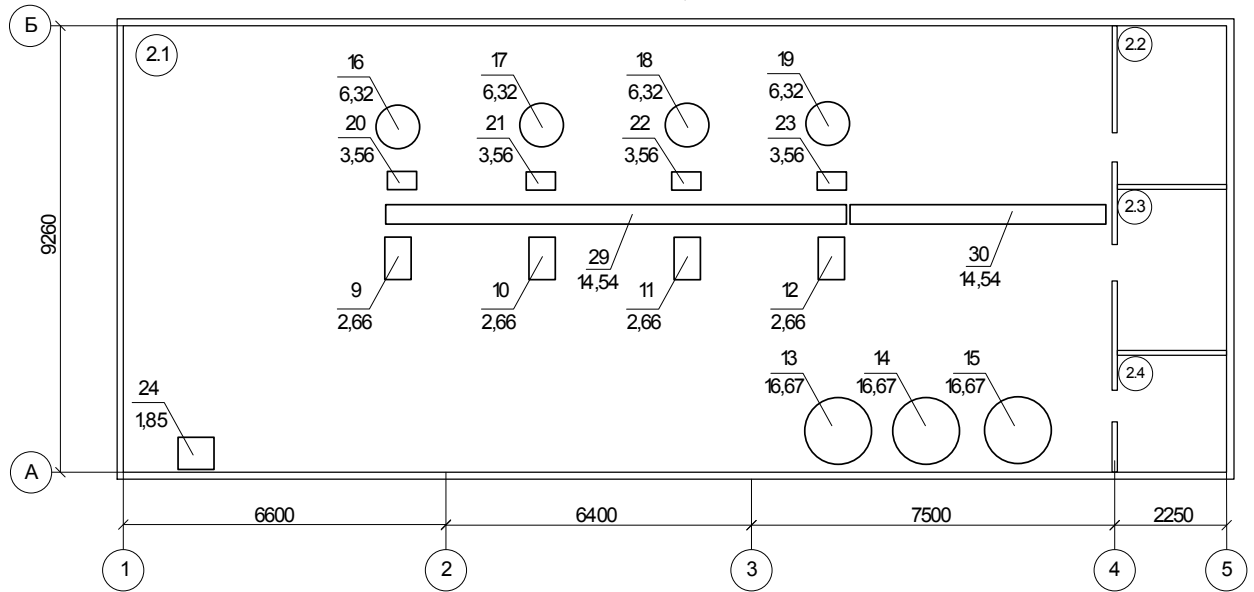


Рисунок 3.1 – План расстановки оборудования в котельной на отм.0,000 и 2,660 м

Таблица 3.2 – Список потребителей электроэнергии новой котельной

№	Наименование и техническая характеристика	$P_{уст.}$, кВт	Ки	cosφ
1	2	3	4	5
1	Насос котельного контура	1,5	0,6	0,85
2	Насос котельного контура	1,5	0,6	0,85
3	Насос котельного контура	1,5	0,6	0,85
4	Насос котельного контура	1,5	0,6	0,85
5	Водонагреватель косвенного нагрева	20	0,7	0,95
6	Водонагреватель косвенного нагрева	20	0,7	0,95
7	Водонагреватель косвенного нагрева	20	0,7	0,95
8	Насосная станция	1,5	0,6	0,85
9	Вентилятор дутьевой	2,2	0,6	0,8
10	Вентилятор дутьевой	2,2	0,6	0,8
11	Вентилятор дутьевой	2,2	0,6	0,8
12	Вентилятор дутьевой	2,2	0,6	0,8
13	Насос сетевого контура	15,0	0,6	0,85
14	Насос сетевого контура	15,0	0,6	0,85
15	Насос сетевого контура	15,0	0,6	0,85
16	Дымосос	5,5	0,65	0,8
17	Дымосос	5,5	0,65	0,8
18	Дымосос	5,5	0,65	0,8
19	Дымосос	5,5	0,65	0,8
20	Привод трехходовый регулирующего клапана котла	3,0	0,4	0,75
21	Привод трехходовый регулирующего клапана котла	3,0	0,4	0,75
22	Привод трехходовый регулирующего клапана котла	3,0	0,4	0,75
23	Привод трехходовый регулирующего клапана котла	3,0	0,4	0,75
24	Насосная станция для водоснабжения сдвоенная	1,5	0,6	0,85
25	Насос подпитки сетевого контура	0,75	0,6	0,85
26	Насос подпитки сетевого контура	0,75	0,6	0,85
27	Транспортер шлакозолоудаления	13,0	0,6	0,7
28	Транспортер шлакозолоудаления	13,0	0,6	0,7
29	Транспортер топливоподачи	13,0	0,6	0,7
30	Транспортер топливоподачи	13,0	0,6	0,7
Итого		210,3		

3.3 Расчет электрических нагрузок первичных групп электроприемников

Для осуществления данного расчета сформируем первичные группы электроприемников. В качестве исходных данных для расчетов будем использовать технические характеристики электроприемников, представленные в таблице 3.2.

Предварительно необходимо выбрать электродвигатели и определить номинальные мощности электроприемников

Для оборудования выбираем асинхронные электродвигатели серии АИР:

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

где $P_{уст}$ – установленная мощность оборудования, кВт;

$P_{н.эд}$ – номинальная мощность электродвигателя, кВт.

Двигатель должен быть выбран в соответствии с напряжением заводской 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.

Выбранные электродвигатели согласно [15] заносим в таблицу 1.2.

Номинальная мощность электроприемникам с асинхронным электродвигателем рассчитывается по формуле:

$$P_{ном} = \frac{P_{уст}}{\eta_{дв}} \cdot 100, \quad (3.3)$$

где $P_{пасп}$ – установленная мощность электроприемника;

$\eta_{дв}$ – КПД электродвигателя.

Для примера рассчитаем номинальную мощность ЭП №1:

$$P_{ном(1)} = \frac{1,5}{81,0} \cdot 100 = 1,85 \text{ (кВт)}.$$

Для остальных установок расчет производится аналогично. Полученные значения номинальной мощности заносятся в таблицу 3.3.

Все оборудование работает в длительном режиме, поэтому расчетная мощность равна номинальной [5, 6]:

$$P_{p1} = P_{ном}, \quad (3.4)$$

Реактивная мощность определяется:

$$Q_{p1} = P_{p1} \operatorname{tg} \varphi = P_{p1} \operatorname{tg}(\arccos(\cos \varphi)), \quad (3.5)$$

Полная мощность определяется:

$$S_{p1} = \sqrt{P_{p1}^2 + Q_{p1}^2}, \quad (3.6)$$

Расчетный ток определяется:

$$I_p = \frac{S_{p1}}{\sqrt{3} U_{ном}}, \quad (3.7)$$

Пусковой ток определяется:

$$I_{п} = K_{п} I_{р}, \quad (3.8)$$

где $K_{п}$ – кратность пускового тока [12].

Таблица 3.3 – Технические характеристики выбранных электродвигателей

№	Наименование ЭП	$P_{уст}$, кВт	Марка электро-двигателя	$P_{пасп.дв}$, кВт	$n_{ном}$, об/мин	КПД, $\eta_{да}$, %
1	2	3	4	5	6	7
1	Насос котельного контура	1,5	АИР 80 В2	2,2	3000	81
2	Насос котельного контура	1,5	АИР 80 В2	2,2	3000	81
3	Насос котельного контура	1,5	АИР 80 В2	2,2	3000	81
4	Насос котельного контура	1,5	АИР 80 В2	2,2	3000	81
8	Насосная станция	1,5	АИР 80 В2	2,2	3000	81
9	Вентилятор дутьевой	2,2	АИР 90 L2	3	3000	82,6
10	Вентилятор дутьевой	2,2	АИР 90 L2	3	3000	82,6
11	Вентилятор дутьевой	2,2	АИР 90 L2	3	3000	82,6
12	Вентилятор дутьевой	2,2	АИР 90 L2	3	3000	82,6
13	Насос сетевого контура	15	АИР 160 М2	18,5	3000	90
14	Насос сетевого контура	15	АИР 160 М2	18,5	3000	90
15	Насос сетевого контура	15	АИР 160 М2	18,5	3000	90
16	Дымосос	5,5	АИР 112 М2	7,5	3000	87
17	Дымосос	5,5	АИР 112 М2	7,5	3000	87
18	Дымосос	5,5	АИР 112 М2	7,5	3000	87
19	Дымосос	5,5	АИР 112 М2	7,5	3000	87
20	Привод трехходовый регулирующего клапана котла	3	АИР 100 S2	4	3000	84,2
21	Привод трехходовый регулирующего клапана котла	3	АИР 100 S2	4	3000	84,2
22	Привод трехходовый регулирующего клапана котла	3	АИР 100 S2	4	3000	84,2
23	Привод трехходовый регулирующего клапана котла	3	АИР 100 S2	4	3000	84,2
24	Насосная станция для водоснабжения сдвоенная	1,5	АИР 80 В2	2,2	3000	81
25	Насос подпитки сетевого контура	0,75	АИР 71 В2	1,1	3000	76,2
26	Насос подпитки сетевого контура	0,75	АИР 71 В2	1,1	3000	76,2
27	Транспортер шлакозолоудаления	13	АИР 160 S2	15	3000	89,4
28	Транспортер шлакозолоудаления	13	АИР 160 S2	15	3000	89,4
29	Транспортер топливоподачи	13	АИР 160 S2	15	3000	89,4
30	Транспортер топливоподачи	13	АИР 160 S2	15	3000	89,4

Пример расчета по формулам (3.4) – (3.8) для ЭП №1:

$$P_{р1} = P_{ном1} = 1,85 \text{ кВт};$$

$$Q_{р1} = 1,85 \cdot \text{tg}(\arccos(0,85)) = 1,15 \text{ кВар};$$

$$S_{р1} = \sqrt{1,85^2 + 1,15^2} = 2,18 \text{ кВА}.$$

$$I_{р1} = \frac{2,18 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380} = 3,31 \text{ А};$$

$$I_{п} = K_{п} \cdot I_{р1} = 5 \cdot 3,31 = 16,55 \text{ А}.$$

Для остальных электроприемников расчет электрических нагрузок первичных групп электроприемников котельной (таблица 3.4).

Таблица 3.4 – Расчет электрических нагрузок первичных групп электроприемников котельной

№	Наименование ЭП	$P_{ном}$, кВт	ПВ, %	Ки	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	$P_{р1}$, кВт	$Q_{р1}$, кВар	$S_{р1}$, кВА	I_p , А	$I_{пуск}$, А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Насос котельного контура	1,85	100	0,6	0,85	0,62	1,85	1,15	2,18	3,31	16,55
2	Насос котельного контура	1,85	100	0,6	0,85	0,62	1,85	1,15	2,18	3,31	16,55
3	Насос котельного контура	1,85	100	0,6	0,85	0,62	1,85	1,15	2,18	3,31	16,55
4	Насос котельного контура	1,85	100	0,6	0,85	0,62	1,85	1,15	2,18	3,31	16,55
5	Водонагреватель косвенного нагрева	20	100	0,7	0,95	0,33	20	6,6	21,06	31,99	31,99
6	Водонагреватель косвенного нагрева	20	100	0,7	0,95	0,33	20	6,6	21,06	31,99	31,99
7	Водонагреватель косвенного нагрева	20	100	0,7	0,95	0,33	20	6,6	21,06	31,99	31,99
8	Насосная станция	1,85	100	0,6	0,85	0,62	1,85	1,15	2,18	3,31	16,55
9	Вентилятор дутьевой	2,66	100	0,6	0,8	0,75	2,66	2	3,33	5,05	25,25
10	Вентилятор дутьевой	2,66	100	0,6	0,8	0,75	2,66	2	3,33	5,05	25,25
11	Вентилятор дутьевой	2,66	100	0,6	0,8	0,75	2,66	2	3,33	5,05	25,25
12	Вентилятор дутьевой	2,66	100	0,6	0,8	0,75	2,66	2	3,33	5,05	25,25
13	Насос сетевого контура	16,67	100	0,6	0,85	0,62	16,67	10,34	19,62	29,8	149,00
14	Насос сетевого контура	16,67	100	0,6	0,85	0,62	16,67	10,34	19,62	29,8	149,00
15	Насос сетевого контура	16,67	100	0,6	0,85	0,62	16,67	10,34	19,62	29,8	149,00
16	Дымосос	6,32	100	0,65	0,8	0,75	6,32	4,74	7,9	12	60,00
17	Дымосос	6,32	100	0,65	0,8	0,75	6,32	4,74	7,9	12	60,00
18	Дымосос	6,32	100	0,65	0,8	0,75	6,32	4,74	7,9	12	60,00
19	Дымосос	6,32	100	0,65	0,8	0,75	6,32	4,74	7,9	12	60,00
20	Привод трехходовый регулирующего клапана котла	3,56	100	0,4	0,75	0,88	3,56	3,13	4,74	7,21	36,05
21	Привод трехходовый регулирующего клапана котла	3,56	100	0,4	0,75	0,88	3,56	3,13	4,74	7,21	36,05
22	Привод трехходовый регулирующего клапана котла	3,56	100	0,4	0,75	0,88	3,56	3,13	4,74	7,21	36,05
23	Привод трехходовый регулирующего клапана котла	3,56	100	0,4	0,75	0,88	3,56	3,13	4,74	7,21	36,05
24	Насосная станция для водоснабжения сдвоенная	1,85	100	0,6	0,85	0,62	1,85	1,15	2,18	3,31	16,55
25	Насос подпитки сетевого контура	0,98	100	0,6	0,85	0,62	0,98	0,61	1,15	1,75	8,75
26	Насос подпитки сетевого контура	0,98	100	0,6	0,85	0,62	0,98	0,61	1,15	1,75	8,75
27	Транспортер шлакозолоудаления	14,54	100	0,6	0,7	1,02	14,54	14,83	20,77	31,56	157,80
28	Транспортер шлакозолоудаления	14,54	100	0,6	0,7	1,02	14,54	14,83	20,77	31,56	157,80
29	Транспортер топливopодачи	14,54	100	0,6	0,7	1,02	14,54	14,83	20,77	31,56	157,80
30	Транспортер топливopодачи	14,54	100	0,6	0,7	1,02	14,54	14,83	20,77	31,56	157,80
	Итого	231,39									

3.4 Светотехнический расчет электрического освещения котельной

В соответствии с [14] для рабочего и аварийного освещения применим светодиодные лампы. Согласно ПУЭ высота рабочей поверхности $h_p =$ от 0,8 до 1 м, а высота свеса h_c – от 0 до 1,5 м, в зависимости от крепления [7].

В таблице 3.5 отобразим геометрические размеры помещений, входящих в котельную. Номера по плану соответствуют рисунку 3.1.

Таблица 3.5 – Данные по помещениям котельной

Номер по плану	Наименование	Освещенность, лк	Длина, м	Ширина, м	Площадь, м ²
отм. 0,000 м					
1.1	Помещение котельного оборудования	200	20,5	9,26	189,83
1.2	Раздевалка с санузлом и душевой	200	3,3	2,25	7,425
1.3	Техническое помещение	75	3,3	2,25	7,425
1.4	Электрощитовая	75	2,4	2,25	5,4
отм. 2,660 м					
2.1	Котельный зал	200	20,5	9,26	189,83
2.2	Помещение оператора	300	3,3	2,25	7,425
2.3	Техническое помещение	75	3,3	2,25	7,425
2.4	Бытовое помещение	300	2,4	2,25	5,4

3.4.1 Расчет рабочего освещения

Размеры котельного зала (освещение проектируется только на высшей отметке, т.к. отсутствуют перекрытия между первым и вторым этажом):

$$L \times B \times H = 20,5 \times 9,26 \times 5,31.$$

Высота расчётной поверхности $h_p = 0,8$ м, расстояние от перекрытия до светильника $h_c = 0,51$ м.

Расстояние от светильников до рабочей поверхности (расчетная высота):

$$h = H_{ц} - h_c - h_p = 5,31 - 0,51 - 0,8 = 4 \text{ м.}$$

Принимаем $\lambda_{э} = 1,0$ [12].

Расстояние между светильниками в ряду:

$$L_A = \lambda_{э} \cdot h = 1 \cdot 4 = 4 \text{ м.}$$

В ряду размещаем $n = 5$ светильников, тогда расстояние от крайних светильников до стены:

$$2 \cdot l_A = 20,5 - (5 - 1) \cdot 4 = 4,5 \Rightarrow l_A = 2,25 \text{ м.}$$

Принимаем число рядов $m = 4$, тогда $L_B = 2,7$ м и расстояние от крайних светильников до стены:

$$2 \cdot l_B = 9,26 - (4 - 1) \cdot 2,7 = 1,16 \Rightarrow l_B = 0,58 \text{ м.}$$

В итоге общее число светильников в котельном зале

$$N = n \cdot m = 5 \cdot 4 = 20 \text{ шт.}$$

Отношение

$$\frac{L_A}{L_B} = \frac{4}{2,7} = 1,48 < 1,5.$$

Размещение светильников рабочего освещения показано на рисунке 3.2.

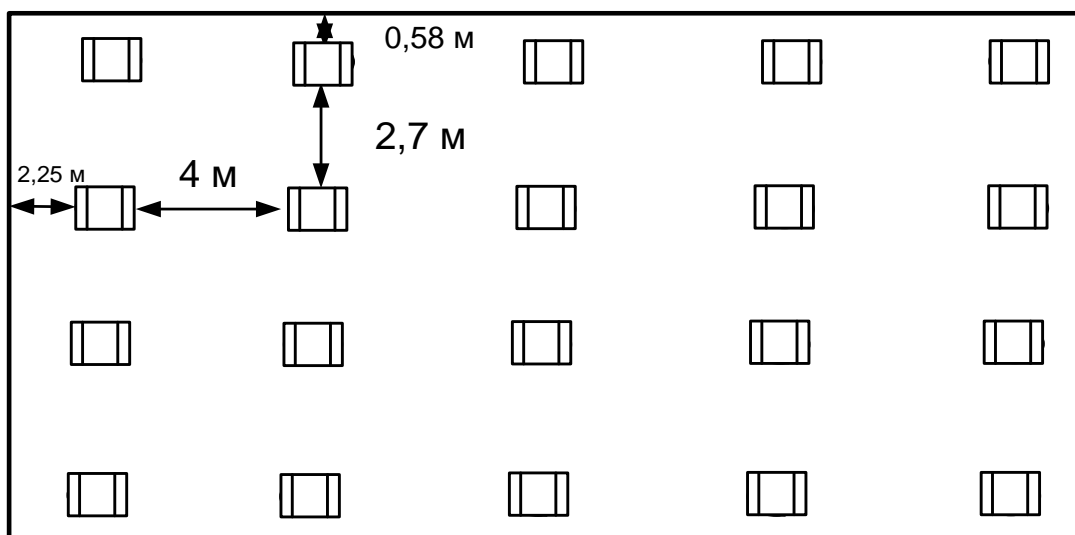


Рисунок 3.2 – Размещение светильников рабочего освещения

Индекс помещения определяется при условии, что $L / B \leq 3,5$ [10].

Принимаем $\rho_{\Pi} = 70\%$; $\rho_{\text{СТ}} = 50\%$; $\rho_{\text{Р}} = 10\%$ [10].

Индекс помещения:

$$i = \frac{L \cdot B}{h \cdot (L + B)}. \quad (3.9)$$

$$i = \frac{20,5 \cdot 9,26}{4 \cdot (20,5 + 9,26)} = 1,6.$$

Тогда коэффициент использования [10]: $\eta = 0,52$.

Норма освещенности принимается в соответствии с СП 52.13330.2016

[14]: $E_H = 200$ лк.

Световой поток:

$$\Phi_p = \frac{E_H \cdot K_{\text{ЗАП}} \cdot F \cdot z}{N \cdot \eta}, \quad (3.10)$$

где E_H – норма освещенности;

$K_{\text{ЗАП}} = 1,5$ – коэффициент запаса [10],

F – площадь поверхности, м^2 ,

$z = E_{\text{СР}}/E_H$ – коэффициент минимальной освещенности,

N – число светильников.

$$\Phi_p = \frac{200 \cdot 1,5 \cdot 189,83 \cdot 1,15}{20 \cdot 0,52} = 6297 \text{ Лм.}$$

По величине Φ_p выбираем светодиодный промышленный светильник L-industry 60 Turbine, КСС – тип Г, мощностью 60 Вт со световым потоком $\Phi_{\text{НОМ}} = 6660$ лм [16].

Находим отклонение светового потока:

$$\Delta\Phi = \frac{\Phi_{\text{НОМ}} - \Phi_p}{\Phi_p} \cdot 100\% = \frac{6660 - 6297}{6297} \cdot 100\% = 5,76\%.$$

различие между $\Phi_{\text{НОМ}}$ и Φ_p находится в допустимых пределах -10...+10%.

Далее аналогично определяем размещение светильников рабочего освещения в других помещениях, высота которых на отм.0,000 м и 2,660 м составляет по 2,5 м. Расчеты сводим в таблицу 3.6.

Таблица 3.6 – Расчеты размещения светильников рабочего освещения в помещениях

Номер по плану	Наименование помещения	Размеры, м			h _р , м	h _с , м	h, м	Тип светильника	λэ	Кривая силы света	L _A , м	n	l _A , м	L _B , м	m	l _B , м	N	L _A /L _B ≤1,5	i	η	E _н , лк	K _{зап}	z	Φ _р , лм	Световой поток светильника Φ _{св} , лм	Отклонение ΔΦ - 10...+10%	Мощность светильника, Вт
		A	B	H																							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
2.1 (1.1)	Котельный зал	20,5	9,26	5,31	0,8	0,51	4	L-industry 60 Turbine	1	Г	4	5	2,25	2,7	4	0,58	20	1,48	1,6	0,52	200	1,5	1,15	6297	6660	5,76	60
1.2	Раздевалка с санузлом и душевой	3,3	2,25	2,5	0,8	0,2	1,5	ВЫСОТА 16	1	Г	1,5	3	0,15	1,5	2	0,375	6	1	0,9	0,4	200	1,5	1,15	1067	1000	-6,28	16
1.3	Техническое помещение	3,3	2,25	2,5	0,8	0,2	1,5	Актей СА-7008У	1	Г	1,5	3	0,15	1,5	1	1,125	3	1	0,9	0,4	75	1,5	1,15	801	800	-0,12	8
1.4	Электрощитовая	2,4	2,25	2,5	0,8	0,2	1,5	ВЫСОТА 16	1	Г	1,5	2	0,45	1,5	1	1,125	2	1	0,8	0,34	75	1,5	1,15	1027	1000	-2,63	16
2.2	Помещение оператора	3,3	2,25	2,5	0,8	0,2	1,5	NORTH 600 TH	1	Г	1,5	3	0,15	1,5	2	0,375	6	1	0,9	0,4	300	1,5	1,15	1665	1800	8,11	18
2.3	Техническое помещение	3,3	2,25	2,5	0,8	0,2	1,5	Актей СА-7008У	1	Г	1,5	3	0,15	1,5	1	1,125	3	1	0,9	0,4	75	1,5	1,15	801	800	-0,12	8
2.4	Бытовое помещение	2,4	2,25	2,5	0,8	0,2	1,5	NORTH 600 TH	1	Г	1,5	2	0,45	1,5	2	0,375	4	1	0,8	0,4	300	1,5	1,15	1747	1800	3,03	18

3.4.2 Расчет аварийного освещения

Размеры котельного зала (освещение проектируется только на высшей отметке, т.к. отсутствуют перекрытия между первым и вторым этажом):

$$L \times B \times H = 20,5 \times 9,26 \times 5,31.$$

Принимаем: $h_p = 0,8 \text{ м}$, $h_c = 0,51 \text{ м}$.

Расчетная высота:

$$h = H_{ц} - h_c - h_p = 5,31 - 0,51 - 0,8 = 4 \text{ м}.$$

Принимаем $\lambda_{э} = 1,0$ [12].

$$L_A = \lambda_{э} \cdot h = 1 \cdot 4 = 4 \text{ м}.$$

В ряду можно разместить $n = 5$ светильников:

$$2 \cdot l_A = 20,5 - (5 - 1) \cdot 4 = 4,5 \Rightarrow l_A = 2,25 \text{ м}.$$

Принимаем число рядов $m = 4$, тогда $L_B = 2,9 \text{ м}$:

$$2 \cdot l_B = 9,26 - (4 - 1) \cdot 2,9 = 0,56 \Rightarrow l_B = 0,28 \text{ м}.$$

Общее число светильников аварийного освещения в котельном зале:

$$N = n \cdot m = 5 \cdot 4 = 20 \text{ шт}.$$

Отношение:

$$\frac{L_A}{L_B} = \frac{4}{2,9} = 1,38 < 1,5.$$

Размещение светильников аварийного освещения показано на рисунке 3.3.

Индекс помещения:

$$i = \frac{20,5 \cdot 9,26}{4 \cdot (20,5 + 9,26)} = 1,6.$$

Коэффициент использования [10]: $\eta = 0,5$.

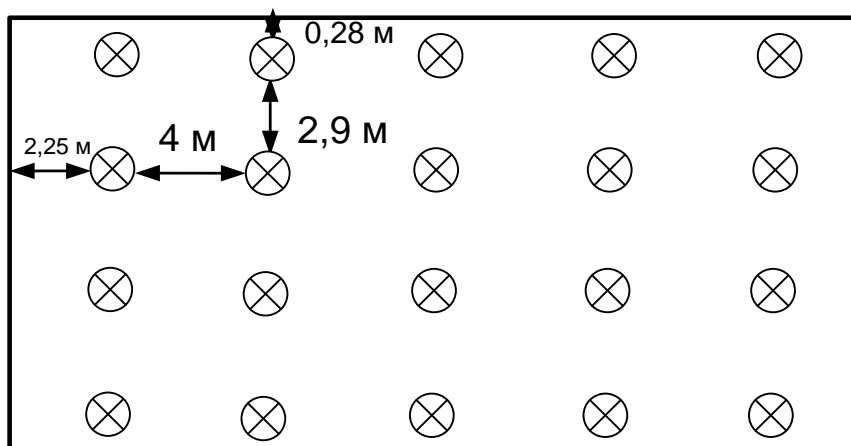


Рисунок 3.3 – Размещение светильников аварийного освещения

Норма освещенности:

$$E_H = 0,05 \cdot 200 = 10 \text{ лк.}$$

Световой поток:

$$\Phi_p = \frac{10 \cdot 1,5 \cdot 189,83 \cdot 1,15}{20 \cdot 0,5} = 327 \text{ Лм.}$$

Подбираем светодиодный светильник ДПО-4w, мощностью 4 Вт со световым потоком $\Phi_{\text{НОМ}} = 350 \text{ лм}$ [16].

$$\Delta\Phi = \frac{350 - 327}{327} \cdot 100\% = 7,03\% \text{ (в пределах } -10\% \dots +10\%).$$

Аналогично определяем размещение светильников аварийного освещения в других помещениях, высота которых на отн.0,000 м и 2,660 м составляет по 2,5 м. Расчеты сводим в таблицу 3.7. Из расчетов видно, что исходя из требуемой освещенности в каждом помещении, за исключением котельного зала, будет достаточно по одному светильнику «Выход-12» мощностью 1 Вт со световым потоком 100 лм.

Таблица 3.7 – Расчеты размещения светильников аварийного освещения в помещениях

Номер по плану	Наименование помещения	Размеры, м			h _р , м	h _с , м	h, м	Тип светильника	λэ	Кривая силы света	L _А , м	n	l _А , м	L _В , м	m	l _В , м	N	L _А /L _В ≤1,5	i	η	E _н , лк	K _{ЗАП}	z	Ф _р , лм
		A	B	H																				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
2.1 (1.1)	Основное помещение	20,5	9,26	5,31	0,8	0,51	4	ДПО-4w	1	Г	4	5	2,25	2,9	4	0,28	20	1,38	1,6	0,5	10	1,5	1,15	327
1.2	Раздевалка с санузлом и душевой	3,3	2,25	2,5	0,8	1,2	0,5	Выход-12	1	Г	0,9	4	0,3	0,9	1	1,125	4	1	2,7	0,27	10	1,5	1,15	107
1.3	Техническое помещение	3,3	2,25	2,5	0,8	1,2	0,5	Выход-12	1	Г	0,9	4	0,3	0,9	1	1,125	4	1	2,7	0,14	3,75	1,5	1,15	91
1.4	Электрощитовая	2,4	2,25	2,5	0,8	1,2	0,5	Выход-12	1	Г	0,9	3	0,3	0,9	1	1,125	3	1	2,3	0,12	3,75	1,5	1,15	97
2.2	Помещение оператора	3,3	2,25	2,5	0,8	1,2	0,5	Выход-12	1	Г	0,9	4	0,3	0,9	1	1,125	4	1	2,7	0,29	15	1,5	1,15	103
2.3	Техническое помещение	3,3	2,25	2,5	0,8	1,2	0,5	Выход-12	1	Г	0,9	4	0,3	0,9	1	1,125	4	1	2,7	0,29	3,75	1,5	1,15	98
2.4	Бытовое помещение	2,4	2,25	2,5	0,8	1,2	0,5	Выход-12	1	Г	0,9	3	0,3	0,9	1	1,125	3	1	2,3	0,22	15	1,5	1,15	109

3.4.3 Расчет мощности рабочего освещения

Для определения мощности освещения необходимо рассчитать активную и реактивную нагрузки, а также полную суммарную мощность освещения (таблица 3.8) по следующим формулам.

Мощность освещения:

$$S_{\text{осв}} = \sqrt{P_{\text{осв}}^2 + Q_{\text{осв}}^2}, \quad (3.11)$$

где активная мощность:

$$P_{\text{осв}} = N P_{\text{ном}} K_c K_{\text{пра}}, \quad (3.12)$$

где N – количество светильников;

$P_{\text{ном}}$ – мощность светильника, кВт;

K_c – коэффициент спроса принимается в зависимости от назначения и типа помещения [3];

$K_{\text{пра}}$ – коэффициент ПРА, $K_{\text{пра(СЛ)}} = 1,0$;

реактивная нагрузка осветительной сети:

$$Q_{\text{осв}} = P_{\text{осв}} \operatorname{tg} \varphi, \quad (3.13)$$

где коэффициент мощности: для светодиодных ламп $\cos \varphi_{\text{СЛ}} = 0,95$, $\operatorname{tg} \varphi = 0,33$.

Таблица 3.8 – Расчет мощности рабочего освещения

Номер по плану	Наименование помещения	N	$P_{\text{ном}}$, кВт	K_c	$K_{\text{ПРА}}$	$P_{\text{осв}}$, кВт	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$	$Q_{\text{осв}}$, кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.1 (1.1)	Котельный зал	20	0,06	0,95	1	1,14	0,95	0,33	0,38
1.2	Раздевалка с санузлом и душевой	6	0,016	0,8	1	0,08	0,95	0,33	0,03
1.3	Техническое помещение	3	0,008	0,6	1	0,01	0,95	0,33	0,003
1.4	Электрощитовая	2	0,016	0,6	1	0,02	0,95	0,33	0,01
2.2	Помещение оператора	6	0,018	1	1	0,11	0,95	0,33	0,04
2.3	Техническое помещение	3	0,008	0,6	1	0,01	0,95	0,33	0,003
2.4	Бытовое помещение	4	0,018	1	1	0,07	0,95	0,33	0,02
ИТОГО						1,44			0,486

3.5 Электротехнический расчет освещения котельной

Произведем расчет для рабочего и аварийного освещения согласно методикам, представленным в [10, 12].

Момент осветительной нагрузки определяют по выражению:

$$M = \sum P_i \cdot l_i, \quad (3.14)$$

где P_i – мощность лампы, кВт.
 l_i – расстояние от ИП до лампы, м.

$$\sum M_a \approx \sum M_b \approx \sum M_c. \quad (3.15)$$

Такое размещение позволяет выравнять нагрузку по фазам.

Произведем выбор сечения проводников осветительной сети. Выбор сечения осуществляется с учетом рекомендаций:

- должна обеспечиваться достаточная механическая прочность.
- прохождение тока нагрузки не должно вызвать перегрев проводников

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{раб.}}$$

У источника света должен поддерживаться необходимый уровень напряжения.

Потери напряжения, %:

$$\Delta U = \frac{M_{\text{max}}}{K_c \cdot s}, \quad (3.16)$$

где $K_c = 44 / 7,4$ – для сети 380/220 В при алюминиевых проводниках [12];
 s – сечение проводника.

Максимальный расчетный ток в трехфазной сети, А:

$$I_{p \ o} = \frac{P_{p \ o}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \phi}. \quad (3.17)$$

Электротехнический расчет для рабочего освещения

В котельном зале имеется 4 ряда по 5 светильников мощностью 0,06 кВт. Распределим их по фазам так, как показано на рисунке 3.4.

Значения результирующих моментов по каждой фазе:

группа 1:

фаза А: $0,06 \cdot 18 + 0,06 \cdot (18 + 4,0 \cdot 2) = 2,64$ кВт.м.;

фаза В: $0,06 \cdot (18 + 4,0 \cdot 3) = 1,8$ кВт.м.;

фаза С: $0,06 \cdot (18 + 4,0 \cdot 1) + 0,06 \cdot (18 + 4,0 \cdot 4) = 3,36$ кВт.м.;

группа 2:

фаза А: $0,06 \cdot (15 + 4,0 \cdot 1) + 0,06 \cdot (15 + 4,0 \cdot 3) = 2,76$ кВт.м.;

фаза В: $0,06 \cdot (15 + 4,0 \cdot 2) = 1,38$ кВт.м.;
фаза С: $0,06 \cdot 15 + 0,06 \cdot (15 + 4,0 \cdot 4) = 2,76$ кВт.м.;

группа 3:

фаза А: $0,06 \cdot (13 + 4,0 \cdot 2) + 0,06 \cdot (13 + 4,0 \cdot 4) = 3,0$ кВт.м.;
фаза В: $0,06 \cdot 13 + 0,06 \cdot (13 + 4,0 \cdot 3) = 2,28$ кВт.м.;
фаза С: $0,06 \cdot (13 + 4,0 \cdot 1) = 1,02$ кВт.м.;

группа 4:

фаза А: $0,06 \cdot (11 + 4,0 \cdot 3) = 1,38$ кВт.м.;
фаза В: $0,06 \cdot (11 + 4,0 \cdot 1) + 0,06 \cdot (11 + 4,0 \cdot 4) = 2,52$ кВт.м.;
фаза С: $0,06 \cdot 11 + 0,06 \cdot (11 + 4,0 \cdot 2) = 2,28$ кВт.м.;

$M_m = 2,64 + 1,8 + 3,36 = 7,8$ кВт.м – максимальный момент в ряду.

Суммарные моменты по фазам А, В, С соответственно составят 9,78 кВт.м., 8,98 кВт.м., 9,42 кВт.м. Условие (3.15) выполняется.

Выберем сечение по максимальному значению результирующего момента при допустимой потере напряжения $\Delta U_{\text{доп}} = 2,5\%$ [10, с. 343], т.е. при $U_{\text{min}\%} = 97,5\%$:

$$s = \frac{M_{\text{max}}}{K_c \cdot \Delta U_{\text{доп}}} \quad (3.18)$$

По формуле (3.18) рассчитываем сечение:

$$s = \frac{9,78}{7,4 \cdot 2,5} = 0,53 \text{ мм}^2.$$

Выбираем алюминиевый провод марки АПВ 4x2,5 с сечением основной жилы $s = 2,5 \text{ мм}^2$ и допустимым током 19 А.

Рассчитываем фактическую потерю напряжения:

$$\Delta U = \frac{M_{\text{max}}}{K_c \cdot s} = \frac{9,78}{7,4 \cdot 2,5} = 0,53 \text{ В.}$$
$$\Delta U_{\%} = \frac{\Delta U \cdot 100\%}{U_{\text{ном.ф}}} = \frac{0,53 \cdot 100\%}{220} = 0,24 \text{ \%}.$$

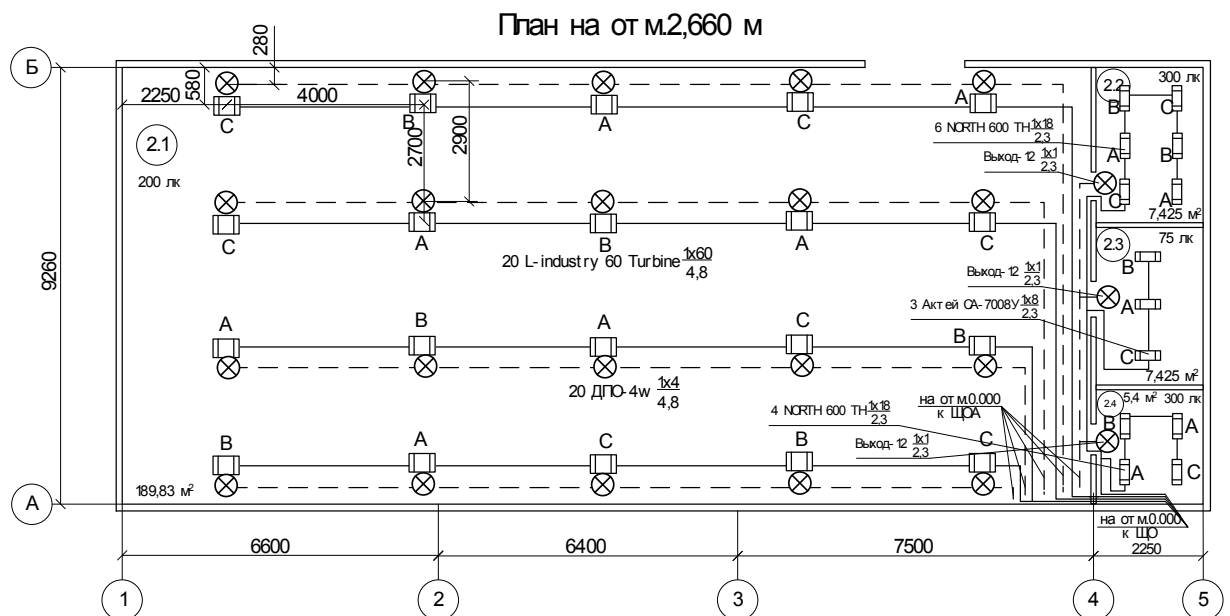
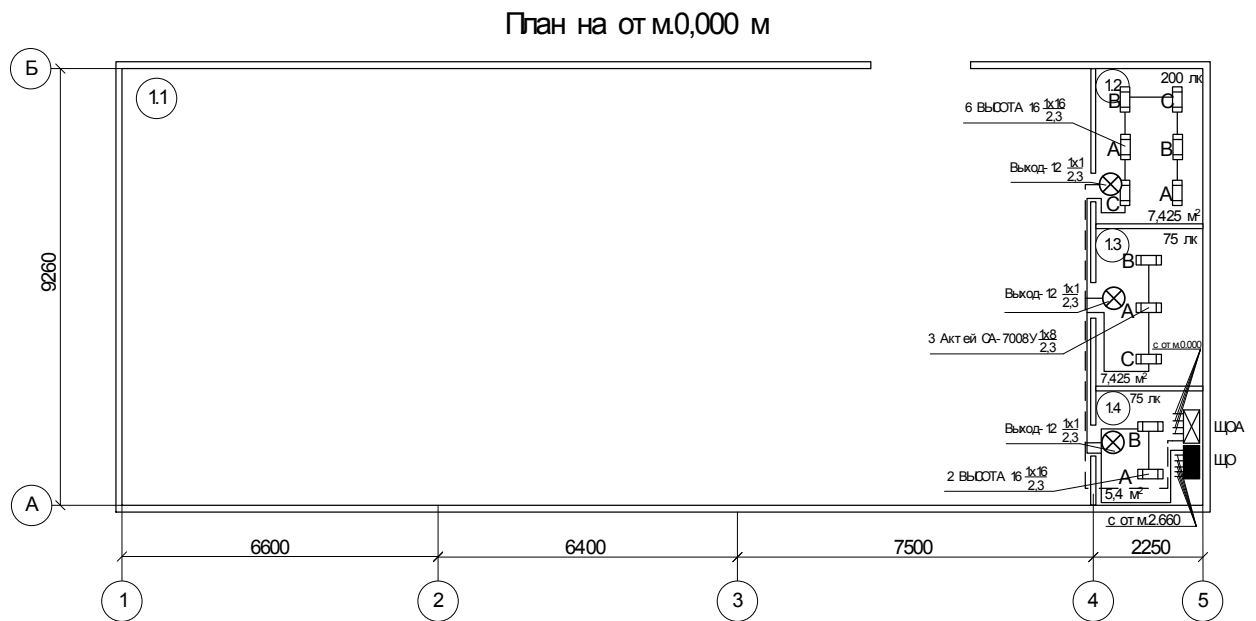


Рисунок 3.4 – Расположение светильников освещения по фазам

По формуле (3.12) находим расчетную нагрузку одной группы:

$$P_{p.o.} = (5 \cdot 0,06) \cdot 0,95 \cdot 1,0 = 0,285 \text{ кВт.}$$

Момент ряда, если расстояние между светильниками одинаково

$$M_P = P_{св} \cdot \left(l_0 + l_p \frac{n-1}{2} \right), \quad (3.19)$$

где l_0 – расстояние до первого светильника ряда;
 l_p – расстояние между светильниками в ряду.

Выберем самую удаленную линию от щитка до светильников:

$$l_0 = 18 \text{ м},$$

$$M = 5 \cdot 0,06 \cdot \left(18 + \frac{4,0 \cdot (5-1)}{2}\right) = 7,8 \text{ кВт} \cdot \text{м}.$$

По формуле (3.18) рассчитываем сечение:

$$s = \frac{7,8}{7,4 \cdot 2,5} = 0,42 \text{ мм}^2, \text{ сечение соответствует выбранному: АПВ 4х2,5.}$$

По формуле (3.17) находим расчетный ток:

$$I_{p0} = \frac{0,285 \cdot 10^3}{220 \cdot 0,95} = 1,36 \text{ А}.$$

Расчетный ток не превышает допустимый ток кабеля АПВ 4х2,5.

Во вспомогательных помещениях на отм.0,000 м и отдельно по вспомогательным помещениям на отм.2,660 м соединим все светильники в последовательности чередования по фазам так, как показано на рисунке 3.4. В этом случае максимальный момент нагрузки, когда расстояние между светильниками неодинаково, определяется по формуле:

$$M_P = P_{св} \cdot N_{св,р} \cdot \left(l_1 + \frac{l_2}{2}\right), \quad (3.19)$$

где $N_{св,р}$ - число светильников в одном ряду;

$P_{св}$ - мощность одного светильника;

l_1 - длина участка линии от осветительного щитка до первого светильника;

l_2 - длина участка линии от осветительного щитка до последнего светильника.

Во вспомогательных помещениях на отм.0,000 м:

$$M_{P1} = 0,016 \cdot 11 \cdot \left(6 + \frac{17}{2}\right) = 2,55 \text{ кВт} \cdot \text{м}.$$

Во вспомогательных помещениях на отм.2,660 м:

$$M_{P2} = 0,018 \cdot 13 \cdot \left(8 + \frac{22}{2}\right) = 4,45 \text{ кВт} \cdot \text{м}.$$

По формуле (3.18) рассчитываем сечение:

$$s = \frac{4,45}{7,4 \cdot 2,5} = 0,24 \text{ мм}^2, \text{ сечение соответствует выбранному: АПВ 4x2,5.}$$

По формуле (3.17) находим расчетный ток:

$$I_{p.o} = \frac{0,234 \cdot 10^3}{220 \cdot 0,95} = 1,24 \text{ А.}$$

Расчетный ток не превышает допустимый ток кабеля АПВ 4x2,5.

Таким образом, вся групповая осветительная сеть рабочего совещания может быть выполнена кабелем АПВ 4x2,5.

Определим сечение кабеля от щита освещения (ЩО) до КТП.

Расчетную нагрузку находим по формуле (3.12):

$$P_{p.o.} = (20 \cdot 0,06) \cdot 0,95 \cdot 1,0 = 1,14 \text{ кВт.}$$

Рассчитываем сечение:

$$S = \frac{P_{щ.о} l + \sum \alpha m}{K_C \cdot \Delta U_{дон}} = \frac{1,14 \cdot 2 + 1,0 \cdot (9,78 + 8,98 + 9,42 + 2,55 + 4,45)}{44 \cdot 2,5} = 0,34 \text{ мм}^2.$$

Определим максимальный расчетный ток по формуле (3.12):

$$I_{p.o} = \frac{1,14 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,95} = 1,82 \text{ А.}$$

Выбираем алюминиевый провод марки АПВ 4x2,5 с сечением основной жилы $s = 2,5 \text{ мм}^2$ и допустимым током 19 А.

В качестве ЩО выбираем осветительный щиток ЩО-II-1А-2,5-6 с номинальным током $I_{ном} = 2,5 \text{ А}$, с присоединениями по 1,6 А.

Вводной автомат: ВА 47-29, $I_{ном} = 2,5 \text{ А}$;

Групповой автомат отходящей линии: ВА 47-29, $I_{ном} = 1,6 \text{ А}$.

Рассчитываем фактическую потерю напряжения в кабеле, питающем щиток:

$$\Delta U = \frac{P_{щ.о} l + \sum \alpha m}{K_C \cdot S} = \frac{1,14 \cdot 2 + 1,0 \cdot (9,78 + 8,98 + 9,42 + 2,55 + 4,45)}{44 \cdot 2,5} = 0,34 \text{ В.}$$

$$\Delta U_{\%} = \frac{0,34 \cdot 100\%}{380} = 0,09 \text{ \%}.$$

Суммарная потеря напряжения находится в пределах требуемого уровня:

$$\Delta U_{\Sigma} = 0,24 + 0,09 = 0,33 \%$$

Электротехнический расчет для аварийного освещения

Электротехнический расчет для аварийного освещения выполняем по аналогии с расчетом для рабочего освещения.

В котельном зале имеется 4 ряда по 5 светильников аварийного освещения мощностью 0,004 кВт. Распределим их по фазам так, как показано на рисунке 3.4.

Значения результирующих моментов по каждой фазе:

группа 1:

$$\text{фаза А: } 0,004 \cdot 19 + 0,004 \cdot (19 + 4,0 \cdot 2) = 0,184 \text{ кВт.м.};$$

$$\text{фаза В: } 0,004 \cdot (19 + 4,0 \cdot 3) = 0,124 \text{ кВт.м.};$$

$$\text{фаза С: } 0,004 \cdot (19 + 4,0 \cdot 1) + 0,004 \cdot (19 + 4,0 \cdot 4) = 0,232 \text{ кВт.м.};$$

группа 2:

$$\text{фаза А: } 0,004 \cdot (16 + 4,0 \cdot 1) + 0,004 \cdot (16 + 4,0 \cdot 3) = 0,192 \text{ кВт.м.};$$

$$\text{фаза В: } 0,004 \cdot (16 + 4,0 \cdot 2) = 0,096 \text{ кВт.м.};$$

$$\text{фаза С: } 0,004 \cdot 16 + 0,004 \cdot (16 + 4,0 \cdot 4) = 0,192 \text{ кВт.м.};$$

группа 3:

$$\text{фаза А: } 0,004 \cdot (12 + 4,0 \cdot 2) + 0,004 \cdot (12 + 4,0 \cdot 4) = 0,192 \text{ кВт.м.};$$

$$\text{фаза В: } 0,004 \cdot 12 + 0,004 \cdot (12 + 4,0 \cdot 3) = 0,144 \text{ кВт.м.};$$

$$\text{фаза С: } 0,004 \cdot (12 + 4,0 \cdot 1) = 0,064 \text{ кВт.м.};$$

группа 4:

$$\text{фаза А: } 0,004 \cdot (10 + 4,0 \cdot 3) = 0,088 \text{ кВт.м.};$$

$$\text{фаза В: } 0,004 \cdot (10 + 4,0 \cdot 1) + 0,004 \cdot (10 + 4,0 \cdot 4) = 0,16 \text{ кВт.м.};$$

$$\text{фаза С: } 0,004 \cdot 10 + 0,004 \cdot (10 + 4,0 \cdot 4) = 0,144 \text{ кВт.м.}$$

$$M_m = 0,184 + 0,124 + 0,232 = 0,54 \text{ кВт.м} - \text{максимальный момент в ряду.}$$

Суммарные моменты по фазам А, В, С соответственно составят 0,656 кВт.м., 0,624 кВт.м., 0,632 кВт.м. Условие (3.15) выполняется.

По формуле (3.18) рассчитываем сечение:

$$s = \frac{0,656}{7,4 \cdot 2,5} = 0,04 \text{ мм}^2.$$

Выбираем алюминиевый провод марки АПВ 4х2,5 с сечением основной жилы $s = 2,5 \text{ мм}^2$ и допустимым током 19 А.

Рассчитываем фактическую потерю напряжения:

$$\Delta U = \frac{M_{\max}}{K_c \cdot s} = \frac{0,656}{7,4 \cdot 2,5} = 0,04 \text{ В.}$$

$$\Delta U_{\%} = \frac{\Delta U \cdot 100\%}{U_{\text{ном.ф}}} = \frac{0,04 \cdot 100\%}{220} = 0,02 \text{ \%}.$$

По формуле (3.12) находим расчетную нагрузку одной группы:

$$P_{a.o.} = (5 \cdot 0,004) \cdot 0,95 \cdot 1,0 = 0,019 \text{ кВт.}$$

Выберем самую удаленную линию от щитка до светильников, формула (3.19):

$$l_0 = 19 \text{ м,}$$

$$M = 5 \cdot 0,004 \cdot \left(19 + \frac{4,0 \cdot (5-1)}{2}\right) = 0,54 \text{ кВт} \cdot \text{м.}$$

По формуле (3.18) рассчитываем сечение:

$$s = \frac{0,54}{7,4 \cdot 2,5} = 0,03 \text{ мм}^2, \text{ сечение соответствует выбранному: АПВ 4х2,5.}$$

По формуле (3.17) находим расчетный ток:

$$I_{a.o.} = \frac{0,019 \cdot 10^3}{220 \cdot 0,95} = 0,09 \text{ А.}$$

Расчетный ток не превышает допустимый ток кабеля.

Определим сечение кабеля от щита освещения (ЩОА) до КТП.

Расчетную нагрузку находим по формуле (3.12):

$$P_{a.o.} = (20 \cdot 0,004) \cdot 0,95 \cdot 1,0 = 0,08 \text{ кВт.}$$

Рассчитываем сечение:

$$S = \frac{P_{\text{цоа}} l + \sum \alpha m}{K_C \cdot \Delta U_{\text{дон}}} = \frac{0,08 \cdot 2 + 1,0 \cdot (0,656 + 0,624 + 0,632)}{44 \cdot 2,5} = 0,02 \text{ мм}^2.$$

Определим максимальный расчетный ток по формуле (3.12):

$$I_{a \text{ o}} = \frac{0,08 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,95} = 0,13 \text{ А.}$$

Выбираем алюминиевый провод марки АПВ 4x2,5 с сечением основной жилы $s = 2,5 \text{ мм}^2$ и допустимым током 19 А.

В качестве ЩОА выбираем осветительный щиток ОЩВ-3-1-6 с номинальным током $I_{\text{ном}} = 0,25 \text{ А}$, с присоединениями по 0,16 А.

Вводной автомат: ВА 47-29, $I_{\text{ном}} = 0,25 \text{ А}$;

Групповой автомат отходящей линии: ВА 47-29, $I_{\text{ном}} = 0,16 \text{ А}$.

Расчитываем фактическую потерю напряжения в кабеле, питающем ЩОА:

$$\Delta U = \frac{P_{\text{цоа}} l + \sum \alpha m}{K_C \cdot S} = \frac{0,08 \cdot 2 + 1,0 \cdot (0,656 + 0,624 + 0,632)}{44 \cdot 2,5} = 0,02 \text{ В.}$$

$$\Delta U_{\%} = \frac{0,02 \cdot 100\%}{380} = 0,005 \text{ \%}.$$

Суммарная потеря напряжения находится в пределах требуемого уровня:

$$\Delta U_{\Sigma} = 0,02 + 0,005 = 0,025 \text{ \%}.$$

3.6 Расчет электрических нагрузок узлов электрической сети котельной

В соответствии с РТМ 36.18.32.4-92 [9] произведем все необходимые расчеты для узлов второго уровня и для котельной в целом.

Результат расчета электрических нагрузок в целом по котельной представлен в таблице 3.9, а по второму уровню – в таблице 3.10. При этом применяем распределение электроэнергии по котельной с помощью распределительных силовых пунктов. На рисунке 3.5 представлено данное распределение для каждой из отметок, на которых находится технологическое оборудование.

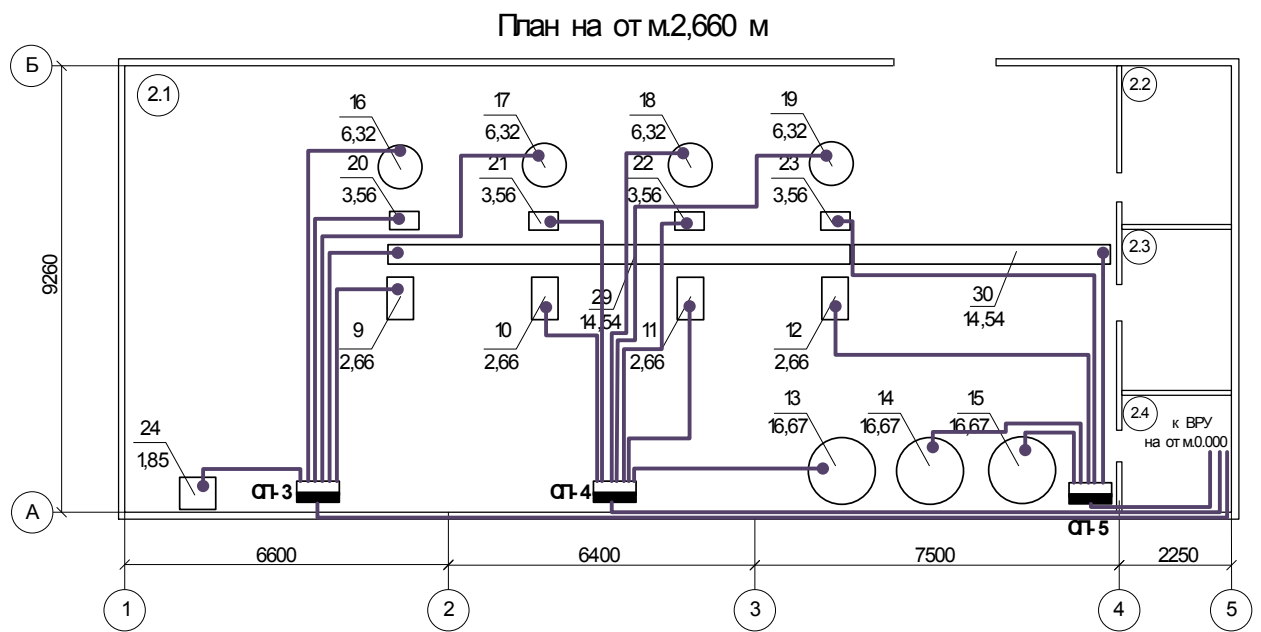
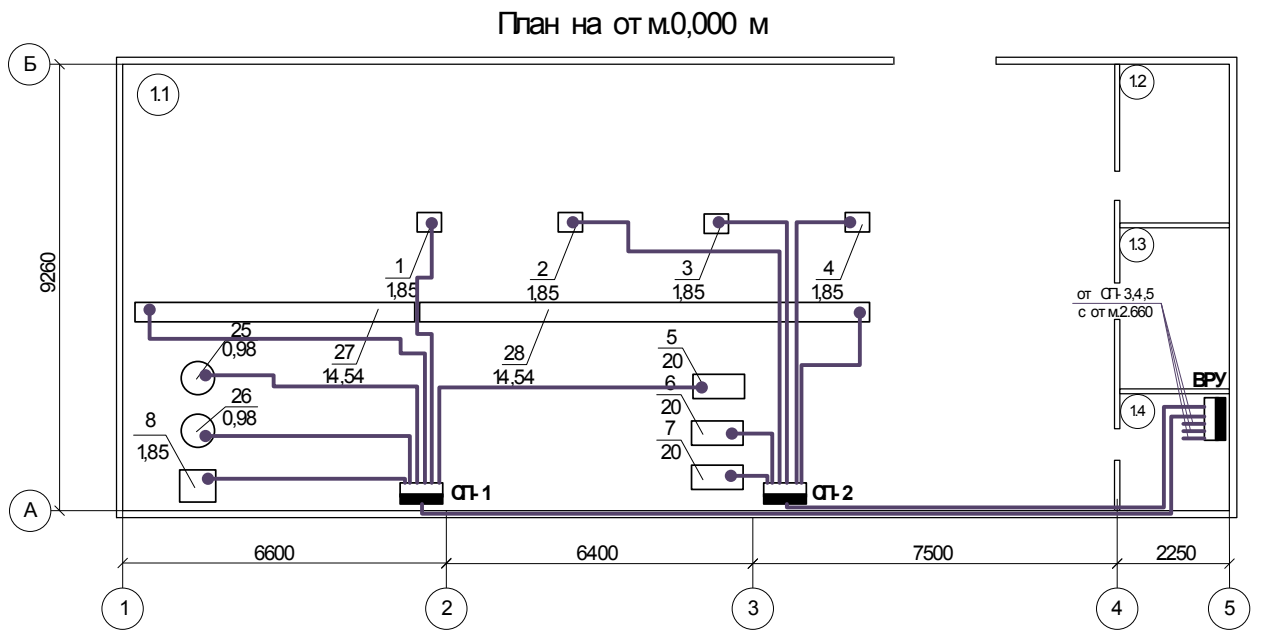


Рисунок 3.5 – Распределение электроэнергии по котельной

Таблица 3.9 – Расчет электрической нагрузки по всей котельной

Исходные данные																
по заданию технологов																
Наименование ЭП	Количество ЭП	Номинальная (установленная) мощность, кВт		по справочным данным				Расчетные величины			Эффективное число ЭП, п.	Коэффициент расчетной нагрузки Кр	Расчетная мощность			Расчетный ток Iр, А
		Одного ЭП P _н	Общая P _н =nP _н	Коэффициент использования, Ки	cosφ	tgφ	K _п P _н , кВт	K _п I _н φ _н , кВар	np ² _н	Pр, кВт			Qр, кВар	Sр, кВА		
1	2	3	4	5	6		7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Насос котельного контура	1	1,85	1,85	0,6	0,85	0,62	1,11	0,69	3,4225						
2	Насос котельного контура	1	1,85	1,85	0,6	0,85	0,62	1,11	0,69	3,4225						
3	Насос котельного контура	1	1,85	1,85	0,6	0,85	0,62	1,11	0,69	3,4225						
4	Насос котельного контура	1	1,85	1,85	0,6	0,85	0,62	1,11	0,69	3,4225						
5	Водонагреватель косвенного нагрева	1	20	20	0,7	0,95	0,33	14	4,62	400						
6	Водонагреватель косвенного нагрева	1	20	20	0,7	0,95	0,33	14	4,62	400						
7	Водонагреватель косвенного нагрева	1	20	20	0,7	0,95	0,33	14	4,62	400						
8	Насосная станция	1	1,85	1,85	0,6	0,85	0,62	1,11	0,69	3,4225						
9	Вентилятор дутьевой	1	2,66	2,66	0,6	0,8	0,75	1,6	1,2	7,0756						
10	Вентилятор дутьевой	1	2,66	2,66	0,6	0,8	0,75	1,6	1,2	7,0756						
11	Вентилятор дутьевой	1	2,66	2,66	0,6	0,8	0,75	1,6	1,2	7,0756						
12	Вентилятор дутьевой	1	2,66	2,66	0,6	0,8	0,75	1,6	1,2	7,0756						
13	Насос сетевого контура	1	16,67	16,67	0,6	0,85	0,62	10	6,2	277,8889						
14	Насос сетевого контура	1	16,67	16,67	0,6	0,85	0,62	10	6,2	277,8889						
15	Насос сетевого контура	1	16,67	16,67	0,6	0,85	0,62	10	6,2	277,8889						
16	Дымосос	1	6,32	6,32	0,65	0,8	0,75	4,11	3,08	39,9424						
17	Дымосос	1	6,32	6,32	0,65	0,8	0,75	4,11	3,08	39,9424						
18	Дымосос	1	6,32	6,32	0,65	0,8	0,75	4,11	3,08	39,9424						
19	Дымосос	1	6,32	6,32	0,65	0,8	0,75	4,11	3,08	39,9424						
20	Привод трехходовый регулирующего клапана котла	1	3,56	3,56	0,4	0,75	0,88	1,42	1,25	12,6736						
21	Привод трехходовый регулирующего клапана котла	1	3,56	3,56	0,4	0,75	0,88	1,42	1,25	12,6736						
22	Привод трехходовый регулирующего клапана котла	1	3,56	3,56	0,4	0,75	0,88	1,42	1,25	12,6736						
23	Привод трехходовый регулирующего клапана котла	1	3,56	3,56	0,4	0,75	0,88	1,42	1,25	12,6736						
24	Насосная станция для водоснабжения двоянная	1	1,85	1,85	0,6	0,85	0,62	1,11	0,69	3,4225						
25	Насос подпитки сетевого контура	1	0,98	0,98	0,6	0,85	0,62	0,59	0,37	0,9604						
26	Насос подпитки сетевого контура	1	0,98	0,98	0,6	0,85	0,62	0,59	0,37	0,9604						
27	Транспортер шлакозолоудаления	1	14,54	14,54	0,6	0,7	1,02	8,72	8,89	211,4116						
28	Транспортер шлакозолоудаления	1	14,54	14,54	0,6	0,7	1,02	8,72	8,89	211,4116						
29	Транспортер топливоподдачи	1	14,54	14,54	0,6	0,7	1,02	8,72	8,89	211,4116						
30	Транспортер топливоподдачи	1	14,54	14,54	0,6	0,7	1,02	8,72	8,89	211,4116						
ИТОГО СИЛОВАЯ НАГРУЗКА		30		231,39	0,619	0,83	0,66	143,24	95,02	3140,54	17	0,9	128,92	85,09	154,47	234,69
ОСВЕЩЕНИЕ													1,44	0,486	1,52	2,31
ВСЕГО													130,36	85,576	155,94	236,93

Таблица 3.10 – Расчет нагрузок узлов второго уровня (силовых пунктов СП)

Исходные данные																
по заданию технологов																
Наименование ЭП	Количество ЭП	Номинальная, (установленная) мощность, кВт		по справочным данным			Расчетные величины			Эффективное число ЭП, n	Коэффициент расчетной нагрузки Кр	Расчетная мощность			Расчетный ток Iр, А	
		Одного ЭП Pн	Общая Pн=прн	Косφ	tgφ	КрPн, кВт	КрPнtgφ, кВт	пр ²	Pр, кВт			Qр, кВт	Sр, кВА			
1	2	3	4	5	6		7	8	9	10	11	12	13	14	15	
СП-1																
1	Насос котельного контура	1	1,85	1,85	0,6	0,85	0,62	1,11	0,69	3,4225						
8	Насосная станция	1	1,85	1,85	0,6	0,85	0,62	1,11	0,69	3,4225						
25	Насос подпитки сетевого контура	1	0,98	0,98	0,6	0,85	0,62	0,59	0,37	0,9604						
26	Насос подпитки сетевого контура	1	0,98	0,98	0,6	0,85	0,62	0,59	0,37	0,9604						
27	Транспортер шлакоудаления	1	14,54	14,54	0,6	0,7	1,02	8,72	8,89	211,4116						
5	Водонагреватель косвенного нагрева	1	20	20	0,7	0,95	0,33	14	4,62	400						
	ИТОГО	6		40,2	0,65	0,86	0,6	26,12	15,63	620,1774	3	1,18	30,82	20,34	36,93	56,11
СП-2																
2	Насос котельного контура	1	1,85	1,85	0,6	0,85	0,62	1,11	0,69	3,4225						
3	Насос котельного контура	1	1,85	1,85	0,6	0,85	0,62	1,11	0,69	3,4225						
4	Насос котельного контура	1	1,85	1,85	0,6	0,85	0,62	1,11	0,69	3,4225						
6	Водонагреватель косвенного нагрева	1	20	20	0,7	0,95	0,33	14	4,62	400						
7	Водонагреватель косвенного нагрева	1	20	20	0,7	0,95	0,33	14	4,62	400						
28	Транспортер шлакоудаления	1	14,54	14,54	0,6	0,7	1,02	8,72	8,89	211,4116						
	ИТОГО	6		60,09	0,67	0,89	0,5	40,05	20,2	1021,6791	4	1,07	42,85	23,57	48,9	74,3
СП-3																
24	Насосная станция для водоснабжения двояная	1	1,85	1,85	0,6	0,85	0,62	1,11	0,69	3,4225						
9	Вентилятор дутьевой	1	2,66	2,66	0,6	0,8	0,75	1,6	1,2	7,0756						
29	Транспортер топливоподдачи	1	14,54	14,54	0,6	0,7	1,02	8,72	8,89	211,4116						
16	Дымосос	1	6,32	6,32	0,65	0,8	0,75	4,11	3,08	39,9424						
17	Дымосос	1	6,32	6,32	0,65	0,8	0,75	4,11	3,08	39,9424						
20	Привод трехходовый регулирующего клапана котла	1	3,56	3,56	0,4	0,75	0,88	1,42	1,25	12,6736						
	ИТОГО	6		35,25	0,6	0,76	0,86	21,07	18,19	314,4681	4	1,12	23,6	22,33	32,49	49,36
СП-4																
18	Дымосос	1	6,32	6,32	0,65	0,8	0,75	4,11	3,08	39,9424						
22	Привод трехходовый регулирующего клапана котла	1	3,56	3,56	0,4	0,75	0,88	1,42	1,25	12,6736						
10	Вентилятор дутьевой	1	2,66	2,66	0,6	0,8	0,75	1,6	1,2	7,0756						
11	Вентилятор дутьевой	1	2,66	2,66	0,6	0,8	0,75	1,6	1,2	7,0756						
13	Насос сетевого контура	1	16,67	16,67	0,6	0,85	0,62	10	6,2	277,8889						
19	Дымосос	1	6,32	6,32	0,65	0,8	0,75	4,11	3,08	39,9424						
21	Привод трехходовый регулирующего клапана котла	1	3,56	3,56	0,4	0,75	0,88	1,42	1,25	12,6736						
	ИТОГО	7		41,75	0,58	0,82	0,71	24,26	17,26	397,2721	4	1,14	27,66	21,6	35,09	53,31
СП-5																
14	Насос сетевого контура	1	16,67	16,67	0,6	0,85	0,62	10	6,2	277,8889						
15	Насос сетевого контура	1	16,67	16,67	0,6	0,85	0,62	10	6,2	277,8889						
12	Вентилятор дутьевой	1	2,66	2,66	0,6	0,8	0,75	1,6	1,2	7,0756						
30	Транспортер топливоподдачи	1	14,54	14,54	0,6	0,7	1,02	8,72	8,89	211,4116						
23	Привод трехходовый регулирующего клапана котла	1	3,56	3,56	0,4	0,75	0,88	1,42	1,25	12,6736						
	ИТОГО	5		54,1	0,59	0,8	0,75	31,74	23,74	786,9386	4	1,13	35,87	29,59	46,5	70,65

3.7 Выбор конструктивного исполнения электрической сети, марки проводов, кабелей, способов их прокладки в котельной

Электрическую сеть котельной выполняем кабельными линиями, проложенными в специальных каналах, по конструкциям котельной [12]. Отдельные электроприемники запитываются кабелями, проложенными в полу и по конструкциям, СП запитаны от ВРУ котельной через кабели, проложенные в трубах в полу.

На отходящих линиях от СП и на вводах в СП, а также на отходящих линиях подстанции КТП 10/0,4 в качестве аппаратов защиты устанавливаются автоматические выключатели.

Электрическая сеть цеха состоит из распределительной сети (сеть от ВРУ до СП), выполненной четырехжильными кабельными линиями напряжением 380 В марки АВБбШв, и групповой сети (сеть от СП до электроприемников), выполненной четырехжильными кабельными линиями напряжением 380 В марки АВБбШв.

ВРУ котельной запитывается кабелем той же марки, но проложенным в земле, в траншее, сооруженной на территории учреждения.

АВБбШв - это силовой бронированный лентами кабель, с алюминиевой жилой, изоляцией и защитным шлангом из ПВХ:

- А - алюминиевая токопроводящая жила;
- В - изоляция из ПВХ пластиката;
- Б - броня из стальных оцинкованных лент;
- б - без подушки под броней;
- Шв - выпрессованный ПВХ защитный шланг.

Все электроприемники и светильники подключаются соответственно к силовым пунктам типа ПР-8804 и осветительным щиткам ОЩВ-6.

СП выбираем исходя из количества присоединений и рабочего тока самого пункта и номинального напряжения [4], таблица 3.10.

Условие выбора СП:

$$I_{\text{расч СП}} \leq I_{\text{ном СП}}, \quad (3.19)$$

где $I_{\text{расч СП}}$ - расчетный ток СП,
 $I_{\text{ном СП}}$ - номинальный ток СП.

Таблица 3.10 – Выбор СП

Наименование	Расчетный ток, А	Тип СП	Допустимый ток, А	Количество присоединений СП	Фактическое количество присоединений
СП-1	56,11	ПР8804-1006	63	8	6
СП-2	74,3	ПР8804-1005	80	8	6
СП-3	49,36	ПР8804-1006	63	8	6
СП-4	53,31	ПР8804-1006	63	8	7
СП-5	70,65	ПР8804-1005	80	8	5

3.8 Выбор защитных аппаратов в котельной

Выбор автоматических выключателей для защиты отдельных электроприемников производим по следующим условиям [13]:

а) по номинальному напряжению

$$U_a \geq U_{\text{ном.сети}}, \quad (3.20)$$

где U_a - номинальное напряжение автомата, В.

б) по номинальному току (уставка теплового расцепителя):

$$I_{\text{расц}} \geq (1,0 - 1,25) \cdot I_p, \quad (3.21)$$

$$I_{\text{ном.а}} \geq (1,0 - 1,25) \cdot I_p, \quad (3.22)$$

где $I_{\text{ном.а}}$ - номинальный ток теплового расцепителя, А;

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

в) по номинальному току электромагнитного расцепителя:

$$I_{\text{ном.то}} \geq 1,2 \cdot I_{\text{пуск}}, \quad (3.23)$$

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

$$I_{\text{ном.то}} = K_o \cdot I_{\text{расц}}, \quad (3.24)$$

где кратность отсечки K_o .

Результаты выбора автоматов для отдельных электроприемников представлены в таблице 3.11.

Таблица 3.11 – Выбор автоматов защиты ЭП

№ ЭП	I_p , А	Расчетный ток 1,0-1,25· I_p , А	$I_{ном.а}$, А	$I_{расц}$, А	$I_{пуск}$, А	Расчетный ток отсечки, 1,2· $I_{пуск}$, А	K_o	$I_{ном.то}$, А	Тип автомата	Отключающая способность, $I_{откл}$, кА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	3,31	4,14	25	5	16,55	19,86	7	35	ВА 51-25	1,5
2	3,31	4,14	25	5	16,55	19,86	7	35	ВА 51-25	1,5
3	3,31	4,14	25	5	16,55	19,86	7	35	ВА 51-25	1,5
4	3,31	4,14	25	5	16,55	19,86	7	35	ВА 51-25	1,5
5	31,99	31,99	100	40	31,99	38,39	7	280	ВА 51-31	6
6	31,99	31,99	100	40	31,99	38,39	7	280	ВА 51-31	6
7	31,99	31,99	100	40	31,99	38,39	7	280	ВА 51-31	6
8	3,31	4,14	25	5	16,55	19,86	7	35	ВА 51-25	1,5
9	5,05	6,31	25	8	25,25	30,3	7	56	ВА 51-25	2
10	5,05	6,31	25	8	25,25	30,3	7	56	ВА 51-25	2
11	5,05	6,31	25	8	25,25	30,3	7	56	ВА 51-25	2
12	5,05	6,31	25	8	25,25	30,3	7	56	ВА 51-25	2
13	29,8	29,8	100	31,5	149	178,8	7	220,5	ВА 51-31	6
14	29,8	29,8	100	31,5	149	178,8	7	220,5	ВА 51-31	6
15	29,8	29,8	100	31,5	149	178,8	7	220,5	ВА 51-31	6
16	12	15	25	16	60	72	7	112	ВА 51-25	3
17	12	15	25	16	60	72	7	112	ВА 51-25	3
18	12	15	25	16	60	72	7	112	ВА 51-25	3
19	12	15	25	16	60	72	7	112	ВА 51-25	3
20	7,21	9,01	25	10	36,05	43,26	7	70	ВА 51-25	2,5
21	7,21	9,01	25	10	36,05	43,26	7	70	ВА 51-25	2,5
22	7,21	9,01	25	10	36,05	43,26	7	70	ВА 51-25	2,5
23	7,21	9,01	25	10	36,05	43,26	7	70	ВА 51-25	2,5
24	3,31	4,14	25	5	16,55	19,86	7	35	ВА 51-25	1,5
25	1,75	2,19	25	2,5	8,75	10,5	7	17,5	ВА 51-25	1,5
26	1,75	2,19	25	2,5	8,75	10,5	7	17,5	ВА 51-25	1,5
27	31,56	39,45	100	40	157,8	189,36	7	280	ВА 51-31	6
28	31,56	39,45	100	40	157,8	189,36	7	280	ВА 51-31	6
29	31,56	39,45	100	40	157,8	189,36	7	280	ВА 51-31	6
30	31,56	39,45	100	40	157,8	189,36	7	280	ВА 51-31	6

Выбор автоматических выключателей для защиты линий (к СП), питающих группу электроприемников, производим по следующим условиям [13]:

а) по номинальному напряжению

$$U_a \geq U_{ном.сети}, \quad (3.25)$$

где U_a - номинальное напряжение автомата, В.

Все выбираемые автоматы рассчитаны на напряжение 0,4-0,66 кВ.

б) по номинальному току (уставка теплового расцепителя), в зависимости от того, есть ли в группе двигатели (1,1) или это бездвигательная нагрузка (1,0):

$$I_{расц} \geq (1,0 - 1,1) \cdot I_M, \quad (3.26)$$

$$I_{ном.а} \geq (1,0 - 1,1) \cdot I_M, \quad (3.27)$$

где $I_{ном.а}$ - номинальный ток автомата, А;

$I_{расц}$ - номинальный ток теплового расцепителя, А;

I_M - максимальный расчетный ток защищаемой линии.

в) по номинальному току электромагнитного расцепителя:

$$I_{ном.то} \geq 1,2 \cdot I_{пик}, \quad (3.28)$$

где $I_{ном.то}$ - номинальный ток срабатывания токовой отсечки, А:

$$I_{ном.то} = K_o \cdot I_{расц}, \quad (3.29)$$

где кратность отсечки K_o .

$I_{пик}$ - пиковый ток, А [12, с. 38]:

$$I_{пик} = I_{п.нб} + (I_p - k_{и.нб} \cdot I_{н.нб}), \quad (3.30)$$

где $I_{п.нб}$ - пусковой ток мощного электроприемника, А;

$I_{н.нб}$ - номинальный ток мощного электроприемника, А;

I_p - расчетный ток группы, А;

$k_{и.нб}$ - коэффициент использования группы.

Для защиты распределительных пунктов выбираем автоматы серии ВА51 - ВА53 [13] (таблица 3.12).

Таблица 3.12 – Выбор автоматов для защиты СП и ВРУ

Наименование	Расчетный ток присоединения, А	Расчетный ток для выбора автомата, А	Номинальный ток автомата $I_{ном.а}$, А	Номинальный ток расцепителя $I_{расц}$, А	Пиковый ток $I_{пик}$, А	Расчетный ток отсечки, $1,2 \cdot I_{пик}$, А	K_o	$I_{ном.т о}$, А	Тип автомата	Отключающая способность, $I_{откл.кА}$
СП-1	56,11	61,72	100	63	280,55	336,66	7	441	ВА 51-31	7
СП-2	74,3	78,02	100	80	371,5	445,8	7	560	ВА 51-31	7
СП-3	49,36	49,36	100	50	246,8	296,16	7	350	ВА 51-31	7
СП-4	53,31	58,64	100	63	266,55	319,86	7	441	ВА 51-31	7
СП-5	70,65	77,72	100	80	353,25	423,9	7	560	ВА 51-31	7
ВРУ	236,93	248,78	250	250	1184,65	1421,58	7	1750	ВА 51-35	15

3.9 Выбор сечений кабелей

Для питания СП и ЭП применяем кабели марки АВБбШв, выбор сечения которых производится по расчетному току [17].

Сечение кабеля выбирается по нагреву длительным расчетным током, тогда приведенный расчетный ток будет определяться по выражению:

$$I_{\text{расчп}} = \frac{I_p}{k_{\text{п}}}, \quad (3.31)$$

где I_p – расчетный ток проводника, А;

$k_{\text{п}}$ – поправочный коэффициент, учитывающий условия прокладки проводов и кабелей (при нормальных условиях прокладки $k_{\text{п}} = 1$).

Затем по справочной литературе находится сечение проводника, удовлетворяющее условию:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{расчп}}, \quad (3.32)$$

Проводники для линий к отдельным электроприемникам выбираются с учетом соответствия аппарату защиты согласно условиям [13]:

$$I_{\text{пр}} \geq I_p, \quad (3.33)$$

$$I_{\text{пр}} \geq K_{\text{зщ}} \cdot I_{\text{расц}}, \quad (3.34)$$

где $K_{\text{зщ}} = 1$ – поправочный коэффициент [12]; $I_{\text{ном.а}}$ – ток расцепителя.

Выбор сечений кабельных линий приведен в таблицах 3.13-3.14.

Таблица 3.13 – Выбор кабелей для питания СП

Номер СП	Расчетный ток I_p , А	Ток срабатывания теплового расцепителя автомата, А	Допустимый ток кабеля, А	Сечение основной жилы S , мм ²	Марка, сечение кабеля
1	2	3	4	5	6
СП-1	56,11	63	82	25	АВБбШв 4х25
СП-2	74,3	80	82	25	АВБбШв 4х25
СП-3	49,36	50	62	16	АВБбШв 4х16
СП-4	53,31	63	82	25	АВБбШв 4х25
СП-5	70,65	80	82	25	АВБбШв 4х25
ВРУ	236,93	250	254	150	АВБбШв 4х150

Таблица 3.14 – Выбор сечений кабельных линий для ЭП

№ ЭП	Расчетный ток I_p , А	Номинальный ток расцепителя автомата, А	Допустимый ток кабеля, А	Сечение основной жилы S , мм ²	Марка, сечение кабеля
1	2	3	4	5	6
1	3,31	5	27	4	АВБбШв 4х4
2	3,31	5	27	4	АВБбШв 4х4
3	3,31	5	27	4	АВБбШв 4х4
4	3,31	5	27	4	АВБбШв 4х4
5	31,99	40	47	10	АВБбШв 4х10
6	31,99	40	47	10	АВБбШв 4х10
7	31,99	40	47	10	АВБбШв 4х10
8	3,31	5	27	4	АВБбШв 4х4
9	5,05	8	27	4	АВБбШв 4х4
10	5,05	8	27	4	АВБбШв 4х4
11	5,05	8	27	4	АВБбШв 4х4
12	5,05	8	27	4	АВБбШв 4х4
13	29,8	31,5	34	6	АВБбШв 4х6
14	29,8	31,5	34	6	АВБбШв 4х6
15	29,8	31,5	34	6	АВБбШв 4х6
16	12	16	27	4	АВБбШв 4х4
17	12	16	27	4	АВБбШв 4х4
18	12	16	27	4	АВБбШв 4х4
19	12	16	27	4	АВБбШв 4х4
20	7,21	10	27	4	АВБбШв 4х4
21	7,21	10	27	4	АВБбШв 4х4
22	7,21	10	27	4	АВБбШв 4х4
23	7,21	10	27	4	АВБбШв 4х4
24	3,31	5	27	4	АВБбШв 4х4
25	1,75	2,5	27	4	АВБбШв 4х4
26	1,75	2,5	27	4	АВБбШв 4х4
27	31,56	40	47	10	АВБбШв 4х10
28	31,56	40	47	10	АВБбШв 4х10
29	31,56	40	47	10	АВБбШв 4х10
30	31,56	40	47	10	АВБбШв 4х10

3.10 Расчет токов трехфазного и однофазного короткого замыкания и проверка коммутационно-защитной аппаратуры по условиям устойчивости токам короткого замыкания в котельной

3.10.1 Расчет токов трехфазного к.з. в сети напряжением выше 1 кВ

Рассчитаем ток короткого замыкания с учетом сопротивления внешней сети (системы и питающей линии). Расчетная схема сети и ее схема замещения представлены на рисунках 3.6-3.7.

Сопротивления линии (СИП), питающей КТП учреждения с трансформаторами по 630 кВА:

$$x_{Л} = x_0 \ell_{Л} = 0,099 \cdot 1,1 = 0,11 \text{ Ом.}$$

$$r_{Л} = r_0 \ell_{Л} = 1,91 \cdot 1,1 = 2,1 \text{ Ом.}$$

Сопротивление между источником питания и точкой, в которой ток и мощность короткого замыкания не превысят соответствующих параметров фидерного выключателя районной питающей подстанции [8]:

$$x_c = \frac{U_{\text{ср.ном}}^2}{S_c} = \frac{10,5^2}{227,33} = 0,48 \text{ Ом,}$$

$$\text{где } S_c = \sqrt{3} \cdot I_{\text{ном откл.}} \cdot U_{\text{ср.ном}} = \sqrt{3} \cdot 12,5 \cdot 10,5 = 227,33 \text{ МВА.}$$

Рассчитаем результирующее сопротивление и ток КЗ в точке К1:

$$x_{\Sigma K1} = x_c = 0,48 \text{ Ом.}$$

$$I_{K1} = \frac{U_{\text{ср.ном}}}{\sqrt{3} \cdot x_{\Sigma K1}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 0,48} = 12,5 \text{ кА.}$$

$$i_{\text{уд К1}} = \sqrt{2} \cdot k_{\text{уд}} \cdot I_{K1}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 12,5 = 33,1 \text{ кА.}$$

где $k_{\text{уд}} = 1,8$ – ударный коэффициент на стороне ВН [13].

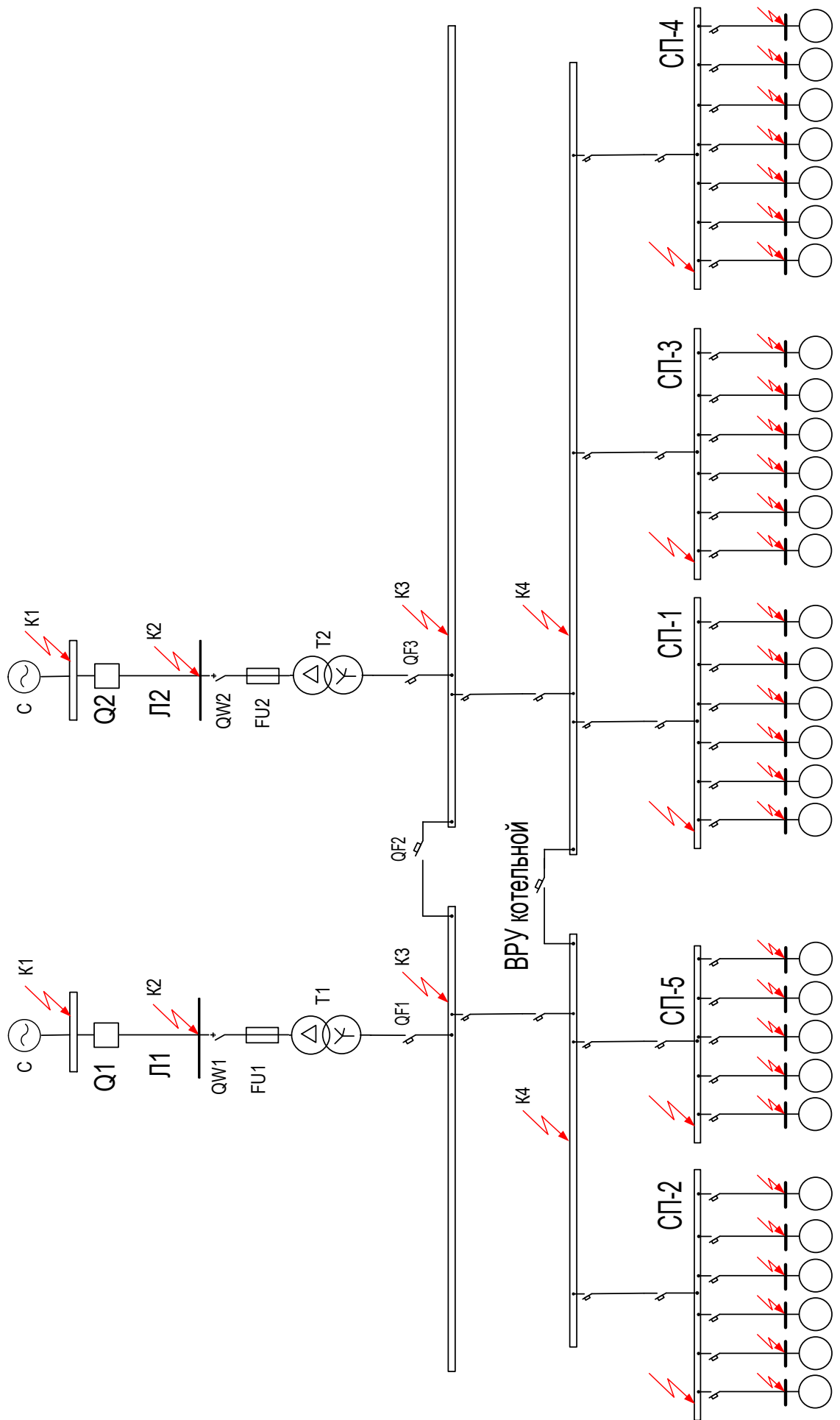


Рисунок 3.6 – Расчетная схема

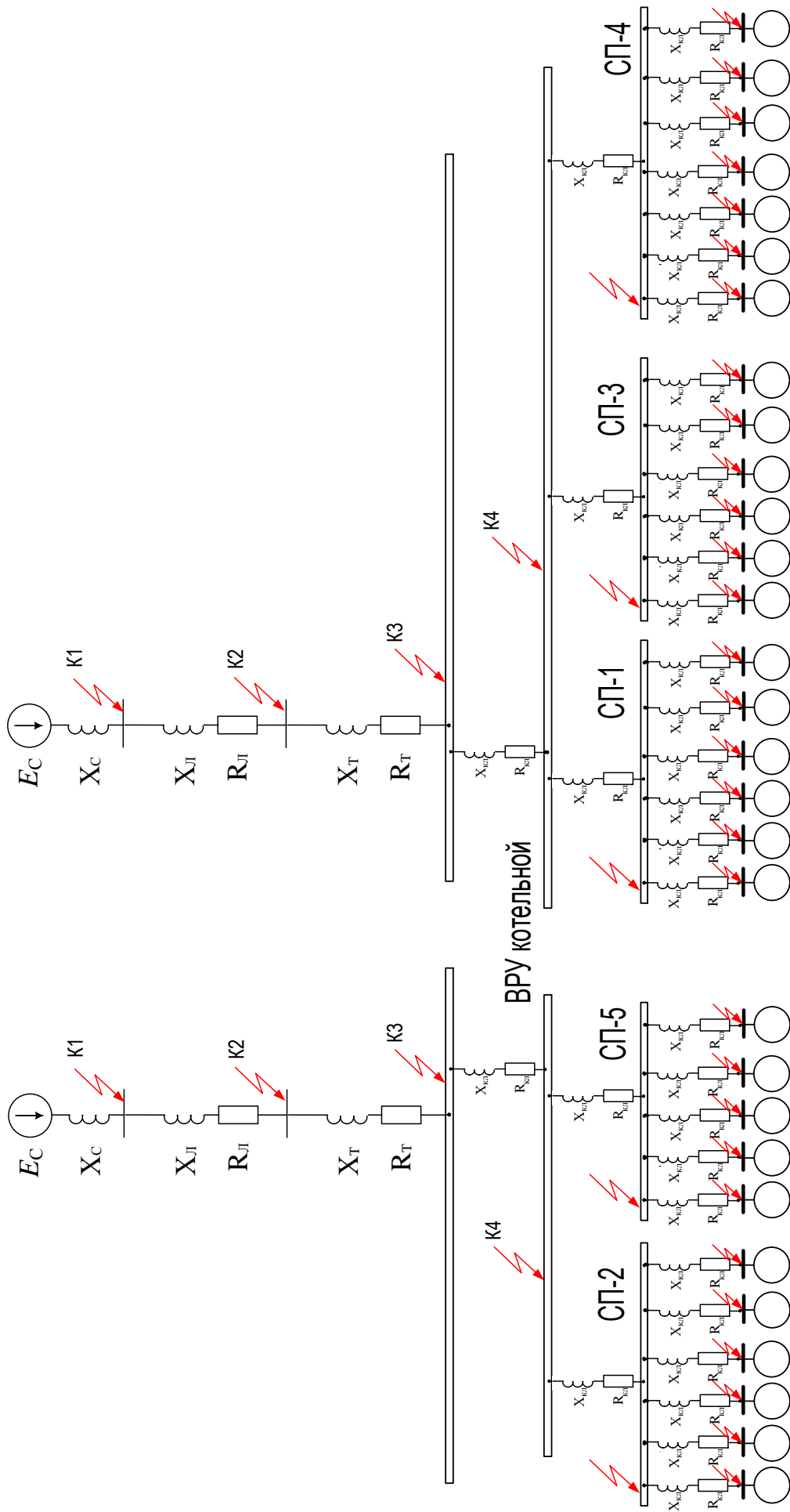


Рисунок 3.7 – Схема замещения

Рассчитаем результирующее сопротивление и ток КЗ в точке К2:

$$x_{\Sigma K2} = x_C + x_{Л} = 0,48 + 0,11 = 0,59 \text{ Ом.}$$

$$r_{\Sigma K2} = r_{Л} = 2,1 \text{ Ом.}$$

$$I_{K2} = \frac{U_{\text{ср.ном}}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{x_{\Sigma K2}^2 + r_{\Sigma K2}^2}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{0,59^2 + 2,1^2}} = 2,78 \text{ кА.}$$

$$i_{\text{уд К2}} = \sqrt{2} \cdot k_{\text{уд}} \cdot I_{K2}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 2,78 = 7,08 \text{ кА.}$$

3.10.2 Расчет токов трехфазного к.з. в сети напряжением ниже 1 кВ

Пересчет сопротивлений к другой ступени напряжения производится по выражению [8, 12]:

$$X_{\text{к}} = X_{\text{ном}} \cdot \left(\frac{U_{\text{ср. к}}}{U_{\text{ср. ном}}} \right)^2, \quad (3.35)$$

где $X_{\text{к}}$ – сопротивление (Ом), приведенное к ступени напряжения $U_{\text{ср. к}}$.

Приведенное сопротивление системы:

$$x_C = \frac{U_{\text{ном}}^2}{S_c} \cdot \left(\frac{U_{\text{ср. к}}}{U_{\text{ср. ном}}} \right)^2 = \frac{10000^2}{227,33 \cdot 10^6} \cdot 10^3 \cdot \left(\frac{0,4}{10,5} \right)^2 = 0,64 \text{ мОм,}$$

где S_c – мощность системы.

Приведенные сопротивления линии:

$$x_{Л} = x_{\text{удЛ}} \ell_{Л} \cdot \left(\frac{U_{\text{ср. к}}}{U_{\text{ср. ном}}} \right)^2 = 0,099 \cdot 1,1 \cdot 10^3 \cdot \left(\frac{0,4}{10,5} \right)^2 = 0,16 \text{ мОм.}$$

$$r_{Л} = r_{\text{удЛ}} \ell_{Л} \cdot \left(\frac{U_{\text{ср. к}}}{U_{\text{ср. ном}}} \right)^2 = 1,91 \cdot 1,1 \cdot 10^3 \cdot \left(\frac{0,4}{10,5} \right)^2 = 3,05 \text{ мОм.}$$

В расчетах далее учитываются все сопротивления короткозамкнутой цепи, как индуктивные, так и активные. Кроме того, учитывают активные сопротивления всех переходных контактов в этой цепи [12].

Определяем сопротивление трансформатора:

$$r_{mp} = \frac{\Delta P_{к.з.}}{S_{ном.тр.}} \cdot \frac{U_{ном.}^2}{S_{ном.тр.}} \cdot 10^6; \quad (3.36)$$

$$x_{mp} = \sqrt{\left(\frac{U_{к}}{100}\right)^2 - \left(\frac{\Delta P_{к.з.}}{S_{ном.тр.}}\right)^2} \frac{U_{ном.}^2}{S_{ном.тр.}} \cdot 10^6. \quad (3.37)$$

$$r_{mp} = \frac{7,6}{630} \cdot \frac{0,4^2}{630} \cdot 10^6 = 3,06 \text{ мОм};$$

$$x_{mp} = \sqrt{\left(\frac{5,5}{100}\right)^2 - \left(\frac{7,6}{630}\right)^2} \cdot \frac{0,4^2}{630} \cdot 10^6 = 13,63 \text{ мОм}.$$

Рассчитаем ток КЗ в точке К3.

$$x_{\Sigma К3} = x_C + x_{Л} + x_{mp} = 0,64 + 0,16 + 13,63 = 14,43 \text{ мОм}.$$

$$r_{\Sigma К3} = r_{mp} + r_{Л} + r_{доб} = 3,06 + 3,05 + 15 = 21,11 \text{ мОм}.$$

$$I_{К3} = \frac{U_{ср.ном}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{x_{\Sigma К3}^2 + r_{\Sigma К3}^2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{14,43^2 + 21,11^2}} = 9,03 \text{ кА}.$$

$$i_{уд К3} = \sqrt{2} \cdot k_{уд} \cdot I_{К3}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,0 \cdot 9,03 = 12,77 \text{ кА}.$$

Рассчитаем ток КЗ в точке К4 (кабель, питающий ВРУ – АВБШВ 4х150).

$$x_{\Sigma К4} = x_{\Sigma К3} + x_{КЛ ВРУ} \cdot l = 14,43 + 0,0206 \cdot 450 = 18,138 \text{ мОм},$$

$$r_{\Sigma К4} = r_{\Sigma К3} + r_{КЛ ВРУ} \cdot l + r_{доб} = 21,11 + 0,0596 \cdot 450 + 20 = 51,838 \text{ мОм}.$$

$$I_{К4} = \frac{U_{ср.ном}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{x_{\Sigma К4}^2 + r_{\Sigma К4}^2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{18,993^2 + 45,704^2}} = 4,21 \text{ кА},$$

$$i_{уд К4} = \sqrt{2} \cdot k_{уд} \cdot I_{К4}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,0 \cdot 4,21 = 5,95 \text{ кА}.$$

Для остальных точек расчет аналогичен (таблица 3.15).

Таблица 3.15 – Расчет токов короткого замыкания

Точка КЗ	Кабель между СП и электроприемником №:			R _i , мОм	X _i , мОм	L, м	r ₀ , Ом/км	x ₀ , Ом/км	R _{кЛ} , мОм	X _{кЛ} , мОм	R _{добр.} , мОм	R, мОм	X, мОм	Z, мОм	I _{кз} , кА	Ky	i _{уд} , кА
1	2			3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
К5	СП-1	-	Шины НН КТП	51,838	18,138	19	1,24	0,0662	23,560	1,258	20	80,398	19,396	82,705	2,792	1	3,948
К12	СП-2	-	Шины НН КТП	51,838	18,138	13	1,24	0,0662	16,120	0,861	20	72,958	18,999	75,391	3,063	1	4,332
К19	СП-3	-	Шины НН КТП	51,838	18,138	27	1,94	0,0675	52,380	1,823	20	109,218	19,961	111,027	2,080	1	2,942
К26	СП-4	-	Шины НН КТП	51,838	18,138	20	1,24	0,0662	24,800	1,324	20	81,638	19,462	83,926	2,752	1	3,892
К34	СП-5	-	Шины НН КТП	51,838	18,138	10	1,24	0,0662	12,400	0,662	20	69,238	18,800	71,745	3,219	1	4,552

3.10.3 Расчет токов однофазного к.з. в сети напряжением ниже 1000 В

Для расчета $I_{кз}^{(1)}$ по [7] рекомендуется формула:

$$I_{кз}^{(1)} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_T}{3} + Z_{\Pi}}, \quad (3.38)$$

где U_{ϕ} – фазное напряжение сети; $Z_T/3$ – сопротивление силового трансформатора; Z_{Π} – полное сопротивления петли «фазный - нулевой провод»:

$$Z_{\Pi} = \sqrt{(R_{\phi} + R_{\Delta} + R_H + R_{TT} + R_A)^2 + (X' + X'' + X_C + X_{TT} + X_A)^2}, \quad (3.39)$$

где R_{ϕ} , R_H – сопротивления фазного и нулевого проводов;

R_{Δ} – сопротивление дуги;

R_{TT} , X_{TT} – сопротивления трансформатора тока.

Выполним расчет тока однофазного короткого замыкания для ВРУ.

По [13] определяем полное сопротивление выбранного в п.12 трансформатора:

$$Z_T = 129 \text{ мОм} = 0,129 \text{ Ом (при мощности 630 кВА)}.$$

Определим ток однофазного КЗ в точке К3 (на шинах КТП).

$$I_{K3}^{(1)} = \frac{U_\phi}{Z_T / 3 + Z_{II}} = \frac{400 / \sqrt{3}}{0,129 / 3} = 5370,7 \text{ А}.$$

Полное сопротивление петли «фазный – нулевой провод», на шинах ВРУ котельной в точке К4:

$$Z_n = \sqrt{(180 \cdot 0,0596 + 30 + 180 \cdot 0,0596 + 0,15 + 0,37)^2 + (0,6 \cdot 180 + 1,06 + 0,21 + 0,13)^2} = 121,12 \text{ мОм}.$$

Определим ток однофазного КЗ в точке К4, на шинах ВРУ котельной.

$$I_{K3}^{(1)} = \frac{U_\phi}{Z_T / 3 + Z_{II}} = \frac{400 / \sqrt{3}}{0,129 / 3 + 0,12112} = 1407,14 \text{ А}.$$

Аналогичные расчеты сведем в таблицу 3.16.

Таблица 3.16 – Расчет токов однофазного к.з.

Номер СП или ЭП	Сопротивление трансформатора однофазному к.з., Zт, МОм	Длина провода или кабеля, м	Сопротивления фазного, нулевого провода, мОм/м	Сопротивление дуги Rд, мОм	Сопротивление первичной обмотки ТТ, Rтт, мОм	Активное сопротивление автомата, мОм	Внешнее индуктивное сопротивление петли фаза-нуль, Ом/км	Сопротивление питающей системы, мОм	Индуктивное сопротивление первичной обмотки ТТ, Xтт, мОм	Индуктивное сопротивление автомата, мОм	Результирующее активное сопротивление цепи фаза-нуль, мОм	Результирующее реактивное сопротивление цепи фаза-нуль, мОм	Результирующее полное сопротивление цепи фаза-нуль, мОм	Ток однофазного к.з., А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
СП-1	129	19	1,24	30	0,15	2,05	0,6	0,64	0,21	1,2	187,32	34,91	190,545	988,85
1	129	8	7,74	30		1,5	0,6			15	263,34	41,26	266,553	746,04
8	129	6	7,74	30		1,5	0,6			15	232,38	40,06	235,808	828,31
25	129	9	7,74	30		1,5	0,6			15	278,82	41,86	281,945	710,71
26	129	7	7,74	30		1,5	0,6			15	247,86	40,66	251,173	785,05
27	129	11	3,1	30		6	0,6			15	212,2	43,06	216,525	889,86
5	129	9	3,1	30		6	0,6			15	199,8	41,86	204,138	934,46
СП-2	129	13	1,24	30	0,15	2,05	0,6	0,64	0,21	1,2	172,44	31,31	175,259	1058,1
2	129	11	7,74	30		1,5	0,6			15	309,78	43,06	312,758	649,15
3	129	9	7,74	30		1,5	0,6			15	278,82	41,86	281,945	710,71
4	129	8	7,74	30		1,5	0,6			15	263,34	41,26	266,553	746,04
6	129	5	3,1	30		6	0,6			15	175	39,46	179,394	1038,43
7	129	4	3,1	30		6	0,6			15	168,8	38,86	173,215	1068,1
28	129	7	3,1	30		6	0,6			15	187,4	40,66	191,76	983,73
СП-3	129	27	1,94	30	0,15	2,05	0,6	0,64	0,21	1,2	244,96	39,71	248,158	793,18
24	129	4	7,74	30		1,5	0,6			15	201,42	38,86	205,134	930,71
9	129	7	7,74	30		2	0,6			15	248,36	40,66	251,666	783,74
29	129	8	3,1	30		6	0,6			15	193,6	41,26	197,948	958,46
16	129	11	7,74	30		3	0,6			15	311,28	43,06	314,244	646,45
17	129	13	7,74	30		3	0,6			15	342,24	44,26	345,09	595,07
20	129	11	7,74	30		2,5	0,6			15	310,78	43,06	313,749	647,35
СП-4	129	20	1,24	30	0,15	2,05	0,6	0,64	0,21	1,2	189,8	35,51	193,093	978,17
18	129	10	7,74	30		3	0,6			15	295,8	42,46	298,832	675,6
22	129	9	7,74	30		2,5	0,6			15	279,82	41,86	282,934	708,55
10	129	7	7,74	30		2	0,6			15	248,36	40,66	251,666	783,74
11	129	7	7,74	30		2	0,6			15	248,36	40,66	251,666	783,74
13	129	6	5,17	30		6	0,6			15	206,04	40,06	209,898	913,17
19	129	13	7,74	30		3	0,6			15	342,24	44,26	345,09	595,07
21	129	8	7,74	30		2,5	0,6			15	264,34	41,26	267,541	743,67
СП-5	129	10	1,24	30	0,15	2,05	0,6	0,64	0,21	1,2	165	29,51	167,618	1096,49
14	129	7	5,17	30		6	0,6			15	216,38	40,66	220,167	877,54
15	129	4	5,17	30		6	0,6			15	185,36	38,86	189,39	993,76
12	129	11	7,74	30		2	0,6			15	310,28	43,06	313,254	648,25
30	129	13	3,1	30		6	0,6			15	224,6	44,26	228,919	849,3
23	129	13	7,74	30		2,5	0,6			15	341,74	44,26	344,594	595,83

3.10.4 Проверка защитных аппаратов сети напряжением ниже 1000 В на отключающую способность

Проверка на отключающую способность (таблица 3.17):

$$I_{\text{откл.ном}} \geq I_{\text{кз.мах}} \cdot \quad (3.40)$$

Таблица 3.17 – Проверка автоматических выключателей

Место установки (СП или № ЭП)	Тип автоматического выключателя	Предельная отключающая способность, кА	Номер точки к.з.	$I_{\text{кз}}^{(3)}$, кА
1	2	3	4	5
ВРУ	ВА 51-35	15	К4	4,21
СП-1	ВА 51-31	7	К5	2,792
СП-2	ВА 51-31	7	К12	3,063
СП-3	ВА 51-31	7	К19	2,08
СП-4	ВА 51-31	7	К26	2,752
СП-5	ВА 51-31	7	К34	3,219

Условие (3.40) выполняется для всех автоматов.

3.10.5 Проверка защитных аппаратов сети напряжением ниже 1000 В на чувствительность к токам КЗ

Произведем проверку чувствительности автоматических выключателей на линиях к однофазным КЗ по условию чувствительности [12]:

$$\frac{I_{\text{кз}}^{(1)}}{I_{\text{рц.ном}}} \geq 3. \quad (3.41)$$

Данное условие выполняется для всех автоматов (таблица 3.18).

Таблица 3.18 – Проверка чувствительности автоматов к однофазным КЗ

Место установки (КТП, СП или ЭП)	Номер точки КЗ	Тип выключателя	$I_{рц.ном}, A$	$I_{кз(1)}, A$	$I_{кз(1)}/I_{рц.ном}$
1	2	3	4	5	6
ВРУ	К4	ВА 51-35	250	1407,14	5,63
СП-1	К5	ВА 51-31	100	988,85	9,89
1	К6	ВА 51-25	5	746,04	149,21
8	К7	ВА 51-25	5	828,31	165,66
25	К8	ВА 51-25	2,5	710,71	284,28
26	К9	ВА 51-25	2,5	785,05	314,02
27	К10	ВА 51-31	40	889,86	22,25
5	К11	ВА 51-31	40	934,46	23,36
СП-2	К12	ВА 51-31	100	1058,1	10,58
2	К13	ВА 51-25	5	649,15	129,83
3	К14	ВА 51-25	5	710,71	142,14
4	К15	ВА 51-25	5	746,04	149,21
6	К16	ВА 51-31	40	1038,43	25,96
7	К17	ВА 51-31	40	1068,1	26,7
28	К18	ВА 51-31	40	983,73	24,59
СП-3	К19	ВА 51-31	100	793,18	7,93
24	К20	ВА 51-25	5	930,71	186,14
9	К21	ВА 51-25	8	783,74	97,97
29	К22	ВА 51-31	40	958,46	23,96
16	К23	ВА 51-25	16	646,45	40,4
17	К24	ВА 51-25	16	595,07	37,19
20	К25	ВА 51-25	10	647,35	64,74
СП-4	К26	ВА 51-31	100	978,17	9,78
18	К27	ВА 51-25	16	675,6	42,23
22	К28	ВА 51-25	10	708,55	70,86
10	К29	ВА 51-25	8	783,74	97,97
11	К30	ВА 51-25	8	783,74	97,97
13	К31	ВА 51-31	31,5	913,17	28,99
19	К32	ВА 51-25	16	595,07	37,19
21	К33	ВА 51-25	10	743,67	74,37
СП-5	К34	ВА 51-31	100	1096,49	10,96
14	К35	ВА 51-31	31,5	877,54	27,86
15	К36	ВА 51-31	31,5	993,76	31,55
12	К37	ВА 51-25	8	648,25	81,03
30	К38	ВА 51-31	40	849,3	21,23
23	К39	ВА 51-25	10	595,83	59,58

3.11 Разработка схемы электроснабжения ФКУ ИК-29 с учетом ввода новой котельной

3.11.1 Расчет электрических нагрузок учреждения с учетом ввода новых потребителей

Состав и характеристика потребителей колонии, а также технические характеристики каждого объекта отображены в таблице 3.19.

Таблица 3.19 – Состав и характеристика потребителей колонии

№ цеха	Наименование объекта	Установленная мощность, кВт	$K_{и}$	$\cos\varphi$
1	Питомник	10	0,3	0,9
2	Штаб	15	0,5	0,9
3	Новое общежитие	50	0,7	0,9
4	Общежитие	45	0,7	0,9
5	Столовая	60	0,5	0,9
6	Котельная	40	0,6	0,8
7	Новая котельная	210,3	см. таблицу 3.9	
8	Склад	3	0,3	0,8
	Итого	433,3		

План учреждения с обозначением прокладки трасс кабельных линий напряжением 0,4 кВ, показан на листе 1 графической части. По условиям проектирования и размещения трансформаторных подстанций 10/0,4, питающих колонию, они располагаются за пределами учреждения [15].

Расчет электрической нагрузки учреждения производим, исходя из методики, указанной и основных положений по проектированию, отраженных в главе 1.

Осветительные сети определяются расчетными мощностями, определяемыми в соответствии с формулой (1.6), представленной выше.

Для всех зданий и сооружений учреждения применяем светильники со светодиодными лампами, коэффициент мощности которых составляет достаточно высокую величину 0,95 или более. Расчет мощности освещения представлен в таблице 3.20. Мощность освещения новой котельной берем рассчитанную выше и заносим в эту таблицу без расчета.

Для дальнейших расчетов в мощность освещения штаба включим мощность освещения периметра и территории, т.к. щит наружного освещения находится у штаба.

Расчет силовых электрических нагрузок низкого напряжения представлен в таблице 3.21 с учетом освещения (расчетов из таблицы 3.20).

Таблица 3.20 – Расчет мощности освещения

№ п/п	Наименование	F, м ²	$\delta, \frac{Вт}{м^2}$	Kco	Po, кВт	cosφ	tgφ	Qo, кВар
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Питомник	114,2	10	0,6	0,69	0,95	0,33	0,23
2	Штаб	1976,2	20	0,8	31,62	0,95	0,33	10,43
3	Новое общежитие	3543,5	20	0,9	63,78	0,95	0,33	21,05
4	Общежитие	3087,6	20	0,9	55,58	0,95	0,33	18,34
5	Столовая	1022,8	18	0,9	16,57	0,95	0,33	5,47
6	Котельная	147,1	14	0,85	1,75	0,95	0,33	0,58
7	Новая котельная	210,7	-	-	1,44	0,95	0,33	0,486
8	Склад	1193,1	12	0,6	8,59	0,95	0,33	2,83
Освещение периметра и территории		27548	1	1	27,55	0,95	0,33	9,09
ИТОГО					207,57			68,506

Таблица 3.21 – Расчет низковольтных электрических нагрузок учреждения

№	Наименование ЭП	Количество Э.П.	Номинальная мощность			Коэффициент использования, Ки	cosφ	tgφ	Расчетные величины			Эффективное число Э.П., пэ	Коэффициент расчетной нагрузки Кр	Расчетная мощность силовых нагрузок, освещения и суммарная						
			P _{ном} , кВт	P _{max} , кВт	P _{ном. общая}				Ки*P _{ном} , кВт	Ки*P _{ном} *tgφ, кВар	P ² _{ном}			P _{реп} , кВт	Q _{сип} , кВар	P _о , кВт	Q _о , кВар	P _р , кВт	Q _р , кВар	S _р , кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	Питомник	10	0,2	1	10	0,3	0,9	0,48	3	1,44	1000	10	0,9	2,7	1,3	0,69	0,23	3,39	1,53	3,72
2	Штаб	16	1	3	15	0,5	0,9	0,48	7,5	3,6	3600	10	0,9	6,75	3,24	59,17	19,52	65,92	22,76	69,74
3	Новое общежитие	38	0,5	3,5	50	0,7	0,9	0,48	35	16,8	95000	29	0,85	29,75	14,28	63,78	21,05	93,53	35,33	99,98
4	Общежитие	24	0,5	3,5	45	0,7	0,9	0,48	31,5	15,12	48600	24	0,9	28,35	13,61	55,58	18,34	83,93	31,95	89,81
5	Столовая	12	0,3	10	60	0,5	0,9	0,48	30	14,4	43200	12	0,85	25,5	12,24	16,57	5,47	42,07	17,71	45,65
6	Котельная	26	1	16	40	0,6	0,8	0,75	24	18	41600	5	0,94	22,56	16,92	1,75	0,58	24,31	17,5	29,95
7	Новая котельная	30	0,98	20	210,3	-	-	-	143,24	95,02	-	-	-	128,92	85,09	1,44	0,486	130,36	85,576	155,94
8	Склад	4	0,2	0,8	3	0,3	0,8	0,75	0,9	0,68	36	4	1,19	1,07	0,81	8,59	2,83	9,66	3,64	10,32
	ИТОГО	160	0,2	20	433,3	0,63	0,86	0,6	275,14	165,06	30039822,4	43	0,85	245,6	147,49	207,57	68,506	453,17	271,9	471,49

3.11.2 Выбор трансформаторов на ТП с учетом резерва по активной мощности

Необходимо произвести выбор трансформаторов на ТП №31-54-14 и 2КТПНУ с учетом резерва по активной мощности, который требуется для учреждения (в схеме на рисунке 2.4 величина этих мощностей указана).

ВРУ-1 (питомник), ВРУ-3 (новое общежитие) и ВРУ-7 (новая котельная) питаются от КТПНУ, а ВРУ-2, ВРУ-4, ВРУ-5, ВРУ-6 и ВРУ-8 – от ТП №31-54-14 (далее ТП-14, на листе графической части также обозначена как ТП-14).

Количество трансформаторов выбирается из соотношения:

$$N = \frac{P_p}{K_3 \cdot S_{\text{НОМ.Т}}}, \quad (3.42)$$

где P_p – расчетная активная нагрузка группы объектов от низковольтных потребителей; K_3 – допустимый коэффициент загрузки трансформаторов в нормальном режиме работы (по рекомендациям [4] принимается равным 0,7 для двухтрансформаторных подстанций и 0,9 – для однострансформаторных подстанций); $S_{\text{НОМ.Т}}$ – выбранная номинальная мощность цеховых ТП.

Количество трансформаторов в КТПНУ:

$$\begin{aligned} N_1 &= \frac{P_{\text{ВРУ-1}} + P_{\text{ВРУ-3}} + P_{\text{ВРУ-7}} + P_{\text{резерв}}}{K_3 \cdot S_{\text{НОМ.Т}}} = \\ &= \frac{3,39 + 93,53 + 130,36 + 200 + 230}{0,7 \cdot 630} = 1,49. \end{aligned}$$

Принимаем для КТПНУ два трансформатора мощностью по 630 кВА каждый, тип ТМЗ-630/10.

Количество трансформаторов в ТП-14:

$$\begin{aligned} N_1 &= \frac{P_{\text{ВРУ-2}} + P_{\text{ВРУ-4}} + P_{\text{ВРУ-5}} + P_{\text{ВРУ-6}} + P_{\text{ВРУ-8}} + P_{\text{резерв}}}{K_3 \cdot S_{\text{НОМ.Т}}} = \\ &= \frac{65,92 + 83,93 + 42,07 + 24,31 + 9,66 + 50 + 200 + 230}{0,9 \cdot 1000} = 0,784. \end{aligned}$$

Принимаем для ТП-14 один трансформатор мощностью 1000 кВА, тип ТМЗ-1000/10.

Таким образом, выбор трансформаторов показал, что на ТП №31-54-14 (1x1000 кВА) и 2КТПНУ (2x630 кВА) с учетом резерва по мощности.

3.11.3 Расчет нагрузок ВРУ зданий учреждения

Каждое здание учреждения представляет собой обособленную группу электроприемников, и каждая группа будет питаться от своего ВРУ. Схема питания ВРУ от КТП представлена на листе 1 графической части.

Расчетные нагрузки ВРУ зданий учреждения представлены в таблице 3.22. Эти нагрузки, т.к. питание каждого указанного объекта индивидуально, совпадают с расчетными нагрузками из таблицы 3.21.

Токовые нагрузки при этом вычислим по формуле:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot n}, \quad (3.42)$$

где S_p – полная мощность нагрузки;
 n – количество линий от одного ВРУ.

Таблица 3.22 – Расчетные нагрузки по ВРУ зданий учреждения

№ п/п	Наименование	Рр, кВт	Qр, кВар	Sp, кВА	Ip, А
1	2	3	4	5	6
1	Питомник	3,39	1,53	3,72	5,65
2	Штаб	65,92	22,76	69,74	105,96
3	Новое общежитие	93,53	35,33	99,98	151,90
4	Общежитие	83,93	31,95	89,81	136,45
5	Столовая	42,07	17,71	45,65	69,36
6	Котельная	24,31	17,5	29,95	45,50
7	Новая котельная	130,36	85,576	155,94	236,93
8	Склад	9,66	3,64	10,32	15,68

3.11.4 Выбор коммутационных аппаратов на КТП и вводных автоматов на ВРУ

Целью данного пункта является выбор вводных и секционных воздушных автоматических выключателей, установленных в каждой КТП учреждения. Условия выбора были рассмотрены ранее, в п.3.8 (формулы (3.25)–(3.30)).

Для секционных автоматов принимаем расчетный ток, равный половине рабочего максимального тока присоединения. Расчетные токи определяем через расчетные мощности для каждой ТП по формуле, учитывая значение напряжения.

Токовую нагрузку при этом вычислим по формуле:

- для вводного автомата КТПНУ:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}} = \frac{S_{p1} + S_{p3} + S_{p7} + S_{рез}}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}} = \frac{3,72 + 99,98 + 155,94 + 200 + 230}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 1047,8 \text{ А.}$$

- для секционного автомата КТПНУ:

$$I_p = \frac{S_{p1} + S_{p3} + S_{p7} + S_{рез}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{НОМ}} = \frac{3,72 + 99,98 + 155,94 + 200 + 230}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,38} = 523,9 \text{ А.}$$

Для вводного автомата ТП-14:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}} = \frac{S_{p2} + S_{p4} + S_{p5} + S_{p6} + S_{p8} + S_{рез}}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}} = \frac{69,74 + 89,81 + 45,65 + 29,95 + 10,32 + 50 + 200 + 230}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 1102,24 \text{ А.}$$

Далее выбор автоматов сведем в таблицы 3.23-3.3.26. Обозначения автоматов в КТП приняты в соответствии с однолинейной схемой.

Таблица 3.23 – Выбор вводных автоматов на шинах НН КТПНУ

Наименование автомата на НН КТП	Расчетная мощность S_p , кВА	Расчетный ток I_p , А	Расчетный ток для выбора автомата $1,1 \cdot I_p$, А	Номинальный ток автомата $I_{ном.а}$, А	Ток расцепителя, А	Тип автомата
Вводной QF1, QF3	689,64	1047,8	1152,58	1600	1250	ВА 52-37

Таблица 3.24 – Выбор секционного автомата на шинах НН КТПНУ

Наименование автомата на НН КТП	Расчетная мощность S_p , кВА	Расчетный ток I_p , А	Расчетный ток для выбора автомата $1,1 \cdot I_p$, А	Номинальный ток автомата $I_{ном.а}$, А	Ток расцепителя, А	Тип автомата
Секционный QF2	344,82	523,9	576,29	630	630	ВА 52-37

Таблица 3.25 – Выбор вводного автомата на шинах НН ТП-14

Наименование автомата на НН КТП	Расчетная мощность S_p , кВА	Расчетный ток I_p , А	Расчетный ток для выбора автомата $1,1 \cdot I_p$, А	Номинальный ток автомата $I_{ном.а}$, А	Ток расцепителя, А	Тип автомата
Вводной QF4	725,47	1102,24	1212,46	1600	1250	ВА 53-45

Таблица 3.26 – Выбор вводных автоматов на ВРУ

Приемное устройство	Расчетный ток I_p , А	Расчетный ток для выбора автомата $1,1 \cdot I_p$, А	Номинальный ток автомата $I_{ном.а}$, А	Ток расцепителя, А	Тип автомата
ВРУ1	5,65	6,22	25	6,3	ВА 51-25
ВРУ2	105,96	116,56	160	125	ВА 51-35
ВРУ3	151,90	167,09	200	200	ВА 51-35
ВРУ4	136,45	150,1	160	160	ВА 51-35
ВРУ5	69,36	76,3	100	80	ВА 51-35
ВРУ6	45,50	50,05	100	63	ВА 51-35
ВРУ7	236,93	248,78	250	250	ВА 51-35
ВРУ8	15,68	17,25	25	20	ВА 51-25

3.11.5 Выбор кабельно-проводниковой продукции сети НН

Целью данного пункта является выбор питающих кабельных линий 0,4 кВ, идущих от ВРУ каждого объекта до соответствующей КТП, согласно генплану (см. лист 1 графической части).

Способ прокладки кабелей – в земле, в траншее. Согласно [16] допустимо выбрать проводники из алюминия, поэтому принимаем типа АВББШВ. Выбор кабелей произведем в таблице 3.27, при этом токи в линиях к ВРУ каждого здания учреждения найдены в таблице 3.25.

Таблица 3.27 – Выбор кабелей, питающих ВРУ от КТПНУ и ТП-14

№ п/п	Длина кабеля L , м	ВРУ	$I_{раб.}$, А	Тип кабеля	$I_{доп}$ кабеля, А
1	110	ВРУ-1	5,65	АВББШВ 4x4	27
2	400	ВРУ-2	105,96	АВББШВ 4x50	126
3	220	ВРУ-3	151,90	АВББШВ 4x70	155
4	230	ВРУ-4	136,45	АВББШВ 4x70	155
5	260	ВРУ-5	69,36	АВББШВ 4x25	82
6	150	ВРУ-6	45,50	АВББШВ 4x16	62
7	450	ВРУ-7	236,93	АВББШВ 4x150	254
8	130	ВРУ-8	15,68	АВББШВ 4x4	27

3.11.6 Выбор ВРУ для каждого здания

ВРУ выбираем согласно п.3.7 и условию (3.19).

Таблица 3.6 – Выбор ВРУ

Наименование	Расчетный ток, А	Тип СП	Допустимый ток, А	Количество присоединений СП
ВРУ-1	5,65	ВРУ-1М-20-24-1У1	25	24
ВРУ-2	105,96	ВРУ-1М-26-24-1У1	160	24
ВРУ-3	151,90	ВРУ-1М-26-24-1У1	160	24
ВРУ-4	136,45	ВРУ-1М-26-24-1У1	160	24
ВРУ-5	69,36	ВРУ-1М-25-16-1У1	100	16
ВРУ-6	45,50	ВРУ-1М-21-12-1У1	50	12
ВРУ-7	236,93	ВРУ-1М-27-12-1У1	250	12
ВРУ-8	15,68	ВРУ-1М-20-24-1У1	25	24

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом бакалаврской работы является реконструкция системы электроснабжения ФКУ ИК-29 УФСИН России Республики Хакасия, в связи с вводом новой котельной с целью повышения надежности и качества электроснабжения потребителей колонии.

В результате выполнения ВКР решены следующие задачи:

- рассмотрены особенности электроснабжения учреждений пенитенциарной системы;
- описана методика расчета электрических нагрузок;
- дана характеристика организации;
- описана существующая схема электроснабжения ФКУ ИК-29;
- обоснована реконструкция схемы электроснабжения учреждения по причине ввода нового потребителя (котельной);
- произведен расчет электрических нагрузок нового потребителя (котельной) и выбрано необходимое электрооборудование;
- разработана схема системы электроснабжения ФКУ ИК-29 с учетом ввода новой котельной.

В ходе выполнения работы была дана характеристика объекта проектирования и действующей схемы его электроснабжения. Произведено обоснование реконструкции схемы электроснабжения исправительной колонии.

На предварительном этапе в практической части были рассчитаны электрические нагрузки на первом уровне для силовых электроприемников, а также количество и мощность светильников, рассчитана нагрузка на втором уровне электроснабжения для узлов питания.

На следующем этапе произведена разработка новой системы электроснабжения ФКУ ИК-29 с вводом новой котельной. На основании полученных расчетных активных и реактивных мощностей выбраны актуальные марки трансформаторов соответствующей мощности и с учетом применения компенсирующих устройств для повышения коэффициента мощности и выполнения договорных условий по электроснабжению.

Предложенные виды электрооборудования и технические решения, касающиеся системы внутреннего электроснабжения ФКУ ИК-29, могут быть использованы для реконструкции и проектирования котельных исправительных колоний, других учреждений и предприятий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Системы электроснабжения. Курсовое проектирование: учебн.-метод. пособие / сост. Н. В. Дулесова ; Сиб. федер. ун-т, ХТИ – филиал СФУ. – Электрон. текстовые, граф. дан. (2,68 МБ). – Абакан : ХТИ – филиал СФУ, 2016. – 72 с.
2. Конюхова, Е. А. Электроснабжение: учебник / Е.А. Конюхова. – Электрон. дан. – М. : Издательский дом МЭИ, 2014. – 510 с.
3. Киреева, Э.А. Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий: Учебное пособие / Э.А. Киреева. – М.: КноРус, 2013. - 368 с.
4. Кудрин, Б. И. Электроснабжение: учебник для использования в образовательном процессе образовательных учреждений, реализующих программы высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (уровень бакалавриата), профиль (направленность) "Электроснабжение" / Б. И. Кудрин, Б. В. Жилин, М. Г. Ошурков. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2018. – 382 с.
5. НТП ЭПП-94. Нормы технологического проектирования. Проектирование электроснабжения промышленных предприятий. – М.: АО ОТК ЗВНИ ПКИ Тяжпромэлектропроект, 1994 (1-я редакция). – М.: URL: <https://files.stroyinf.ru/Data1/9/9633/> (дата обращения 25.05.2022).
6. Пособие к «Указаниям по расчету электрических нагрузок». – М.: Всероссийский научно-исследовательский, проектно-конструкторский институт Тяжпромэлектропроект, 1993 (2-я редакция). – URL: <https://gostinform.ru/other-dokumenty/posobie-obj48368.html> (дата обращения 25.05.2022).
7. Правила устройства электроустановок. – 7-е издание. – СПб.: Издательство ДЕАН, 2013. – 701 с.
8. РД 153-34.0-20.527-98. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования; дата введ. 23.03.1998. – М.: Издательство МЭИ, 1998. – 131 с. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200031256> (дата обращения 25.05.2022).
9. РТМ 36.18.32.4-92. Указания по расчету электрических нагрузок; дата введ. 01.01.1993. – М.: ВНИПИ Тяжпромэлектропроект, 1994. – 27 с. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200032239> (дата обращения 25.05.2022).
10. Кнорринг, Г. М. Справочник для проектирования электрического освещения. – 6-е изд., перераб. – Ленинград : Энергия. Ленингр. отд-ние, 1968. - 391 с. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200032239> (дата обращения 25.05.2022).
11. Киреева, Э. А. Полный справочник по электрооборудованию и электротехнике: (с примерами расчетов) / Э. А. Киреева, С. Н. Шерстнев. – 3-е изд., стер. - Москва : КноРус, 2016. – 862 с.
12. Федоров, А. А. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий / А. А. Федоров, Л. Е. Старкова. – М. : Энергоаомоиздат, 1987. – 368 с. – URL:

<http://www.electrolibrary.info/books/fedorov.htm> (дата обращения 25.05.2022).

13. Шеховцов, В. П. Расчет и проектирование схем электроснабжения: Методическое пособие для курсового проектирования. – М.: ФОРУМ: ИН-ФРА–М, 2010. – 214 с. – URL: <https://docplayer.ru/28024670-V-p-shehovcov-raschet-i-proektirovanie-shemzlekqyusnabzheniya.html> (дата обращения 25.05.2022).

14. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение: Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/456054197> (дата обращения 25.05.2022).

15. СП 308.1325800.2017. Исправительные учреждения и центры уголовно-исполнительной системы. Правила проектирования. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/556610335> (дата обращения 25.05.2022).

16. Электродвигатели АИР – технические характеристики. – URL: <http://electronpro.ru/production> (дата обращения 25.05.2022).

17. ГОСТ 31996-2012. Кабели силовые с пластмассовой изоляцией на номинальное напряжение 0,66; 1 и 3 кВ. Общие технические условия. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200102744> (дата обращения 25.05.2022).

18. ГОСТ 31946-2012. Провода самонесущие изолированные и защищенные для воздушных линий электропередачи. Общие технические условия (с Изменением N 1). – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200102886> (дата обращения 25.05.2022).

19. Об установлении единых (котловых) тарифов на услуги по передаче электрической энергии по сетям Республики Хакасия на 2022 год: Приказ государственного комитета энергетики и тарифного регулирования Республики Хакасия от 29 декабря 2021 года N 10-э. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/561698099> (дата обращения 25.05.2022).

20. Пункты распределительные ПР8501 и ПР8804. – URL: <https://darsteel.ru/products/punkty-raspredelitelnye-pr8501/> (дата обращения 25.05.2022).

21. ДГУ С АВР АД-150С-Т400-2РМ19. – URL: <https://www.gc-azimut.ru/dizel-generatory/150-kvt/ricardo/ad-150s-t400-2rm19/> (дата обращения 25.05.2022).

22. Кабели с пластмассовой изоляцией АВВГ. – URL: <https://elmar.ru/catalog/avvg/> (дата обращения 25.05.2022).

23. Автоматические выключатели. – URL: https://grantek-svet.ru/catalog/avtomaticheskij_vyklyuchatel.php (дата обращения 25.05.2022).

24. СТУ 7.5–07–2021 Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной деятельности. – Красноярск: ИПК СФУ, Приказ от 07.12.2021 №1301.

25. Федеральный закон Российской Федерации «Об электроэнергетике» от 26.03.2003г. №35-ФЗ. – URL: <http://www.sahal.gosnadzor.ru/> (дата обращения 25.05.2022).

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

Отпечатано в _____ экземплярах.

Библиография _____ наименований.

« _____ » _____ 20__ г.
(дата)

(подпись)

(ФИО)

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»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

Коловский А.В. Коловский
подпись инициалы, фамилия

« 23 » июня 2022 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

код – наименование направления

Реконструкция системы электроснабжения ФКУ ИК-29 УФСИН России по
Республике Хакасия
тема

Руководитель Дулесова 20.06.22 доцент, к.э.н.
подпись, дата должность, ученая степень

Н. В. Дулесова
инициалы, фамилия

Выпускник Костин 20.06.22
подпись, дата

В. В. Костин
инициалы, фамилия

Нормоконтролер Кычакова 20.06.22
подпись, дата

И.А. Кычакова
инициалы, фамилия

Абакан 2022