

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и энергетики
(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»
(наименование)

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Электроснабжение
(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему «Электроснабжение предприятия по выпуску изделий из пластмассы»

Студент

М.А. Абдуллоев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент С.В. Шаповалов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультант

к.п.н., доцент А.В. Кириллова

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2020

Аннотация

Название бакалаврской работы: «Электроснабжение предприятия по выпуску изделий из пластмассы».

Выпускная работа состоит из введения, трех разделов, заключения, таблиц, списка литературы, включая зарубежные источники, и графической части на 6 листах формата А1.

Ключевым вопросом выпускной работы является проектирование системы электрохозяйства предприятия по производству пластмассовых изделий, расчет и подбор трансформаторов, компенсирующих устройств, аппаратов распределения и защиты оборудования, кабельных линий, разработка системы освещения с подбором светильников и силового распределительного оборудования

Целью бакалаврской работы является разработка системы электроснабжения предприятия по выпуску пластмассовых изделий.

Выпускная работа может быть разделена на следующие логически взаимосвязанные части: анализ электрических потребителей; расчет электрических нагрузок; выбор рационального уровня напряжения сети; выбор числа и мощностей трансформаторов; расчет центра нагрузок; расчет силовой сети цеха; расчет осветительной сети цеха; расчет наружной электрической сети; расчёт и выбор проводов и кабелей; анализ различных методов снижения потерь электроэнергии.

Подводя итоги, мы бы хотели подчеркнуть, что данная работа актуальна не только в решении проблемы электроснабжения конкретного производственного предприятия по выпуску пластмассовых изделий, но и другим промышленными предприятиями.

Abstract

The name of the graduation work is «Power supply of the enterprise manufacturing plastic products».

The final work consists of an introduction, three parts, a conclusion, a list of references, including foreign sources, and a graphic part on 6 A1 sheets.

The key issue of the final work is the design of the electrical system of the enterprise for the manufacturing of plastic products, the calculation and selection of transformers, compensating devices, distribution devices and equipment protection, cable lines, the development of a lighting system with the selection of lamps and power distribution equipment.

The aim of senior work is to develop a power supply system for an enterprise manufacturing plastic products.

The graduation work can be divided into the following logically interconnected parts: analysis of electrical consumers; calculation of electrical loads; the choice of a rational level of voltage; selection of the number and capacity of transformers; calculation of the center of load; calculation of the power network of the workshop; calculation of the lighting network of the workshop; calculation of an external electric network; calculation and selection of wires and cables; analysis of various methods to reduce electricity losses.

Summing up, we would like to emphasize that this work is relevant not only in solving the problem of power supply to a specific manufacturing enterprise for the production of plastic products, but also to other industrial enterprises.

Содержание

Введение.....	5
1 Анализ электрических потребителей.....	7
1.1 Исходные данные к проектированию	7
1.2 Анализ электрической части проектируемого предприятия	11
2 Расчет цеховых электрических нагрузок.....	14
2.1 Расчетные нагрузки.....	14
2.2 Выбор числа трансформаторов.....	17
2.3 Выбор распределительных устройств.....	21
2.4 Спецификации оборудования	24
2.5 Изготовление и установка кабельных конструкций.....	31
3 Освещение производственных помещений.....	35
3.1 Общие данные	35
3.2 План осветительной сети.....	38
3.3 Расчет и выбор силового и распределительного оборудования	38
системы освещения	38
3.4 Разработка однолинейных схем осветительной сети	44
3.5 Аварийное освещение.....	444
Заключение	49
Список используемых источников.....	50

Введение

Системы электроснабжения предприятий проектируются с учетом больших мощностей, пусковых токов и реактивного сопротивления промышленного оборудования, а также необходимого времени автономной работы. Основной задачей таких систем является обеспечение непрерывности технологического процесса на предприятии независимо от параметров внешней сети.

Проектирование систем электроснабжения промышленных предприятий - это этап, без которого невозможно реализовать работу по созданию проекта промышленного здания. Конструкция систем электроснабжения особенно сложна. В процессе такой работы важен выбор оптимальных решений, направленных на обеспечение эффективной и безопасной работы такой сети. Только комплексное решение, принятое в соответствии с действующими нормами и стандартами, позволяет реализовывать качественный проект, который обеспечит экономически эффективную и безопасную эксплуатацию электросети предприятия.

Проектирование энергосистем для промышленных предприятий требует серьезного профессионального подхода. Дело в том, что в указанном процессе обычно задействовано более сложное и специальное оборудование. Проектирование систем электроснабжения включает в себя, среди прочего, следующие важные вопросы:

- необходимость бесперебойного электропитания;
- обеспечение высокого уровня безопасности;
- необходимость снижения электрических потерь и возможность их полного контроля.

Проект электроснабжения должен быть выполнен организацией, которая имеет опыт и специальные одобрения для определенного типа работы. Специалисты, занимающиеся проектированием систем электроснабжения промышленного предприятия, должны четко знать все

стандарты и требования, а также действующие стандарты, применимые к данному виду деятельности. В процессе создания конструкторской документации должны учитываться мнения и пожелания специалистов, ответственных за эксплуатацию электроустановок. Такие моменты особо важны при формировании проектной документации, отражающей параметры оборудования, кабельных линий и других важных сетевых элементов.

Процесс проектирования систем электроснабжения довольно сложный. На завершающем этапе работы необходимо получить готовый пакет документов, состоящий из диаграмм, расчетов, графической части и пояснительной записки со ссылками на нормы и стандарты. Создание проекта электроснабжения состоит из нескольких этапов [1]:

- разработка и согласование с заказчиком основных и дополнительных пунктов технического задания;

- предпроектная проверка объекта с целью выявления особенностей и получения исходных данных, разработка предварительной схемы электроснабжения объекта;

- определение состава инженерных изысканий при необходимости;

- формирование комплекта проектной документации;

- оформление рабочей документации;

- разработка исполнительной документации [2].

Целью бакалаврской работы является проектирование электроснабжения предприятия по выпуску пластмассовых изделий.

1 Анализ электрических потребителей

1.1 Исходные данные к проектированию

В основе проекта лежит перепланировка и ремонт бывшего мебельного цеха в предприятие по выпуску пластмассовых изделий (далее ПВПИ).

Перепланировка предусматривает разделение основного помещения ПВПИ на несколько помещений:

- цех изготовления пластмассовых изделий;
- склада готовой продукции, сырья, вторсырья;
- помещения экспедитора;
- погрузочной и разгрузочной камер;
- отделения для мойки и ремонта шнеков, филер и т.п.;
- лаборатория;
- различные помещения санитарно-бытового назначения.

Ремонтные работы предусматривают:

- разборку существующих кирпичных перегородок;
- устройство новых кирпичных перегородок;
- пробивку дверных проёмов;
- замену существующего санитарно-технического оборудования и приборов;
- замену столярных изделий;
- устройство новых бетонных и плиточных полов;
- устройство подвесных потолков в производственных помещениях и пекарне;

- косметический ремонт помещений;

Высота этажей до низа несущих конструкций:

- склада тарного хранения продукции – 7,2 м;
- основного производственного цеха - 3,45 м;
- лаборатория, комната инженера-технолога, раздевалки: 3.15 м;

Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности:

- склад хранения готовой продукции:

класс размещения помещения - В,

категория пожаро-взрывоопасности по ПУЭ - П-II;

- основной производственный цех:

категория помещения - В,

класс пожаро-взрывоопасности по ПУЭ - П-II;

- лаборатория:

категория помещения - В,

класс пожаро-взрывоопасности по ПУЭ - П-IIIа;

Отделка помещений:

Склад тарного хранения продукции, разгрузочная камера:

- пол: бетонный,

- стены: штукатурка по кирпичным стенам и перегородкам,

- потолок: бетонные плиты перекрытия с затиркой швов.

Цех приготовления пластмассовых изделий:

- пол: бетонный с железнением поверхности,

- стены: штукатурка по кирпичным стенам, окраска силикатной краской.

Лаборатория, комната инженера-технолога, гардеробные, комната приема пищи:

- пол: керамическая плитка размером 300x300 мм,

- стены: по кирпичным стенам и перегородкам - штукатурка, по перегородкам из гипсокартона - выравнивание сухими смесями. Отделка стен и перегородок глазурованной плиткой на высоту 1.8 м, выше плитки - клеевая побелка.

- потолки: затирка швов, окраска водоэмульсионной краской.

Погрузочная и разгрузочная камера, склад готовой продукции:

- потолки: подвесной потолок из гипсоволокнистых огнестойких плит на металлическом каркасе

- стены: штукатурка по кирпичным стенам и перегородкам, отделка панелями МДФ; выше панелей клеевая побелка.

- пол: бетонный.

Краткое описание технологического процесса.

Хранение готовой продукции, исходного сырья на складах предусматривается в штабелях на поддонах. Для транспортирования мешков на поддонах при выгрузке с автотранспорта предусматриваются средства малой механизации (электрические погрузчики).

Для загрузки гранулята в производственное оборудование используются ручные тележки с гидравлическим подъемником.

Проектом предусмотрены несколько технологических участков:

- участок производства пластмассовых изделий производительностью 320 килограмм продукции в час;

- участок производства пластмассовых изделий массой до 1,5 кг производительностью 100 изделий в час;

- участок производства пластмассовых изделий массой до 3,0 кг производительностью 150 изделий в час;

- участок переработки вторичного сырья и подготовки из него сырья для производства пластмассовых изделий, включающий в себя грануляторы, англомераторы, дробилки и шредеры. Средняя производительность участка – 100 килограмм в час.

На вторичную переработку поступают такие бытовые отходы как бутылки ПЭТ, пластиковая пленка и целлофановые пакеты, пластиковая посуда и игрушки и т.п. Отходы для вторичной переработки поступают после предварительной обработки, которая включает в себя предварительную сортировку по видам материалов и глубокую очистку от всех видов загрязнений на поверхности (наклейки и этикетки, краска, лак, клей, масляное пятно и т.д). На проектированном предприятии используется

только механический способ переработки, т.к. химический способ дороже и более экологически опасен. Наиболее массово перерабатываются пластиковые бутылки, которые сначала дробятся, затем промываются в растворе каустической соды, потом подвергается сушке высокой температурой. Затем подвергается процессу агломерации, на выходе которого получается готовое сырье для следующей переработки в готовые изделия.

Санитарно-бытовое обслуживание работающих осуществляется в гардеробных, включающих в себя: гардеробы уличной, домашней и спецодежды работающих, душевые, санузлы.

Примерная численность работающих на производстве (минимально необходимая):

а) инженерно-технический персонал и служащие:

- директор – 1 чел.;
- старший мастер – 1 чел.;
- инженер-технолог – 1 чел.;
- заведующая складом – 1 чел.;
- главный бухгалтер – 1 чел.;
- бухгалтер/кассир/операционист – 1 чел.;

б) основные производственные рабочие:

- оператор основного технологического оборудования – 2 чел.;
- укладчик/упаковщик – 1 чел.;

в) подсобно-вспомогательные рабочие:

- слесарь-электрик – 1 чел.;
- наладчик технологического оборудования – 1 чел.;
- грузчик/транспортёрщик – 1 чел.;
- кладовщик – 1 чел.;
- уборщик(ца) бытовых и сантехнических помещений – 1 чел.;
- уборщик(ца) производственных помещений – 1 чел.

Вентиляция и отопление.

Источником теплоснабжения цеха служат два твердотопливных котла мощностью 80 кВт и 58 кВт. Теплоноситель для систем отопления - антифриз DIXIS с параметрами согласно СНиП 2.04.05-86 не выше 110° С.

В производственных и вспомогательных помещениях запроектирована система водяного отопления с местными нагревательными приборами. При расчетах требуемого количества тепла руководствовались внутренними расчетными температурами и относительной влажностью воздуха в помещениях предприятия.

Вентиляция бытовых помещений запроектирована согласно СНиП 2.09.04-87 [7] и СНиП 2.04.05-86 [8].

Вентиляция производственных помещений рассчитана из условия поглощения тепло- и влаговывделений от технологического оборудования, готовой продукции, людей, солнечной радиации и электроосвещения для создания оптимальных метеорологических условий в холодный и теплый периоды года в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 [9].

В помещениях с незначительными тепловыделениями (кладовая сырья, помещение тарного хранения продукции), предусмотрена естественная вытяжная вентиляция в объеме одной кратности. Необходимость очистки наружного воздуха от пыли в системах приточной вентиляции определена согласно СНиП 2.04.05-86.

Воздух, удаляемый общеобменной вентиляцией специальной очистке не подвергается.

1.2 Анализ электрической части проектируемого предприятия

Силовое электрооборудование.

Категория электроприёмников в обеспечении надежности электроснабжения – III.

Потребляемая мощность электроприёмников предприятия (рассчитана во втором разделе): активная расчетная – $P_p=83\text{кВт}$, полная расчетная - $S_p=113,8\text{кВт}$. Расчетный ток - $I_p=171,7\text{А}$.

Питание электроприёмников выполнено по радиальной схеме.

Подключение вводного распределительного устройства цеха выполнено двумя новыми кабелями марки АВБбШв 3x120+1x35 от ТП-69.

В качестве распределительного устройства принят шкаф ШР, который запитан от ВРУ двумя кабелями марки КГ 3x70+1x25.

Питание технологического и вспомогательного электрооборудования цеха выполняется от групповых шкафов РП1 и РП2, которые подключены от ШР кабелями ВВГнг 4x16+1x6 и ВВГнг 4x35+1x16 соответственно.

В качестве питающих, применить медные кабели в оболочке не распространяющей горение.

Через УЗО (Legrand DX Lexic с уставкой 30mA), являющееся самой современной защитой от поражения человека электрическим током, подключить потребителей электроэнергии, с корпусами которых может контактировать человек.

Вентиляционное электрооборудование.

Вытяжная вентиляция.

Вытяжные вентиляторы В1, В4-В6 (см. графическую часть проекта), запитать однофазным напряжением от щита управления вентиляцией РП1.

Приточная вентиляция.

В качестве приточной вентиляции принята комплектная установка "STANDART SU-10", мощностью $P_n=2,66\text{кВт}$. Для управления приточной камерой применяется шкаф (ПУ П1) поставляемый в комплекте и обеспечивающий полную автоматизацию приточной установки.

Заземление.

Тип системы заземления, согласно ГОСТ Р 50571.2-94 ч.3 - TN-C-S [10]. В части сети нулевой рабочий и защитный проводник объединены.

Для защиты от поражения электрическим током металлические части электрооборудования соединить с корпусами РП1, РП2 и ШР и с главным заземляющим зажимом в ВРУ с помощью защитных проводников "РЕ" в качестве которого использовать дополнительную жилу кабеля, сечением равным фазному.

Главный заземляющий зажим соединить с металлическим стояком водопровода металлосвязью (полоса 40x4 - главный провод системы уравнивания потенциалов).

Электроосвещение.

Помещения цеха имеют естественное и искусственное освещение. Освещенность в помещениях цеха принята согласно ВНТП 02-92, СНиП 23.05-95 в системе общего равномерного освещения и составляет для помещения с основным производственным оборудованием - 200лк, складов - 50лк, отделения мойки и ремонта деталей оборудования - 150лк, разгрузочной и погрузочной камер - 100лк.

Производственные помещения оборудуются светодиодными светильниками повышенной пылевлагозащищенности с IP 6. Аварийное освещение запитано непосредственно с ВРУ от щитка аварийного освещения и осуществляется светильниками.

Вывод по разделу 1.

В основе проекта лежит перепланировка и ремонт бывшего мебельного цеха в предприятие по выпуску пластмассовых изделий. Категория электроприёмников в обеспечении надежности электроснабжения – III. Питание электроприёмников выполнено по радиальной схеме. Подключение вводного распределительного устройства цеха выполнено двумя новыми кабелями марки АВБбШв 3x120+1x35 от ТП-69. В качестве распределительного устройства принят шкаф ШР, который запитан от ВРУ двумя кабелями марки КГ 3x70+1x25.

2 Расчет цеховых электрических нагрузок

2.1 Расчетные нагрузки

Расчетная активная нагрузка электроприемников $P_{см}$, кВт, определяется по формуле (1)

$$P_{см} = K_{и} \cdot P_{ном}, \quad (1)$$

где $K_{и}$ - коэффициент спроса соответствующего электроприемника (см. табл. 1 и 2);

$P_{ном}$ - номинальная мощность электроприемников (см. табл. 1 и 2).

Расчетная реактивная мощность электроприемников $Q_{см}$, квар, определяется по формуле (2)

$$Q_{см} = \operatorname{tg}\varphi \cdot P_{см}, \quad (2)$$

где $P_{см}$ – расчетная активная нагрузка соответствующего электроприемника (формула 1);

$\operatorname{tg}\varphi$ – определяется в зависимости от значения $\cos\varphi$ (см. табл. 1 и 2).

Расчетная полная мощность электроприемников S_p , кВА, определяется по формуле (3)

$$S_p = k_{р.м.} \cdot \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \quad (3)$$

где $k_{р.м}$ – коэффициент одновременности максимумов нагрузок отдельных групп электроприемников.

В учебных работах $k_{р.м.}$ можно приближенно принять равным 0,9. Результаты расчета сведем в таблицу 1 для распределительного пункта РП1 и таблицу 2 – для РП2.

Таблица 1 – Расчет электрических нагрузок РП-1

Наименование групп электроприемников	Кол	$P_{н.ед}$	$P_{н.Σ}$	$K_{н}$	$P_{см}$	$\frac{Cos}{tg \varphi}$	$Q_{см}$	N_3	K_p	K_a	P_p	Q_p	S_p	I_p
Трехфазные электроприемники														
Гранулятор №1 мод. D90 PM-90	1	1.8	1.8	0.5	0.9	$\frac{0.75}{0.88}$	0.79	5	1.1	1.5				
Агломератор мод. АГЛ-02	1	1.9	1.9	0.2	0.38	$\frac{0.7}{1.02}$	0.38	5	1.1	1.5				
Дробилка №1 мод. СТДБ-100	1	1.44	1.44	0.6	0.86	$\frac{0.8}{0.75}$	0.64	5	1.1	1.5				
Дробилка №2 мод. СЛП-400	1	2.3	2.3	0.6	1.38	$\frac{0.75}{0.88}$	1.21	5	1.1	1.5				
Гранулятор №2 мод. SJ-140	1	1.25	1.25	0.65	0.81	$\frac{0.85}{0.62}$	0.5	5	1.1	1.5				
Термопластавтомат №3 мод. DKM-50SV	1	1.5	1.5	0.6	0.9	$\frac{0.75}{0.88}$	0.79	5	1.1	1.5				
Выдувная машина мод. TJ-НВ20L	1	6.8	6.8	0.65	4.42	$\frac{0.85}{0.88}$	3.88	5	1.1	1.5				
Конвейер ленточный	1	1.5	1.5	0.5	0.75	$\frac{0.8}{0.75}$	0.56	5	1.1	1.5				
Итого трехфазные электроприемники			18.4 9	0.56	10.4		8.75				11.4	13.12	17.3	26. 4
Однофазные электроприемники														
Машина упаковочная	1	2,1	2,1	0,65	1,36	$\frac{0.65}{0.88}$	1,19	10	1	1,3				
Розетки	1	1,0	1,0	0,3	0,3	$\frac{0.8}{0.75}$	0,22	10	1	1,3				
Сушилка для рук	1	2,2	2,2	0,2	0,44	$\frac{0.7}{1.02}$	0,44	10	1	1,3				
Розетки	1	2,0	2,0	0,3	0,6	$\frac{0.8}{0.75}$	0,45	10	1	1,3				
Насос циркуляционный для системы отопления	2	0,9	1,8	0,95	0,85	$\frac{0.7}{1.02}$	0,86	10	1	1,3				
Вентиляция	4	0,07 6	0,3	0,65	0,19	$\frac{0.85}{0.88}$	0,17	10	1	1,3				
Водонагреватель отопительный	1	3,0	3,0	0,7	2,1	$\frac{0.8}{0.75}$	1,57	10	1	1,3				

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Итого однофазные электроприемники			12,4	0,47	5,84		4,9				5,84	6,61	8,82	40
Итого по РП1			27,98								17,24	19,73	26,12	39,7

Таблица 2 – Расчет электрических нагрузок РП-2

Наименование групп электроприемников	Кол	$P_{н.ед}$	$P_{н.Σ}$	$K_{и}$	$P_{см}$	$\frac{\cos}{\text{tg } \varphi}$	$Q_{см}$	N_3	K_p	K_a	P_p	Q_p	S_p	I_p
Трехфазные электроприемники														
Гранулятор №1 мод. D90 PM-90	1	1.8	1.8	0.5	0.9	$\frac{0.75}{0.88}$	0.79	8	1,1	1,3				
Экструдер мод. СТАНКО-150	2	17,6	35,2	0,5	17,6	$\frac{0.75}{0.88}$	15,5	8	1,1	1,3				
Англомератор мод. АГЛ-02	1	1.9	1.9	0.2	0.38	$\frac{0.7}{1.02}$	0.38	8	1,1	1,3				
Дробилка №1 мод. СТДБ-100	1	1.44	1.44	0.6	0.86	$\frac{0.8}{0.75}$	0.64	8	1,1	1,3				
Термопластавтомат №1 мод. ТВ125Н\310	2	1,4	2,8	0,65	1,82	$\frac{0.8}{0.75}$	1,36	8	1,1	1,3				
Термопластавтомат №2 мод. ТВ125Н\450	1	2,5	2,5	0,65	1,62	$\frac{0.8}{0.75}$	1,21	8	1,1	1,3				
Выдувная машина мод. ТЈ-НВ20L	3	6.8	20,4	0.65	13,2	$\frac{0.85}{0.88}$	11,6	8	1,1	1,3				
Итого трехфазные электроприемники			66,0	0,55	36,38		31,48				40,0	41,55	57,67	87,7
Однофазные электроприемники														
Водонагреватель электрический	2	1,8	3,6	0,7	2,5	$\frac{0.8}{0.75}$	1,87	2	1,1	1,6	2,75	2,17	3,5	16
Итого однофазные электроприемники			3,6	0,7	2,5		1,87				2,75	2,17	3,5	16
Итого по РП2			69,6								42,75	43,72	61,17	93

2.2 Выбор числа трансформаторов

Выбор числа и мощности силовых трансформаторов для понизительных подстанций промышленных предприятий должен быть технически и экономически обоснован, т.к. это оказывает существенное влияние на рациональное построение схем промышленного электроснабжения.

Правильный выбор числа и мощности силовых трансформаторов возможен на основании технико-экономических расчетов с учетом следующих факторов:

- категории надежности электроснабжения потребителей;
- компенсации реактивной мощности на напряжение до 1кВ;
- перегрузочной способности трансформатора в рабочем и аварийном режиме;
- шага стандартных мощностей трансформатора.

Согласно ПУЭ намечается несколько вариантов по числу и мощности трансформаторов. По каждому из этих вариантов проводятся технические и экономические расчеты. Результатом этих расчетов является определение приведенных затрат. Вариант с наименьшими приведенными затратами при прочих равных технических показателях принимается к исполнению.

Так как проектируемый объект относится ко II категории надежности электроснабжения, согласно ПУЭ к расчетам применяются два варианта электроснабжения цеха:

- вариант 1: однитрансформаторная подстанция;
- вариант 2: двухтрансформаторная подстанция.

Рассчитаем однитрансформаторную подстанцию.

Экономическая мощность трансформатора $S_{эк}$, кВА

$$S_{\text{ЭК}} = \frac{S_{\text{пк}}}{K_{\text{зн}} \cdot n}, \quad (4)$$

где n – число трансформаторов, шт;

$K_{\text{зн}}$ – коэффициент загрузки трансформатора в нормальном режиме работы. $K_{\text{зн}} = (0,9 \div 0,95)$ – для однострансформаторной ТП при наличии централизованного резерва трансформаторов. $K_{\text{зн}} = (0,65 \div 0,7)$ – для двухтрансформаторной ТП [10].

$$n_1 = 1; K_{\text{зн}1} = 0,9; S_{\text{ЭК}} = \frac{26,12 + 61,17}{1 \cdot 0,9} = 96,9 \text{ кВА.}$$

Выбирается стандартная мощность трансформатора по условию $S_{\text{ст.}} > S_{\text{ЭК}}$. Для этого варианта подходит трансформатор ТМ 100/0,4 со следующими параметрами: $S_{\text{н.т.}} = 100$ кВА; $U_{\text{вн}} = 6$ кВ; $U_{\text{нн}} = 0,4$ кВ; $\Delta P_{\text{xx}} = 0,305$ кВт; $\Delta P_{\text{кз}} = 2,0$ кВт; $I_{\text{xx}} = 2,6$ %; $U_{\text{кз}} = 4,5$ %.

Действительный коэффициент загрузки трансформатора в нормальном режиме работы $K_{\text{зн}}$

$$K_{\text{зн}} = \frac{S_{\text{п.к.}}}{S_{\text{н.т.}} \cdot n}, \quad (5)$$

$$K_{\text{зн}1} = \frac{87,29}{100 \cdot 1} = 0,87.$$

Действительный коэффициент загрузки трансформаторов двухтрансформаторной подстанции в аварийном режиме $K_{\text{за}}$

$$K_{\text{за}} = \frac{S_{\text{п.к.}}}{S_{\text{н.т.}} \cdot (n - 1)}, \quad (6)$$

$$K_{\text{за}1} = \frac{87,29}{100 \cdot (2 - 1)} = 0,87$$

Приведённые потери короткого замыкания, зависящие от тока нагрузки
 $\Delta P'_{кз}$, кВт

$$\Delta P'_{кз} = K_{зн}^2 \cdot (\Delta P_{кз} + K_{пш} \cdot \frac{U_{кз} \%}{100} \cdot S_{пш}), \quad (7)$$

где $K_{пш}$ – коэффициент приведения потерь; $K_{пш} = 0,07$ кВт/кВАр [11]

$$\Delta P'_{кз1} = 0,87^2 \left(2 + 0,07 \frac{4,5}{100} 100 \right) = 1,83 \text{ кВт}$$

Приведённые потери холостого хода, не зависящие от тока нагрузки
 $\Delta P'_{хх}$, кВт

$$\Delta P'_{хх} = \Delta P_{хх} + K_{пш} \cdot \frac{I_{хх} \%}{100} \cdot S_{пш}, \quad (8)$$

$$\Delta P'_{хх1} = \Delta P'_{хх2} = 0,305 + 0,07 \frac{2,6}{100} 100 = 0,49 \text{ кВт}$$

Время максимальных потерь, зависящее от времени использования максимальной нагрузки и коэффициента мощности после компенсации τ , ч [12]:

$$\tau = f(\cos \varphi_k; T_{max}), \quad (9)$$

где T_{max} – время использования максимума нагрузки; для двухсменных предприятий, $T_{max}=4000$ ч.

$$\tau = f(0,95; 4000) = 1600 \text{ ч.}$$

Потери энергии в трансформаторе, кВт·ч

$$\Delta \mathcal{E}_m = \Delta P'_{кз} \cdot \tau + \Delta P'_{хх} \cdot t \quad (10)$$

где t – время работы трансформатора в течение года, $t=8760$ ч, так как трансформатор не отключен со стороны высокого напряжения весь год [13]

$$\Delta \mathcal{E}_{T1} = 1,83 \cdot 1600 + 0,49 \cdot 8760 = 7220 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

По формулам (11...17) выполним расчет по второму варианту:

$$n_1=2; K_{3H2} = 0,65; S_{\text{эк.}} = \frac{26,12+61,17}{2 \cdot 0,65} = 62,14 \text{ кВА.}$$

Предварительно по второму варианту принимаем ТМ 63/0,4 со следующими параметрами: $S_{\text{н.т.}} = 63 \text{ кВА}$; $U_{\text{вн}} = 6 \text{ кВ}$; $U_{\text{нн}} = 0,4 \text{ кВ}$; $\Delta P_{\text{xx}} = 0,305 \text{ кВт}$; $\Delta P_{\text{кз}} = 2,0 \text{ кВт}$; $I_{\text{xx}} = 2,6 \%$; $U_{\text{кз}} = 4,5 \%$.

$$K_{3a2} = \frac{62,14}{63 \cdot (2-1)} = 0,986;$$

$$\Delta P_{\text{кз2}} = 0,986^2 \left(2 + 0,07 \frac{4,5}{100} 63 \right) = 1,59 \text{ кВт};$$

$$\Delta \mathcal{E}_{T2} = 1,59 \cdot 1600 + 0,49 \cdot 8760 = 6834 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Окончательный выбор числа и мощности трансформаторов производится после экономического расчета.

В результате, предварительно к исполнению принимается вариант цеховой подстанции с установкой в нем двух трансформаторов ТМ 63 /0,4. Трансформатор силовой, масляный, общего применения, трехфазный, с первичной и вторичной обмотками, понижающий предназначен для питания общепромышленного электротехнического оборудования, станков, промышленных механизмов. Охлаждение обмоток происходит за счет естественной циркуляции масла между обмотками, стенками бака и внешними радиаторами. Схема и группа соединений – У/Ун-0, Д/Ун-11. Данный тип трансформаторов предназначен для установки как в помещении, так и на открытом воздухе. Температурный рабочий диапазон – от минус 45 градусов Цельсия до +40 градусов Цельсия. Масса одного трансформатора 377 кг. Относительная влажность воздуха, при которой допускается его эксплуатация – не более 80% при температуре +25 градусов Цельсия.

2.3 Выбор распределительных устройств

Сводная таблица электрических нагрузок распределительных шкафов для трехфазных электроприемников приведена в таблице 3.

Таблица 3- Сводная таблица электрических нагрузок распределительных шкафов для трехфазных электроприемников

Наименование групп электроприемников	Pp, кВт	Qp, квар	Sp, кВА	Ip, А
РП1	17,24	19,73	26,12	39,7
РП2	42,75	43,72	61,17	93,0
ЩО1	2,43	-	2,7	4,1
ЩО2	3,67	-	4,59	6,2
ЩО3	8,35	-	9,27	14,10
П-1	1,73	-	2,3	3,5
Итого	76,17	-	106,1	160,6
ЩОав	6,9	-	7,7	11,7
Итого с ЩОав	83,0	63,45	113,8	171,7

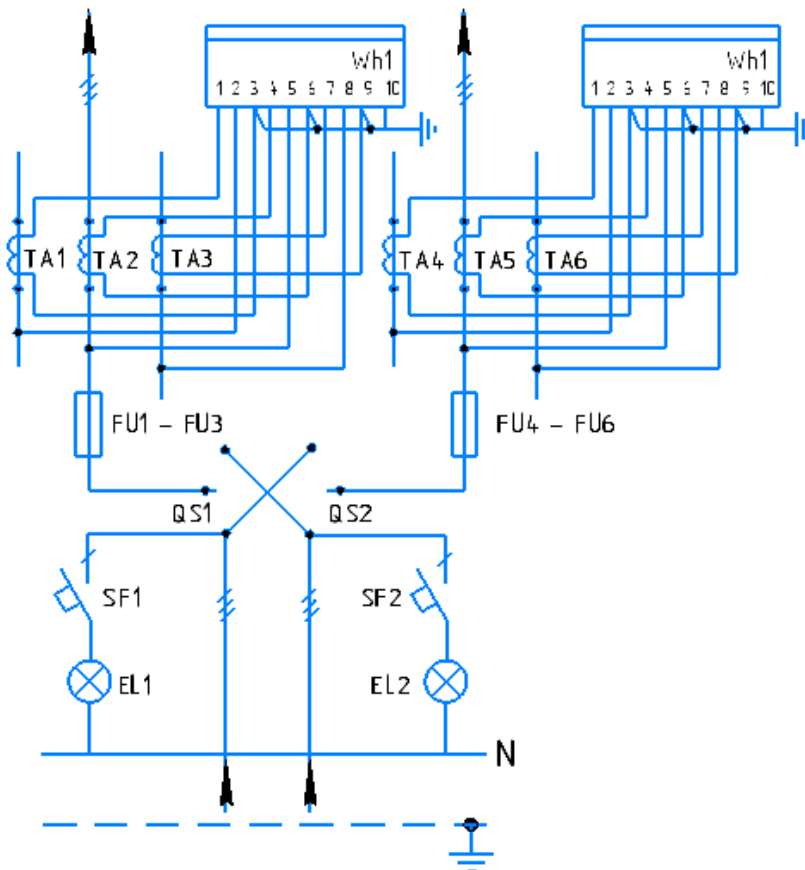
Выбрал устройство вводно-распределительное (вводная панель) серии ВРУ-3.

Электрическая схема вводной панели ВРУ-3-10, для двух вводов на 250 А и учетом электроэнергии на двух вводах показана на рисунке 1.

Дополнительно к базовой комплектации для нашего предприятия требуется установить в ВРУ:

- автоматические выключатели трёхполюсные типа ДЭК, ИЭК, УЗОЛА, In=63А-1шт, 50а-1шт, 32А -3шт, 16А-1шт, 6А-2шт;

- автоматические выключатели однополюсные типа ДЭК, ИЭК, УЗОЛА, In=2А - 1шт.



Wh1, Wh2 – счетчики электроэнергии СА4У-И672М 380/220,5 А; ТА1-ТА6 - трансформаторы тока Т-0,66-5-0,5-200/5 УЗ; FU1-FU6 – предохранители ПН2-250-10 УЗ; QS1, QS2 - врубные выключатели ВР32-35В71250-32 УХЛЗ; SF1, SF2 - автоматические выключатели Legrand DX; EL1, EL2 лампы В215-225-25

Рисунок 1- Электрическая схема вводной панели ВРУ-3-10

Для силовых распределительных пунктов выбрал шкаф переменного тока навесного исполнения, с выключателем ввода ВА 88-35 на ток 250 А с трехполосными выключателями распределения с номинальными токами тепловых максимальных расцепителей Legrand DX 125А-2шт, 63А-1шт, 32А-4шт, 10А-1шт. Степень защиты IP31, напряжение сети 380В. С вольтметром кл. 2,5, 300В типа ПР11-3068УХЛ4 ТУ16-93 ИГПН.656365.078ТУ (см. рисунок 2).

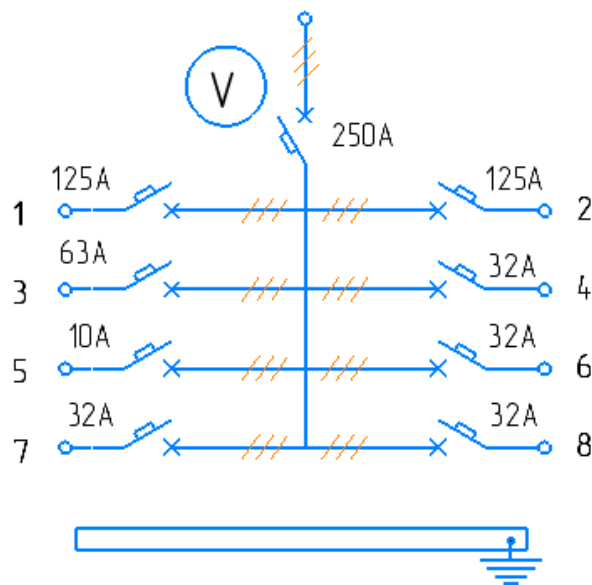


Рисунок 2- Типовая схема расположения в шкафу ПР11-3068 фидерных выключателей

Основные технические характеристики ПР11-3068 приведены в таблице 4 и 5.

Таблица 4- Основные технические характеристики ПР11-3068

Наименование	Величина	Примечание
1	2	3
Номинальный ток шкафа, А	630	
Номинальное напряжение шкафа, В	380	
Габарит корпуса	3	
Габарит N и PE	2	
Габарит силовых шин	3	
Вольтметр	ЭЗ77 кл.2,5; 400В	
Количество автоматических воздушных выключателей на вводе	1	
Тип автоматических воздушных выключателей на вводе	ВА 88-35 In=250А	

Таблица 5 – Данные о автоматических выключателях на фидерах ПР11-3068

Номер фидера (см. рисунок 2)	Тип автомата	Номинальный ток автомата, А	Примечание
1	2	3	4
1	Legrand DX	125	Возможна замена на аналогичные автоматы
2	Legrand DX	125	
3	Legrand DX	63	
4	Legrand DX	32	
5	Legrand DX	10	
6	Legrand DX	32	
7	Legrand DX	32	
8	Legrand DX	32	

2.4 Спецификации оборудования

Спецификация электроустановочных изделий приведена в таблице 6

Таблица 6 – Спецификация электроустановочных изделий

Наименование и техническая характеристика	Тип, марка	Завод-изготовитель	Единица изм.	Кол-во	Примечание
1	2	3	4	5	6
Розетка штепсельная для скрытой проводки двухполюсная сдвоенная с заземляющим контактом на номинальный ток 16А	Wessen	Wessen	шт.	25	-
Розетка штепсельная для открытой проводки двухполюсная сдвоенная с заземляющим контактом влагозащищенная на номинальный ток 16А	Wessen	Wessen	шт.	23	-

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5	6
Розетка силовая, стационарная пяти контактная для открытой проводки на номинальный ток 16А, IP44, Uн=380В	Модель 115 арт. PSR12-016-5	iEK	шт.	21	-
Вилка силовая, стационарная пяти контактная на номинальный ток 16А, IP44, Uн=380В	Модель 515 арт. PSR52-016-5	iEK	шт.	21	-
Выключатель одноклавишный для открытой проводки влагозащищенный на номинальный ток 10 А	Wessen	Wessen	шт.	44	-
Коробка ответвительная для скрытой проводки	-	-	шт.	67	-

Соединение электроприемников с выбранными кабелями, линиями и проводами сведено в таблицу 7

Таблица 7 - Таблица соединений

Мар-ки-ровка	Трасса			Дли-на, м	Тип кабе-ля	Со-дер-жание кабе-ля	Проход через			
	№ обору-дован-ия по плану	Конеч	Нача-ло				Стальные трубы			Пере-ход-ные короб-ки
							Мар-ровка	Услов-ный прохो-д, мм	Дли-на, м	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1М		ВРУ 1 сш	ТП-69 РУ	50	АВБб Шв	А, В, С,				

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
			0,4 кВ		3x120 +1x35	PEN				
2М		ВРУ 2 сш	ТП-69 РУ 0,4 кВ	50	АВБ6 ШВ 3x120 +1x35	А, В, С, PEN				
3М		ШР (ввод)	ВРУ 1 сш	3	КГ3x7 0+1x25	А, В, С, PEN				
4М		ШР (ввод)	ВРУ 2 сш	3	КГ3x7 0+1x25	А, В, С, PEN				
5М		РП1 (ввод)	ШР ф.1	35	ВВГн г5x16	А, В, С, PEN				
6М		РП2 (ввод)	ШР ф.2	45	ВВГн г5x35	А,В,С PEN,N				
8М		ПУ П-1	ШР ф.5	4	ВВГн г5x2,5	А,В,С PEN,N				
1Н	11	Термо пласт автом ат№2- 77	РП-2 ф.13	30	ВВГн г5x2,5	А,В,С PEN,N		25	3.0	
2Н	10	Термо пласт автом ат№1- 216	РП-2 ф.11	23	ВВГн г5x2,5	А,В,С PEN,N		25	3.0	
3Н	10-1	Термо пласт автом ат№1- 216	РП-2 ф.12	25	ВВГн г5x2,5	А,В,С PEN,N		25	3.0	

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4Н	9	Гранулятор №2-ТМ	РП-2 ф.8	12	ВВГн г5х2,5	А,В,С PEN,N		25	9.0	
5Н	9-1	Гранулятор №2-ТМ	РП-2 ф.9	12	ВВГн г5х2,5	А,В,С PEN,N		25	7.5	
6Н	9-2	Гранулятор №2-ТМ	РП-2 ф.10	12	ВВГн г5х2,5	А,В,С PEN,N		25	7.5	
7Н	7	Дробилка №1-ТД2	РП-2 ф.7	14	ВВГн г5х1,5	А,В,С PEN,N		25	10.0	
8Н	3	Дробилка №1-ДО4	РП-2 ф.6	14	ВВГн г5х1,5	А,В,С PEN,N		25	11.0	
9Н	13	Водонагреватель накопительный	РП-2 ф.4	14	ВВГн г5х2,5	А, РЕ,N				
10Н	13-1	Водонагреватель накопительный	РП-2 ф.5	14	ВВГн г5х2,5	В,РЕ, N				

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
11Н	2-1	Экстр удер	РП-2 ф.3	20	ВВГн г5х10	А,В,С PEN,N		25	2.0	
12Н	2	Экстр удер	РП-2 ф.2	18	ВВГн г5х10	А,В,С PEN,N		25	2.0	
13Н	1-1	Грану лятор №1	РП-2 ф.1	25	ВВГн г5х1,5	А,В,С PEN,N		25	2.0	
14Н	1	Грану лятор №1	РП-1 ф.1	12	ВВГн г5х1,5	А,В,С PEN,N		25	10.0	
15Н	3-1	Англо мерат ор	РП-1 ф.2	7	ВВГн г5х1,5	А,В,С PEN,N		25	4.0	
16Н	4-1	Дроб илка №2	РП-1 ф.3	7	ВВГн г5х1,5	А,В,С PEN,N		25	4.0	
17Н	4	Грану лятор №2	РП-1 ф.4	10	ВВГн г5х4	А,В,С PEN,N		25	6.5	
18Н	5	Дроб илка №2	Грану лятор №2	2,5	ВВГн г5х1,5	А,В,С PEN,N		25	5.0	
19Н	7	Термо пласт автом ат №3	Грану лятор №2	4	ВВГн г5х1,5	А,В,С PEN,N		25	3.0	
20Н	9-3	Выду вная маши на	РП-1 ф.5	23	ВВГн г5х2,5	А,В,С PEN,N		25	3.0	

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
21Н	14	Упаковочная машина	РП-1 ф.7	35	ВВГн г5х1,5	А,РЕ, N		25	4.0	
22Н	6	Конвейер ленточный	РП-1 ф.6	55	ВВГн г5х1,5	А,В,С РЕN,N				
23Н	1РШ3 1РШ4 1РШ5	Линия розеток	РП-1 ф.10	42	ВВГн г3х2,5	С РЕ, N				
24Н	1РШ1 1РШ2	Линия розеток	РП-1 ф.8	30	ВВГн г3х2,5	С РЕ, N				
25Н	15	Сушилка для рук	РП-1 ф.9	25	ВВГн г3х2,5	В,РЕ,N				
26Н	16-1	Насос циркуляционный для отопления	РП-1 ф.12	23	ВВГн г3х1,5	А, РЕ,N				
27Н	16	Насос циркуляционный для отопления	РП-1 ф.11	20	ВВГн г3х1,5	А, РЕ,N				

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
28Н		ЭД П-1	ПУ П1	15	ВВГн г4х1,5	А,В,С РЕ				
29Н		Элект ропри вод шибе ра П-1	ПУ П1	15	ВВГн г3х1,5	А, РЕ, N				
30Н	В-1	Венти лятор В-1	РП-1 ф.14	50	ВВГн г3х1,5	А, РЕ,N				
31Н	В-5	КК	РП-1 ф.15	25	ВВГн г3х1,5	В РЕ, N				
32Н	В-5	Венти лятор В-5	КК	12	ВВГн г3х1,5	В РЕ, N				
33Н	В-6	Венти лятор В-6	КК	4	ВВГн г3х1,5	В РЕ, N				
34Н	В-4	Венти лятор В-4	РП-1 ф.13	35	ВВГн г3х1,5	С РЕ, N				
35Н	13-2	ВЫод онагр евате ль накоп итель ный	РП-1 ф.17	50	ВВГн г3х1,6	С РЕ, N				

2.5 Изготовление и установка кабельных конструкций

На проектируемом предприятии для прокладки кабелей рекомендуется применять кабельные конструкции в соответствии с таблицей 8

Таблица 8 – Кабельные конструкции

Обозначение на рисунке 3	Наименование	Количество	Примечание
1	Стойка кабельная К1150 (а ₃)	20	См. рисунок 4
2	Полка кабельная К1160	40	
3	Конструкция типа а ₂	160	См. рисунок 5
4	Конструкция типа а ₁	55	См. рисунок 6

1. Кабельные конструкции типа а₁:

Изготовить из стальной полосы 40х4

Приварить к стальному уголку 40х40х4 с шагом 500 мм, проложенному вдоль цеха на высоте 4м, приваренному к фермам.

Расход металла на одну конструкцию:

а) Стальная полоса 40х4- 600 мм (0,75 кг)

Полоса 40х4 для связи конструкций между собой - 80 м.

2. Кабельные конструкции типа а₂:

Изготовить из стальной полосы 40х4.

Крепить к стене саморезами с шагом 500 мм на высоте 3,5м.

Все конструкции должны иметь электрическую связь друг с другом, т.е. соединены между собой стальной полосой.

Расход металла на одну конструкцию:

а) Стальная полоса 40x4 - 350мм (0,44 кг)

б) Уголок стальной 40x40x4 - 25 м (60 кг)

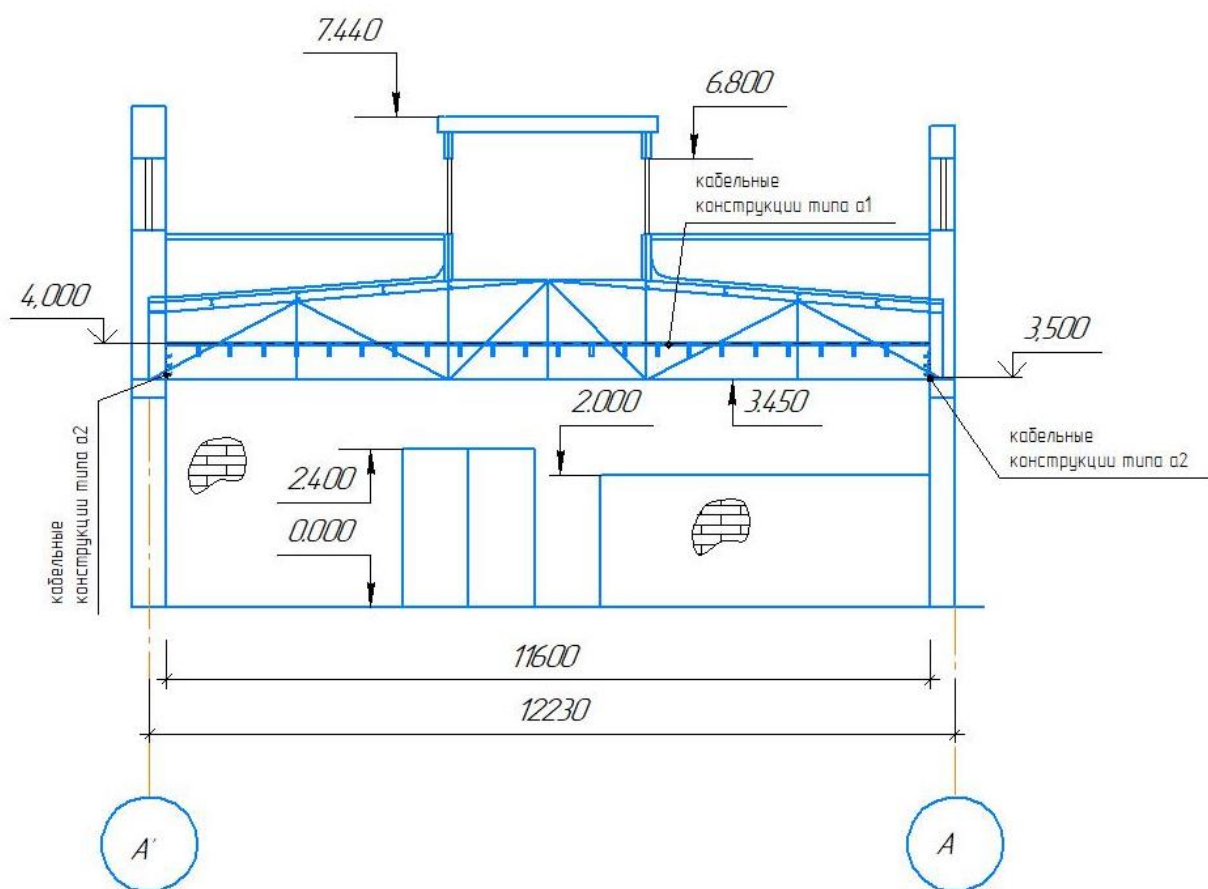


Рисунок 3- Места прокладки кабельных линий

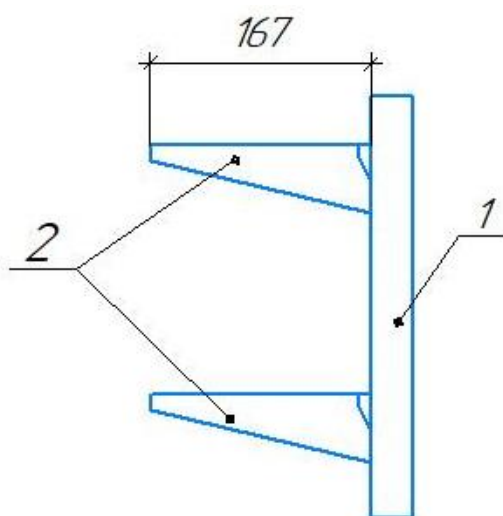


Рисунок 4 - Стойка кабельная К1150

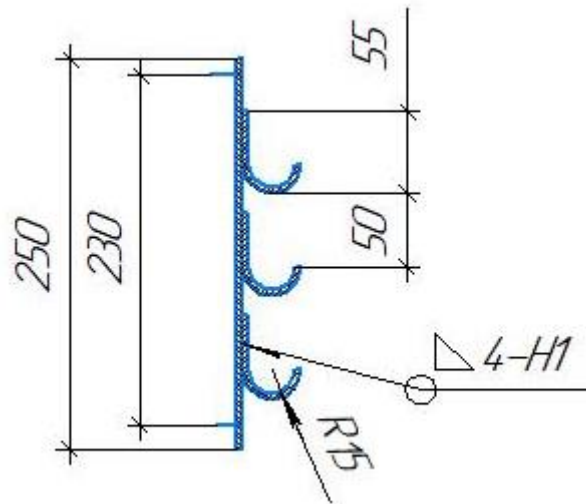


Рисунок 5 – Конструкции типа а₂

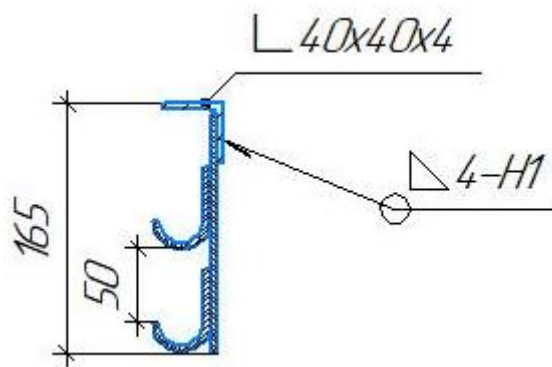


Рисунок 6 – Конструкция типа а₁

3. Кабельные конструкции типа а₃:

Использовать стандартные комплекты для прокладки кабелей, на базе кабельных полок К1160, и кабельных стоек К1150 (ТУ 36-1495-85).

Стойки приварить, на высоте не менее 2м с шагом 800 мм, к стальной полосе 40х4, проложенной по проектируемой трассе.

Расход металла:

а) Стальная полоса 40х4- 20м (13,5 кг).

Выводы по разделу 2.

В ходе формирования данного раздела были выполнены расчеты электроснабжения, в том числе расчет электрических нагрузок цеха.

Расчет показал следующую мощность электропотребителей и протекающий ток:

- $P_p=83\text{кВт}$,

- $S_p=113,8\text{кВт}$,

- $I_p=171,7\text{А}$.

Категория электроприемников помещений предприятия по надежности электроснабжения – III согласно ПУЭ-7. Выбрана система токоведущих проводников помещений - трехфазная пятипроводная, тип системы заземления - TN-C-S. Электроснабжение помещений осуществляется от вводно-распределительного устройства ВРУЗ-10 через распределительный шкаф ПР11-3068, расположенные в электрощитовой. Выбрана радиальная схема электроснабжения. Подача энергии осуществляется по кабелями марки АВББШв 3x120+1x35.

3 Освещение производственных помещений

3.1 Общие данные

Достаточная освещённость рабочей поверхности – это необходимое условие для обеспечения нормальной работы человека и высокой производительностью труда.

Основными электроприёмниками цеха являются вентиляторы и станки. Работа со станками относится к работам высокой точности – разряд Шв.

Освещённость от общего освещения в системе комбинированного – 300 лк.

Также в цехе предусмотрена система аварийного освещения. Наименьшая освещённость рабочих поверхностей производственных помещений к территории предприятий, требующих обслуживания при аварийном режиме, должна составить 5 – 10 % от освещённости рабочего освещения при системе общего освещения

Для проектируемого цеха принимаем равномерную систему освещения.

Расчёт мощности ведём методом «удельных мощностей». Суть этого метода в том, что установленная мощность светильников зависит от нормируемой освещённости цеха, высоты подвеса светильника, площади освещаемой поверхности, коэффициентов отражения потолка, рабочей поверхности и стен.

Освещение в цехе производим светильниками типов ЛСП 02 2x80 Вт, Удельная мощность осветительной нагрузки для механического цеха (W) $P_{уд} = 16 \text{ Вт/м}^2$. Площадь цеха (S): 1314 м^2 .

В каждой точке устанавливаем по 2 светильника.

Высота подвеса светильников:

$$H_{п} = h_{ц} - h_{с}, \quad (11)$$

где $h_{\text{ц}}$ – высота цеха, м;

$h_{\text{с}} = 0,3$ м – расстояние от светильника до перекрытия (свес).

$H_{\text{п}} = 6 - 0,3 = 5,7$ м.

Расчетная высота:

$$h = H_{\text{п}} - h_{\text{р}}, \quad (12)$$

где $h_{\text{р}}$ – высота рабочей поверхности над полом, м.

$$h = 5,7 - 0,8 = 4,9 \text{ м.}$$

Отношение потока, падающего на освещаемую поверхность ко всему потоку ламп, называется коэффициентом использования η . Зависимость η от площади помещения, высоты и формы учитывается индексом помещения i .

Для удобства произведем отдельно расчет количества ламп для левой части цеха (длиной L_1 и шириной a) и для его правой части. Площади соответствующих помещений:

Индекс помещений определяется по формуле:

$$i = \frac{S_{\text{ц}}}{h \cdot (A + B)}. \quad (13)$$

где $S_{\text{ц}}$ – площадь помещения, м²;

A – длина помещения, м;

B – ширина помещения, м.

$$i_1 = \frac{66 \cdot 9}{4,9 \cdot (66 + 9)} = 1,61$$

$$i_2 = \frac{80 \cdot 9}{4,9 \cdot (80 + 9)} = 1,65$$

Определяем световой поток одной лампы:

$$\Phi_{л} = \frac{E_{\min} \cdot S_{ц} \cdot \kappa_{з} \cdot Z}{\eta \cdot n}, \quad (14)$$

где коэффициент Z , характеризующий неравномерность освещения, можно принять равным 1,1 для люминесцентных ламп;

E_{\min} – минимальная освещенность;

$\kappa_{з}$ – коэффициент запаса;

η - коэффициент использования, $\eta_1 = \eta_2 = 0,63$.

$$\Phi_{л} = \frac{300 \cdot 1314 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{0,63 \cdot 160} = 6453 \text{ лм}$$

Выбираем светильники ЛСП 02 2x80 Вт, у которых стандартный световой поток равен:

$$\Phi_{л.ст} = 8000 \text{ лм}$$

Количество светильников в цехе:

$$n = \frac{E_{ср.ф} \cdot S_{ц} \cdot \kappa_{з} \cdot Z}{\eta \cdot \Phi_{л} \cdot N}, \quad (15)$$

$$n = \frac{300 \cdot 1314 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{0,63 \cdot 8000 \cdot 2} = 64$$

Окончательно принимаем 64 светильника, и соответственно 128 ламп.

Освещенность в помещениях пекарни принята согласно СНиП 23.05-95 в системе общего равномерного освещения.

Расчетная мощность рабочего освещения $P_p = 14,45$ Вт, аварийного - $P_p = 6,93$ кВт.

Щиты осветительные ЩО 2 и ЩО 3 установить в цехе пластмассовых изделий. Рабочее освещение запитать:

- от ЩО 1 - для помещений 9-30;
- от ЩО 2 - для отделения мойки и ремонта шгнеков, фильер, склада готовой продукции, погрузочной камеры, помещения экспедитора;
- от ЩО 3 - для цеха пластмассовых изделий, склада гранулята, разгрузочной камеры, теплоцентра.

Групповые линии освещения проложить кабелем ВВГ-3х1,5:

- в помещениях 1,2,3,4,5 - за подвесным потолком (кабель закрепить на скобах к существующим металлическим конструкциям);
- в душевых скрыто в штукатуренных бороздах;
- в остальных помещениях - открыто в гибком металлическом рукаве, закрепленным по стенам и потолку на скобах.

Для освещения производственных помещений применить люминесцентные светильники с противоударным стеклом (IP65), для душевых - термостойкие светильники с решеткой IP54.

Выключатели установить на высоте 1,7м от пола.

Аварийное освещение запитано непосредственно от ВРУ, находящегося в электрощитовой, через щиток аварийного освещения.

Световые указатели "Выход" смонтировать совместно с пожарной сигнализацией по отдельному проекту. Монтаж осветительной сети выполнить в соответствии с действующими нормативными документами.

3.2 План осветительной сети

Расположение светильников, их тип и наименование представлены на рисунке 7 для производственного помещения и на рисунке 8 для бытовых помещений.

3.3 Расчет и выбор силового и распределительного оборудования системы освещения

Коэффициент использования $K_{И} = 0,9$. Коэффициент расчетной нагрузки $K_{р} = 1$, $\cos\varphi = 0,9$. Мощность

$$P_{\text{потр.осв.}} = n \cdot P_n \cdot K_{И} \cdot K_{р}, \quad (16)$$

$$P_{\text{потр.осв.}} = 128 \cdot 0,08 \cdot 0,9 \cdot 1 = 9,22 \text{ Вт.}$$

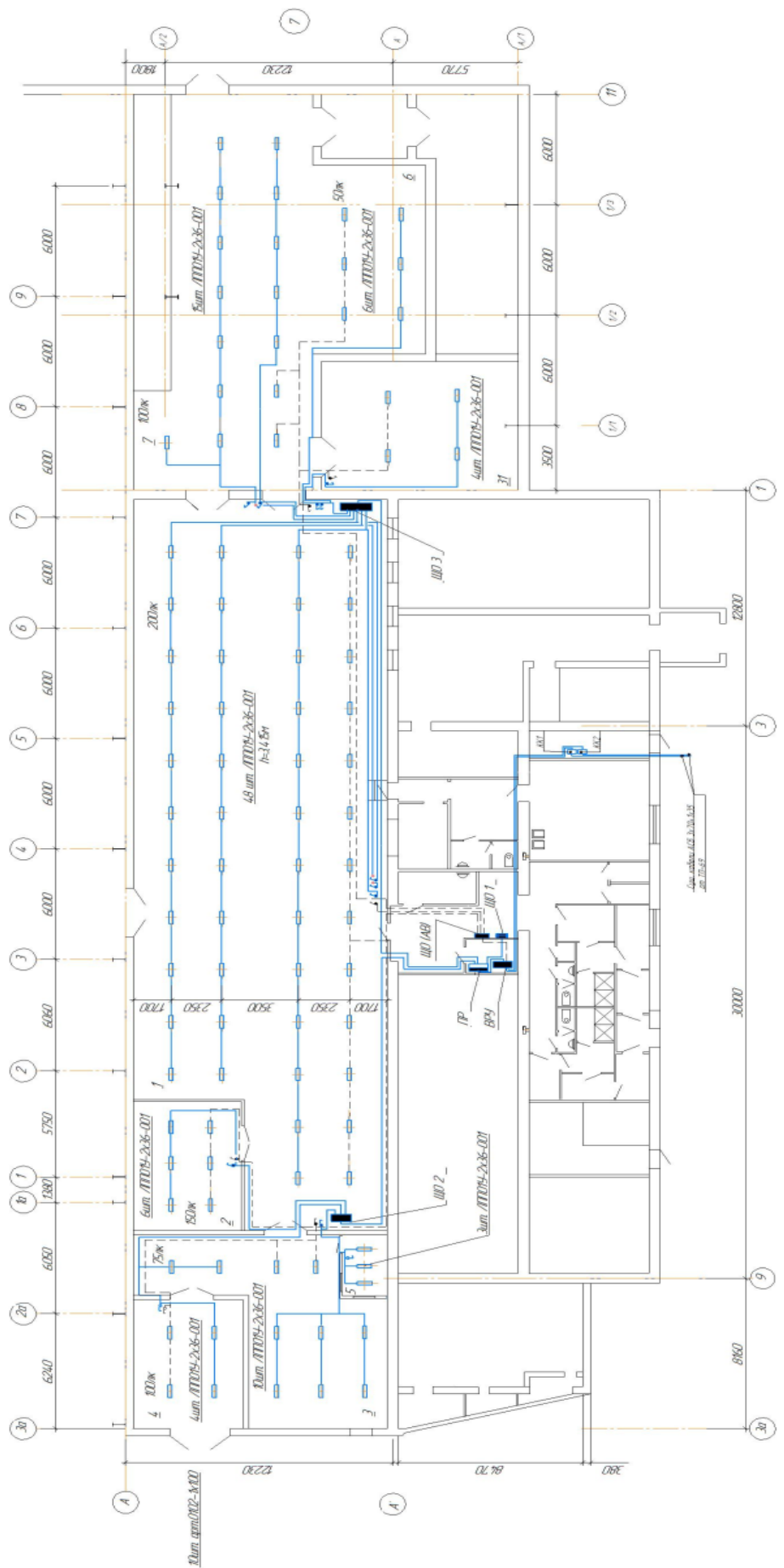


Рисунок 7- План осветительной сети производственных помещений

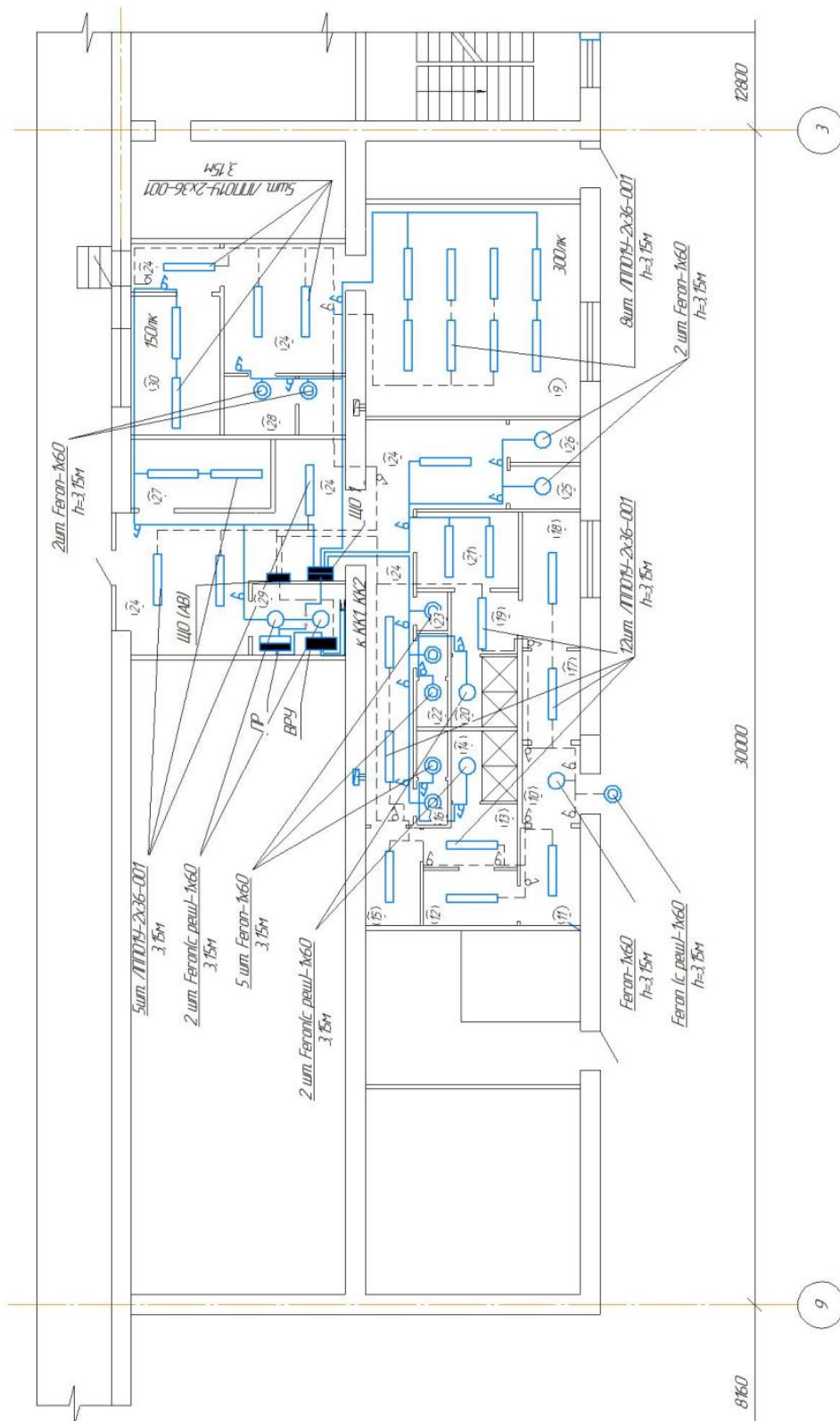


Рисунок 8- План осветительной сети бытовых помещений (фрагмент плана)

$$\operatorname{tg} \varphi = \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \varphi} - 1} \quad (17)$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \sqrt{\frac{1}{0,9^2} - 1} = 0,48$$

$$Q_{\text{порт.лсв.}} = P_{\text{потр.осв.}} \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (18)$$

$$Q_{\text{потр.осв.}} = 9,22 \cdot 0,48 = 4,43 \text{ ВАр}$$

Условие выбора сечения кабелей имеет вид:

$$I_P < I_{\text{д.д}}, \quad (19)$$

где I_P – расчётный ток, А;

$I_{\text{д.д}}$ – допустимая длительная токовая нагрузка на кабель. Так как литейный цех относится к помещениям со средой опасной по коррозии, то

$$I_{\text{д.д}} = 0,9 I_{\text{н.д}}, \quad (20)$$

где $I_{\text{н.д}}$ – длительно допустимый ток для кабелей при нормальных условиях прокладки.

Выбираем кабель, питающий щиток рабочего освещения основного помещения механического цеха.

Расчётная нагрузка внутреннего освещения здания P_P определяется по установленной мощности освещения P_Y и коэффициенту спроса k_C :

$$P_P = P_Y \cdot k_C, \quad (21)$$

Установленная мощность P_Y определяется суммированием мощности ламп всех стационарных светильников, при этом для учёта потерь в пускорегулирующих аппаратах ламп умножаем на 1.1:

$$P_y = n \cdot P_{\text{л}} \cdot 1,1, \quad (22)$$

где n – количество ламп, шт.;

$P_{\text{л}}$ – номинальная мощность лампы, Вт.

$$k_c = 0,95,$$

$$P_y = 128 \cdot 80 \cdot 1,1 = 11264 \text{ Вт},$$

$$P_p = 11264 \cdot 0,95 = 10701 \text{ Вт}.$$

Реактивная мощность:

$$Q_p = P_p \cdot \text{tg } \varphi, \quad (23)$$

где $\text{tg } \varphi = 0,48$ для ламп,

$$Q_p = 10701 \cdot 0,48 = 5136 \text{ Вар}.$$

Определяем полную мощность рабочего освещения:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \quad (24)$$

$$S_p = \sqrt{10701^2 + 5136^2} = 11870 \text{ ВА},$$

Определяем расчетный ток для выбора кабеля:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}}, \text{ А}, \quad (25)$$

где $U_{\text{ном}} = 380 \text{ В}$ – номинальное напряжение сети.

$$I_p = \frac{11870}{\sqrt{3} \cdot 380} = 18,1 \text{ А}.$$

Выбираем кабель марки АВВГ, четырёхжильный. Приведённые в ПУЭ допустимые длительные токи $I_{\text{н.д}}$ приняты для нормальной окружающей среды (+25 °С по Цельсию). Т.к. среда в цехе опасная по коррозии, то

поправочный коэффициент на температуру воздуха принимаем равным 0,9 (K=0,9).

Принимаем четырёхжильный кабель 4x2,5 мм² с I_{д.д} = 21 А.

Произведем выбор кабеля, питающего щиток аварийного освещения по формулам приведенным выше.

Определяем установленную мощность ламп:

$$P_y = 11 \cdot 30 = 3300 \text{ Вт.}$$

Определяем расчётную нагрузку:

$$P_p = 3300 \cdot 0.95 = 3135 \text{ Вт.}$$

Определяем расчётный ток для выбора кабеля:

$$I_p = \frac{3135}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 1} = 4,77 \text{ А.}$$

Принимаем четырёхжильный кабель АВВГ (4x2,5).

$$I_{д.д} = 21 \text{ А} > I_p = 4,33 \text{ А.}$$

Результаты расчета сводим в таблицу 9.

Таблица 9- Выбор кабелей и щитков для освещения

Освещение	P _p , Вт	Q _p , ВАр	S _p , ВА	I _p , А	Марка кабеля	I _{д.д.} кабеля, А
основное	10701	5136	11870	18,1	АВВГ 4x2,5	21
аварийное	3135	—	3135	4,33	АВВГ 4x2,5	21
всего	13836	5136	15005	—	—	—

Номинальный ток расцепителей ВА или плавких вставок предохранителей групповых линий не должен превышать 25 А.

Расчетный ток линии:

$$I_p = \frac{P_h \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{\phi} \cdot \cos \varphi}, \quad (26)$$

$$I_p = \frac{1,29 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,95} = 6,17 \text{ А}$$

Номинальный ток расцепителя:

$$I_{\text{НОМ}} = 1,4 \cdot I_p, \quad (27)$$

$$I_{\text{НОМ}} = 1,4 \cdot 6,17 = 8,64 \text{ А.}$$

3.4 Разработка однолинейных схем осветительной сети

Однолинейная схема щитка освещения ЩО-1 показана на рисунке 9, Однолинейная схема щитка освещения ЩО-2 показана на рисунке 10, однолинейная схема щитка освещения ЩО-3 показана на рисунке 11.

3.5 Аварийное освещение

Для освещения, включаемого при выходе из строя общего освещения, применим светильники со стандартными лампами с цокалем Е27. Это могут быть лампы накаливания, энергосберегающие или накаливания. Принимаем к расчету $E_{\text{АВ}} = 15$ лк; $K_{\text{И}}=0,63$; $K_3=1,5$; $\Phi_{\text{Л}}=4800$ лм.

$$n_{\text{АВ}} = \frac{E_{\text{АВ}} \cdot S_{\text{Ц}} \cdot K_3 \cdot Z}{K_{\text{И}} \cdot \Phi_{\text{Л}}}, \quad (28)$$

$$n_{\text{АВ}} = \frac{15 \cdot 1314 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{0,63 \cdot 4800} = 10,8$$

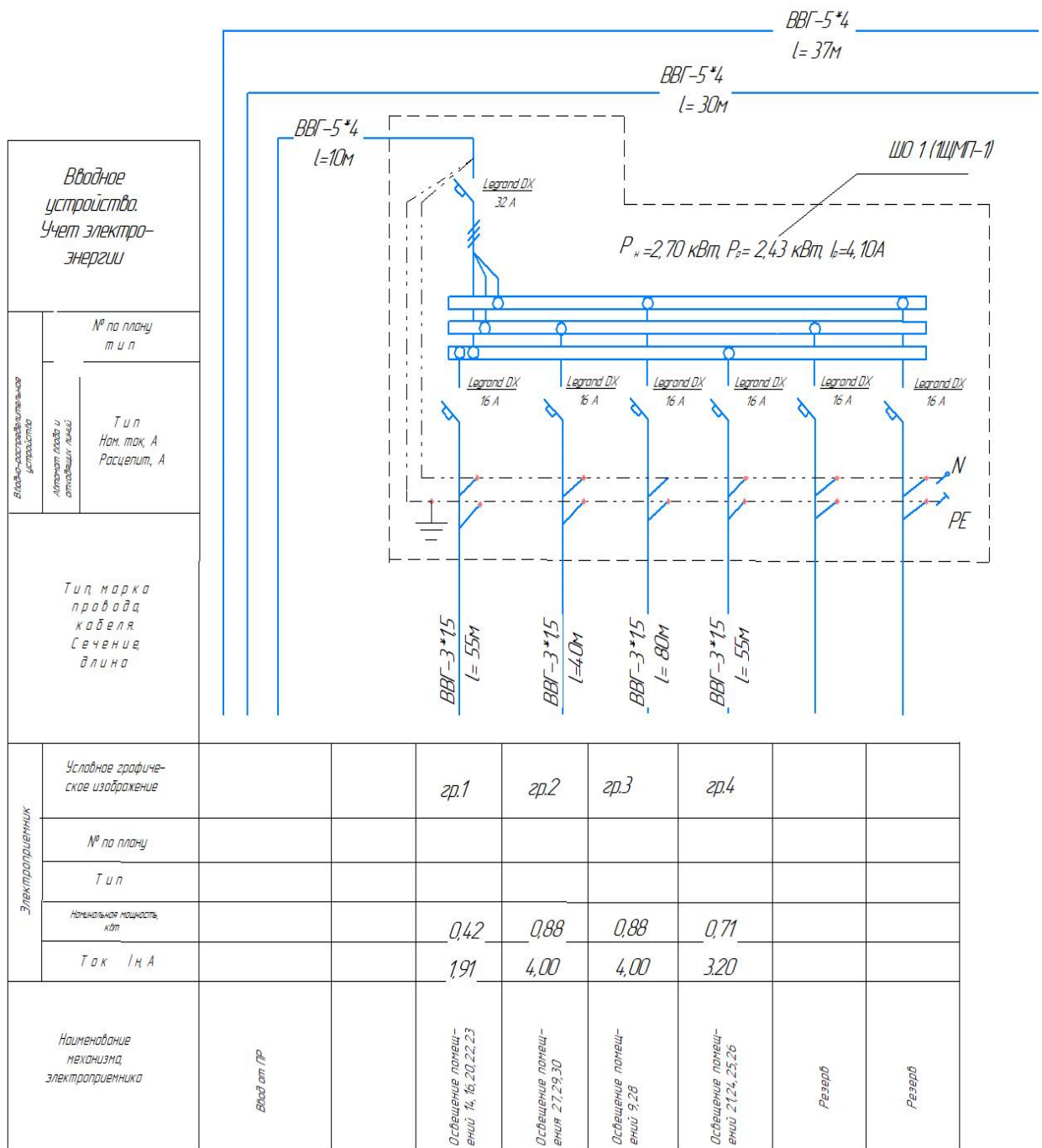
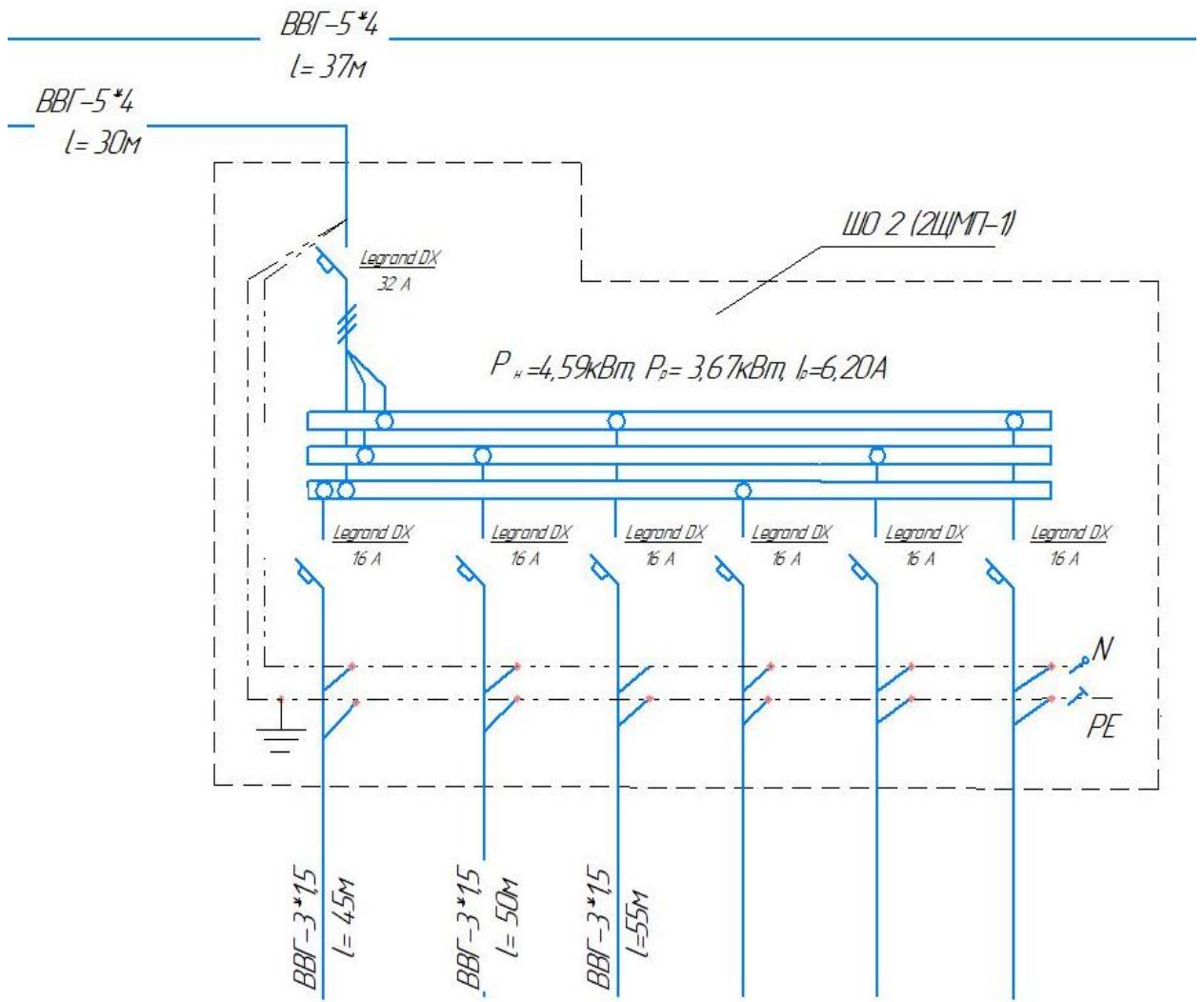


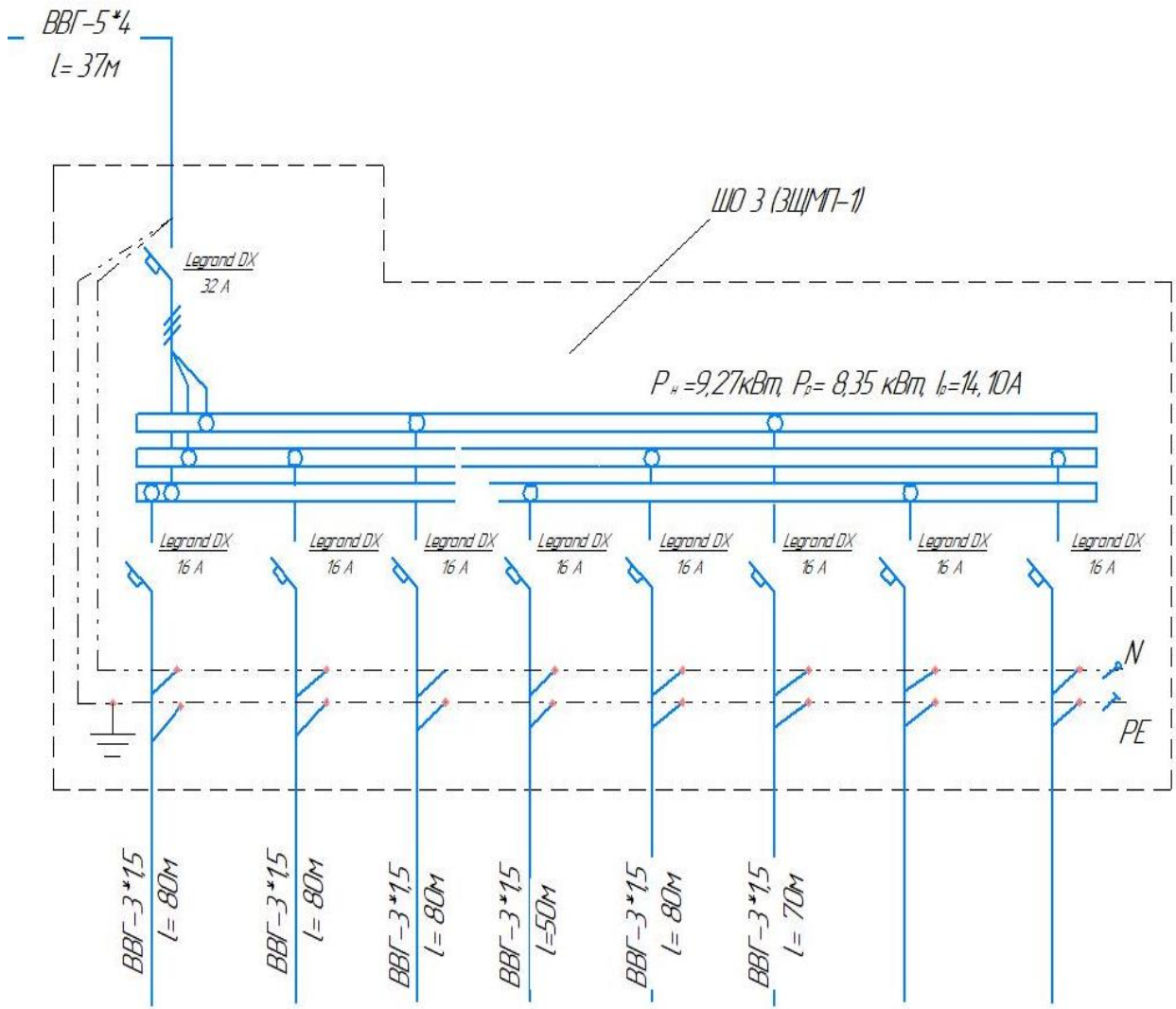
Рисунок 9 - Однолинейная схема щитка освещения ЩО-1

Расчет показал, что для реализации аварийного освещения достаточно одиннадцать светильников. Выбираем наиболее дешевые - светильники НСП-17 с лампой Г215-225-300 со световым потоком $\Phi_{л} = 4800 \text{ лм}$.



зр.1	зр.2	зр.3			
0,57	0,76	1,71			
2,58	3,44	7,74			
Освещение помещ- ения 2	Освещение помещ- ений 3,4	Освещение помещ- ений 3,5	Резерв	Резерв	Резерв

Рисунок 10 - Однолинейная схема щитка освещения ЩО-2



гp.1	гp.2	гp.3	гp.4	гp.5	гp.6		
247	210	210	141	135	0,95		
1120	9,50	9,50	6,40	6,10	4,30		
Освещение помещ- ения 1	Освещение помещ- ения 1	Освещение помещ- ения 1	Освещение помещ- ения 7	Освещение помещ- ения 6,31	Освещение помещ- ения 7	Резерв	Резерв

Рисунок 11- Однолинейная схема щитка освещения ЩО-3

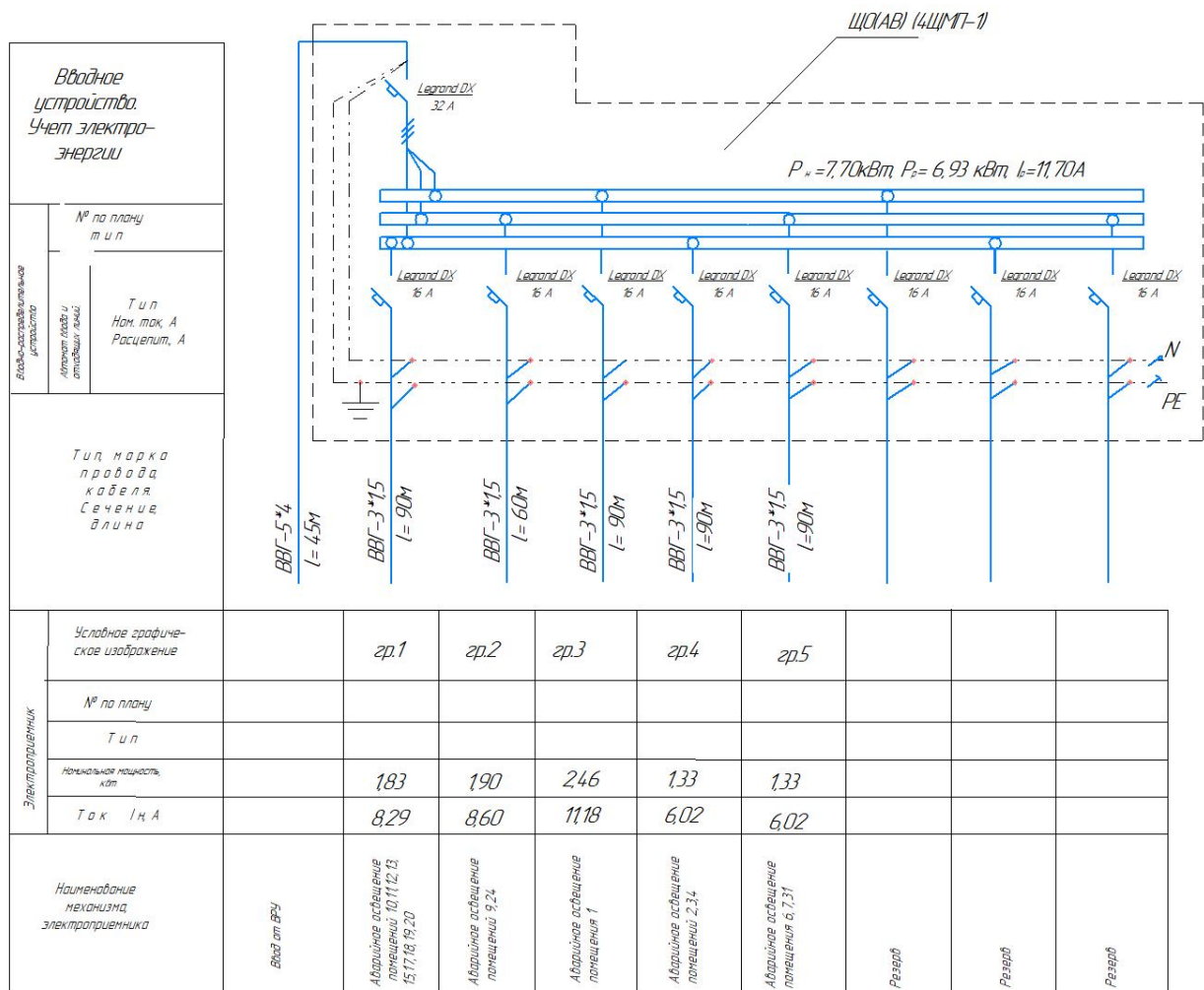


Рисунок 12- Однолинейная схема 380/220 щитка аварийного освещения ЩО-4 (АВ)

Выводы по разделу 3.

Освещение в цехе выполнили светильниками типов ЛСП 02 2x80 Вт. Удельная мощность осветительной нагрузки для моего предприятия (W) $P_{уд} = 16 \text{ Вт/м}^2$. Освещение помещений выполнено от распределительного шкафа через осветительные навесные щиты марки ЩМП-1 со степенью защиты IP 54. Полная мощность рабочего освещения составила 11870 ВА.

Заключение

Электроснабжение предприятия обеспечивается по кабельным линиям разного сечения на 0,4 кВ.

В ходе выполнения расчета электроснабжения были рассмотрены следующие вопросы: характеристика электроприёмников, расчет электрических нагрузок цеха, расчет электрического освещения.

Категория электроприемников помещений предприятия по надежности электроснабжения – III согласно ПУЭ-7.

Система токоведущих проводников помещений - трехфазная пятипроводная, тип системы заземления - TN-C-S.

Электроснабжение помещений осуществляется от вводно-распределительного устройства ВРУЗ-10 через распределительный шкаф ПР11-3068, расположенные в электрощитовой.

Освещение помещений выполнить от распределительного шкафа через осветительные навесные щиты марки ЩМП-1 со степенью защиты IP 54. Расчет показал следующую мощность электропотребителей и протекающий ток:

- $P_p=83\text{кВт}$,
- $S_p=113,8\text{кВт}$,
- $I_p=171,7\text{А}$.

Выбрана радиальная схема электроснабжения. Подача энергии осуществляется по кабелями марки АВБбШв 3х120+1х35.

Для защиты от поражения электрическим током корпуса электрооборудования соединены с заземляющими шинами РП1, РП2 и ШР и с главным заземляющим зажимом в ВРУ через проводники "РЕ" в качестве которого использована дополнительная жила кабеля, сечением равная фазному.

Список используемых источников

1. Алюнов, А.Н. Онлайн Электрик: Интерактивные расчеты систем электроснабжения [Электронный ресурс]: URL: <https://online-electric.ru> (дата обращения 04.04.2020).
2. Виды электрических сетей [Электронный ресурс]: Интернет-портал «Школа для электрика». URL: <http://electricalschool.info/sety/1508-vidy-jelektricheskikh-setejj.html> (дата обращения 04.04.2020).
3. Радиальные и магистральные схемы электроснабжения [Электронный ресурс]: Информационные ресурс «StudFiles». URL: <https://studfile.net/preview/4238205/page:10/> (дата обращения 04.04.2020).
4. Резервные источники питания [Электронный ресурс]: Информационные ресурс «Prom Electric». URL: <https://prom-electric.ru/avtomaticheskij-vvod-rezervnogo-pitanija-avr/> (дата обращения 05.04.2020).
5. Сивков А.А. Основы электроснабжения: учебное пособие / А.А. Сивков, А.С. Сайгаш, Д.Ю. Герасимов; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 184 с. [Электронный ресурс]: URL: <https://portal.tpu.ru/SHARED/s/SIVKOV/uchebnrab/Tab1/Power-supply-IDO.pdf> (дата обращения 05.04.2020).
6. Методические рекомендации Методические рекомендации по техническому обслуживанию и ремонту оборудования и линейных сооружений коммунальных распределительных электрических сетей. Выпуск 1. Техническое обслуживание и ремонт трансформаторных подстанций 6-10/0,4 кВ [Электронный ресурс]: URL: https://znaytovar.ru/gost/2/Methodicheskie_rekomendaciiMeto395.html (дата обращения 05.04.2020).
7. СНиП 2.09.04-87 Административные и бытовые здания (с Изменениями N1, 2, 3) [Электронный ресурс]: URL: <http://docs.cntd.ru/document/5200093> (дата обращения 06.04.2020).

8. СНиП 2.04.05-86 Отопление, вентиляция и кондиционирование [Электронный ресурс]: URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4294815/4294815604.pdf> (дата обращения 06.04.2020).

9. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N1) [Электронный ресурс]: URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4294815/4294815604.pdf> (дата обращения 06.04.2020).

10. Система заземления TN-C-S – схема и описание [Электронный ресурс]: Интернет-портал «Электромонтаж» URL: <https://electricvdome.ru/zazemlenie/sistema-zazemlenija-tn-c-s.html> (дата обращения 06.04.2020).

11. Стандарт IEEE 1366-2003 Индексы надежности распределения и факторы, влияющие на их расчеты [Электронный ресурс]: Информационный портал «Standart Association». URL: <https://standards.ieee.org/standard/1366-2003.html> (дата обращения 25.03.2020).

12. ГОСТ 32498-2013 Здания строения сооружения. Методы определения показателей энергетической энергоэффективности искусственного освещения [Электронный ресурс] / Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200108757> (дата обращения 30.03.2020)

13. Жуков В.В. Бизнес-планирование в электроэнергетике [Текст] : учебное пособие для вузов / В. В. Жуков. - Москва : Издательский дом МЭИ, 2017. - 566 с.

14. ГОСТ Р 54430-2011 Оборудование металлообрабатывающее и деревообрабатывающее. Показатели энергоэффективности. Номенклатура. Методы определения и нормирования значений [Электронный ресурс] / URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200094159> (дата обращения 30.03.2020)

15. Номинальные годовые фонды работы рабочих и оборудования [Электронный ресурс] / Электронная библиотека технической литературы. URL: <http://delta-grup.ru/bibliot/5k/148.htm> (дата обращения 18.03.2020)

16. Пискунов В.М. Общая энергетика [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. М. Пискунов ; Нац. минерально-сырьевой ун-т. - Санкт-Петербург, 2016. - 135 с.

17. Красник В.В. Эксплуатация электрических подстанций и распределительных устройств [Электронный ресурс] : произв.-практ. пособие / В. В. Красник. - Москва : ЭНАС, 2016. - 319 с.

18. Быстрицкий Г.Ф. Основы энергетики : учеб. для студентов вузов, обуч. по направлениям "Электромеханика, электротехника и электротехнологии" и "Электроэнергетика" / Г. Ф. Быстрицкий. - 4-е изд., стер. ; гриф УМО. - Москва : Кнорус, 2017. - 350 с.

19. Молодежь. Наука. Общество [Электронный ресурс] : Всерос. науч.-практ. междисциплинар. конференция : Тольятти, 5 дек. 2018 г. : сб. студенческих работ / [отв. за вып. С. Х. Петерайтис]. - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2018. - 893 с.

20. Правила Устройства электроустановок. 7-е издание. [Электронный ресурс] / Электронный ресурс «PUE-7». URL: <http://pue7.ru/pue7/punkt.php?n=6.4.1&k=6.4.9> (дата обращения 18.03.2020)

21. Потери энергии в электрических сетях и установках [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Г. В. Маслакова [и др.]. - Липецк : Липец. гос. техн. ун-т : ЭБС АСВ, 2018. - 79 с.

22. Немировский А.Е. Электрооборудование электрических сетей, станций и подстанций [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Е. Немировский, И. Ю. Сергиевская, Л. Ю. Крепышева. - 2-е изд. - Москва : Инфра-Инженерия, 2018. - 148 с.

23. Железко Ю.С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии [Электронный ресурс] : руководство для практ. расчетов / Ю. С. Железко. - Москва : ЭНАС, 2016. - 456 с.

24. Холянов В.С. Основы электроэнергетики : учеб.-метод. комплекс / В. С. Холянов, О. М. Холянова. - Москва : Проспект, 2015. - 190, [3] с.

25. Вахнина В.В. Системы электроснабжения [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / В. В. Вахнина, А. Н. Черненко ; ТГУ ; Ин-т энергетики и электротехники ; каф. "Электроснабжение и электротехника". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 46 с.

26. Расчет режимов распределительных электрических сетей [Электронный ресурс] : учеб. пособие для магистров / П. О. Гуков [и др.] ; Воронеж. гос. аграр. ун-т им. Императора Петра I. - Воронеж : ВГАУ им. Петра I, 2017. - 105 с.

27. Monitor and analyse the development of renewable energy sectors in the EU [Electronic resource] / URL: <https://www.eurobserv-er.org/>

28. IEA Electricity Information 2015 [Electronic resource] / URL: <https://www.iea.org/Textbase/nptoc/elec2013toc.pdf>

29. Regulation (EU) 2019/943 of the European Parliament and of the Council on the internal market for electricity, Chapter IV, Art. 20.1. [Electronic resource] / URL: <https://www.entsoe.eu/outlooks/midterm/>

30. Wie wirkt sich die Energiewende auf unser Stromnetz aus? [Electronic resource] / URL: <https://ethz.ch/de/news-und-veranstaltungen/eth-news/news/2015/06/konsequenzen-der-Energiewende-fuer-das-stromnetz-der-zukunft.html>

31. Science: Electrical engineering [Electronic resource] / URL: <https://www.khanacademy.org/science/electrical-engineering>.

32. Meixia W., Yuanxiang Luo Analysis of Magnetic Field Intensity and Induced Current under Live Working Based on Charge Simulation Method: School of Electrical Engineering, 2017.

33. Tavakoli A., Gholami A. Mitigation of Transient Overvoltages Generated Due to Switching Operations and Lightning in Gas-insulated Substation (GIS) Without Extra Limiter: University of Science & Technology, 2016.