

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

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

«Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

код – наименование направления

Электроснабжение блочно-модульной котельной п. г. т. Мурыгино Кировской
области
тема

Руководитель _____
подпись, дата

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

А. В. Коловский
инициалы, фамилия

Выпускник _____
подпись, дата

В. Ю. Захаров
инициалы, фамилия

Нормоконтролер _____
подпись, дата

И.А. Кычакова
инициалы, фамилия

Абакан 2024

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

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

институт

«Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

А.С. Торопов

подпись

инициалы, фамилия

« _____ » _____ 2024 г.

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

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Электроснабжение блочно-модульной котельной п. г. т. Мурыгино Кировской области» содержит 58 страниц текстового документа, 25 использованных источников, 3 листа графического материала, приложений нет.

КОТЕЛЬНАЯ, СХЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ, ОСВЕЩЕНИЕ, СИЛОВОЙ ТРАНСФОРМАТОР, ЗАЩИТНЫЙ АППАРАТ, КАБЕЛЬ, ТОК КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ.

Объект проектирования – блочно-модульная котельная п. г. т. Мурыгино (район ул. Советской) Юрьянского района Кировской области.

Предмет проектирования – система электроснабжения котельной.

Целью бакалаврской работы является электроснабжение блочно-модульной котельной п. г. т. Мурыгино Кировской области.

В теоретической части представлена характеристика объекта электроснабжения и требования к системе электроснабжения и электроосвещения.

В аналитической части произведено разбиение электроприемников на группы и расчет нагрузок по силовым пунктам. Произведен выбор конструктивного исполнения и места кабельных линий электропроводки и выбор кабельно-проводниковой продукции и защитных автоматов. Для электроосвещения проведены все необходимые расчеты (светотехнический и электротехнический).

В практической части произведен выбор силовых пунктов и прочих электрических устройств. После проведения всех необходимых расчетов произведена проверка оборудования на действие токов короткого замыкания и на чувствительность к этим токам. После того, как стали известны все марки, количество и другие данные по электропроводке и электрическим аппаратам и установкам, был произведен расчет капиталовложений по укрупненным показателям стоимости с учетом современного уровня цен на электротехническую продукцию.

Практическая значимость исследований обусловлена тем, что предложенные виды электрооборудования и технические решения, касающиеся системы электроснабжения, могут быть использованы для проектирования и реконструкции схем электроснабжения котельных.

THE ABSTRACT

The final qualifying work on the topic “Power supply of a block-modular boiler house in the town of Murygino, Kirov region” contains 58 pages of text document, 25 used sources, 3 sheets of graphic material, no appendices.

BOILER ROOM, POWER SUPPLY DIAGRAM, ELECTRICAL LOAD, LIGHTING, POWER TRANSFORMER, PROTECTIVE DEVICE, CABLE, SHORT CIRCUIT CURRENT.

The design object is a block-modular boiler house in the town of Murygino (Sovetskaya street area) in the Yuryansk district of the Kirov region.

The subject of the design is the boiler house power supply system.

The purpose of the bachelor's work is the power supply of a block-modular boiler house in the town of Murygino, Kirov region.

The theoretical part presents the characteristics of the power supply facility and the requirements for the power supply and electric lighting system.

In the analytical part, power receivers were divided into groups and loads were calculated by power points. The design and location of electrical cable lines and the selection of cable and wire products and circuit breakers were selected. For electric lighting, all necessary calculations (lighting and electrical engineering) have been carried out.

In the practical part, the selection of power points and other electrical devices was made. After carrying out all the necessary calculations, the equipment was checked for the effect of short circuit currents and for sensitivity to these currents. After all brands, quantities and other data on electrical wiring and electrical devices and installations became known, capital investments were calculated using aggregated cost indicators, taking into account the current price level for electrical products.

The practical significance of the research is due to the fact that the proposed types of electrical equipment and technical solutions relating to the power supply system can be used for the design and reconstruction of power supply circuits for boiler houses.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 Теоретическая часть.....	9
1.1 Характеристика объекта электроснабжения	9
1.2 Требования к системе электроснабжения и электроосвещения котельной	12
2 Аналитическая часть.....	14
2.1 Расчет электроосвещения.....	14
2.2 Разбиение электроприемников на группы и расчет нагрузок по силовым пунктам	25
2.2.1 Разбиение электроприемников на группы и расчет нагрузок блоков 1-3.....	25
2.2.2 Разбиение электроприемников на группы и расчет нагрузок блока 4	28
2.2.3 Разбиение электроприемников на группы и расчет нагрузок блока 5	28
2.3 Выбор конструктивного исполнения и места кабельных линий электропроводки	33
2.4 Выбор кабельно-проводниковой продукции и защитных автоматов....	35
3 Практическая часть	43
3.1 Выбор силовых пунктов и прочих электрических устройств	43
3.2 Расчет токов короткого замыкания. Проверка оборудования.....	44
3.3 Расчет затрат на оборудование	49
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	55
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	56

ВВЕДЕНИЕ

Модульная котельная – это транспортабельная и полностью готовая к эксплуатации котельная заводской сборки. Блочно-модульные котельные (БМК) востребованы везде, начиная с ЖКХ и до самых крупных производственных площадок различных предприятий. В качестве сжигаемого топлива в них могут выступать: газ, дизель, керосин, мазут.

Блочно-модульное здание котельной состоит из одного или нескольких транспортабельных блок-модулей, в зависимости от тепловой производительности котельной, модели и количества устанавливаемых котлов. Блок-модули выполнены из легких строительных конструкций на основе жесткого металлического каркаса со смонтированными системами отопления, вентиляции и осветительной сетью.

Электроснабжение БМК осуществляется от двух независимых источников электропитания. В БМК установлено устройство автоматического ввода резерва (АВР). В блок-модулях котельной установлено рабочее, аварийное и ремонтное освещение, смонтирован внутренний контур заземления и молниезащиты. Возможна поставка котельной с автономным источником электроэнергии.

Среди основного электрического оборудования БМК, работающих на газообразном топливе, можно выделить насосы рециркуляционные, подпиточные, котловые, сетевые, аппараты воздушного охлаждения, горелки.

Работа всего этого оборудования должна быть грамотно организована, а само оборудование рационально запитано с помощью кабельных линий от сетевых электрических устройств (силовых пунктов, распределительных устройств 0,4 кВ, трансформаторов подстанций). Такая запитка возможно с помощью правильной организации структуры системы электроснабжения, ее питающей. В связи с этим на сегодняшний момент являются актуальными вопросы электроснабжения котельных, как стратегически важных объектов, не допускающих перерыва в работе в отопительный сезон.

Объект проектирования – блочно-модульная котельная п. г. т. Мурыгино (район ул. Советской) Юрьянского района Кировской области.

Предмет проектирования – система электроснабжения котельной.

Целью бакалаврской работы является электроснабжение блочно-модульной котельной п. г. т. Мурыгино Кировской области.

Задачи ВКР:

Задачами ВКР являются:

– представить характеристику объекта электроснабжения (котельной) и требования к ее системе электроснабжения и электроосвещения.

– произвести разбиение электроприемников на группы и рассчитать нагрузки по силовым пунктам.

– осуществить выбор конструктивного исполнения и места кабельных линий электропроводки и выбор кабельно-проводниковой продукции и защитных автоматов.

– для электроосвещения произвести все необходимые расчеты (светотехнический и электротехнический);

– выбрать силовые пункты и прочие электрические устройства.

– произвести проверку оборудования на действие токов короткого замыкания и на чувствительность к этим токам после проведения всех необходимых основных расчетов;

– сделать расчет затрат на оборудование с учетом современного уровня цен на электротехническую продукцию после того, как будут известны все марки, количество и другие данные по электропроводке и электрическим аппаратам и установкам.

Практическая значимость исследований обусловлена тем, что предложенные виды электрооборудования и технические решения, касающиеся системы электроснабжения, могут быть использованы для проектирования и реконструкции схем электроснабжения котельных.

1 Теоретическая часть

1.1 Характеристика объекта электроснабжения

Рассматриваемая блочно-модульная котельная находится в п. г. т. Мурыгино (район ул. Советской) Юрьянского района Кировской области. Она работает на природном газе. Предусмотрена система газоснабжения котельной. Дизельное топливо служит в качестве вспомогательного топлива и используется для розжига.

Котельная состоит из 5 блоков-модулей, в каждом из которых установлены ВРУ с АВР. Учет электроэнергии осуществляется счетчиками электроэнергии Меркурий 230ART-01-PQRSIN с интерфейсом RS-485, установленными на каждом вводе ВРУ.

Установленная мощность силовых электроприемников котельного зала – 326,8 кВт.

Категория электроснабжения котельной - II. Напряжение питания электроприемников 380/220 В.

План расположения блоков котельной и электроприемников представлен на рисунке 1.1. Перечень электроприемников, установленных в газовой котельной, представлен в таблице 1.1.

Электроснабжение каждого блока котельной осуществляется от двух секций шин общего ВРУ, установленного в блоке №5. В случае исчезновения напряжения на основном источнике питания устройство АВР производит переключение на резервный источник.

Блоки №1-3 котельной являются идентичными, блоки №4 и №5 имеют индивидуальную конфигурацию.

Среди основного электрического оборудования котельной можно выделить насосы рециркуляционные, подпиточные, котловые, сетевые, аппараты воздушного охлаждения (АВО), горелки. Присутствуют мелкие однофазные электроприемники и трехфазные электроприемники.

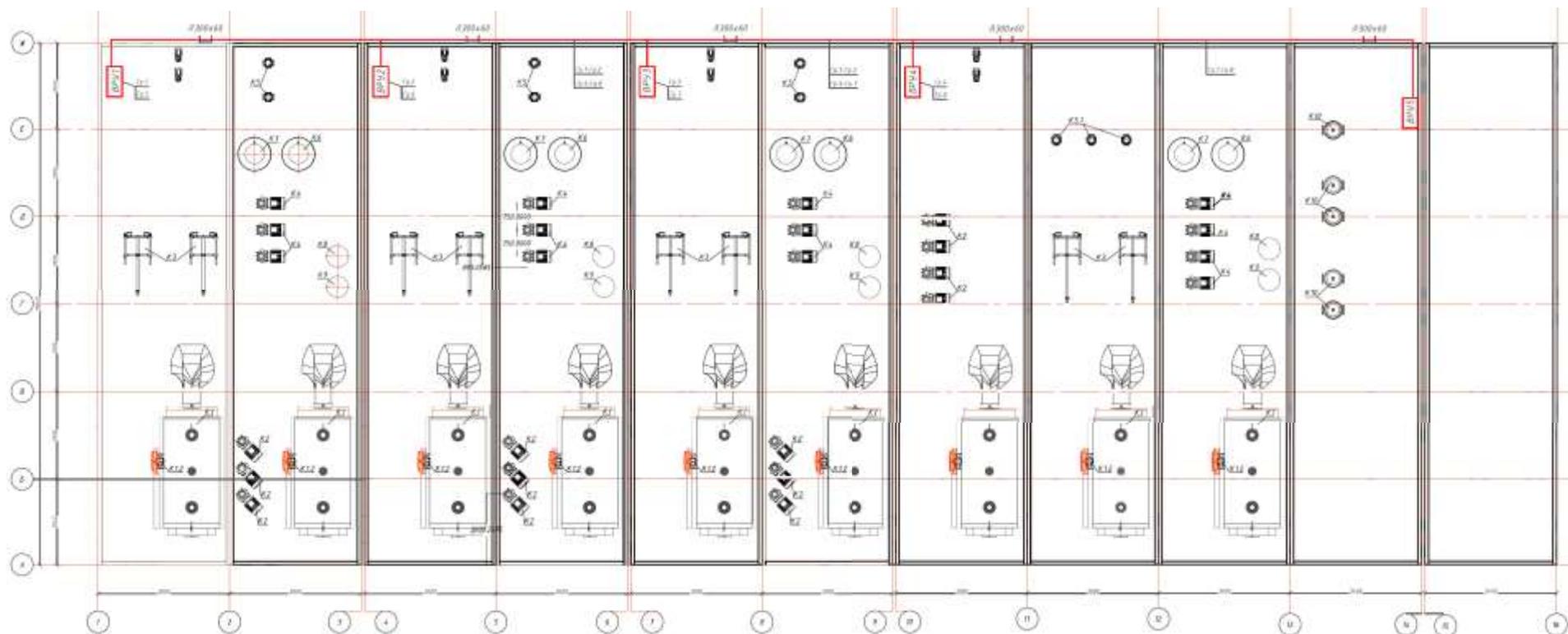


Рисунок 1.1 – План расположения блоков и электроприемников котельной

Таблица 1.1 – Перечень электроприемников, установленных в газовой котельной

№	Наименование ЭП	$P_{ном}$ кВт	ПВ, %	Ки	cosφ	tgφ	Число фаз
1	Насос рецирк. К1.2	1,5	100	0,7	0,8	0,75	1
2	Насос рецирк. К1.2	1,5	100	0,7	0,8	0,75	1
3	Насос подпит. К5	1,2	100	0,7	0,8	0,75	1
4	Насос подпит. К5	1,2	100	0,7	0,8	0,75	1
5	Горелка К1	6	100	0,7	0,95	0,33	3
6	Горелка К1	6	100	0,7	0,95	0,33	3
7	насос ДТ	1,35	100	0,7	0,8	0,75	1
8	насос ДТ	1,35	100	0,7	0,8	0,75	1
9	АВО	1,8	100	0,6	0,8	0,75	1
10	Котловой насос К2	10	100	0,7	0,8	0,75	3
11	Котловой насос К2	10	100	0,7	0,8	0,75	3
12	Котловой насос К2	10	100	0,7	0,8	0,75	3
13	розетка Водоподгот.	1	100	0,5	0,9	0,48	1
14	розетка Водоподгот.	1	100	0,5	0,9	0,48	1
15	Сетевой насос К4	10,5	100	0,7	0,8	0,75	3
16	Сетевой насос К4	10,5	100	0,7	0,8	0,75	3
17	Сетевой насос К4	10,5	100	0,7	0,8	0,75	3
18	Насос рецирк. К1.2	1,5	100	0,7	0,8	0,75	1
19	Насос рецирк. К1.2	1,5	100	0,7	0,8	0,75	1
20	Насос рецирк. К1.2	1,5	100	0,7	0,8	0,75	1
21	Насос подпит. К5	1,2	100	0,7	0,8	0,75	1
22	Насос подпит. К5	1,2	100	0,7	0,8	0,75	1
23	Насос подпит. К5	1,2	100	0,7	0,8	0,75	1
24	Горелка К1	6	100	0,7	0,95	0,33	3
25	Горелка К1	6	100	0,7	0,95	0,33	3
26	Горелка К1	6	100	0,7	0,95	0,33	3
27	насос ДТ	1,35	100	0,7	0,8	0,75	1
28	насос ДТ	1,35	100	0,7	0,8	0,75	1
29	АВО	1,8	100	0,6	0,8	0,75	1
30	АВО	1,8	100	0,6	0,8	0,75	1
31	Котловой насос К2	10	100	0,7	0,8	0,75	3
32	Котловой насос К2	10	100	0,7	0,8	0,75	3
33	Котловой насос К2	10	100	0,7	0,8	0,75	3
34	Котловой насос К2	10	100	0,7	0,8	0,75	3
35	розетка водоподгот.	1	100	0,5	0,9	0,48	1
36	розетка водоподгот.	1	100	0,5	0,9	0,48	1
37	Сетевой насос К4	10,5	100	0,7	0,8	0,75	3
38	Сетевой насос К4	10,5	100	0,7	0,8	0,75	3
39	Сетевой насос К4	10,5	100	0,7	0,8	0,75	3
40	Сетевой насос К4	10,5	100	0,7	0,8	0,75	3
41	Сетевой насос К10	25	100	0,7	0,8	0,75	3
42	Сетевой насос К10	25	100	0,7	0,8	0,75	3
43	Сетевой насос К10	25	100	0,7	0,8	0,75	3
44	Сетевой насос К10	25	100	0,7	0,8	0,75	3
45	Сетевой насос К10	25	100	0,7	0,8	0,75	3
	ИТОГО	326,8					

1.2 Требования к системе электроснабжения и электроосвещения котельной

В соответствии с СП 89.13330.2016 независимо от установленной мощности, электроснабжение котельных устанавливается по второй категории в соответствии с ПУЭ [7].

Если электроснабжение котельного оборудования выйдет из строя, то это приведет к большому сбою в системе теплоснабжения, к прекращению работы социальных учреждений образования, здравоохранения, культуры. В случае, если нет дополнительного (резервного) источника питания, то процесс восстановления такой системы может быть затяжным.

Для помещений котельных цехов газовых котельных необходимо выбирать соответствующую степень защиты оборудования и электродвигателей, чтобы взрывоопасный газ не смог проникнуть в них.

Помещения котельной должны быть обеспечены искусственным освещением в соответствии с СП 52.13330.2016 и достаточным естественным светом (по возможности, если у здания предусмотрены оконные проемы, так как бывают котельные блочно-модульного типа, где окна не предусматриваются).

Нормативная освещенность для котельных составляет 50-100 лк, в зависимости от назначения помещения [14]. Систему аварийного и рабочего освещения котельной целесообразно выполнить на базе современных источников света – светодиодных светильников.

Светильники в газовых котельных недостаточно применять в пыле- и водонепроницаемом исполнении, а нужны во взрывобезопасном исполнении т.к. на таких объектах имеются взрывоопасные газы в технологическом процессе.

При размещении светильников необходимо учитывать возможность их регулярной чистки, особенно в котельных с оборудованием на твердом топливе. С этой точки зрения более предпочтительными выступают модели с

высоким классом защиты от пыли и влаги, которые допускают чистку прямыми струями воды.

Другие требования к системе электроснабжения котельных можно изобразить в виде схемы, показанной на рисунке 1.2.

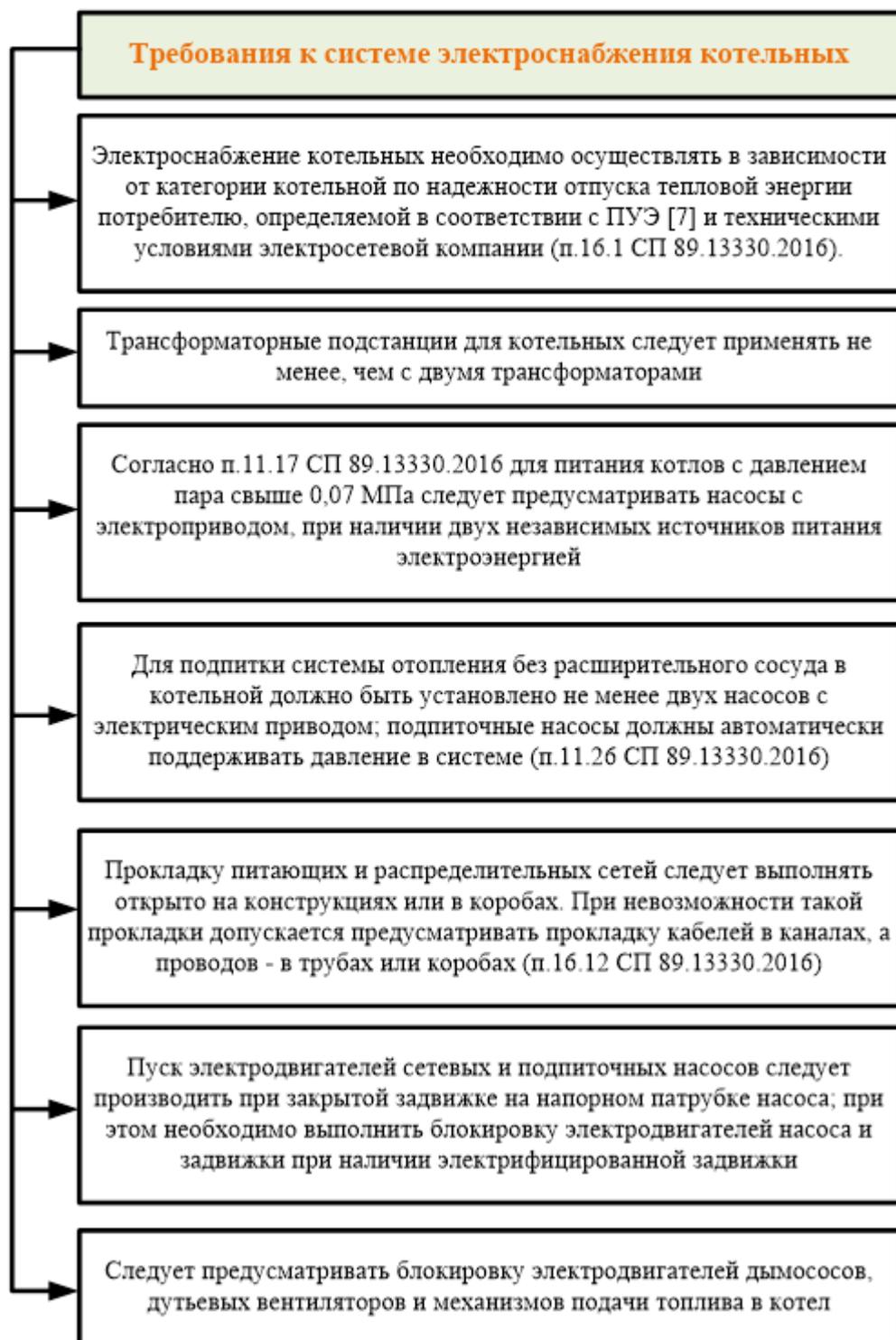


Рисунок 1.2 – Другие требования к системе электроснабжения котельных

2 Аналитическая часть

2.1 Расчет электроосвещения

Освещенность блоков котельной №1-4 - 100 Лк. Освещённость блока №5, состоящего из двух помещений, 75 Лк и 50 Лк. Для рабочего освещения используем светильники с люминесцентными лампами - ЛСП3908А (IP65), световой поток 1650 лм (рисунок 2.1) [16]. Для ремонтного освещения - понижающий разделительный трансформатор - ЯТП 220/12. Для аварийного освещения применяются светильники взрывозащищенные Vipet-N EEx nA ПТ5 IP66 оснащенные блоками аварийного освещения 5мк58-44-3 [16].



Рисунок 2.1 – Светильник ЛСП3908А ЭПРА 2x36Вт IP65 ИЕК, Ф=1650лм



Рисунок 2.2 – Светильник Vipet-N EEx nA 2x36Вт ПТ5 IP66, Ф=1650лм

Напряжение питания электроприемников освещения 220 В.

Тип заземления согласно гл. 1.7 ПУЭ 7-го издания - TN-C-S.

Светотехнический расчет системы освещения котельной, произведем методом коэффициента использования светового потока [10, 12-14].

Количество светильников в помещении:

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

где E_{\min} – минимальная нормированная освещенность, Лк;

k – коэффициент запаса;

S – освещаемая площадь, м²;

Z – коэффициент неравномерности освещения;

n – число светильников;

η – коэффициент использования.

Индекс помещения:

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

где A , B , h – длина, ширина помещения и расчетная высота, м.

Планы освещения блоков №1-3, №4 и №5 представлены соответственно на рисунках 2.3-2.5. Светильники аварийного освещения выделяются из общего числа светильников, которое получается по расчету (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Расчет количества светильников в помещениях котельной

№ помещ	Наименование	Е _н , лк*	А*	В*	h*	i*	F*, м2	К _{зап} *	Z*	η*, о.е.	Р _{св} *, Вт	Φ*, Лм	N*
1	Блок котельной №1	100	11,84	6	2,50	1,81	71,04	1,25	1,1	0,85	2x36	1650	6
2	Блок котельной №2	100	11,84	6	2,50	1,81	71,04	1,25	1,1	0,85	2x36	1650	6
3	Блок котельной №3	100	11,84	6	2,50	1,81	71,04	1,25	1,1	0,85	2x36	1650	6
4	Блок котельной №4	100	11,84	9	2,50	2,32	106,56	1,25	1,1	0,91	2x36	1650	9
5	Блок котельной №5, пом.1	75	11,84	3,4	2,50	1,20	40,256	1,25	1,1	0,69	2x36	1650	3
6	Блок котельной №5, пом.2	50	11,84	3,4	2,50	1,20	40,256	1,25	1,1	0,69	2x36	1650	2

*Расшифровка обозначений в таблице 2.1:

Е_н, лк – нормативная освещенность помещения;

А, м – длина помещения;

В, м – ширина помещения;

h, м – высота помещения;

i – индекс помещения;

F, м² – площадь помещения;

К_{зап} – коэффициент запаса при расчете светового потока;

Z – коэффициент неравномерности освещения;

η, о.е. – коэффициент использования при расчете светового потока;

Р_{св}, Вт – мощность одного светильника;

Φ, Лм – световой поток одного светильника;

N – количество светильников в помещении.

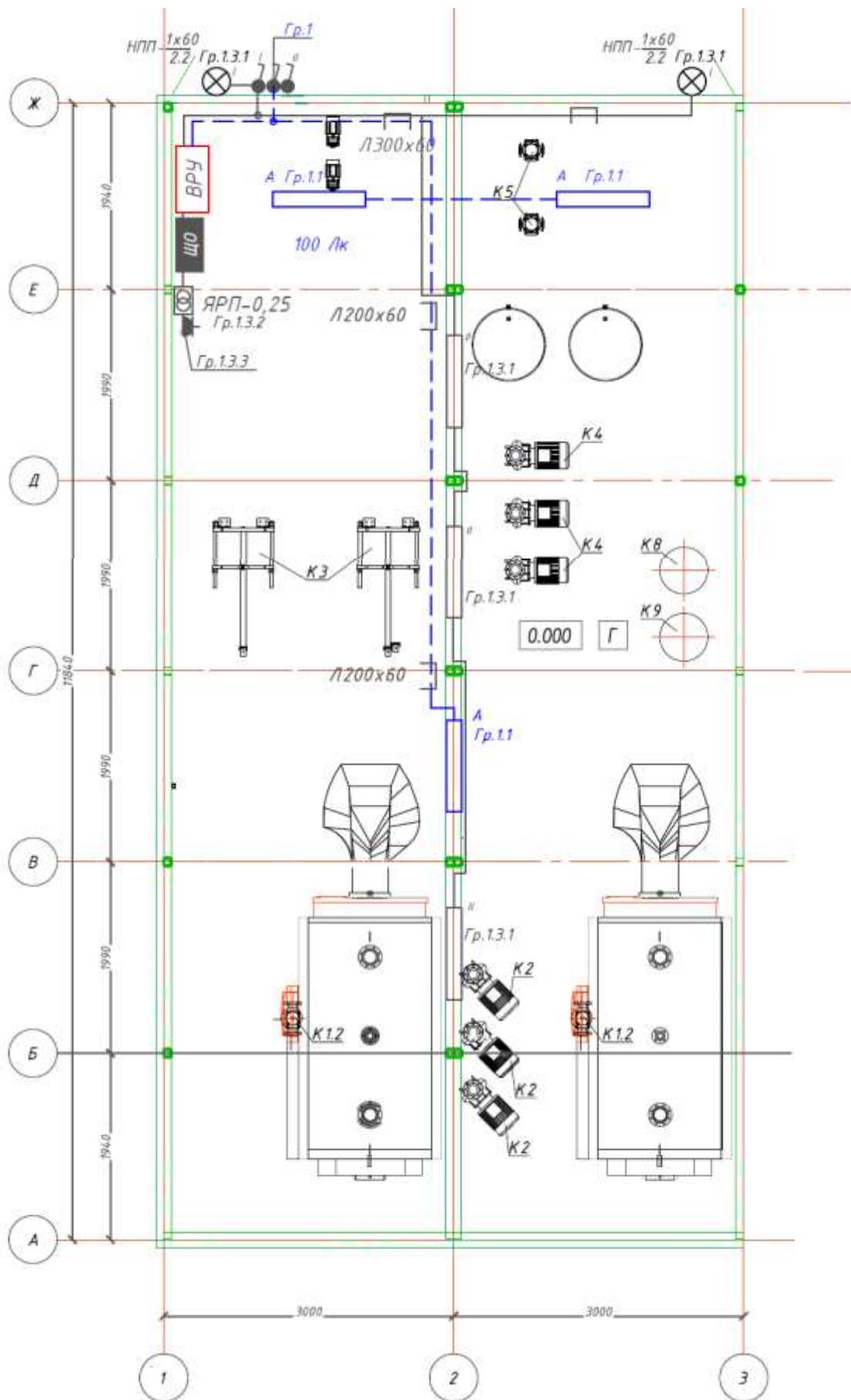


Рисунок 2.3 – План освещения блоков №1-3

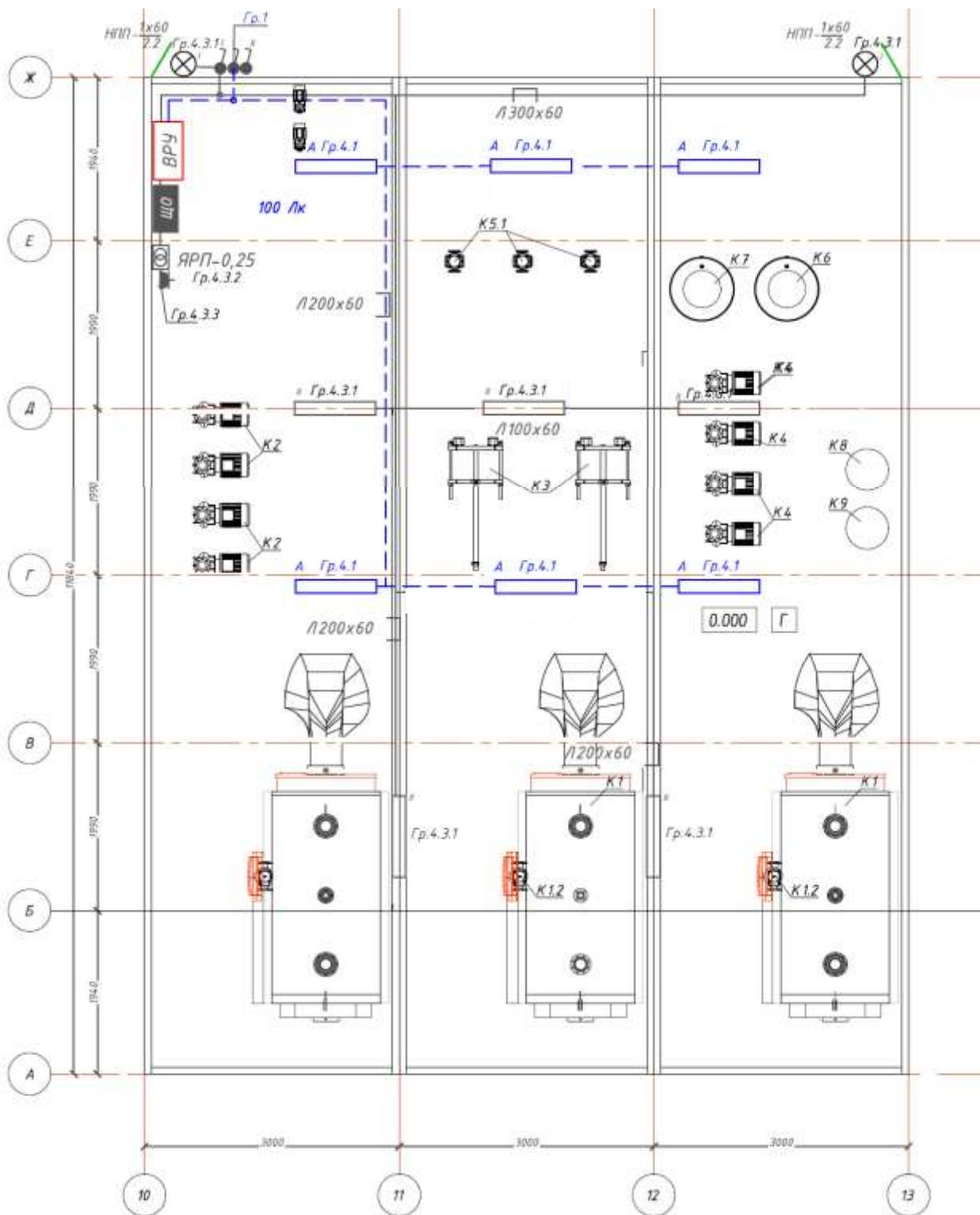


Рисунок 2.4 – План освещения блока №4

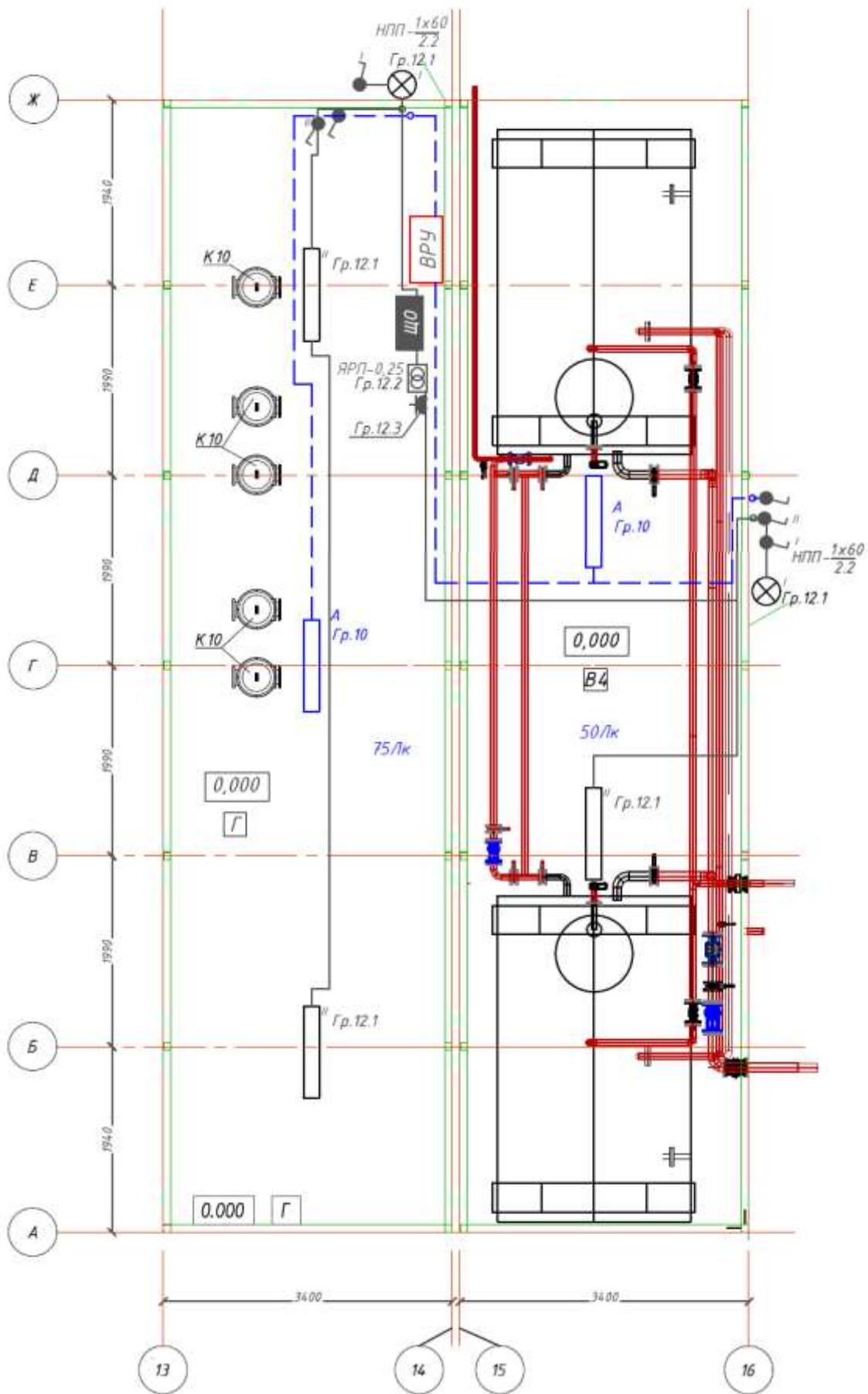


Рисунок 2.5 – План освещения блока №5

Мощность освещения:

$$S_{\text{осв}} = \sqrt{P_{\text{осв}}^2 + Q_{\text{осв}}^2}, \quad (2.3)$$

где активная и реактивная нагрузка:

$$P_{\text{осв}} = N P_{\text{св}} K_c K_{\text{пра}}, \quad (2.4)$$

$$Q_{\text{осв}} = P_{\text{осв}} \operatorname{tg} \varphi, \quad (2.5)$$

где N – количество светильников в помещении;

$P_{\text{св}}$ – мощность одного светильника;

$K_{\text{пра}}$ – коэффициент ПРА;

K_c – зависящий от назначения помещения коэффициент спроса.

Результаты расчета мощности показаны в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Результаты расчета мощности

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	$S_{\text{осв}}$, кВА
1	Блок котельной №1	6	0,072	1	1,3	0,562	0,9	0,48	0,27	0,62
2	Блок котельной №2	6	0,072	1	1,3	0,562	0,9	0,48	0,27	0,62
3	Блок котельной №3	6	0,072	1	1,3	0,562	0,9	0,48	0,27	0,62
4	Блок котельной №4	9	0,072	1	1,3	0,842	0,9	0,48	0,404	0,93
5	Блок котельной №5, пом.1	3	0,072	1	1,3	0,281	0,9	0,48	0,135	0,31
6	Блок котельной №5, пом.2	2	0,072	1	1,3	0,187	0,9	0,48	0,09	0,21
ИТОГО						2,996			1,439	

Из таблицы 2.2 следует, что мощности щитов освещения:

ЩО блока №1: $P_1 = 0,562$ кВт;

ЩО блока №2: $P_2 = 0,562$ кВт;

ЩО блока №3: $P_3 = 0,562$ кВт;

ЩО блока №4: $P_4 = 0,842$ кВт;

ЩО блока №5: $P_5 = 0,281 + 0,187 = 0,468$ кВт.

Электротехнический расчет освещения позволяет выбрать питающие проводники для ЩО и отдельных групп светильников.

Потери напряжения в КЛ:

$$\Delta U = \frac{M}{K_c \cdot S}, \quad (2.6)$$

где M – момент нагрузки;

K_c – коэффициент, зависящий от конфигурации сети и материала проводника, для трехфазной сети с медными проводами $K_c = 72$, а для однофазной сети с медными проводами $K_c = 12$ [13];

S – сечение проводника.

Произведем расчет освещения в линиях от ВРУ-1, ВРУ-2, ВРУ-3, ВРУ-4, ВРУ-5 для каждого блока №1-5 котельной до каждого щитка ЩО блоков.

Момент нагрузки:

$$M = L \cdot P_{р.о.}, \quad (2.7)$$

где L – расстояния от ЩО до ВРУ;

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

ЩО блока №1 имеет две групповые линии по 3 светильника;

ЩО блока №2 имеет две групповые линии по 3 светильника;

ЩО блока №3 имеет две групповые линии по 3 светильника;

ЩО блока №4 имеет три групповые линии по 3 светильника;

ЩО блока №5 имеет две групповые линии: в одной 3 светильника, в другой – 2 светильника.

Момент нагрузки щита ЩО блока №1 (расстояние от ЩО блока №1 до ВРУ-1 составляет 1 м):

$$M = 1 \cdot 0,562 = 0,562 \text{ кВт}\cdot\text{м.}$$

Расчетный ток ЩО блока №1:

$$I_{p\text{ЩО}} = \frac{P_{\text{освЩО}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos\varphi} = \frac{0,562 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,9} = 0,95 \text{ А.}$$

Выбираем в качестве КЛ, питающей ЩО блока №1, кабель КГВВнг 5х1,5, $s = 1,5 \text{ мм}^2$, $I_{\text{доп}} = 19 \text{ А}$.

Потери напряжения в КЛ, питающей ЩО блока №1, допустимы:

$$\Delta U = \frac{0,562}{72 \cdot 1,5} = 0,005\% .$$

Расчеты для ЩО блока №2 и ЩО блока №3 идентичны ЩО блока №1.

Момент нагрузки щита ЩО блока №4 (расстояние от ЩО блока №4 до ВРУ-4 составляет 1 м):

$$M = 1 \cdot 0,842 = 0,842 \text{ кВт}\cdot\text{м.}$$

Расчетный ток ЩО блока №4:

$$I_{p\text{ЩО}} = \frac{P_{\text{освЩО}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos\varphi} = \frac{0,842 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,9} = 1,42 \text{ А.}$$

Выбираем в качестве КЛ, питающей ЩО блока №4, кабель КГВВнг 5х1,5, $s = 1,5 \text{ мм}^2$, $I_{\text{доп}} = 19 \text{ А}$.

Потери напряжения в КЛ, питающей ЩО блока №4, допустимы:

$$\Delta U = \frac{0,842}{72 \cdot 1,5} = 0,008\% .$$

Момент нагрузки щита ЩО блока №5 (расстояние от ЩО блока №5 до ВРУ-5 составляет 1 м):

$$M = 1 \cdot 0,468 = 0,468 \text{ кВт}\cdot\text{м}.$$

Расчетный ток ЩО блока №5:

$$I_{рЩО} = \frac{P_{освЩО}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi} = \frac{0,468 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,9} = 0,79 \text{ А}.$$

Выбираем в качестве КЛ, питающей ЩО блока №5, кабель КГВВнг 5х1,5, $s = 1,5 \text{ мм}^2$, $I_{доп} = 19 \text{ А}$.

Потери напряжения в КЛ, питающей ЩО блока №5, допустимы:

$$\Delta U = \frac{0,468}{72 \cdot 1,5} = 0,004\% .$$

Максимальный момент нагрузки для одной фазы находится как:

$$M_p = P_{св} \cdot N_{св,р} \cdot \left(l_1 + \frac{l_2}{2} \right), \quad (2.8)$$

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

$P_{св}$ - мощность одного светильника;

L_1 - длина участка линии от щитка до первого светильника;

L_2 - длина участка линии от щитка до последнего светильника.

В таблице 2.3 на основании приведенной методики произведем расчет моментов. Для всех групповых линий выбираются кабели того же сечения, но с другим количеством жил: КГВВнг 3х1,5, $s = 1,5 \text{ мм}^2$, $I_{доп} = 19 \text{ А}$.

Таблица 2.3 – Расчет для групп линий ЩО блоков №1-5

Линия	L1, м	L2, м	N, шт	R _{св.мах} , кВт	M, кВт.м	Kс	S, мм2	ΔU, %	P _{гр} , кВт	I _{гр} , А	MA, кВт.м	MB, кВт.м	MC, кВт.м
ЩОбл.№1, линия 1	4	9	3	0,072	1,84	12	1,5	0,10	0,216	1,09	1,84		
ЩОбл.№1, линия 2	6	11	3	0,072	2,48	12	1,5	0,14	0,216	1,09		2,48	
ЩОбл.№2, линия 1	4	9	3	0,072	1,84	12	1,5	0,10	0,216	1,09		1,84	
ЩОбл.№2, линия 2	6	11	3	0,072	2,48	12	1,5	0,14	0,216	1,09	2,48		
ЩОбл.№3, линия 1	4	9	3	0,072	1,84	12	1,5	0,10	0,216	1,09		1,84	
ЩОбл.№3, линия 2	6	11	3	0,072	2,48	12	1,5	0,14	0,216	1,09		2,48	
ЩОбл.№4, линия 1	3	6	3	0,072	1,30	12	1,5	0,07	0,216	1,09			1,30
ЩОбл.№1, линия 2	6	12	3	0,072	2,59	12	1,5	0,14	0,216	1,09			2,59
ЩОбл.№1, линия 3	9	21	3	0,072	4,21	12	1,5	0,23	0,216	1,09	4,21		
ЩОбл.№5, линия 1	5	14	3	0,072	2,59	12	1,5	0,14	0,216	1,09			2,59
ЩОбл.№5, линия 1	9	16	2	0,072	2,45	12	1,5	0,14	0,144	0,73			2,45
										ИТОГО	8,53	8,64	8,93

2.2 Разбиение электроприемников на группы и расчет нагрузок по силовым пунктам

2.2.1 Разбиение электроприемников на группы и расчет нагрузок блоков 1-3

Электроприемники разбиваем на группы по территориальному принципу, а также по принципу принадлежности электрооборудования к тому или иному блоку котельной.

В связи с этим для каждой группы технологического оборудования котлов необходимо использование отдельного ВРУ, поэтому стоит сгруппировать электроприемники по блокам №1-3, 4 и 5.

В блоках №1-3 находится оборудование №№1-17 (нумерацию, наименование и обозначение приводим в соответствии с таблицей 1.1 и планом разводки силовой сети (рисунок 2.6)). То есть фактически $17 \cdot 3 = 51$ электроприемник с идентичными номерами для блоков №1-3 котельной. Каждая такая группа из 17-ти электроприемников блоков №1-3 котельной запитывается соответственно от ВРУ-1, ВРУ-2 и ВРУ-3 каждого блока, которые запитываются от главного ВРУ-5 блока №5.

При расчетах электрических нагрузок используются специальные таблицы, порядок заполнения которой отражен в источнике [9]. Важно отметить, что расчетные коэффициенты K_p определяются по разным таблицам. При расчете второго уровня используется таблица 1 [9], а при расчете нагрузки на шинах ТП или главного ВРУ-5 (третий уровень) используется таблица 2 [9]. В соответствии с расчетами составлена схема с разводкой силовой сети в блоках №№1-3 котельной, показанная на рисунке 2.6.

Расчет электрических нагрузок для ВРУ 1-3 сводим в таблицу 2.4.

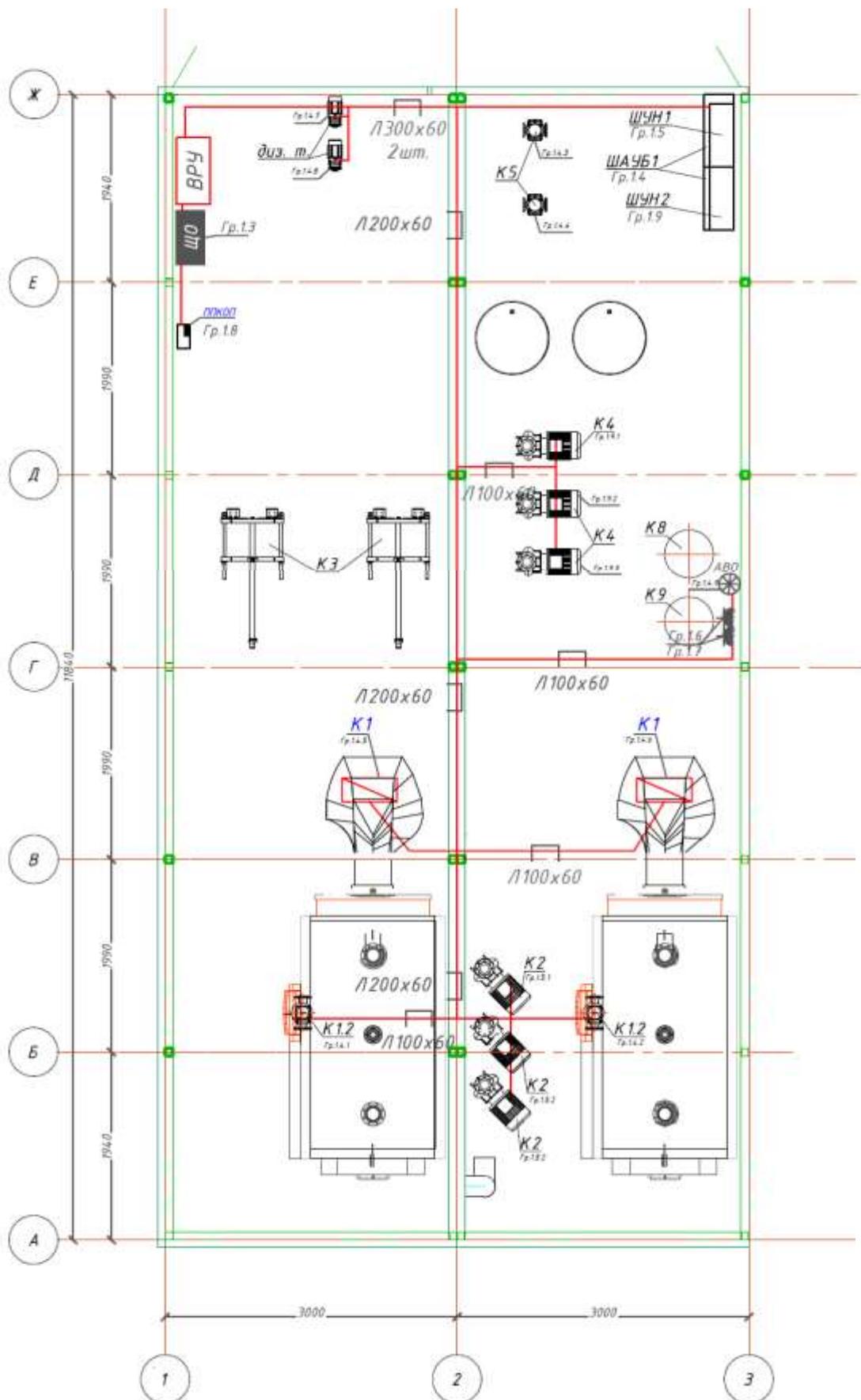


Рисунок 2.6 – План прокладки распределительной сети блоков №1-3 котельной

Таблица 2.4 – Расчет электрических нагрузок для ВРУ-1-3

Исходные данные					по справочным дан- ным			Расчетные величины			n ₃	Kp	Расчетная мощность			Расчетный ток I _p , А
по заданию технологов				Ki									cosφ	tgφ	K _n P _н , кВт	
Наименование ЭП	Количество Э.П.	Рном, кВт Одного ЭП р _н	Общая P _н =np _н													
ВРУ-1,2,3																
1	Насос рецирк. К1.2	1	1,5	1,5	0,7	0,8	0,75	1,05	0,79	2,25						
2	Насос рецирк. К1.2	1	1,5	1,5	0,7	0,8	0,75	1,05	0,79	2,25						
3	Насос подпит. К5	1	1,2	1,2	0,7	0,8	0,75	0,84	0,63	1,44						
4	Насос подпит. К5	1	1,2	1,2	0,7	0,8	0,75	0,84	0,63	1,44						
5	Горелка К1	1	6	6	0,7	0,95	0,33	4,2	1,39	36,00						
6	Горелка К1	1	6	6	0,7	0,95	0,33	4,2	1,39	36,00						
7	насос ДТ	1	1,35	1,35	0,7	0,8	0,75	0,95	0,71	1,82						
8	насос ДТ	1	1,35	1,35	0,7	0,8	0,75	0,95	0,71	1,82						
9	АВО	1	1,8	1,8	0,6	0,8	0,75	1,08	0,81	3,24						
10	Котловой насос К2	1	10	10	0,7	0,8	0,75	7	5,25	100,00						
11	Котловой насос К2	1	10	10	0,7	0,8	0,75	7	5,25	100,00						
12	Котловой насос К2	1	10	10	0,7	0,8	0,75	7	5,25	100,00						
13	розетка Водоподгот.	1	1	1	0,5	0,9	0,48	0,5	0,24	1,00						
14	розетка Водоподгот.	1	1	1	0,5	0,9	0,48	0,5	0,24	1,00						
15	Сетевой насос К4	1	10,5	10,5	0,7	0,8	0,75	7,35	5,51	110,25						
16	Сетевой насос К4	1	10,5	10,5	0,7	0,8	0,75	7,35	5,51	110,25						
17	Сетевой насос К4	1	10,5	10,5	0,7	0,8	0,75	7,35	5,51	110,25						
	ИТОГО по ВРУ-1,2,3	17		85,4	0,69	0,82	0,69	59,21	40,61	719,02	10	1	59,21	44,67	74,17	112,69

2.2.2 Разбиение электроприемников на группы и расчет нагрузок блока 4

В блоке №4 находится оборудование №№18-40 (нумерацию, наименование и обозначение приводим в соответствии с таблицей 1.1 и планом разводки силовой сети (рисунок 2.7)).

Расчеты ведем аналогично, как описано в п.2.2.1 для блоков №№1-3, см. таблицу 2.5.

2.2.3 Разбиение электроприемников на группы и расчет нагрузок блока 5

В блоке №5 находится оборудование №№41-45, т.е. только сетевые насосы К10 (нумерацию, наименование и обозначение приводим в соответствии с таблицей 1.1 и планом разводки силовой сети (рисунок 2.8)).

Расчеты ведем аналогично, как описано в п.2.2.1 для блоков №№1-3, см. таблицу 2.6. При этом используем результаты расчетов таблиц 2.4-2.5, так как там содержатся итоговые данные по расчету электрических нагрузок для ВРУ-1-3 и ВРУ-4. Сетевые насосы К10 запитываются от ВРУ-5 напрямую, как от обычного распределительного пункта. ВРУ-5 для котельной образует III уровень электроснабжения, где расчетный коэффициент, как правило, принимается равным менее 1,0 в соответствии с методикой [9].

Таблица 2.5 – Расчет электрических нагрузок для ВРУ-4

Исходные данные		по заданию технологов			по справочным дан-ным			Расчетные величины			n_3	Кр	Расчетная мощность			Расчетный ток I _p , А	
		Наименование ЭП	Количество Э.П.	Rном, кВт	Общая R _п =nR _п	Ки	cosφ	tgφ	K _п P _п , кВт	K _п P _п tgφ, кВар			np ²	Pp, кВт	Qp, кВар		Sp, кВА
	ВРУ-4																
18	Насос рецирк. К1.2	1	1,5	1,5	0,7	0,8	0,75	1,05	0,79	2,25							
19	Насос рецирк. К1.2	1	1,5	1,5	0,7	0,8	0,75	1,05	0,79	2,25							
20	Насос рецирк. К1.2	1	1,5	1,5	0,7	0,8	0,75	1,05	0,79	2,25							
21	Насос подпит. К5	1	1,2	1,2	0,7	0,8	0,75	0,84	0,63	1,44							
22	Насос подпит. К5	1	1,2	1,2	0,7	0,8	0,75	0,84	0,63	1,44							
23	Насос подпит. К5	1	1,2	1,2	0,7	0,8	0,75	0,84	0,63	1,44							
24	Горелка К1	1	6	6	0,7	0,95	0,33	4,2	1,39	36,00							
25	Горелка К1	1	6	6	0,7	0,95	0,33	4,2	1,39	36,00							
26	Горелка К1	1	6	6	0,7	0,95	0,33	4,2	1,39	36,00							
27	насос ДТ	1	1,35	1,35	0,7	0,8	0,75	0,95	0,71	1,82							
28	насос ДТ	1	1,35	1,35	0,7	0,8	0,75	0,95	0,71	1,82							
29	АВО	1	1,8	1,8	0,6	0,8	0,75	1,08	0,81	3,24							
30	АВО	1	1,8	1,8	0,6	0,8	0,75	1,08	0,81	3,24							
31	Котловой насос К2	1	10	10	0,7	0,8	0,75	7	5,25	100,00							
32	Котловой насос К2	1	10	10	0,7	0,8	0,75	7	5,25	100,00							
33	Котловой насос К2	1	10	10	0,7	0,8	0,75	7	5,25	100,00							
34	Котловой насос К2	1	10	10	0,7	0,8	0,75	7	5,25	100,00							
35	розетка водоподгот.	1	1	1	0,5	0,9	0,48	0,5	0,24	1,00							
36	розетка водоподгот.	1	1	1	0,5	0,9	0,48	0,5	0,24	1,00							
37	Сетевой насос К4	1	10,5	10,5	0,7	0,8	0,75	7,35	5,51	110,25							
38	Сетевой насос К4	1	10,5	10,5	0,7	0,8	0,75	7,35	5,51	110,25							
39	Сетевой насос К4	1	10,5	10,5	0,7	0,8	0,75	7,35	5,51	110,25							
40	Сетевой насос К4	1	10,5	10,5	0,7	0,8	0,75	7,35	5,51	110,25							
	ИТОГО по ВРУ-4	23		116,4	0,69	0,83	0,68	80,73	54,99	972,20	14	1	80,73	54,99	97,68	148,41	

Таблица 2.6 – Расчет электрических нагрузок для ВРУ-5

Исходные данные																
по заданию технологов				по справочным дан-ным			Расчетные величины			n _г	K _р	Расчетная мощность			Расчетный ток I _р , А	
Наименование ЭП	Количество Э.П.	P _{ном} , кВт		K _и	cosφ	tgφ	K _н P _н , кВт	K _н P _н tgφ, кВар	p _н ²			P _р , кВт	Q _р , кВар	S _р , кВА		
		Одного ЭП p _н	Общая P _н =np _н													
	ВРУ-5															
	ИТОГО по ВРУ-1	17	-	85,4	0,69	0,82	0,69	59,21	40,61	719,02						
	ИТОГО по ВРУ-2	17	-	85,4	0,69	0,82	0,69	59,21	40,61	719,02						
	ИТОГО по ВРУ-3	17	-	85,4	0,69	0,82	0,69	59,21	40,61	719,02						
	ИТОГО по ВРУ-4	23	-	116,4	0,69	0,83	0,68	80,73	54,99	972,20						
41	Сетевой насос К10	1	25	25	0,7	0,8	0,75	17,5	13,13	625,00						
42	Сетевой насос К10	1	25	25	0,7	0,8	0,75	17,5	13,13	625,00						
43	Сетевой насос К10	1	25	25	0,7	0,8	0,75	17,5	13,13	625,00						
44	Сетевой насос К10	1	25	25	0,7	0,8	0,75	17,5	13,13	625,00						
45	Сетевой насос К10	1	25	25	0,7	0,8	0,75	17,5	13,13	625,00						
	ИТОГО	79		497,6	0,7	0,82	0,7	345,86	242,47	6254,24	40	0,85	293,98	242,47	381,07	578,98

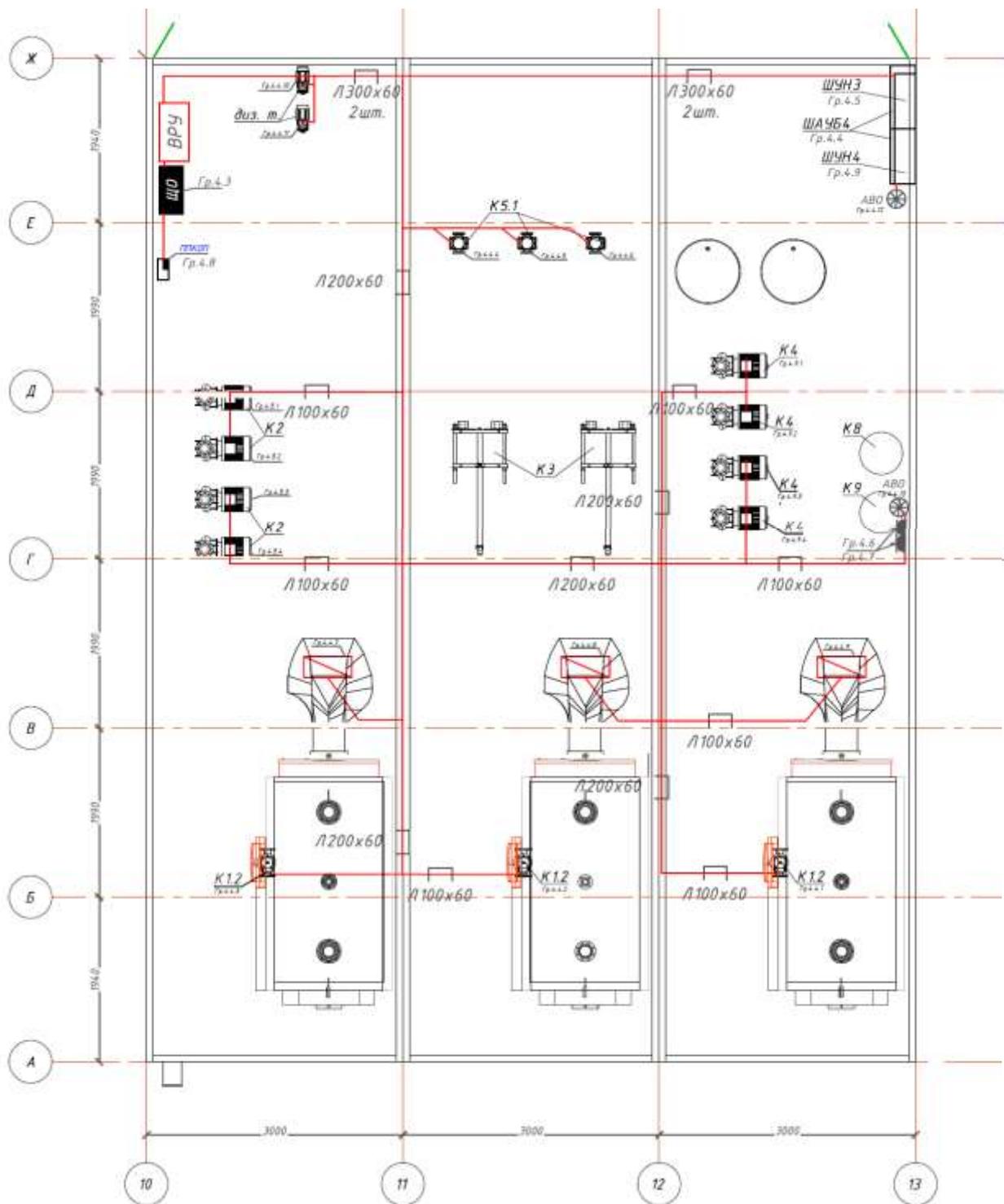


Рисунок 2.7 – План прокладки распределительной сети блока №4 котельной

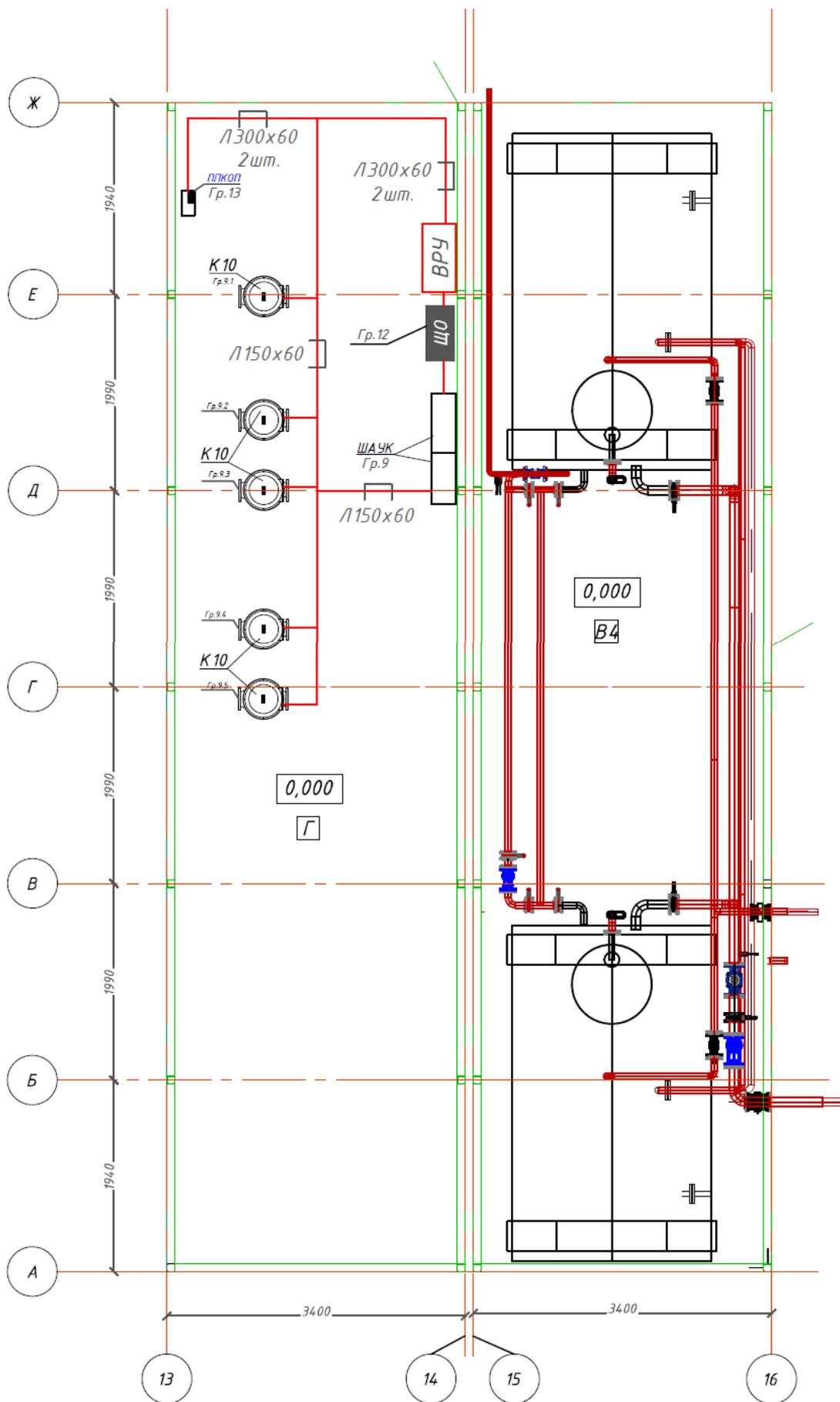


Рисунок 2.8 – План прокладки распределительной сети блока №5 котельной

2.3 Выбор конструктивного исполнения и места кабельных линий электропроводки

Силовая сеть выполнена трехпроводной (однофазная, 220 В) и пятипроводной (трехфазная, 380 В), кабелями КГВВГнг и ВВГнг. Для прокладки кабелей использовать металлические перфорированные лотки. Лотки проложить на отметке +2.500, крепить по месту к металлическим конструкциям. Все опуски до электроприборов выполнить в металлическом лотке, от лотка до потребителей кабели проложить в гофрированной трубе.

Присоединение проводников уравнивания потенциалов к трубопроводам коммуникаций должны выполняться организациями производящими монтаж или установку этих систем под наблюдением представителей электромонтажной организации. Заземляющие проводники в 8 местах их присоединения обозначить желто-зелеными полосами, выполненными краской или двухцветной лентой.

Ввод кабелей снизу. Трансформаторы тока серии ТТИ без шины.

Кабели распределительной сети прокладывать в металлических кабеленесущих лотках разм. 300x60 опуски. Выполнить в лотках меньшего сечения разм. 200x60 мм. Лотки крепить по фасаду здания.

Щиты установить на высоте 1.8м (верх щита).

Высоту прокладки лотков принять равной +2,500 м.

Вводы в модули выполнить с помощью металлических гильз с последующей герметизацией.

Групповые сети рабочего освещения выполнить кабелем марки КГВВнг, прокладываемым на металлическом кабеленесущем лотке с разделенным основанием. Высота подвеса лотков +2,500 м. Лотки крепить к металлоконструкциям здания способом полка-стойка и при помощи шпилек М8 с горизонтальным держателем VH.

Подводы к светильникам и выключателям выполнить открыто по стенам и потолку в гибких гофрированных ПВХ трубах.

Сети аварийного освещения выполнить кабелем марки КГВВнг-FRLS, прокладываемым в отдельном от кабелей рабочего освещения отсеке лотка.

Аварийное освещение выполнено взрывозащищенными светильниками Vipet-N EEx nA IIТ5 IP66, Гр. 1 - светильниками ЛСП3908А IP65.

Светильники аварийного освещения оснастить блоками аварийного освещения 5мк58-44-3.

Светильники крепить к кабеленесущим лоткам и конструкциям здания.

В качестве ремонтного освещения (Гр.2) использовать переносной светильник УП-1Р.

Высота установки шкафов 1.8 м (верх шкафов).

Внутренний контур заземления (магистраль заземления) Выполнить стальной полосой желто-зеленого цвета сечением 25x4мм на высоте 0,4 м от уровня пола.

В качестве магистралей заземления так же используются все металлоконструкции, на которых устанавливается электрооборудование. Указанные металлоконструкции соединяются между собой способом сварки.

Все шкафные конструкции должны иметь надёжный электрический контакт с опорными конструкциями магистрали заземления.

К магистрали заземления должны быть подключены: каркас здания, все корпуса оборудования в навесном и напольном исполнении, конструкции для прокладки кабелей, проходные трубы кабельных вводов, а так же все трубопроводы, входящие в здание газовой котельной.

Молниезащита каждого блока здания котельной предусматривается посредством молниеприемников из круглой стали $d=16$ мм, устанавливаемого на металлоконструкции поддерживающей дымовые трубы котельной на высоту 2 м от среза дымовой трубы. По всей высоте металлоконструкции монтируется токоотвод из круглой стали $d=8$ мм, соединяющий молниеприемник с заземлителем. В качестве контура повторного заземления и заземлителя системы молниезащиты используются общий контур заземления состоящий из четырех вертикальных электродов длиной 3 метра соединенных горизон-

тальными заземлителями из круглой стали $d=16$ мм на глубине 0,5 м от поверхности земли. Величина контура заземления в любое время года должна быть не более 10 Ом.

2.4 Выбор кабельно-проводниковой продукции и защитных автоматов

Для выбора проводов и кабелей необходимо произвести расчеты на первом уровне системы электроснабжения котельной. Поскольку все электроприемники, как указывалось, работают в длительном режиме, то

$$P_{p1} = P_{ном}, \quad (2.9)$$

Основные электрические параметры электроприемников:

$$Q_{p1} = P_{p1} \operatorname{tg} \varphi = P_{p1} \operatorname{tg}(\arccos(\cos \varphi)), \quad (2.10)$$

$$S_{p1} = \sqrt{P_{p1}^2 + Q_{p1}^2}, \quad (2.11)$$

$$I_p = \frac{S_{p1}}{\sqrt{3} U_{ном}}, \quad (2.12)$$

$$I_{п} = K_{п} I_p, \quad (2.13)$$

Расчеты мощностей и токов на первом уровне системы электроснабжения котельной сведем в таблицу 2.7. Отметим, что ЭП №№1-17 относятся к блокам №1-3 котельной, ЭП №№18-40 – к блоку №4 котельной, а ЭП №№41-45 – к блоку №5 котельной.

Таблица 2.7 – Расчеты первого уровня

№	Наименование ЭП	$P_{ном}$, кВт	ПВ, %	Ки	cosφ	tgφ	$P_{р1}$, 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 рецирк. К1.2	1,5	100	0,7	0,8	0,75	1,5	1,13	1,88	8,55	42,75
2	Насос рецирк. К1.2	1,5	100	0,7	0,8	0,75	1,5	1,13	1,88	8,55	42,75
3	Насос подпит. К5	1,2	100	0,7	0,8	0,75	1,2	0,9	1,5	6,82	34,10
4	Насос подпит. К5	1,2	100	0,7	0,8	0,75	1,2	0,9	1,5	6,82	34,10
5	Горелка К1	6	100	0,7	0,95	0,33	6	1,98	6,32	9,6	9,60
6	Горелка К1	6	100	0,7	0,95	0,33	6	1,98	6,32	9,6	9,60
7	насос ДТ	1,35	100	0,7	0,8	0,75	1,35	1,01	1,69	7,68	38,40
8	насос ДТ	1,35	100	0,7	0,8	0,75	1,35	1,01	1,69	7,68	38,40
9	АВО	1,8	100	0,6	0,8	0,75	1,8	1,35	2,25	10,23	51,15
10	Котловой насос К2	10	100	0,7	0,8	0,75	10	7,5	12,5	18,99	94,95
11	Котловой насос К2	10	100	0,7	0,8	0,75	10	7,5	12,5	18,99	94,95
12	Котловой насос К2	10	100	0,7	0,8	0,75	10	7,5	12,5	18,99	94,95
13	розетка Водоподгот.	1	100	0,5	0,9	0,48	1	0,48	1,11	5,05	5,05
14	розетка Водоподгот.	1	100	0,5	0,9	0,48	1	0,48	1,11	5,05	5,05
15	Сетевой насос К4	10,5	100	0,7	0,8	0,75	10,5	7,88	13,13	19,95	99,75
16	Сетевой насос К4	10,5	100	0,7	0,8	0,75	10,5	7,88	13,13	19,95	99,75
17	Сетевой насос К4	10,5	100	0,7	0,8	0,75	10,5	7,88	13,13	19,95	99,75
18	Насос рецирк. К1.2	1,5	100	0,7	0,8	0,75	1,5	1,13	1,88	8,55	42,75
19	Насос рецирк. К1.2	1,5	100	0,7	0,8	0,75	1,5	1,13	1,88	8,55	42,75
20	Насос рецирк. К1.2	1,5	100	0,7	0,8	0,75	1,5	1,13	1,88	8,55	42,75
21	Насос подпит. К5	1,2	100	0,7	0,8	0,75	1,2	0,9	1,5	6,82	34,10
22	Насос подпит. К5	1,2	100	0,7	0,8	0,75	1,2	0,9	1,5	6,82	34,10
23	Насос подпит. К5	1,2	100	0,7	0,8	0,75	1,2	0,9	1,5	6,82	34,10
24	Горелка К1	6	100	0,7	0,95	0,33	6	1,98	6,32	9,6	9,60
25	Горелка К1	6	100	0,7	0,95	0,33	6	1,98	6,32	9,6	9,60
26	Горелка К1	6	100	0,7	0,95	0,33	6	1,98	6,32	9,6	9,60
27	насос ДТ	1,35	100	0,7	0,8	0,75	1,35	1,01	1,69	7,68	38,40
28	насос ДТ	1,35	100	0,7	0,8	0,75	1,35	1,01	1,69	7,68	38,40
29	АВО	1,8	100	0,6	0,8	0,75	1,8	1,35	2,25	10,23	51,15
30	АВО	1,8	100	0,6	0,8	0,75	1,8	1,35	2,25	10,23	51,15
31	Котловой насос К2	10	100	0,7	0,8	0,75	10	7,5	12,5	18,99	94,95
32	Котловой насос К2	10	100	0,7	0,8	0,75	10	7,5	12,5	18,99	94,95
33	Котловой насос К2	10	100	0,7	0,8	0,75	10	7,5	12,5	18,99	94,95
34	Котловой насос К2	10	100	0,7	0,8	0,75	10	7,5	12,5	18,99	94,95
35	розетка водоподгот.	1	100	0,5	0,9	0,48	1	0,48	1,11	5,05	5,05
36	розетка водоподгот.	1	100	0,5	0,9	0,48	1	0,48	1,11	5,05	5,05
37	Сетевой насос К4	10,5	100	0,7	0,8	0,75	10,5	7,88	13,13	19,95	99,75
38	Сетевой насос К4	10,5	100	0,7	0,8	0,75	10,5	7,88	13,13	19,95	99,75
39	Сетевой насос К4	10,5	100	0,7	0,8	0,75	10,5	7,88	13,13	19,95	99,75
40	Сетевой насос К4	10,5	100	0,7	0,8	0,75	10,5	7,88	13,13	19,95	99,75
41	Сетевой насос К10	25	100	0,7	0,8	0,75	25	18,75	31,25	47,48	237,40
42	Сетевой насос К10	25	100	0,7	0,8	0,75	25	18,75	31,25	47,48	237,40
43	Сетевой насос К10	25	100	0,7	0,8	0,75	25	18,75	31,25	47,48	237,40
44	Сетевой насос К10	25	100	0,7	0,8	0,75	25	18,75	31,25	47,48	237,40
45	Сетевой насос К10	25	100	0,7	0,8	0,75	25	18,75	31,25	47,48	237,40

Выбор автоматических выключателей для защиты отдельных электроприемников производим по номинальному напряжению, току теплового расцепителя и току всего автомата, а также току электромагнитного расцепителя (токовой отсечки, в зависимости от величины пускового тока), по формулам) [13]:

$$U_a \geq U_{\text{ном.сети}}, \quad (2.14)$$

$$I_{\text{расц}} \geq k \cdot I_p, \quad (2.15)$$

$$I_{\text{ном.а}} \geq k \cdot I_p, \quad (2.16)$$

где k – коэффициент запаса, для электроприемников, представленных электродвигателями $k = 1,25$, для бездвигательной нагрузки $k = 1$. В случае, когда выбирается автомат, который защищает группу ЭП, присоединенных к СП, то коэффициент запаса берется равным 1,1.

$$I_{\text{ном.то}} \geq 1,2 \cdot I_{\text{пуск}}, \quad (2.17)$$

$$I_{\text{ном.то}} = K_o \cdot I_{\text{расц}}, \quad (2.18)$$

Результаты выбора автоматов для защиты вводов СП представлены в таблице 2.8, а для отдельных ЭП – в таблице 2.9.

Таблица 2.8 – Выбор выключателей

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	К	$I_{ном.то}$, А	Тип автомата	Отключающая способность, $I_{откл}$, кА
ВРУ-1	112,69	123,96	160	160	563,45	676,14	7	1120	ВА-303-3Р-160	36
ВРУ-2	112,69	123,96	160	160	563,45	676,14	7	1120	ВА-303-3Р-160	36
ВРУ-3	112,69	123,96	160	160	563,45	676,14	7	1120	ВА-303-3Р-160	36
ВРУ-4	148,41	158,8	160	160	742,05	890,46	7	1120	ВА-303-3Р-160	36
ВРУ-5	578,98	636,88	800	800	2894,9	3473,88	7	5600	ВА-306-3Р-800	50

Таблица 2.9 – Выбор автоматов для ЭП

№ ЭП	I_p, A	Расчетный ток $1,0-1,25 \cdot I_p, A$	$I_{ном.аэ}, A$	$I_{расц}, A$	$I_{пускэ}, A$	Расчетный ток отсечки, $1,2 \cdot I_{пускэ}$ A	K_o	$I_{ном.тоэ}, A$	Тип автомата	Отключающая спо- собность, $I_{отклэ}, kA$
1	8,55	10,69	16	16	42,75	51,3	7	112	ВА 47-63-1P-16A	10
2	8,55	10,69	16	16	42,75	51,3	7	112	ВА 47-63-1P-16A	10
3	6,82	8,53	10	10	34,1	40,92	7	70	ВА 47-63-1P-10A	10
4	6,82	8,53	10	10	34,1	40,92	7	70	ВА 47-63-1P-10A	10
5	9,6	9,6	10	10	9,6	11,52	3	30	ВА 47-63-1P-10A	10
6	9,6	9,6	10	10	9,6	11,52	3	30	ВА 47-63-1P-10A	10
7	7,68	9,6	10	10	38,4	46,08	7	70	ВА 47-63-1P-10A	10
8	7,68	9,6	10	10	38,4	46,08	7	70	ВА 47-63-1P-10A	10
9	10,23	12,79	16	16	51,15	61,38	7	112	ВА 47-63-1P-16A	10
10	18,99	23,74	25	25	94,95	113,94	7	175	ВА 47-63-3P-25A	10
11	18,99	23,74	25	25	94,95	113,94	7	175	ВА 47-63-3P-25A	10
12	18,99	23,74	25	25	94,95	113,94	7	175	ВА 47-63-3P-25A	10
13	5,05	5,05	6	6	5,05	6,06	3	18	ВА 47-63-1P-6A	10
14	5,05	5,05	6	6	5,05	6,06	3	18	ВА 47-63-1P-6A	10
15	19,95	24,94	25	25	99,75	119,7	7	175	ВА 47-63-3P-25A	10
16	19,95	24,94	25	25	99,75	119,7	7	175	ВА 47-63-3P-25A	10
17	19,95	24,94	25	25	99,75	119,7	7	175	ВА 47-63-3P-25A	10
18	8,55	10,69	16	16	42,75	51,3	7	112	ВА 47-63-1P-16A	10
19	8,55	10,69	16	16	42,75	51,3	7	112	ВА 47-63-1P-16A	10
20	8,55	10,69	16	16	42,75	51,3	7	112	ВА 47-63-1P-16A	10
21	6,82	8,53	10	10	34,1	40,92	7	70	ВА 47-63-1P-10A	10
22	6,82	8,53	10	10	34,1	40,92	7	70	ВА 47-63-1P-10A	10
23	6,82	8,53	10	10	34,1	40,92	7	70	ВА 47-63-1P-10A	10
24	9,6	9,6	10	10	9,6	11,52	3	30	ВА 47-63-3P-10A	10

Окончание таблицы 2.9

№ ЭП	I_p, A	Расчетный ток $1,0-1,25 \cdot I_p, A$	$I_{ном.а}, A$	$I_{расц}, A$	$I_{пуск}, A$	Расчетный ток отсечки, $1,2 \cdot I_{пуск}, A$	K_o	$I_{ном.то}, A$	Тип автомата	Отключающая спо- собность, $I_{откл}, kA$
25	9,6	9,6	10	10	9,6	11,52	3	30	ВА 47-63-3P-10A	10
26	9,6	9,6	10	10	9,6	11,52	3	30	ВА 47-63-3P-10A	10
27	7,68	9,6	10	10	38,4	46,08	7	70	ВА 47-63-1P-10A	10
28	7,68	9,6	10	10	38,4	46,08	7	70	ВА 47-63-1P-10A	10
29	10,23	12,79	16	16	51,15	61,38	7	112	ВА 47-63-1P-16A	10
30	10,23	12,79	16	16	51,15	61,38	7	112	ВА 47-63-1P-16A	10
31	18,99	23,74	25	25	94,95	113,94	7	175	ВА 47-63-3P-25A	10
32	18,99	23,74	25	25	94,95	113,94	7	175	ВА 47-63-3P-25A	10
33	18,99	23,74	25	25	94,95	113,94	7	175	ВА 47-63-3P-25A	10
34	18,99	23,74	25	25	94,95	113,94	7	175	ВА 47-63-3P-25A	10
35	5,05	5,05	6	6	5,05	6,06	3	18	ВА 47-63-1P-6A	10
36	5,05	5,05	6	6	5,05	6,06	3	18	ВА 47-63-1P-6A	10
37	19,95	24,94	25	25	99,75	119,7	7	175	ВА 47-63-3P-25A	10
38	19,95	24,94	25	25	99,75	119,7	7	175	ВА 47-63-3P-25A	10
39	19,95	24,94	25	25	99,75	119,7	7	175	ВА 47-63-3P-25A	10
40	19,95	24,94	25	25	99,75	119,7	7	175	ВА 47-63-3P-25A	10
41	47,48	59,35	63	63	237,4	284,88	7	441	ВА 47-63-3P-63A	15
42	47,48	59,35	63	63	237,4	284,88	7	441	ВА 47-63-1P-16A	15
43	47,48	59,35	63	63	237,4	284,88	7	441	ВА 47-63-1P-16A	15
44	47,48	59,35	63	63	237,4	284,88	7	441	ВА 47-63-1P-16A	15
45	47,48	59,35	63	63	237,4	284,88	7	441	ВА 47-63-1P-16A	15

Сечение кабеля выбирается по нагреву:

$$I_{\text{расч.п}} = \frac{I_p}{k_{\text{п}}}, \quad (2.19)$$

$$I_{\text{доп.КЛ}} \geq I_{\text{расч.п}}, \quad (2.20)$$

То есть ток кабеля, чтобы он не перегревался, должен быть больше расчетного тока присоединения (СП или ЭП). Иначе может возникать эффект старения изоляции, износа проводника в целом за счет термического воздействия проходящего по нему повышенного значения фактического тока.

Также необходимо проверить соответствие сечения КЛ выбранному автоматическому выключателю. Для этого должно выполняться условие соответствия допустимого тока КЛ току теплового расцепителя автомата:

$$I_{\text{доп. КЛ}} \geq I_{\text{расц}} K_{\text{защ}}, \quad (2.21)$$

где $K_{\text{защ}}$ – коэффициент защиты, принимается равным 1.

Выбор сечений КЛ производится сразу же с учетом согласования с токами тепловых расцепителей автоматов представлен в таблицах 2.10-2.11. Если перед кабелем стоит цифра – это означает, что нужно столько кабелей проложить параллельно для одного электроприемника, иначе кабелей большего сечения не выпускают.

Таблица 2.10 – Выбор КЛ для питания ЭП

№ ЭП	Наименование	Марка кабеля	Количество жил x сечение, мм ²	I _{Доп.} КЛ, А	Длина кабеля, м
1	Насос рецирк. К1.2	КГВВнг	3x1,5	19	18
2	Насос рецирк. К1.2	КГВВнг	3x1,5	19	18
3	Насос подпит. К5	КГВВнг	3x1,5	19	8
4	Насос подпит. К5	КГВВнг	3x1,5	19	8
5	Горелка К1	КГВВнг	5x1,5	19	15
6	Горелка К1	КГВВнг	5x1,5	19	18
7	насос ДТ	КГВВнг	3x1,5	19	10
8	насос ДТ	КГВВнг	3x1,5	19	10
9	АВО	КГВВнг	3x1,5	19	16
10	Котловой насос К2	КГВВнг	4x2,5	26	18
11	Котловой насос К2	КГВВнг	4x2,5	26	18
12	Котловой насос К2	КГВВнг	4x2,5	26	18
13	розетка Водоподгот.	КГВВнг	3x1,5	19	25
14	розетка Водоподгот.	КГВВнг	3x1,5	19	25
15	Сетевой насос К4	КГВВнг	4x2,5	26	12
16	Сетевой насос К4	КГВВнг	4x2,5	26	12
17	Сетевой насос К4	КГВВнг	4x2,5	26	12
18	Насос рецирк. К1.2	КГВВнг	3x1,5	19	25
19	Насос рецирк. К1.2	КГВВнг	3x1,5	19	18
20	Насос рецирк. К1.2	КГВВнг	3x1,5	19	18
21	Насос подпит. К5	КГВВнг	3x1,5	19	18
22	Насос подпит. К5	КГВВнг	3x1,5	19	18
23	Насос подпит. К5	КГВВнг	3x1,5	19	18
24	Горелка К1	КГВВнг	5x1,5	19	15
25	Горелка К1	КГВВнг	5x1,5	19	15
26	Горелка К1	КГВВнг	5x1,5	19	21
27	насос ДТ	КГВВнг	3x1,5	19	13
28	насос ДТ	КГВВнг	3x1,5	19	13
29	АВО	КГВВнг	3x1,5	19	5
30	АВО	КГВВнг	3x1,5	19	16
31	Котловой насос К2	КГВВнг	4x2,5	26	18
32	Котловой насос К2	КГВВнг	4x2,5	26	20
33	Котловой насос К2	КГВВнг	4x2,5	26	22
34	Котловой насос К2	КГВВнг	4x2,5	26	24
35	розетка водоподгот.	КГВВнг	3x1,5	19	28
36	розетка водоподгот.	КГВВнг	3x1,5	19	28
37	Сетевой насос К4	КГВВнг	4x2,5	26	25
38	Сетевой насос К4	КГВВнг	4x2,5	26	25
39	Сетевой насос К4	КГВВнг	4x2,5	26	25
40	Сетевой насос К4	КГВВнг	4x2,5	26	25
41	Сетевой насос К10	ВВГнг	4x10	65	10
42	Сетевой насос К10	ВВГнг	4x10	65	10
43	Сетевой насос К10	ВВГнг	4x10	65	8
44	Сетевой насос К10	ВВГнг	4x10	65	8
45	Сетевой насос К10	ВВГнг	4x10	65	10

Таблица 2.11 – Выбор сечений КЛ для питания ВРУ

ВРУ	I _p , А	I _{расц} , А	I _{дл} , А	S, мм ²	Марка	Длина кабеля, м
ВРУ-1-3	112,69	160	165	50	КГВВГнг 4x50	40; 34; 28
ВРУ-4	148,41	160	165	50	КГВВГнг 4x50	22
ВРУ-5	578,98	800	874	(2)x240	2ВВГнг 4x240	100

3 Практическая часть

3.1 Выбор силовых пунктов и прочих электрических устройств

В качестве главного ВРУ-5 применяем НКУ "Сфера-Н" на ток 630 А (таблица 6.6), а в качестве ВРУ-1-4 распределительные пункты типа ПР11-3078-54У3 на ток 160 А [20].

Условие выбора ВРУ:

$$I_{\text{расч ВРУ}} \leq I_{\text{ном ВРУ}}, \quad (3.1)$$

Таблица 3.1 – Выбор ВРУ для блоков №1-5 котельной

Наименование	Расчетный ток, А	Тип СП	Допустимый ток, А	Количество присоединений СП	Фактическое количество присоединений
ВРУ-1-3	112,69	ПР11-3078-54У3	160	24	18
ВРУ-4	148,41	ПР11-3078-54У3	160	24	24
ВРУ-5	578,98	НКУ "Сфера-Н" 80А	630	18	10

Для управления насосами необходимо выбрать шкафы управления насосами котлового контура и сетевыми насосами (ШУН):

ШУН1 - шкаф управления насосами котлового контура в блоках №1-3 (по три насоса К2 на блок);

ШУН2 - шкаф управления сетевыми насосами в блоках №1-3 (по три насоса К4 на блок);

ШУН3 - шкаф управления насосами котлового контура в блоке №4 (4 насоса К2 на блок);

ШУН4 - шкаф управления сетевыми насосами в блоке №4 (4 насоса К4 на блок);

ШУН5 - шкаф управления сетевыми насосами в блоке №5 (5 насосов К10 на блок).

Выбираем 4 шкафа ШУН 1-4 «Дата Автоматика» на ток 63 А с воз-

возможностью управления до 4-х подключаемых насосов и шкаф ШУН «Дата Автоматика» с возможностью управления до 5-ти подключаемых насосов средней мощности, на ток 250 А [21].

Щитки освещения типа ЩРВ-9з-1 У3 IP65 ИЕК ГОСТ 14254-96 выбираем, исходя из количества присоединений и рабочего тока (таблица 3.2) [26].

Таблица 3.2 – Выбор щитка освещения

Обозначение	Ip, А	Тип щитка	Idоп, А	Количество линий щитка
ЩО блоков №1-5	0,79-1,42	ЩРВ-9з-1 У3 IP65 ИЕК	20	9

3.2 Расчет токов короткого замыкания. Проверка оборудования

Составим схему замещения (рисунок 3.1).

Для кабеля КЛ1 марки ВВГнг 4х240 длиной $L_{кл} = 100$ м:

$$R_{л1} = R_{уд.кл} \cdot L_{кл}, \text{ мОм} \quad (3.2)$$

$$R_{л1} = 0,077 \cdot 100 = 7,7 \text{ мОм}$$

$$X_{л1} = X_{уд.кл} \cdot L_{кл}, \text{ мОм} \quad (3.3)$$

$$X_{л1} = 0,0587 \cdot 100 = 5,87 \text{ мОм.}$$

В качестве сопротивления системы будут выступать сопротивления трансформатора типа ТМЗ-250/10 (источник питания, сельская КТП) [12].

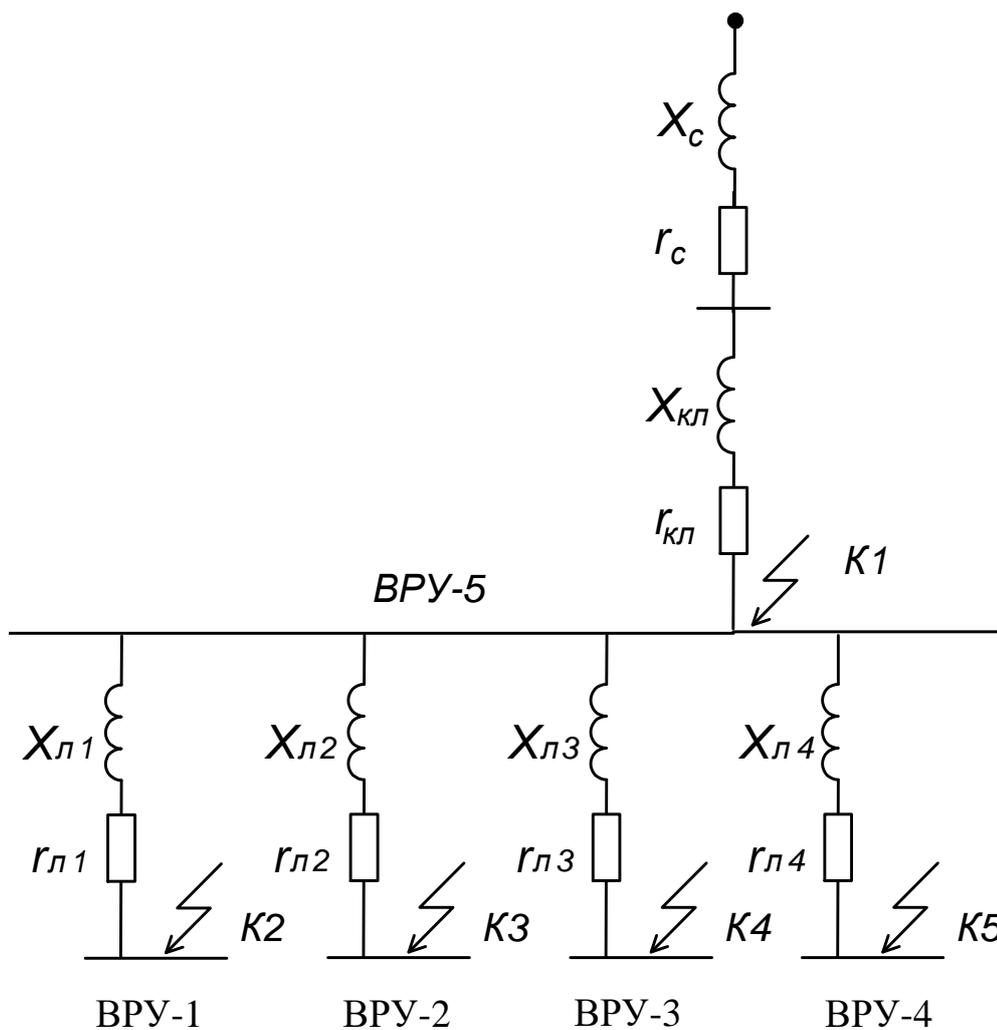


Рисунок 3.1 – Схема замещения тока трехфазного КЗ

Определяем сопротивление трансформатора [12]:

$$r_{mp} = \frac{\Delta P_{к.з.}}{S_{ном.тр.}} \cdot \frac{U_{ном.}^2}{S_{ном.тр.}} \cdot 10^6; \quad (3.4)$$

$$x_{mp} = \sqrt{\left(\frac{U_{к.з.}}{100}\right)^2 - \left(\frac{\Delta P_{к.з.}}{S_{ном.тр.}}\right)^2} \cdot \frac{U_{ном.}^2}{S_{ном.тр.}} \cdot 10^6. \quad (3.5)$$

$$r_{mp} = \frac{3,7}{250} \cdot \frac{0,4^2}{250} \cdot 10^6 = 9,5 \text{ МОм};$$

$$x_{mp} = \sqrt{\left(\frac{4,5}{100}\right)^2 - \left(\frac{3,7}{250}\right)^2} \cdot \frac{0,4^2}{250} \cdot 10^6 = 27,2 \text{ МОм}.$$

$$R_c = r_{тр} = 9,5 \text{ мОм};$$

$$X_c = x_{тр} = 27,2 \text{ мОм}.$$

Рассчитаем результирующее сопротивление и ток КЗ в точке К1:

$$X_{\Sigma} = X_c + X_{Л1}, \quad (3.6)$$

$$X_{\Sigma} = 27,2 + 5,87 = 33,07 \text{ мОм}.$$

$$R_{\Sigma} = R_c + R_{Л1}, \quad (3.7)$$

$$R_{\Sigma} = 9,5 + 7,7 = 17,2 \text{ мОм}.$$

Ток трехфазного КЗ в точке К1:

$$I_{К-1} = \frac{U_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{X_{\Sigma}^2 + R_{\Sigma}^2}}, \quad (3.8)$$

$$I_{К-1} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{33,07^2 + 17,2^2}} = 6,196 \text{ кА}.$$

В расчете учитываем также добавочное сопротивление [12].

Аналогичные расчеты производим для других точек КЗ, результаты расчетов сведем в таблицу 3.3.

Таблица 3.3 – Трехфазный ток КЗ в характерных точках

точка КЗ	R _{сумм} , мОм	X _{сумм} , мОм	R _{уд.кл} , мОм/м	X _{уд.кл} , мОм/м	Л _{кл} , м	R _{л1} , мОм	X _{л1} , мОм	R _{доб} , мОм	R _{сумм} , мОм	X _{сумм} , мОм	I _{к.з} ,кА
К2	17,2	33,07	0,37	0,0625	40	14,800	2,500	20,000	52,000	35,570	3,666
К3	17,2	33,07	0,37	0,0625	34	12,580	2,125	20,000	49,780	35,195	3,788
К4	17,2	33,07	0,37	0,0625	28	10,360	1,750	20,000	47,560	34,820	3,918
К5	17,2	33,07	0,0587	0,077	22	1,291	1,694	20,000	38,491	34,764	4,453

Тока однофазного короткого замыкания:

$$I_{\text{п0}}^{(1)} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ср.Н}}}{\sqrt{(2 \cdot R_{1\Sigma} + R_{0\Sigma})^2 + (2 \cdot X_{1\Sigma} + X_{0\Sigma})^2}}, \text{ кА}, \quad (3.9)$$

где $R_{1\Sigma}$, $X_{1\Sigma}$ – результирующие активное и индуктивное сопротивления прямой последовательности, $R_{0\Sigma}$, $X_{0\Sigma}$ – результирующие активное и индуктивное сопротивления нулевой последовательности.

Сопротивление дуги в точке КЗ r_d принимается равным 30 мОм.

Значения сопротивлений нулевой последовательности:

$$R_{0Л} = R_{\text{фазн}} + 3R_{\text{нул}} \quad (3.10)$$

$$X_{0Л} = X_{\text{фазн}} + 3X_{\text{нул}} \quad (3.11)$$

Сопротивления нулевой последовательности трансформатора [22]:

$$R_{0Т} = 96,5 \text{ мОм};$$

$$X_{0Т} = 234,9 \text{ мОм}.$$

Ток КЗ в точке К1:

$$X_{\Sigma 0С} = X_{0Т} + 3X_{Л1},$$

$$X_{\Sigma 0С} = 234,9 + 3 * 5,87 = 252,51 \text{ мОм}.$$

$$R_{\Sigma 0С} = R_{0Т} + 3R_{Л1},$$

$$R_{\Sigma 0С} = 96,5 + 3 * 7,7 = 119,6 \text{ мОм}.$$

$$I_{K1}^{(1)} = \frac{\sqrt{3} \cdot 400}{\sqrt{(2 \cdot 17,2 + 119,6)^2 + (2 \cdot 33,07 + 252,51)^2}} = 2,862 \text{ кА.}$$

По аналогии с таблицей 3.3 составим таблице 3.4 для расчета токов однофазного КЗ.

Таблица 3.4 – Однофазный ток КЗ в характерных точках

точка КЗ	R _{сум} , мОм	X _{сум} , мОм	R _{уд.кл} , мОм/м	X _{уд.кл} , мОм/м	L _{кл} , м	R _{лі} , мОм	X _{лі} , мОм	R _{дуг} , мОм	R _{сумм} , мОм	X _{сум} , мОм	I _{к.з,кА}
К2	119,6	252,51	1,11	0,1875	40	44,400	7,500	30,000	194,000	260,010	0,712
К3	119,6	252,51	1,11	0,1875	34	37,740	6,375	30,000	187,340	258,885	0,723
К4	119,6	252,51	1,11	0,1875	28	31,080	5,250	30,000	180,680	257,760	0,734
К5	119,6	252,51	0,1761	0,231	22	3,874	5,082	30,000	153,474	257,592	0,770

Проверим выключатели, защищающие кабельные линии напряжением 0,4 кВ. Проверку будем проводить по току КЗ (таблица 3.5):

$$I_{к.з.} \leq I_{пр.откл}, \quad (3.12)$$

где $I_{пр.откл}$ – предельная отключающая способность.

Выбранные автоматы соответствуют условию проверки на отключающую способность.

Произведем проверку чувствительности автоматических выключателей на линиях к однофазным КЗ по условию чувствительности, что показано в таблице 3.6 [22]:

$$\frac{I_{кз}^{(1)}}{I_{рц.ном}} \geq 3. \quad (3.13)$$

Таблица 3.5 – Проверка автоматов на отключающую способность

Щит	Точка к.з.	Ikз, кА	Тип выключателя	Iоткл, кА	$I_{кз} \leq I_{пр.откл}$
ВРУ-5	К1	6,196	ВА-306-3P-800	50	вып.
ВРУ-1	К2	3,666	ВА-303-3P-160	36	вып.
ВРУ-2	К3	3,788	ВА-303-3P-160	36	вып.
ВРУ-3	К4	3,918	ВА-303-3P-160	36	вып.
ВРУ-4	К5	4,453	ВА-303-3P-160	36	вып.

Таблица 3.6 – Проверка чувствительности автоматов к однофазным КЗ

Место установки автомата	Номер точки КЗ	Тип выключателя	$I_{ном.А}, А$	$I_{кз}^{(1)}, кА$	$I_{кз}^{(1)} / I_{рц.ном}$
ВРУ-5	К1	ВА-306-3P-800	800	2,862	3,58
ВРУ-1	К2	ВА-303-3P-160	160	0,712	4,45
ВРУ-2	К3	ВА-303-3P-160	160	0,723	4,52
ВРУ-3	К4	ВА-303-3P-160	160	0,734	4,59
ВРУ-4	К5	ВА-303-3P-160	160	0,770	4,81

Все автоматы с комбинированными расцепителями прошли проверку на чувствительность.

3.3 Расчет затрат на оборудование

Капитальные затраты на электрооборудование для схемы электроснабжения здания котельной складываются из затрат на:

- распределительные щитки и ВРУ;
- кабели, питающие отдельные линии и отдельные щитки;
- коммутационно – защитные аппараты на 0,4 кВ;
- светильники;
- прочие вспомогательные материалы и оборудование.

Стоимость распределительных щитов и ВРУ определяется по [20-21] (таблица 3.7).

Таблица 3.7 – Расчет стоимости силовых пунктов

Щит	Тип	Количество, штук	Стоимость, руб	Всего, руб.
ЩО блоков	ЩРВ-9з-1 УЗ IP65 IEK	5	7400	37000
ВРУ-1-3	ПР11-3078-54УЗ	3	6600	19800
ВРУ-4	ПР11-3078-54УЗ	1	6600	6600
ВРУ-5	НКУ "Сфера-Н" 80А	1	18100	18100
ШУН1-4	ШУН «Дата Автоматика», 63 А, 4 присоединения	4	5800	23200
ШУН5	ШУН «Дата Автоматика», 250 А, 5 присоединений	1	11800	11800
Итого				116500

Стоимость кабельных линий (таблица 3.8) определяется как:

$$K_{\text{кл}} = \sum K_{\text{кли}} \cdot L_i, \quad (3.14)$$

где $K_{\text{кли}}$ – стоимость 1 м кабеля [22], L_i – длина кабеля.

Стоимость автоматов [25-26] (таблица 3.9) и светильников (таблица 3.10).

Таблица 3.8 – Расчет стоимости кабелей

№ п/п	Сечение кабеля	L, м	Цена, руб./м	Стоимость, руб
1	1,5	18	48	864
2	1,5	18	48	864
3	1,5	8	48	384
4	1,5	8	48	384
5	1,5	15	48	720
6	1,5	18	48	864
7	1,5	10	48	480
8	1,5	10	48	480
9	1,5	16	48	768
10	2,5	18	64	1152
11	2,5	18	64	1152
12	2,5	18	64	1152
13	1,5	25	48	1200
14	1,5	25	48	1200
15	2,5	12	64	768
16	2,5	12	64	768
17	2,5	12	64	768
18	1,5	25	48	1200
19	1,5	18	48	864
20	1,5	18	48	864
21	1,5	18	48	864
22	1,5	18	48	864
23	1,5	18	48	864
24	1,5	15	48	720
25	1,5	15	48	720
26	1,5	21	48	1008
27	1,5	13	48	624
28	1,5	13	48	624
29	1,5	5	48	240
30	1,5	16	48	768
31	2,5	18	64	1152
32	2,5	20	64	1280
33	2,5	22	64	1408
34	2,5	24	64	1536
35	1,5	28	48	1344
36	1,5	28	48	1344
37	2,5	25	64	1600
38	2,5	25	64	1600
39	2,5	25	64	1600
40	2,5	25	64	1600
41	10	10	116	1160
42	10	10	116	1160
43	10	8	116	928
44	10	8	116	928
45	10	10	116	1160
Кабели, питающие ВРУ				
ВРУ-1-3	50	40	740	29600
ВРУ-4	50	34	740	25160
ВРУ-5	50	28	740	20720
ВРУ-4	50	22	740	16280
ВРУ-5	(2)x240	100	7120	712000
			Итого	875688

Таблица 3.9 – Стоимость автоматов

Место установки	Тип автомата	Номинальный ток, А	Количество автоматов на присоединение	Цена автомата, руб.	Цена общая, руб.
ВРУ-1	ВА-303-3Р-160	160	2	3600	7200
ВРУ-2	ВА-303-3Р-160	160	2	3600	7200
ВРУ-3	ВА-303-3Р-160	160	2	3600	7200
ВРУ-4	ВА-303-3Р-161	160	2	3600	7200
ВРУ-5	ВА-306-3Р-800	800	2	48000	96000
1	ВА 47-63-1Р-16А	16	3	630	1890
2	ВА 47-63-1Р-16А	16	3	630	1890
3	ВА 47-63-1Р-10А	10	3	630	1890
4	ВА 47-63-1Р-10А	10	3	630	1890
5	ВА 47-63-1Р-10А	10	3	630	1890
6	ВА 47-63-1Р-10А	10	3	630	1890
7	ВА 47-63-1Р-10А	10	3	630	1890
8	ВА 47-63-1Р-10А	10	3	630	1890
9	ВА 47-63-1Р-16А	16	3	630	1890
10	ВА 47-63-3Р-25А	25	3	630	1890
11	ВА 47-63-3Р-25А	25	3	630	1890
12	ВА 47-63-3Р-25А	25	3	630	1890
13	ВА 47-63-1Р-6А	6	3	630	1890
14	ВА 47-63-1Р-6А	6	3	630	1890
15	ВА 47-63-3Р-25А	25	3	630	1890
16	ВА 47-63-3Р-25А	25	3	630	1890
17	ВА 47-63-3Р-25А	25	3	630	1890
18	ВА 47-63-1Р-16А	16	1	630	630
19	ВА 47-63-1Р-16А	16	1	630	630
20	ВА 47-63-1Р-16А	16	1	630	630
21	ВА 47-63-1Р-10А	10	1	630	630
22	ВА 47-63-1Р-10А	10	1	630	630
23	ВА 47-63-1Р-10А	10	1	630	630
24	ВА 47-63-3Р-10А	10	1	630	630
25	ВА 47-63-3Р-10А	10	1	630	630

Окончание таблицы 3.9

Место установки	Тип автомата	Номинальный ток, А	Количество автоматов на присоединение	Цена автомата, руб.	Цена общая, руб.
26	ВА 47-63-3P-10А	10	1	630	630
27	ВА 47-63-1P-10А	10	1	630	630
28	ВА 47-63-1P-10А	10	1	630	630
29	ВА 47-63-1P-16А	16	1	630	630
30	ВА 47-63-1P-16А	16	1	630	630
31	ВА 47-63-3P-25А	25	1	630	630
32	ВА 47-63-3P-25А	25	1	630	630
33	ВА 47-63-3P-25А	25	1	630	630
34	ВА 47-63-3P-25А	25	1	630	630
35	ВА 47-63-1P-6А	6	1	630	630
36	ВА 47-63-1P-6А	6	1	630	630
37	ВА 47-63-3P-25А	25	1	630	630
38	ВА 47-63-3P-25А	25	1	630	630
39	ВА 47-63-3P-25А	25	1	630	630
40	ВА 47-63-3P-25А	25	1	630	630
41	ВА 47-63-3P-63А	63	1	2610	2610
42	ВА 47-63-1P-16А	63	1	2610	2610
43	ВА 47-63-1P-16А	63	1	2610	2610
44	ВА 47-63-1P-16А	63	1	2610	2610
45	ВА 47-63-1P-16А	63	1	2610	2610
ИТОГО					184470

Таблица 3.10 – Стоимость светильников

Тип светильника	Кол-во, шт.	Мощность, Вт	Стоимость единицы, руб.	Всего, руб.
ЛСП3908А IP65	15	2x36	4800	72000
Vipet-N EEx nA IIT5 IP66	17	2x36	14200	241400
Всего				313400

Расчет общей стоимости оборудования:

$$\begin{aligned} K_{\text{ОБЩ}} &= K_{\text{КЛ}} + K_{\text{ВРУ,ЩУН,ЩО}} + K_{\text{АВТОМАТ}} + K_{\text{СВЕТ}} = \\ &= 875,688 + 116,5 + 184,470 + 313,4 = 1490,058 \text{ тыс. руб.} \end{aligned}$$

Затраты на:

– вспомогательные материалы, 10%:

$$0,05 * 1490,058 = 74,503 \text{ тыс. руб.}$$

– транспортировку оборудования и материалов, 20%:

$$0,20 * 1490,058 = 298,012 \text{ тыс. руб.}$$

– монтаж и пуско-наладочные работы, $50+20=70\%$:

$$0,70 * 1490,058 = 1043,041 \text{ тыс. руб.}$$

С учетом затрат на транспортировку, монтаж, пуско-наладочные работы и прочие вспомогательные материалы общая стоимость электрооборудования схемы электроснабжения котельной составит:

$$C_{\text{общ}} = (1490,058 + 74,503 + 298,012 + 1043,041) * 10^{-3} = 2,906 \text{ млн. руб.}$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате работы над ВКР выполнен проект электроснабжения блочно-модульной котельной п. г. т. Мурыгино Кировской области.

В теоретической части представлена характеристика объекта электро-снабжения и требования к системе электроснабжения и электроосвещения.

В аналитической части произведено разбиение электроприемников на группы и расчет нагрузок по силовым пунктам. Произведен выбор конструктивного исполнения и места кабельных линий электропроводки и выбор кабельно-проводниковой продукции и защитных автоматов. Для электроосвещения проведены все необходимые расчеты (светотехнический и электротехнический).

В практической части произведен выбор силовых пунктов и прочих электрических устройств. После проведения всех необходимых расчетов произведена проверка оборудования на действие токов короткого замыкания и на чувствительность к этим токам. После того, как стали известны все марки, количество и другие данные по электропроводке и электрическим аппаратам и установкам, был произведен расчет капиталовложений по укрупненным показателям стоимости с учетом современного уровня цен на электротехническую продукцию.

Практическая значимость исследований обусловлена тем, что предложенные виды электрооборудования и технические решения, касающиеся системы электроснабжения, могут быть использованы для проектирования и реконструкции схем электроснабжения котельных.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Герасименко А. А., Федин В. Т. Передача и распределение электрической энергии: Учебное пособие – Ростов-н/Д.: Феникс; Красноярск: Издательские проекты, 2006. – 341 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.: АООТ ОТК ЗВНИ ПКИ Тяжпромэлектропроект, 1994 (1-я редакция). – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data1/9/9633/> (дата обращения 20.05.2024).
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 20.05.2024).
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 20.05.2024).

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 20.05.2024).

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 20.05.2024).

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. : Энергоаоииздат, 1987. – 368 с. – URL: <http://www.electrolibrary.info/books/fedorov.htm> (дата обращения 20.05.2024).

13. Шеховцов, В. П. Расчет и проектирование схем электроснабжения : Методическое пособие для курсового проектирования. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2010. – 214 с. – URL: <https://docplayer.ru/28024670-V-p-shehovcov-raschet-i-proektirovanie-shemzlekqyusnabzheniya.html> (дата обращения 20.05.2024).

14. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение : Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/456054197> (дата обращения 20.05.2024).

15. Электродвигатели АИР : сайт / Справочная система. – URL: <http://electronpo.ru/production> (дата обращения 20.05.2024).

16. Светотехническая продукция : сайт / Компания «Навигатор». – URL: www.navigator-light.ru (дата обращения 20.05.2024).

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 20.05.2024).

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 20.05.2024).

19. Об установлении единых (котловых) тарифов на услуги по передаче электрической энергии по сетям Республики Хакасия на 2023 год [Электронный ресурс]: Приказ государственного комитета энергетики и тарифного регулирования Республики Хакасия на 2023 год и на период с 2024 по 2027 годы от 28 ноября 2022 года N 15-э. – Режим доступа: <https://www.consultant.ru/law/review/reg/rlaw/rlaw1882022-12-09.html> (дата обращения 20.05.2024).

20. Пункты распределительные НКУ "Сфера-Н : сайт / Каталог. – URL: <https://darsteel.ru/products/punkty-raspredelitelnye/> (дата обращения 20.05.2024).

21. Шкафы управления насосами ШУН [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://data-a.ru/product/shkaf-upravleniya-nasosami/> (дата обращения 20.05.2024).

22. Кабель КГВВнг: сайт / Каталог. – URL: [https://kps.ru/spravochnik/kabeli-silovyye/s-pvx-izolyacziej-gibkij-\(0,66;-1kv\)/kgvvng/](https://kps.ru/spravochnik/kabeli-silovyye/s-pvx-izolyacziej-gibkij-(0,66;-1kv)/kgvvng/) (дата обращения 20.05.2024).

23. Автоматические выключатели : сайт / Каталог. – URL: https://grantek-svet.ru/catalog/avtomaticheskij_vyklyuchatel.php (дата обращения 20.05.2024).

24. Сибикин, Ю.Д. Электроснабжение: Учебное пособие / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. - М.: РадиоСофт, 2013. – 328 с.

25. Хромченко, Г. Е. Проектирование кабельных сетей и проводок / Г. Е. Хромченко, П.И. Анастасиев, Е.З. Бранзбург, А.В. Коляда. – М.: Энергия, 2010. – 397 с.

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

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

«Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

А. С. Торопов
подпись инициалы, фамилия

« 26 » 06 2024г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
код – наименование направления

Электроснабжение блочно-модульной котельной п. г. т. Мурыгино
Кировской области
тема

Руководитель

А. В. Коловский
подпись, дата

доц. каф ЭМ и АТ, к.т.н
должность, ученая степень

А. В. Коловский
инициалы, фамилия

Выпускник

В. Ю. Захаров
подпись, дата

В. Ю. Захаров
инициалы, фамилия

Нормоконтролер

И. А. Кычакова
подпись, дата

И. А. Кычакова
инициалы, фамилия