

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
« _____ » _____ 2023 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
код – наименование направления

Реконструкция системы электроснабжения производственных объектов АО
«Красноярский электровагоноремонтный завод»
тема

Руководитель	_____	<u>доцент, к.э.н.</u>	<u>Н. В. Дулесова</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
Выпускник	_____		<u>М. А. Карманов</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия
Нормоконтролер	_____		<u>И.А. Кычакова</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия

Абакан 2023

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

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

институт

«Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ А.С. Торопов

подпись

инициалы, фамилия

« _____ » _____ 2023 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы

Студенту Карманову Михаилу Александровичу
(фамилия, имя, отчество)

Группа ХЭн 19-01 Направление 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Тема выпускной квалификационной работы Реконструкция системы электроснабжения производственных объектов АО «Красноярский электровагоноремонтный завод»
(код) (наименование)

Утверждена приказом по институту № 286 от 17.05.2023 г.

Руководитель ВКР Н.В. Дулесова, канд. экон. наук, доцент кафедры «ЭМиАТ»

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

Исходные данные для ВКР: ведомость электрической нагрузки, генплан предприятия, объекты реконструкции, сведения об источниках питания.

Перечень разделов выпускной квалификационной работы:

Введение

- 1 Характеристика АО «Красноярский электровагоноремонтный завод»
- 2 Обоснование реконструкции системы электроснабжения АО «Красноярский электровагоноремонтный завод»
- 3 Схема внутрицехового электроснабжения объекта реконструкции
- 4 Расчет электрических нагрузок группы электроприемников
- 5 Светотехнический и электротехнический расчет освещения подробно проектируемого цеха
- 6 Расчет токов КЗ в сетях напряжением до 1000 В и проверка защитных аппаратов 0,4 кВ
- 7 Учет показателей качества электроэнергии

Перечень обязательных листов графической части:

1. Однолинейная схема электроснабжения ремонтно- механического цеха.
2. План цеха с освещением.
3. План цеха с силовыми сетями.

Руководитель ВКР

Н. В. Дулесова

(подпись, инициалы и фамилия)

Задание принял к исполнению

М.А. Карманов

(подпись, инициалы и фамилия студента)

«20» марта 2023 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме Реконструкция системы электроснабжения производственных объектов АО «Красноярский электровагоноремонтный завод» содержит 74 страницы текстового документа, 25 использованных источников, 3 листа графического материала, приложений нет.

РЕКОНСТРУКЦИЯ, ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ, ОСВЕЩЕНИЕ, ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ, ПРОВЕРКА ОБОРУДОВАНИЯ

Объект реконструкции – АО «Красноярский электровагоноремонтный завод».

Предмет реконструкции – система внутреннего электроснабжения ремонтно-механического цеха.

Целью реконструкции внутреннего электроснабжения АО «КрЭВРЗ» является обеспечение электроэнергией надлежащего качества с учетом возросшего электропотребления. Требуется реконструировать схему электроснабжения таким образом, чтобы она соответствовала современным требованиям безопасности, надежности и экономичности.

В процессе реконструкции были рассчитаны электрические нагрузки для уровней электроснабжения, после чего была реконструирована схема внутреннего электроснабжения АО «КрЭВРЗ» в связи реализацией пилотного проекта по улучшению производственного потока «Капитальный ремонт тяговых электродвигателей (ТЭД)».

Для предлагаемой конфигурации в результате проведенной реконструкции схемы электроснабжения были выбраны удовлетворяющие всем техническим требованиям сечения кабелей и аппараты защиты. Проверка оборудования по токам короткого замыкания показала правильность выбора аппаратов защиты. В результате реконструирована система электроснабжения АО «КрЭВРЗ», выбраны новые более новые защитные аппараты и питающие их кабельные линии.

THE ABSTRACT

Graduation qualification work on the topic Reconstruction of power supply system of production facilities OJSC "Krasnoyarsk Electric Railway Car Repair Plant" contains 74 pages of text document, 25 used sources, 3 pages of graphic material, no applications.

RECONSTRUCTION,ELECTRICITY SUPPLY,ELECTRICAL LOADS,LIGHTING,EQUIPMENT SELECTION,EQUIPMENT CHECK

Subject of reconstruction - OJSC "Krasnoyarsk Electric Railway Car Repair Plant".

Subject of reconstruction - the system of internal power supply of repair-mechanical workshop.

The purpose of reconstruction of internal power supply of OJSC "KREVRZ" is to provide electric power of proper quality taking into account increased power consumption. It is necessary to reconstruct the power supply scheme so that it meets modern safety, reliability and economic requirements.

In the process of reconstruction, electrical loads by power supply levels were calculated, after which the internal power supply scheme of JSC KrEvRZ was reconstructed in connection with the implementation of the pilot project to improve the production flow "Overhaul of traction electric motors (TEM)".

For the proposed configuration, as a result of the reconstruction of the power supply scheme, cable cross-sections and protection equipment were selected to meet all technical requirements. Checking the equipment for short-circuit current showed that the choice of protection apparatuses was correct. As a result, the power supply system of JSC "KrAZ" was reconstructed and new protective equipment and cable lines supplying them were selected.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 Характеристика объекта	8
2 Обоснование реконструкции системы электроснабжения АО «Красноярский электровагоноремонтный завод»	10
2.1 Схема внутрицехового электроснабжения объекта реконструкции.....	15
4 Расчет электротехнических нагрузок группы электроприемников	17
4.1 Выбор сечений кабельных линий	23
4.2 Выбор распределительных пунктов	29
4.3 Выбор коммутационно-защитных аппаратов	29
4.4 Расчет потерь активной и реактивной мощности и напряжения в цеховой распределительной сети	32
5 Светотехнический и электротехнический расчеты освещения	
5.1 Светотехнический расчет электрического освещения	34
5.1.1 Расчет рабочего освещения	35
5.1.2 Расчет аварийного освещения	36
5.2 Электротехнический расчет электрического освещения	36
5.2.1 Расчет электрической нагрузки осветительной сети	36
5.2.2 Расчёт осветительной сети	37
6 Расчет токов КЗ в сетях напряжением до 1000 В и проверка защитных аппаратов 0,4 кВ	42
7 Учет показателей качества электроэнергии	50
7.1 Самый мощный электроприемник	50
7.2 Самый удаленный электроприемник	60
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	72
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	73

ВВЕДЕНИЕ

Предназначение систем электроснабжения промышленных предприятий – обеспечение питания промышленной нагрузки. К промышленным электроприемникам относят электродвигатели станочного и прессового оборудования, электросварочные аппараты, осветительные приборы и др.

Данные проекта будут созданы на основе анализа исходных данных, расчетов и сопоставлении вариантов возможной системы. При этом система электроснабжения должна будет удовлетворять возможности будущего развития системы без глобальной реконструкции изначального ее технического состояния. Так же система электроснабжения должна будет удовлетворять возможности резервирования нагрузки, при ее надобности.

Электроснабжение любого предприятия должно быть надёжным, экономичным с возможностью загрузки на полную мощность.

При расчёте электроснабжения выбранного объекта, учтены категории токоприёмников, учтены вопросы пожаро и взрывобезопасности помещений, в которых расположено электрооборудование.

В практической части выпускной квалификационной работы произведены необходимые расчеты по определению мощности световой сети, силовых нагрузок, а также выбор защитный аппаратов.

Выбрана оптимальная для данного объекта схема электроснабжения с расчётом токов нагрузки отходящих кабельных и проводных линий, выбраны провода воздушно-кабельных линий для запитки оборудования, рассчитаны токи короткого замыкания. Значение токов к.з. использованы для проверки работоспособности аппаратов защиты, шин и кабелей на динамическую и термическую стойкость.

1 Характеристика объекта

Завод специализируется на ремонте подвижного железнодорожного состава, моторных колёсных пар, прицепных колёсных пар, вагонных колёсных пар, колёсных пар нового формирования, ремонт электросекций типа КР-1, КР-2, КРП, КР-2ПС. Кроме этого завод производит вспомогательную продукцию, клин тягового хомута, чека тормозной колодки.

Характер производства предприятия – серийный, режим работы двухсменный. Среднесписочная численность промышленного персонала по заводу составляет 3154 рабочих.

Предприятие относится к типу предприятий с неполным технологическим циклом, не имеющее собственную металлургическую базу, но имеющее собственное литейное производство. На данном заводе основную долю в балансе электропотребления 40-50% составляет металлообработка.

Нагрузка механических сборочных корпусов составляет 45,25% от всей нагрузки завода. Отличительной особенностью этих цехов является наличие сложных станков, полуавтоматов и полуавтоматических линий.

Предприятие имеет своё гальваническое производство, в виде гальванического участка ремонтно-механического цеха. Участок ведет восстановление изношенных деталей механизмов методом электролитического железнения.

Для получения сжатого воздуха избыточного давления 6-8 атм., сжатия и охлаждения газов при давлении до 1000 атм. и выше служат компрессорные станции. Потребителями сжатого воздуха на заводе являются пневматические зажимы, подъёмники, обдувы, прессы, молоты и т. д.

Насосные установки служат для перекачки различных жидкостей и воды на технологические и хозяйственные нужды.

В зависимости от физических свойств перекачиваемой жидкости в насосных установках используют насосы различных типов и конструкций: центробежные, поршневые и роторные.

В целях окончательной сборки и окраски машин, как правило, устанавливаются простые станки. В этих цехах различными транспортными средствами доставляются крупные узлы и блоки, которые прошли предварительную сборку в соответствующих цехах. Из этих узлов и блоков собираются машины и механизмы в окончательном варианте, доводятся до стандартных норм и после осмотра и приёмки отправляются на специальные площадки, а затем заказчикам по договорам.

От бесперебойной подачи качественной электроэнергии на завод, напрямую зависит производительность труда и качество ремонтируемых деталей. По стабильности расположения все электроприемники имеют стационарное расположение.

Питание осуществляется от подстанции энергосистемы с двухобмоточными трансформаторами 110/10 кВ либо глухой отпайкой от транзитной двухцепной ЛЭП –110 кВ.

Расстояние от подстанции до предприятия 1,3 км.

Предприятие состоит из отдельных цехов (табл.1), технологические процессы которых взаимосвязаны. Предприятие расположено в районе с умеренным климатом.

Производственные помещения в основном относятся к помещениям с пыльной и жаркой средой. В целом по всем зданиям и сооружениям предприятия электрическая нагрузка составляет – 46,123 МВт. Электрические нагрузки по всем зданиям и сооружениям предприятия приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Электрические нагрузки предприятия

Наименование	Рн, кВт	Кс	cosφ	F, м²
Потребители 0,4 кВ				
1. Электромашинный цех	6979,5	0,7	0,8	9409,8
2. МВС	6121,1	0,6	0,8	20427,3
3. ВСЦ	2144,4	0,7	0,7	18947,0
4. Колесный цех	3127,4	0,7	0,7	4103,4
5. Тележечный цех	3364,8	0,7	0,7	2815,0
6. Аппаратный цех	984,6	0,7	0,8	4309,4
7. Кузнечный цех	1984,6	0,7	0,7	4161,1
8. Механический цех	3749,8	0,5	0,8	6680,4
9. Деревообрабатывающий цех	1441,0	0,5	0,8	7225,7
10. Ремонтно-механический цех	1704	0,5	0,8	2251,9
12. РСЦ	470,9	0,5	0,8	2284,1
13. Электроцех	330,0	0,5	0,8	909,2
14. ТЦ	570,0	0,5	0,7	4475,5
15. Котельная	6392,0	0,5	0,8	3425,7
16. Очистные сооружения	506,9	0,5	0,8	322,8
17. Компрессорная станция	342,3	0,7	0,8	845,6
18. Кислородный участок	561,3	0,5	0,8	1701,7
19. Ацетиленовая станция	13,6	0,5	0,76	88,5
20. АХО	250,0	0,7	0,8	16523,8
Потребители 10 кВ				
1. Компрессорный (синхронный двигатель)	2990,0	0,7	0,9	-
2. Синхронный двигатель	250,0	0,7	0,9	-
3. Двигатель контактной сети	450,0	0,7	0,9	-
4. Крановые двигатели	1395,0	0,7	0,9	-

2 Обоснование реконструкции системы электроснабжения АО «Красноярский электровагоноремонтный завод»

АО «Красноярский электровагоноремонтный завод» в рамках Федеральной целевой программы «Производительность труда и поддержка занятости» продолжает реализацию пилотного проекта по улучшению производственного потока «Капитальный ремонт тяговых электродвигателей (ТЭД)».

В соответствии с запланированными мероприятиями, с целью выпрямления потока, специалистами предприятия в конце 2020 г. начале 2021 г. был проведен первый этап подготовки производственных участков и их перепланировка в соответствии со скорректированной дорожной картой.

Специалистами завода была разработана технологическая планировка трёх производственных участков.

Перепланировка трех участков позволит выстроить технологический поток ремонта якоря ТЭД в оптимальном варианте. При этом, сократить потери на лишние челночные перемещения – вдоль линии ремонта якорей и коллекторов, с использованием кран-балки и перекрестные – между двумя параллельными линиями ремонта якорей, с использованием мостового крана и кран-балки. Кроме того, с целью сокращения потерь при транспортировке якоря из пропиточного отделения на линию отделки якорей будет продлен рельсовый путь для транспортной тележки из пропиточного отделения до линии отделки якорей. При этом, отпадет необходимость использовать мостовой кран. Прделанная работа позволит сократить время протекания процесса ремонта якоря ТЭД и снизить энергозатраты, связанные с использованием кран-балки и мостового крана для перемещения ремонтируемого оборудования между участками.

Работы по оптимизации производственных потоков продолжаются. Составлен план мероприятий на 2022-2024 года, направленных на подготовку производства по увеличению пропускной способности РМЦ при капитальном ремонте ТЭД и вспомогательных электрических машин. Намеченные мероприятия будут направлены на выявление «узких мест» в производственных потоках и их ликвидацию.

Первым этапом проектирования системы электроснабжения является определение электрических нагрузок. По значению электрических нагрузок выбирают и проверяют электрооборудование системы электроснабжения, определяют потери мощности и электроэнергии. От правильной оценки ожидаемых нагрузок зависят капитальные затраты на систему электроснабжения, эксплуатационные расходы, надежность работы электрооборудования.

Расчет ведется по номинальной мощности и коэффициенту загрузки.

В таблице 2 представлены электрические нагрузки производственных объектов с учетом изменения установленной мощности электроприемников.

Таблица 2 – Электрические нагрузки производственных объектов

№ по генплану	Наименование ЭП	P _{уст} кВт	ПВ, %	cos φ, о.е.	Ки, о.е.	Кз
1	2	3	4	5	6	7
1	Пресс ножницы	6	0,4	0,5	0,14	0,75
2	Горизонтально-фрезерный станок	10	0,6	0,5	0,14	0,75
3	Наждак электрический	8	0,6	0,5	0,12	0,75
4	Фрезерный станок	6	0,6	0,5	0,14	0,75
5	Токарно-винторезный станок	8	0,6	0,5	0,14	0,75
6	Сушильная камера	54	1	0,95	0,75	0,90
7	Сушильная камера	60	1	0,95	0,75	0,90
8	Наждак электрический	9	0,6	0,5	0,12	0,75
9	Точильно-шлифовальный станок	12	0,6	0,5	0,14	0,75
10	Пресс чеканный	4	0,4	0,5	0,14	0,75
11	Пресс ножницы	7	0,4	0,5	0,14	0,75
12	Пресс кривошипный	8	0,4	0,5	0,14	0,75
13	Сварочный аппарат	15	0,6	0,4	0,2	0,75
14	Сварочный аппарат	32	0,6	0,4	0,2	0,75
15	Сварочный аппарат	29	0,6	0,4	0,2	0,75
16	Токарно-шлифовальный станок	10	0,6	0,5	0,14	0,75
17	Токарно-шлифовальный станок	12	0,6	0,5	0,14	0,75
18	Токарно-шлифовальный станок	9	0,6	0,5	0,14	0,32
19	Пресс	17	0,4	0,5	0,14	0,75
20	Пресс	22	0,4	0,5	0,14	0,75
21	Пресс кривошипный	27	0,6	0,5	0,14	0,75
22	Пресс кривошипный	32	0,6	0,5	0,14	0,75
23	Пресс	18	0,4	0,5	0,14	0,75
24	Пресс	25	0,4	0,5	0,14	0,75
25	Пресс	37	0,4	0,5	0,14	0,75
26	Пресс	21	0,4	0,5	0,14	0,75
27	Вертикально фрезерный станок	12	0,6	0,5	0,14	0,75
28	Ленточно-пошровальный станок	20	0,6	0,5	0,14	0,75
29	Точильно-шлифовальный станок	26	0,6	0,5	0,14	0,75
30	Разноточный станок	8	0,6	0,8	0,4	0,75
31	Калорифер	31	1	0,8	0,4	0,90
32	Вертикально-фрезерный станок	28	0,6	0,5	0,14	0,75
33	Сварочный аппарат	23	0,6	0,4	0,2	0,75
34	Сварочный аппарат	17	0,6	0,4	0,2	0,75
35	Сварочный аппарат	14	0,6	0,4	0,2	0,75
36	Разверточный станок	34	0,4	0,5	0,14	0,75
37	Разверточный станок	42	0,4	0,5	0,14	0,75
38	Раскройный станок	14	0,6	0,5	0,14	0,75
39	Раскройный станок	11	0,6	0,5	0,14	0,75
40	Пресс винтовой	26	0,4	0,5	0,14	0,75
41	Приточная вентиляция	22	1	0,8	0,6	0,90
42	Вентиляция вытяжная	26	1	0,8	0,6	0,90
43	Приточная вентиляция	23	1	0,8	0,6	0,90
44	Вентиляция вытяжная	28	1	0,8	0,6	0,90
45	Приточная вентиляция	30	1	0,8	0,6	0,90
46	Вентиляция вытяжная	42	1	0,8	0,6	0,90
47	Приточная вентиляция	34	1	0,8	0,6	0,90
48	Вентиляция вытяжная	40	1	0,8	0,6	0,90
49	Приточная вентиляция	26	1	0,8	0,6	0,90
50	Приточная вентиляция	38	1	0,8	0,6	0,90
51	Вентиляция вытяжная	24	1	0,8	0,6	0,90
52	Пресс винтовой	21	0,4	0,5	0,14	0,75

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7
53	Приточная вентиляция	41	1	0,8	0,6	0,90
54	Вентиляция вытяжная	41	1	0,8	0,6	00,90
55	Приточная вентиляция	11	1	0,8	0,6	0,90
56	Вентиляция вытяжная	10	1	0,8	0,6	0,90
57	Пресс винтовой	27	0,4	0,5	0,14	0,75
58	Привод ворот	5	0,25	0,5	0,1	0,75
59	Привод ворот	7	0,25	0,5	0,1	0,75
60	Термопласт-автомат	120	0,6	0,5	0,14	0,75
61	Термопласт-автомат	150	0,6	0,5	0,14	0,75
62	Пресс	53	0,4	0,5	0,14	0,75
63	Пресс	58	0,4	0,5	0,14	0,75
64	Машина точечной сварки	23	0,6	0,6	0,25	0,75

1) По исходным данным определяется номинальная активная мощность электроприёмника, кВт:

а) электроустановки, работающие в длительном режиме, ПВ = 100 % [3]:

$$P_{ном} = P_{насп} \quad (1)$$

б) электроустановки, работающие в повторно-кратковременном режиме, ПВ < 100 % [3]:

$$P_{ном} = \sqrt{ПВ} \cdot P_{насп} \quad (2)$$

2) Рассчитывается активная, реактивная и полная нагрузка, создаваемая одним электроприёмником, кВт, кВАр и кВА соответственно:

$$P_M = K_3 \cdot P_{ном} \quad (3)$$

$$Q_M = P_M \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (4)$$

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2} \quad (5)$$

3) Для сварочных трансформаторов полная мощность, кВА:

$$S_{ном} = S_{насп} \cdot \sqrt{ПВ} \quad (6)$$

Расчёт электрических нагрузок для пресс ножниц (№ 1) с повторно-кратковременным режимом работы.

ПВ = 40 %; $P_{ном} = 3,795$ кВт; $K_3 = 0,75$; $\cos \varphi = 0,5$.

$$P_M = K_3 \cdot P_{ном} = 0,75 \cdot 3,795 = 2,846 \text{ кВт};$$

$$Q_M = P_M \cdot \operatorname{tg} \varphi = 2,846 \cdot \arccos(0,5) = 4,91 \text{ кВАр};$$

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2} = \sqrt{2,846^2 + 4,91^2} = 5,67 \text{ кВА};$$

Определяем пусковой ток каждого электроприёмника, А:

$$I_{пуск} = I_M \cdot K_n;$$

где $I_M = \frac{S_M}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}$ – максимальный ток электроприёмника, А.

$K_n = \frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$ – коэффициент пуска электроприёмника. Так принимаем: для двигательной нагрузки $K_n =$ от 3 до 5.

Определим пусковой ток для электроприёмника № 1:

$$I_M = \frac{S_M}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{5,67}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 8,61 \text{ А};$$

$$I_{пуск} = K_n \cdot I_M = 3 \cdot 8,61 = 43,05 \text{ А}.$$

Значение пусковых токов для других электроприёмников определяются аналогично, поэтому результаты расчётов сведём в таблицу 3

Расчёт для остальных приёмников сведём в таблицу 3, проведя расчет аналогично приведённому примеру для электроприёмника №1.

Таблица 3 – Результаты расчета электрических нагрузок отдельных электроприемников цеха

№ по генплану	Наименование ЭП	tg φ	Pн, кВт	Pм, кВт	Qм кВар	Sм кВА	Им, А	Ипус, А
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Пресс ножницы	1,73	3,79	2,84	4,91	5,67	8,61	43,05
2	Горизонтально-фрезерный станок	1,73	7,75	5,81	10,05	11,6	17,62	70,48
3	Наждак электрический	1,73	6,19	4,64	8,02	9,26	14,06	56,24
4	Фрезерный станок	1,73	4,64	3,48	6,02	6,95	10,55	42,2
5	Токарно-винторезный станок	1,73	6,19	4,64	8,02	9,26	14,06	56,24
6	Сушильная камера	0,32	54	48,6	15,5	51,01	77,5	77,7
7	Сушильная камера	0,32	60	54	17,28	56,69	86,13	86,13
8	Наждак электрический	1,73	6,97	5,22	9,03	10,43	15,84	63,36
9	Тоочно-шлифовальный станок	1,73	9,29	6,97	12,05	13,92	21,14	84,57
10	Пресс чеканный	1,73	2,52	1,89	3,26	3,76	5,71	28,55
11	Пресс ножницы	1,73	4,42	3,31	5,72	6,6	10,02	50,1
12	Пресс кривошипный	1,73	5,05	3,78	5,84	6,95	10,55	52,75
13	Сварочный аппарат	2,29	11,6	8,7	19,9	21,71	32,98	32,98
14	Сварочный аппарат	2,29	24,78	18,58	42,5	46,38	70,46	70,46
15	Сварочный аппарат	2,29	22,46	16,84	38,56	42,07	63,91	63,91
16	Токарно-шлифовальный станок	1,73	7,74	5,8	10,03	11,58	17,59	70,36
17	Токарно-шлифовальный станок	1,73	9,29	6,97	12,05	13,92	21,14	84,56
18	Токарно-шлифовальный станок	1,73	6,97	2,23	9,04	10,44	15,86	63,44
19	Пресс	1,73	10,75	8,06	13,94	16,1	24,46	122,3
20	Пресс	1,73	13,91	10,43	18,04	20,83	31,64	158,2
21	Пресс кривошипный	1,73	20,91	15,68	27,12	33,01	50,15	250,75
22	Пресс кривошипный	1,73	24,78	18,58	32,14	37,12	56,39	281395
23	Пресс	1,73	11,38	8,53	14,75	17,03	25,87	129,35
24	Пресс	1,73	15,81	11,85	20,5	23,67	35,96	179,8
25	Пресс	1,73	23,4	17,55	30,36	35,06	53,26	266,3
26	Пресс	1,73	13,28	9,96	17,23	19,9	30,23	151,15

Окончание таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
27	Вертикально фрезерный станок	1,73	9,29	6,96	12,04	13,9	21,11	84,44
28	Ленточно-пошровальный станок	1,73	15,49	11,62	20,1	23,21	35,26	141,04
29	Точильно-шлифовальный станок	1,73	20,13	15,09	26,1	30,14	45,79	183,16
30	Разноточный станок	0,75	6,19	4,64	3,48	5,8	8,81	35,24
31	Калорифер	0,75	31	27,9	20,9	34,86	52,96	52,96
32	Вертикально-фрезерный станок	1,73	21,68	16,26	28,1	32,46	49,31	197,24
33	Сварочный аппарат	2,29	17,81	13,35	30,57	33,35	50,67	50,67
34	Сварочный аппарат	2,29	13,16	9,87	22,6	24,66	37,46	37,46
35	Сварочный аппарат	2,29	10,84	8,13	18,61	20,3	30,84	30,84
36	Разверточный станок	1,73	21,5	16,12	27,88	32,2	48,92	195,68
37	Разверточный станок	1,73	26,56	19,92	34,46	39,8	60,46	241,84
38	Раскройный станок	1,73	10,84	8,13	14,06	16,24	24,67	98,68
39	Раскройный станок	1,73	8,52	6,39	11,05	12,76	19,38	77,52
40	Пресс винтовой	1,73	16,44	12,33	21,33	24,63	37,42	187,1
41	Приточная вентиляция	0,75	22	19,8	14,85	24,75	37,6	150,4
42	Вентиляция вытяжная	0,75	26	23,4	17,55	29,25	44,44	177,76
43	Приточная вентиляция	0,75	23	20,7	15,52	25,87	39,3	157,2
44	Вентиляция вытяжная	0,75	28	25,2	18,9	31,5	47,85	191,4
45	Приточная вентиляция	0,75	30	27	20,25	33,75	51,27	205,08
46	Вентиляция вытяжная	0,75	42	37,8	28,38	47,25	71,78	287,12
47	Приточная вентиляция	0,75	34	30,6	22,95	38,25	58,11	232,44
48	Вентиляция вытяжная	0,75	40	36	27	45	68,37	273,48
49	Приточная вентиляция	0,75	26	23,4	17,55	29,25	44,44	177,66
50	Приточная вентиляция	0,75	38	34,2	25,65	42,75	64,95	259,8
51	Вентиляция вытяжная	0,75	24	21,6	16,2	27	41,02	164,8
52	Пресс винтовой	1,73	13,28	9,96	17,23	19,9	30,23	151,15
53	Приточная вентиляция	0,75	41	36,9	27,67	46,12	70,07	280,28
54	Вентиляция вытяжная	0,75	41	36,9	27,67	46,12	70,07	280,28
55	Приточная вентиляцияб	0,75	11	9,9	7,42	12,37	18,79	75,16
56	Вентиляция вытяжная	0,75	10	9	6,75	11,25	17,09	68,36
57	Пресс винтовой	1,73	17,07	12,8	22,14	25,57	38,84	192,2
58	Привод ворот	1,73	2,5	1,87	3,23	3,73	5,66	28,3
59	Привод ворот	1,73	3,5	2,62	4,53	5,23	7,94	39,7
60	Термопласт-автомат	1,73	92,95	69,71	120,5	139,21	211,5	846
61	Термопласт-автомат	1,73	116,18	87,13	150,7	174,07	264,47	1057,8
62	Пресс	1,73	33,52	25,14	43,49	50,23	76,31	381,55
63	Пресс	1,73	36,68	27,51	30,29	40,91	62,15	310,75
64	Машина точечной сварки	1,33	17,81	13,35	23,09	26,67	40,52	40,52

2.1 Схема внутрицехового электроснабжения объекта реконструкции

Характерной особенностью схем внутрицехового распределения электроэнергии является большая разветвленность сети и наличие большого количества коммутационно-защитной аппаратуры, что оказывает значительное влияние на технико-экономические показатели и на надежность системы электроснабжения.

Для распределения электроэнергии по заводу следует выбирать наиболее рациональные схемы сети, обеспечивающие необходимую степень надежности, безопасность, удобства и наглядность в эксплуатации, минимальные потери электроэнергии. По обеспечению надежности электроснабжения электроприемники разделяют на три категории

Электроприемники I категории – электроприемники, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой: опасность для жизни людей, значительный ущерб народному хозяйству, повреждение дорогостоящего основного оборудования, массовый брак продукции, расстройство сложного технологического процесса.

Электроприемники II категории – электроприемники, перерыв электроснабжения которых приводит к массовому недоотпуску продукции, массовым простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта.

Электроприемники III категории – все остальные электроприемники, не подходящие под определение I и II категорий.

На выбор схемы и конструктивное исполнение цеховой сети оказывают такие факторы, как степень ответственности приемников электроэнергии, режим их работы и размещение по территории цеха, номинальные токи и напряжения.

Посмотрим план электроснабжения объекта реконструкции, выполненный на силовых пунктах, рис. 1.

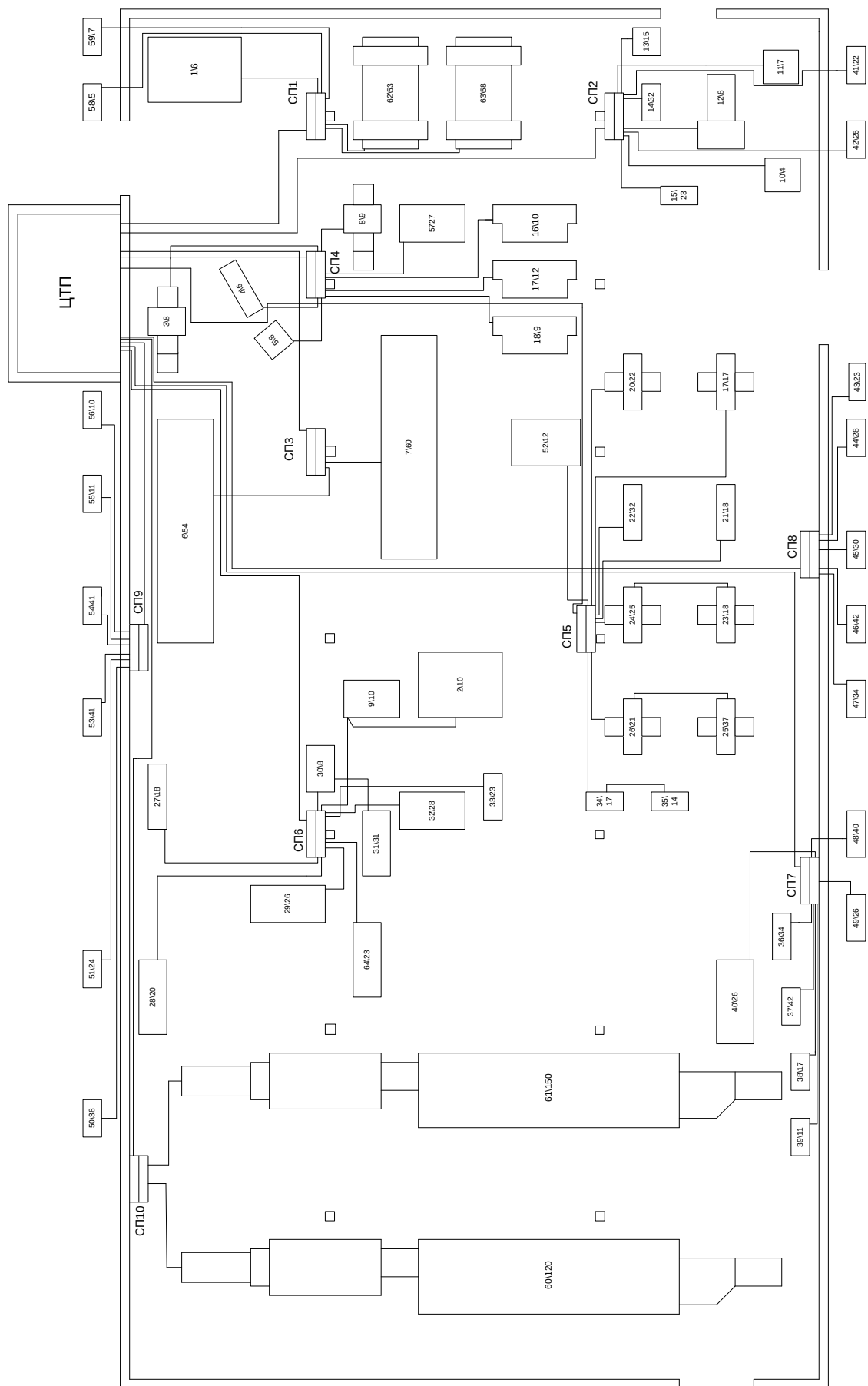


Рисунок 1 – План объекта реконструкции, выполненный на силовых пунктах

4 Расчет электротехнических нагрузок группы электроприемников

Расчётную нагрузку, создаваемую группой электроприёмников, представим в виде таблицы 4

Таблица 4 - Расчет электрических нагрузок

Исходные данные							Средняя нагрузка за максимально загруженную смену		Эффективное число Э.П., п,	Коэффициент максимума Км, о.е.	Максимальная расчетная нагрузка			Расчетный ток Iр, А
по заданию технологов				по справочным данным										
Наименование ЭП	Количество Э.П.	Номинальная, (установленная) мощность, кВт									Коэффициент использования, Ки	cosφ	tgφ	
		Одного ЭП Рн	Общая Рн=прн											
1	2	3	4	5	6		7	8	9	10	11	12	13	14
	СП-1													
	Пресс ножницы 1	1	3,79	3,79	0,14	0,5	1,73	0,53	0,92					
	Пресс 62	1	33,52	33,52	0,14	0,5	1,73	4,69	8,11					
	Пресс 63	1	36,68	36,68	0,14	0,5	1,73	5,13	8,87					
	Привод ворот 58	1	2,5	2,5	0,1	0,5	1,73	0,25	0,43					
	Привод ворот 59	1	3,5	3,5	0,1	0,5	1,73	0,35	0,6					
	ИТОГО по СП 1	5	2,5-36,68	79,99	0,14	0,5	1,73	10,95	18,93	3	2,87	31,43	20,82	37,7 57,34
	СП-2													
	Пресс чеканный 10	1	2,52	2,52	0,14	0,5	1,73	0,35	0,6					
	Пресс ножницы 11	1	4,42	4,42	0,14	0,5	1,73	0,61	1,06					
	пресс кривошипный 12	1	5,05	5,05	0,14	0,5	1,73	0,71	1,23					
	Сварочный аппарат 13	1	11,6	11,6	0,2	0,4	2,29	2,32	5,31					

Продолжение таблицы 4

1		2	3	4	5	6		7	8	9	10	11	12	13	14
	Сварочный аппарат 14	1	24,78	24,78	0,2	0,4	2,29	4,96	11,35						
	Сварочный аппарат 15	1	22,46	22,46	0,2	0,4	2,29	4,49	10,28						
	Приточная вентиляция 41	1	22	22	0,6	0,8	0,75	13,2	9,9						
	Вентиляция вытяжная 42	1	26	26	0,6	0,8	0,75	15,6	11,7						
	ИТОГО	8	2,52-26	118,83	0,36	0,63	1,22	42,24	51,43	8	1,52	64,2	56,57	85,5 7	130, 16
	СП-3														
	Сушильная камера 16	1	54	54	0,75	0,95	0,32	40,5	12,96						
	Сушильная камера 7	1	60	60	0,75	0,95	0,32	45	14,4						
	ИТОГО	2	54-60	114	0,75	0,95	0,32	85,5	27,36	2	1,12	95,76	30,09	100, 38	152, 68
	СП-4														
	Наждак электрический 3	1	6,19	6,19	0,12	0,5	1,73	0,74	1,28						
	Фрезерный станок 4	1	4,64	4,64	0,14	0,5	1,73	0,65	1,12						
	Токарно-винторезный станок 5	1	6,19	6,19	0,14	0,5	1,73	0,86	1,49						
	Токарно-шлифовальный станок 16	1	7,74	7,74	0,14	0,5	1,73	1,08	1,87						
	Токарно-шлифовальный станок 17	1	9,29	9,29	0,14	0,5	1,73	1,3	2,25						
	Токарно-шлифовальный станок 18	1	6,97	6,97	0,12	0,5	1,73	0,97	1,68						

Продолжение таблицы 4

1		2	3	4	5	6		7	8	9	10	11	12	13	14
	Наждак электрический 8	1	6,97	6,97	0,14	0,5	1,73	0,83	1,44						
	Пресс винтовой 57	1	17,07	17,07	0,14	0,5	1,73	2,38	4,12						
	ИТОГО	8	4,64-17,07	65,08	0,14	0,5	1,73	8,81	15,25	7	1,58	13,92	16,78	21,8	33,16
	СП-5														
	Пресс винтовой 52	1	13,28	13,28	0,14	0,5	1,73	1,86	3,22						
	Пресс 19	1	10,75	10,75	0,14	0,5	1,73	1,51	2,61						
	Пресс 20	1	13,91	13,91	0,14	0,5	1,73	1,95	3,37						
	Пресс кривошипный 21	1	20,91	20,91	0,14	0,5	1,73	2,93	5,07						
	Пресс кривошипный 22	1	24,78	24,78	0,14	0,5	1,73	3,46	2,99						
	Шлейф пресс 23-24	2	27,19	27,19	0,14	0,5	1,73	3,8	6,58		2,1	7,98	7,23	10,77	16,37
	Шлейф пресс 25-26	2	36,68	36,68	0,14	0,5	1,73	5,13	8,88		2,1	10,77	11,85	16,01	24,32
	Шлейф сварочный аппарат 34-35	2	24	24	0,14	0,5	1,73	4,8	10,99		2,1	10,08	11,088	14,98	22,75
	ИТОГО	8	10,75-24,78	171,5	0,15	0,48	1,83	25,45	46,7	10	2,1	53,45	51,37	74,13	112,76
	СП-6														
	Шлейф Горизонтально фрезерный станок 2-Токарно шлифовальный станок 9	2	17,04	17,04	0,14	0,5	1,73	2,38	4,11		1,84	4,38	4,53	6,3	9,57
	Вертикально-фрезерный станок 27	1	9,29	9,29	0,14	0,5	1,73	1,3	2,25						

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ленточно-полировальный станок 28	1	15,49	15,49	0,14	0,5	1,73	2,16	3,73					
Точильно-шлифовальный станок 29	1	20,13	20,13	0,14	0,5	1,73	2,82	4,87					
Вертикально-фрезерный станок 32	1	21,68	21,68	0,14	0,5	1,73	3,02	5,22					
Сварочный аппарат 33	1	17,81	17,81	0,2	0,4	2,29	3,56	8,15					
Машина точечной сварки 64	1	17,81	17,81	0,25	0,6	1,23	4,45	5,91					
Шлейф Разноточный станок 30-Калорифер 31	2	37,19	37,19	0,4	0,8	0,75	14,87	11,15		1,84	27,36	30,09	40,6 7
ИТОГО	8	9,29-37,19	156,44	0,22	0,6	1,31	34,56	45,39	10	1,84	63,62	49,96	80,8 9
СП-7													
Разверточный станок 36	1	21,5	21,5	0,14	0,5	1,73	3,01	5,2					
Разверточный станок 37	1	26,56	26,56	0,14	0,5	1,73	3,72	6,43					
Раскройный станок 38	1	10,94	10,94	0,14	0,5	1,73	1,51	2,61					
Раскройный станок 39	1	8,52	8,52	0,14	0,5	1,73	1,19	2,05					
Пресс винтовой 40	1	16,44	16,44	0,14	0,5	1,73	2,3	3,97					
Вентиляция вытяжная 48	1	40	40	0,6	0,8	0,75	24	18					
Приточная вентиляция 49	1	26	26	0,6	0,8	0,75	15,6	11,7					

Продолжение таблицы 4

1		2	3	4	5	6		7	8	9	10	11	12	13	14
	ИТОГО по СП7	7	8,52-40	149,96	0,34	0,71	0,97	51,33	49,96	7	1,8	92,39	54,96	107,5	163,52
	СП-8														
	Приточная вентиляция 43	1	23	23	0,6	0,8	0,75	13,8	10,35						
	Вытяжная вентиляция 44	1	28	28	0,6	0,8	0,75	16,8	12,6						
	Приточная вентиляция 45	1	30	30	0,6	0,8	0,75	18	13,5						
	Вытяжная вентиляция 46	1	42	42	0,6	0,8	0,75	25,2	18,9						
	Приточная вентиляция 47	1	34	34	0,6	0,8	0,75	20,4	15,3						
	ИТОГО по СП8	5	23-42	157	0,6	0,8	0,75	94,2	70,65	5	1,41	132,82	77,72	153,89	234,08
	СП-9														
	Приточная вентиляция 50	1	38	38	0,6	0,8	0,75	22,8	17,1						
	Вытяжная вентиляция 51	1	24	24	0,6	0,8	0,75	14,4	10,8						
	Приточная вентиляция 53	1	41	41	0,6	0,8	0,75	24,6	18,45						
	Вытяжная вентиляция 54	1	41	41	0,6	0,8	0,75	24,6	18,45						
	Приточная вентиляция 55	1	11	11	0,6	0,8	0,75	6,6	4,95						
	Вытяжная вентиляция 56	1	40	40	0,6	0,8	0,75	6	4,5						
	ИТОГО по СП9	6	11--41	195	0,6	0,8	0,75	99	74,25	6	1,37	135,63	81,68	158,33	240,84
	СП-10														
	Термопласт-автомат 60	1	92,95	92,95	0,14	0,5	1,73	13,1	22,5						

Окончание таблицы 4

1		2	3	4	5	6		7	8	9	10	11	12	13	14
	Термопласт-автомат 61	1	116,18	116,18	0,14	0,5	1,73	16,26	28,12						
	ИТОГО по СП9	2	92,95-116,18	209,13	0,14	0,5	1,73	29,27	50,62	2	2,87	84	55,68	100,78	153,3
	ИТОГО по СП	64	2,5-116,18	1386,75	0,34	0,73	0,94	481,33	450,56	24	1,24	596,85	495,6	775,8	1180,1

4.1 Выбор сечений кабельных линий

Сечения проводов и жил кабелей цеховой сети выбираем по нагреву длительным расчетным током:

$$I_{\text{доп}} \geq I_p, \quad (4.1)$$

где $I_{\text{доп}}$ – длительно допустимый ток проводника; I_p – расчетный ток кабеля.

Расчетный ток вычисляем по формуле:

$$I_p = \frac{P_m}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot \cos \varphi}, \quad (4.2)$$

где P_m – максимальная расчетная нагрузка, определенная на II уровне; $\cos \varphi$ – коэффициент мощности электроприемника.

Потерю напряжения в кабельных линиях определяем по формуле, В:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_p \cdot l \cdot (r_{y\partial} \cdot \cos \varphi + x_{y\partial} \cdot \sin \varphi), \quad (4.3)$$

где I_p – расчетный ток линии, А; $r_{y\partial}$, $x_{y\partial}$ – активное и реактивное удельные сопротивления кабелей, Ом/км; l – длина линии, км; $\cos \varphi$ и $\sin \varphi$ соответствуют коэффициенту мощности в конце линии.

Для определения потерь энергии в линии необходимо знать потери мощности. Потери энергии влияют на приведённые затраты варианта. Потери активной мощности в линии определим как, Вт:

$$\Delta P_a = \frac{P_m^2}{U^2} \cdot l \cdot r_{y\partial}, \quad (4.4)$$

потери реактивной мощности определим по формуле:

$$\Delta P_p = \frac{Q_{m1}^2}{U^2} \cdot l \cdot r_{y\partial}. \quad (4.5)$$

Выбор кабельных линий и расчет потерь мощности представлен в таблице 4.1

Таблица 4.1 Выбор кабелей и расчет потерь мощности и напряжения.

№ п/п	Место прокладки кабеля	$P_{m1}, \text{КВт}$	$Q_{m1}, \text{Квар}$	$I_m, \text{А}$	$I_{доп}, \text{А}$	$F, \text{мм}^2$	$l, \text{м}$	Марка Кабеля	$\cos \phi$ о.е	$\sin \phi$ о.е	r уд, Ом/км	X уд, Ом/км	$\Delta U, \text{В}$	$\Delta P_a, \text{Вт}$	$\Delta P_p, \text{Вт}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	от СП2 до 11	3,31	5,72	10,02	19	4	7,56	АВВГ 4*4	0,5	0,87	9,07	0,1	0,6	5,2	15,53
2	от СП2 до 10	1,89	3,26	5,71	19	4	5,46	АВВГ 4*4	0,5	0,87	9,07	0,1	0,24	1,22	3,64
3	от СП2 до 12	3,78	5,84	10,55	19	4	4,2	АВВГ 4*4	0,5	0,87	9,07	0,1	0,35	3,76	8,99
4	от СП2 до 13	8,7	19,9	32,98	42	10	2,1	АВВГ 4*10	0,4	0,92	3,1	0,07	0,15	3,41	17,8
5	от СП2 до 14	18,58	42,5	70,46	75	25	2,52	АВВГ 4*25	0,4	0,92	1,24	0,07	0,17	7,47	39,08
6	от СП2 до 15	16,84	38,56	63,91	75	25	2,31	АВВГ 4*25	0,4	0,92	1,94	0,07	0,14	5,62	29,49
7	от СП2 до 42	23,4	17,55	44,44	60	16	9,45	АВВГ 4*16	0,8	0,6	3,1	0,07	1,15	69,5	39,1
8	от 41 до 42	19,8	14,85	37,6	42	10	4,2	АВВГ 4*10	0,8	0,6	9,07	0,07	0,68	35,34	19,88
9	от СП1 до 1	2,84	4,91	8,61	19	4	4,41	АВВГ 4*4	0,5	0,87	0,89	0,1	0,3	2,2	6,67
10	от СП1 до 62	25,14	43,49	76,31	90	35	2,1	АВВГ 4*35	0,5	0,87	1,24	0,06	0,13	8,18	24,48
11	от СП1 до 63	27,51	30,29	62,15	75	25	8,4	АВВГ 4*25	0,5	0,87	9,07	0,07	0,6	54,5	66,18
12	от СП1 до 59	2,62	4,53	7,94	19	4	15,12	АВВГ 4*4	0,5	0,87	9,07	0,1	0,95	6,5	19,48
13	от 59 до 58	1,87	3,23	5,66	19	4	2,94	АВВГ 4*4	0,5	0,87	0,89	0,1	0,13	0,64	1,92

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
14	от СПЗ до 6	48,6	15,5	77,5	90	35	5,25	АВВГ 4*35	0,95	0,31	9,07	0,06	0,6	76,42	7,77
15	от СПЗ до 7	54	17,28	86,13	90	35	1,68	АВВГ 4*35	0,95	0,31	9,07	0,06	0,95	30,19	3,09
16	от СП4 до3	4,64	8,02	44,06	19	4	12,6	АВВГ 4*4	0,5	0,87	9,07	0,1	0,13	17,04	50,9
17	от СП4 до4	3,48	6,02	10,55	19	4	3,36	АВВГ 4*4	0,5	0,87	9,07	0,1	0,6	2,55	7,64
18	от СП4 до5	4,64	8,02	14,06	19	4	4,2	АВВГ 4*4	0,5	0,87	3,1	0,1	0,21	5,67	16,96
19	от СП4 до8	5,22	9,03	15,84	19	4	3,57	АВВГ 4*4	0,5	0,87	9,07	0,1	1,42	6,11	18,28
20	от СП4 до57	12,8	22,14	38,84	42	10	11,13	АВВГ 4*10	0,5	0,87	7,74	0,07	0,28	39,14	117,12
21	от СП4 до18	5,23	9,04	15,86	19	4	13,65	АВВГ 4*4	0,5	0,87	9,07	0,1	0,47	23,45	70,06
22	от 18 до 17	6,97	12,05	21,14	27	4	3,57	АВВГ 4*4	0,5	0,87	5,17	0,1	0,45	9,29	27,78
23	от18 до 16	5,8	10,03	17	519	4	3,78	АВВГ 4*4	0,5	0,87	5,17	0,1	1,2	7,98	23,88
24	от СП5 до 52	9,96	17,23	30,23	32	6	5,46	АВВГ 4*6	0,5	0,87	1,94	0,09	1,73	19,39	58,03
25	отСП5 до 20	10,43	56,39	31,64	32	6	9,66	АВВГ 4*6	0,5	0,87	7,74	0,09	0,51	37,62	112,55
26	От СП5 до22	18,58	24,46	56,39	60	16	4,62	АВВГ 4*16	0,5	0,87	1,94	0,07	0,53	21,42	64,11
27	От 20 до 19	8,06	13,94	24,46	27	4	2,1	АВВГ 4*4	0,5	0,87	7,74	0,1	0,76	7,31	21,87
28	От 22 до 21	15,68	27,12	50,15	60	16	3,15	АВВГ 4*16	0,5	0,87	1,94	0,07	1,4	10,4	31,12
29	От СП5 до 24	11,85	20,5	35,96	42	10	2,31	АВВГ 4*10	0,5	0,87	3,1	0,07	0,46	6,96	20,84
30	От 24 до23	8,53	14,75	25,87	27	4	3,78	АВВГ 4*4	0,5	0,87	7,74	0,1	0,35	14,74	40,08

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
31	От СП 5 до 26	9,96	17,23	30,23	32	6	8,82	АВВГ 4*6	0,5	0,87	5,17	0,09	1,22	31,32	93,74
32	От 26 до 25	17,55	30,36	53,26	60	16	3,99	АВВГ 4*16	0,5	0,87	1,94	0,07	0,38	16,51	49,4
33	От СП5 до 34	9,87	22,6	37,46	42	10	13,02	АВВГ 4*10	0,5	0,87	3,1	0,07	1,1	27,22	142,76
34	от 34 до 35	8,13	18,61	30,84	32	6	4,2	АВВГ 4*6	0,5	0,87	5,17	0,09	0,48	9,93	52,07
35	От СП6 до 9	6,97	12,05	21,14	27	4	6,93	АВВГ 4*4	0,5	0,87	7,74	0,1	1	18,04	53,93
36	От 9 до 2	5,81	10,05	17,62	19	4	6,72	АВВГ 4*4	0,5	0,87	9,07	0,1	0,94	14,24	42,63
37	от СП6 до 31	27,9	20,9	52,96	60	16	2,73	АВВГ 4*16	0,4	0,92	1,94	0,07	0,39	28,55	16,02
38	от 31 до 32	16,26	28,1	49,31	60	16	2,1	АВВГ 4*16	0,5	0,87	1,94	0,07	0,18	7,45	22,27
39	от 32 до 33	13,35	30,57	50,67	60	16	0,84	АВВГ 4*16	0,4	0,92	1,94	0,07	0,06	2,01	10,54
40	от СП6 до 64	13,35	23,09	40,52	42	10	6,93	АВВГ 4*10	0,6	0,31	3,1	0,07	0,93	26,51	79,31
41	от СП6 до 29	15,09	26,1	45,79	60	16	1,05	АВВГ 4*16	0,5	0,87	1,94	0,07	0,08	3,21	9,6
42	от СП6 до 28	11,62	20,1	35,26	42	10	8,4	АВВГ 4*10	0,5	0,87	3,1	0,07	0,82	24,34	72
43	от СП6 до 27	6,96	12,04	21,11	27	4	6,3	АВВГ 4*4	0,5	0,87	7,74	0,1	0,91	16,35	48,95
44	от СП6 до 30	4,64	3,48	8,81	19	4	0,63	АВВГ 4*4	0,8	0,6	9,07	0,1	0,07	0,85	0,47
45	от СП7 до 36	16,12	27,88	48,92	60	16	2,1	АВВГ 4*16	0,5	0,87	1,94	0,07	0,18	7,33	21,93
46	от СП7 до 37	19,91	34,46	60,46	75	25	8,19	АВВГ 4*25	0,5	0,87	1,24	0,07	0,15	7,13	21,41
47	от СП8 до 38	8,13	14,06	24,67	27	4	1,68	АВВГ 4*4	0,5	0,87	7,74	0,1	1,38	29,01	86,78

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
48	от 38 до 39	6,39	11,05	19,38	27	4	5,25	АВВГ 4*4	0,5	0,87	7,74	0,1	0,22	3,67	10,99
49	от СП7 до 40	12,33	21,33	37,42	42	10	2,1	АВВГ 4*10	0,5	0,87	3,1	0,07	0,54	17,13	51,27
50	от СП 7 до 49	23,4	17,55	44,44	60	16	6,93	АВВГ 4*16	0,8	0,6	1,94	0,07	0,25	15,44	8,68
51	от 49 до 48	36	27	68,37	75	25	11,76	АВВГ 4*25	0,8	0,6	1,24	0,07	0,84	77,12	43,68
52	от СП8 до 44	25,2	18,9	47,85	60	16	2,1	АВВГ 4*16	0,8	0,6	1,94	0,07	1,55	100,33	56,43
53	от СП8 до 45	27	20,25	51,27	60	16	3,78	АВВГ 4*16	0,8	0,6	1,94	0,07	0,29	20,56	11,56
54	от 44 до 43	20,7	15,52	99,3	110	50	6,3	АВВГ 4*50	0,8	0,6	0,62	0,07	0,34	6,95	3,91
55	от46 до 47	30,6	22,95	58,11	60	16	5,88	АВВГ 4*16	0,8	0,6	1,94	0,06	1	79,25	44,58
56	от СП8 до 46	37,8	28,35	71,78	75	25	2,73	АВВГ 4*25	0,8	0,6	1,24	0,07	0,75	72,14	40,58
57	от СП9 до 53	36,9	27,67	70,07	75	25	13,02	АВВГ 4*25	0,8	0,6	1,24	0,07	0,34	31,92	17,95
58	от 53 до 51	21,6	16,2	41,02	60	16	7,56	АВВГ 4*16	0,8	0,6	1,94	0,07	1,47	81,61	45,9
59	от51 до 50	34,2	25,65	64,95	75	25	2,1	АВВГ 4*25	0,8	0,6	1,24	0,07	0,87	75,93	42,71
60	от СП9 до 54	36,9	27,57	70,07	75	25	14,49	АВВГ 4*25	0,8	0,6	1,24	0,07	0,26	24,55	13,8
61	от 54 до 55	9,9	7,42	18,79	19	4	3,99	АВВГ 4*4	0,8	0,6	9,07	0,1	3,44	89,2	50,1
62	от 55 до 56	3	6,75	17,09	19	4	3,15	АВВГ 4*4	0,8	0,6	9,07	0,1	0,86	20,3	11,41
63	от Сп10 до 60	69,71	120,5	211,5	235	150	4,15	АВВГ 4*150	0,5	0,87	0,21	0,06	0,18	22,26	66,51

Окончание таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
64	от СП10 до 61	81,13	150,7	264,47	270	185	4,41	АВВГ 4*185	0,5	0,87	0,17	0,06	0,31	39,41	117,9
										Итого потери мощности:				1586,99	2445

Таблица 4.1.1-Выбор кабелей для силовых пунктов и расчет потерь мощности и напряжения

№ п/п	Место прокладки кабеля	P _{m1} ,КВт	Q _{m1} ,Квар	I _m ,А	I _{доп} ,А	F,мм²	l,m	Марка Кабеля	cosφ _{о.е}	sinφ _{о.е}	r уд,Ом/км	X уд,Ом/км	ΔU,В	ΔP _a ,Вт	ΔP _p ,Вт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	От СП 1 до ТП	31,43	20,82	57,34	75	25	10,92	АВВГ 4*25	0,5	0,86	1,24	0,07	0,73	92,63	40,64
2	от СП2 до ТП	64,2	56,57	130,16	140	70	30,45	АВВГ 4*70	0,63	0,77	0,44	0,06	2,21	382,4	296,9
3	От СП4 до СП3	13,92	16,78	33,16	42	10	13,23	АВВГ 4*10	0,5	0,86	3,1	0,07	1,22	55,03	79,97
4	От СП3 до ТП	109,68	46,87	185,85	235	150	23,94	АВВГ 4*150	0,95	0,31	0,21	0,06	1,67	418,8	76,48
5	От СП5 до ТП	53,45	51,37	112,76	140	70	42	АВВГ 4*70	0,48	0,87	0,44	0,06	2,15	365,6	337,7
6	От СП6 до СП10	63,62	49,96	123,05	140	70	19,32	АВВГ 4*70	0,6	0,8	0,44	0,06	1,28	238,27	146,93
7	От СП10 до ТП	147,62	105,64	276,35	465	240	51,45	АВВГ 4*240	0,5	0,86	0,13	0,06	2,86	1009,3	516,91
8	От СП7 до СП8	92,39	54,96	163,52	235	150	21	АВВГ 4*150	0,71	0,7	0,21	0,06	0,69	260,68	92,24
9	От СП8 до ТП	225,21	132,68	397,6	465	240	46	АВВГ 4*240	0,8	0,6	0,13	0,06	4,42	2100	729,02
10	От СП9 до ТП	135,63	81,68	240,84	270	185	27,72	АВВГ 4*185	0,8	0,6	0,17	0,06	1,98	600,3	217,72
Итого потери мощности :														5532,5	2534,5
Итого потери мощности результирующие:														7110,4	4980,5
Суммарные потери активной мощности во всех кабелях 0,4 кВ														11573,078	

4.2 Выбор распределительных пунктов

Для первого варианта схемы электроснабжения, исходя из значений токов таблицы 4-4.1-4.1.1, выберем силовые пункты. Результаты сведем в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 – Выбор СП

Обозначение	Марка	I_p , А	I_n , А	Необходимое число присоединений	Номинальное число присоединений
1	2	3	4	5	6
СП1	ПР11 3059- 21У3	57,34	100	5	8
СП2	ПР11 3050- 21У3	130,16	160	8	8
СП3	ПР11 3050- 21У3	152,69	160	2	8
СП4	ПР11 3050- 21У3	33,16	50	8	8
СП5	ПР11 3050- 21У3	112,76	160	8	8
СП6	ПР11 3050- 21У3	123,05	160	8	8
СП7	ПР11 3059- 21У3	163,52	250	7	8
СП8	ПР11 3059- 21У3	234,08	250	5	8
СП9	ПР11 3059- 21У3	240,84	250	6	8
СП10	ПР11 3050- 21У3	153,3	160	2	8

4.3 Выбор коммутационно-защитных аппаратов

Первый вариант схемы распределительной сети 0,4 кВ выполнен на силовых пунктах. Для защиты присоединений в ящиках должны устанавливаться автоматические выключатели.

Основными характеристиками автоматических выключателей являются номинальный ток выключателя $I_{ном,а}$, номинальный ток расцепителя $I_{ном,рас}$.

Выбор выключателей производим по условиям:

$$U_{ном,пр} \geq U_c;$$

$$I_{ном,рас} \geq I_{р,мах},$$

где U_c – номинальное напряжение сети; $I_{р,мах}$ – максимальный рабочий ток, рассчитанный (таблица 3).

Итоги выбора автоматов для схемы, представим в виде таблицы 4.3.

Таблица 4.3– Автоматы для защиты электроприемников

Расположение предохранителя на ответвлении	Тип автомата	$I_{р,мах,А}$	$I_{ном,а,А}$	$I_{ном,расц,А}$	$I_{откл,ном, кА}$
1	2	3	4	5	6
К ЭП № 1	ВА 51-31	8,61	60	16	10
К ЭП № 2	ВА 51-31	17,62	60	30	10
К ЭП № 3	ВА 51-31	14,06	60	16	10
К ЭП № 4	ВА 51-31	10,55	60	16	10
К ЭП № 5	ВА 51-31	14,06	60	16	50
К ЭП № 6	ВА 51-31	77,5	60	80	10

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3	4	5	6
К ЭП № 7	BA 51-31	86,13	100	100	10
К ЭП № 8	BA 51-31	15,84	60	16	10
К ЭП № 9	BA 51-31	21,14	60	30	50
К ЭП № 10	BA 51-31	5,71	60	6,3	50
К ЭП № 11	BA 51-31	10,02	60	16	10
К ЭП № 12	BA 51-31	10,55	60	16	10
К ЭП № 13	BA 51-31	32,98	60	60	10
К ЭП № 14	BA 51-31	70,46	100	80	50
К ЭП № 15	BA 51-31	63,91	100	80	10
К ЭП № 16	BA 51-31	17,59	60	30	50
К ЭП № 17	BA 51-31	21,14	60	30	50
К ЭП № 18	BA 51-31	15,86	60	16	10
К ЭП № 19	BA 51-31	24,46	60	30	50
К ЭП № 20	BA 51-31	31,64	60	60	50
К ЭП № 21	BA 51-31	50,15	60	60	50
К ЭП № 22	BA 51-31	56,39	60	60	50
К ЭП № 23	BA 51-31	25,87	60	30	50
К ЭП № 24	BA 51-31	35,96	60	60	10
К ЭП № 25	BA 51-31	53,26	60	60	10
К ЭП № 26	BA 51-31	30,23	60	60	10
К ЭП № 27	BA 51-31	21,11	60	30	10
К ЭП № 28	BA 51-31	35,26	60	60	50
К ЭП № 29	BA 51-31	45,79	60	60	50
К ЭП № 30	BA 51-31	8,81	60	16	50
К ЭП № 31	BA 51-31	52,96	60	60	50
К ЭП № 32	BA 51-31	49,31	60	60	50
К ЭП № 33	BA 51-31	50,67	60	60	50
К ЭП № 34	BA 51-31	37,46	60	60	40
К ЭП № 35	BA 51-31	30,84	60	60	40
К ЭП № 36	BA 51-31	48,92	60	60	40
К ЭП № 37	BA 51-31	60,46	100	80	50
К ЭП № 38	BA 51-31	24,67	60	30	50
К ЭП № 39	BA 51-31	19,38	60	30	50
К ЭП № 40	BA 51-31	37,42	60	60	50
К ЭП № 41	BA 51-31	37,6	60	60	50
К ЭП № 42	BA 51-31	44,44	60	60	50
К ЭП № 43	BA 51-31	39,3	60	60	50
К ЭП № 44	BA 51-31	47,85	60	60	40
К ЭП № 45	BA 51-31	51,27	60	60	50
К ЭП № 46	BA 51-31	71,78	100	80	50
К ЭП № 47	BA 51-31	58,11	60	60	50
К ЭП № 48	BA 51-31	68,37	100	80	10
К ЭП № 49	BA 51-31	44,44	60	60	10
К ЭП № 50	BA 51-31	64,95	100	80	10
К ЭП № 51	BA 51-31	41,02	60	60	10
К ЭП № 52	BA 51-31	30,23	60	60	10
К ЭП № 53	BA 51-31	70,07	60	80	10
К ЭП № 54	BA 51-31	70,07	100	80	10
К ЭП № 55	BA 51-31	18,79	60	30	10

Окончание таблицы 4.3

1	2	3	4	5	6
К ЭП № 56	ВА 51-31	17,09	60	30	10
К ЭП № 57	ВА 51-31	38,84	60	60	10
К ЭП № 58	ВА 51-31	5,66	60	6,3	10
К ЭП № 59	ВА 51-31	7,94	60	16	50
К ЭП № 60	ВА 51-35	211,5	250	250	10
К ЭП № 61	ВА 51-35	264,47	270	270	10
К ЭП № 62	ВА 51-31	76,31	100	80	50
К ЭП № 63	ВА 51-31	62,15	100	80	10
К ЭП № 64	ВА 51-31	40,52	60	60	10

К сборным шинам ЦТП силовые пункты подключаются также через автоматические выключатели.

Выбор выключателей производим по условиям:

$$U_{ном,пр} \geq U_c;$$

$$I_{ном,рас} \geq I_{р,мах},$$

где U_c – номинальное напряжение сети; $I_{р,мах}$ – максимальный рабочий ток

В качестве тока уставки принимаем ближайшее большее из ряда номинальных токов расцепителя.

Итоги выбора выключателей по первому варианту и цены на них представим в виде таблицы 4.4.

Таблица 4.4– Автоматы для защиты групп электроприемников

Расположение выключателя на ответвлении:	Тип выключателя	$I_{р,мах}, A$	$I_{ном,а}, A$	$I_{ном,рас}, A$	$I_{откл,ном}, kA$
К СП1	ВА-5135 125A	57,34	350	125	40
К СП2	ВА-5135 160A	130,16	350	160	40
К СП3	ВА-5135 160A	152,69	350	160	40
К СП4	ВА-5135 125A	33,16	350	160	40
К СП5	ВА-5135 160A	112,76	350	160	40
К СП6	ВА-5135 160A	123,52	350	250	40
К СП7	ВА-5135 160A	163,05	350	250	40
К СП8	ВА-5135 250A	234,08	350	250	40
К СП9	ВА-5135 250A	234,84	350	250	40
К СП10	ВА-5135 250A	240,84	350	250	40

Распределительные шины подключаем к магистрали через автоматические выключатели, установленные в ответвительных секциях. Согласно [5] в ШМА73 могут быть установлены выключатели серии АЗ700 (400; 600А, 380В). Магистральный шинопровод подключается к шинам ЦТП также через автоматический выключатель.

Условия для выбора выключателей описаны выше. Максимальный рабочий ток $I_{p, \max}$ рассчитан (таблица 4.4).

4.4 Расчет потерь активной и реактивной мощности и напряжения в цеховой распределительной сети

Потери активной и реактивной мощности и напряжения в кабелях для обоих вариантов были попутно рассчитаны в п 4, (таблица 4).

Рассчитаем падение напряжения до каждого электроприемника и определим падение напряжения в процентах от номинального.

Для определения потерь напряжения в процентах воспользуемся формулой:

$$\Delta U_{\%} = \Delta U \cdot \frac{100}{380}, \quad (4.6)$$

Первый вариант

Пример расчета приведем для электроприемника №1.

Данные возьмем из таблиц 4.1-4.1.1.

$$\Delta U_{11-СП2} = 0,6 \text{ В}; \quad \Delta U_{СП2-ТП} = 2,21 \text{ В};$$

$$\Delta U = \Delta U_{11-СП2} + \Delta U_{СП2-ТП} = 0,6 + 2,21 = 2,81 \text{ В};$$

$$\Delta U_{\%} = \Delta U \cdot \frac{100}{380} = 2,81 \cdot \frac{100}{380} = 0,73 \text{ \%}.$$

Расчет для остальных электроприемников аналогичен. Результаты расчета сведем в таблицу 4.5. Таблица 4.5 представлена ниже.

Таблица 4.5 Расчет падение напряжения до каждого электроприемника

№ ЭП	ΔU , В	ΔU , %	№ ЭП	ΔU , В	ΔU , %
1	2	3	4	5	6
33	2,81	0,73	35	3,73	0,98
34	2,45	0,64	9	5,14	1,35
35	2,56	0,67	2	6,08	1,6
36	2,36	0,62	31	4,53	1,19
37	2,38	0,63	32	4,71	1,23
38	2,36	0,61	33	4,77	1,25
39	3,36	0,88	64	5,07	1,33
40	4,04	1,06	29	4,22	1,11
41	1,03	0,27	28	4,96	1,3
42	0,86	0,22	27	5,05	1,32
63	1,33	0,35	30	4,21	1,1
59	1,62	0,44	36	5,29	1,39
58	1,81	0,47	37	5,44	1,43
6	2,27	0,59	38	6,49	1,7
7	1,88	0,49	39	6,71	1,76
3	4,31	1,13	40	5,65	1,48
4	3,17	0,83	49	5,36	1,41
5	3,36	0,88	48	6,2	1,63

Окончание таблицы 4.5

1	2	3	4	5	6
8	3,34	0,87	44	5,97	1,57
57	4,09	1,07	45	4,71	1,23
18	4,62	1,21	43	6,31	1,66
17	5,13	1,35	46	5,17	1,36
16	5,66	1,48	47	6,17	1,62
52	2,91	0,76	53	2,32	0,61
20	3,55	0,93	51	5,79	0,99
22	2,61	0,68	50	4,66	1,22
19	3,9	1,02	54	2,24	0,58
21	2,89	0,76	55	5,68	1,49
24	2,37	0,62	56	6,54	1,72
23	3,02	0,79	60	5,04	0,8
26	3,37	0,88	61	3,14	0,83
25	3,75	0,98			
34	3,25	0,85			

5 Светотехнический и электротехнический расчеты освещения

5.1 Светотехнический расчет электрического освещения

Исходными данными на светотехнический расчёт являются (рис. 2): длина цеха – $L_{ц}$, м; ширина цеха – $B_{ц}$, м; высота цеха – $H_{ц}$, м; h_c – высота подвеса светильников, м; h_p – высота рабочей поверхности, м; h – расстояние от источника до рабочей поверхности, м; h_n – высота подвеса относительно пола, м.

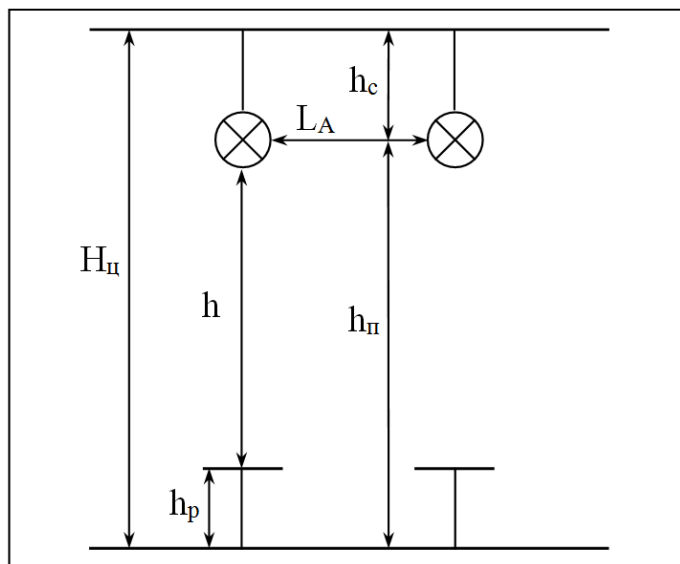


Рисунок 2 – Поясняющая схема к расчету освещения

Согласно ПУЭ [4] высота рабочей поверхности h_p = от 0,8 до 1 м, а высота подвеса h_c = от 1 до 1,2 м.

Важное значение имеет отношение расстояния между светильниками к расчётной высоте, которое находится по следующей формуле, м:

$$\lambda_{\vartheta} = \frac{L_a}{h}. \quad (5.1)$$

Расстояние от светильников до стены можно определить по формуле, м:

$$l_a = (0,3 \div 0,5) \cdot L_a \quad (5.2)$$

Согласно [4] для обеспечения равномерного распределения потока принято, что расстояние от ряда до стены $l_a = (1 \div 15)$ м.

Расчёт осветительной установки выполним методом коэффициента использования. При расчёте по этому методу световой поток ламп в каждом светильнике, необходимый для создания заданной минимальной освещённости (норма освещённости – E_n , лк) определяется по формуле, лм:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot K_{зан} \cdot F \cdot z}{N \cdot \eta}; \quad (5.3)$$

где $K_{зан}$ – коэффициент запаса;

F – площадь освещённой поверхности, м²;

z – коэффициент минимальной освещённости, для светодиодных ламп $z = 1,1$; для ламп накаливания и ДРЛ $z = 1,15$;

N – число светильников;

η – коэффициент использования светового потока источника света.

По значению светового потока выбирается стандартная лампа, так чтобы ее поток отличался от расчётного значения Φ на $-10 \dots +20 \%$.

Коэффициент использования светового потока является функцией индекса помещения i , который определяется по формуле:

$$i = \frac{L_u \cdot B_u}{h \cdot (L_u + B_u)} \quad (5.4)$$

5.1.1 Расчет рабочего освещения

Рассчитываемый объект не имеет перегородок, поэтому в нем можно выделить лишь одну зону освещения. Выписываем ее основные размеры:

$L_u = 80$ м; $H_u = 10,8$ м; $B_u = 30$ м; $h_p = 0,8$ м; $h_c = 1,2$ м.

Определим площадь объект, m^2 :

$F = L_u \cdot B_u = 80 \cdot 30 = 2400$.

Освещение объекта выполним светодиодными светильниками ДСП-200. Данный светильник имеет глубокую прямую силы света, поэтому из таблицы 4 [1] принимаем $\lambda_s = 1$.

Расстояние от источника до рабочей поверхности, м:

$$h = H_u - h_c - h_p = 10,8 - 1,2 - 0,8 = 8,8. \quad (5.5)$$

Расстояние между светильниками, м:

$$L_a = \lambda_s \cdot h = 1 \cdot 8,8 = 8,8.$$

$$2 \cdot l_a = 80 - 7 \cdot 8,8 = 9,6 \text{ м}; l_a = 4,8 \text{ м}.$$

Принимаем число рядов 4, тогда $L_b = 8$ м; $2 \cdot l_b = 30 - 3 \cdot 8 = 6$ м; $l_b = 3$ м.

Сравниваем отношение расстояний:

$$L_a / L_b = 8,8 / 8 = 1,1 < 1,5.$$

Рассчитаем общее число ламп:

$$N = 9 \cdot 4 = 36.$$

Размещение светильников в цехе показано на рис.3.

Рассчитаем индекс помещения и световой поток, лм.

$$i = 2,47$$

По таблице 4-1 и 4-5 [6] определим $E_n = 300$ лк, $K_{зан} = 1,3$, а $z = 1,1$;

откуда по таблице 5-3 [6] принимаем $\eta = 0,46$.

$$\Phi = \frac{300 \cdot 1,3 \cdot 80 \cdot 30 \cdot 1,1}{36 \cdot 0,73} = 20878;$$

Объект будут освещать лампы типа ДСП-200 со световым потоком 21000 лм.

5.1.2 Расчет аварийного освещения

Аварийное освещение должно устраиваться в помещениях, где внезапное отключение рабочего освещения может привести к тяжёлым последствиям для людей и технологического оборудования. При этом освещённость на рабочих поверхностях должна составлять не менее пяти процентов освещённости, установленной для рабочего освещения этих поверхностей при системе общего освещения.

Расчёт освещённости будем производить по формулам (5.3) и (5.4).

$$E_n = 15 \text{ лк}, K_{зан} = 1,3, \text{ а } z = 1,15:$$

$$N = 11 \cdot 5 = 55;$$

$$i = \frac{80 \cdot 30}{8,8 \cdot (80 + 30)} = 2,47;$$

откуда принимаем $\eta = 0,4$.

$$\Phi = \frac{15 \cdot 1,3 \cdot 2400 \cdot 1,15}{55 \cdot 0,4} = 1340,47;$$

Принимаем лампу Б-215-225-95 со световым потоком 1550 лм в светильнике НСП 03.

5.2 Электротехнический расчет электрического освещения

5.2.1 Расчет электрической нагрузки осветительной сети

Расчетная нагрузка осветительной сети для газоразрядных ламп, кВт:

$$P_{p.o} = P_{уст} \cdot K_c \cdot K_{пра}, \quad (5.1.1)$$

где $P_{уст}$ – установленная мощность ламп,

$K_c=0,95$ – коэффициент спроса [5],

$K_{пра}=1,1$ – коэффициент, учитывающий потери в пускорегулирующей аппаратуре. Для ламп накаливания $K_{пра} = 1$, для светодиодных ламп $K_{пра} = 1,1$.

Расчеты по-рабочему и аварийному освещению сведем в таблицу 5.

Таблица 5 - Расчеты по-рабочему и аварийному освещению

1	2	3	4	5	6	7	8	9
N, шт	P _л , Вт	P _{уст} , кВт	K _с , о.е.	K _{пра} , о.е.	P _{р.о.} , кВт	cosφ , о.е.	tgφ , о.е.	Q _{р.о.} , кВАр
РАБОЧЕЕ ОСВЕЩЕНИЕ (светодиодные лампы)								
36	1000	36	0,95	1,1	37,62	0,7	1,020	
Итого по рабочему освещению					37,62	-	-	
АВАРИЙНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ								

Окончание таблицы 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
55	100	5,5	0,95	1	5,225	1	0	0
Итого по аварийному освещению					5,225	-	-	0

Для светильников общего освещения применим напряжение 220 В. Электроснабжение рабочего освещения выполняется самостоятельными линиями от щитов подстанции. При этом электроэнергия от подстанции передаётся питающими линиями на осветительные магистральные пункты или щитки, а от них – групповым осветительным щиткам. Питание источников света осуществляется от групповых щитков групповыми линиями.

5.2.2 Расчёт осветительной сети

Распределение светильников по фазам выполняется для более равномерного распределения нагрузки по фазам. Это уменьшает несимметрию сети электроснабжения цеха, а также сечение проводников из-за равномерного распределения по фазам.

Распределим светильники по фазам для участка (рис. 3).

В помещении установлено: восемь ламп в ряду; три ряда. Произведем распределение светильников по фазам для первого ряда. Распределение показано на рисунке 3.

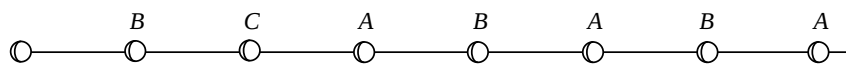


Рисунок 3 – Распределение светильников по фазам для первого ряда

Определим сумму моментов, представляющую собой произведение мощности на длину линии, кВт · м:

$$\Sigma M = \Sigma P \cdot l; \quad (5.2)$$

$l_0 = 8,8$ м, $P = 1$ кВт, $l = 71,6$ м, $l_c = 2,75$ м расстояние от стены. Тогда:

$$\Sigma M_A = 1 \cdot (14 + 20 + 37) = 70;$$

$$\Sigma M_B = 1 \cdot (32 + 22 + 18) = 72;$$

$$\Sigma M_C = 1 \cdot (36 + 35) = 71.$$

Из расчётов моментов видим, что нагрузка по фазам распределена практически равномерно. Расчёт распределения светильников по фазам для остальных участков цеха выполняется аналогично. Распределение представлено на первом листе графической части.

Расчёт осветительной сети проводим по потере напряжения. Потеря напряжения зависит от мощности трансформатора (допустимой потере напряжения) и от его загрузки [6].

При заданных номинальном напряжении сети и материале проводника потери напряжения на каждом участке осветительной сети определяются по формуле, %:

$$\Delta U_{\partial on} = \frac{M}{K_c \cdot S}; \quad (5.3)$$

где

$$S = \frac{\sum M + \sum \alpha \cdot m}{K_c \cdot \Delta U_{\partial on}}; \quad (5.4)$$

где $\sum M$ – сумма моментов данного и всех последующих участков с тем же числом проводов в линии, как и на данном участке кВт · м;

$\sum \alpha \cdot m$ – сумма моментов всех ответвлений, питаемых данным участком и имеющих иное число проводов в линии, кВт · м;

α – коэффициент приведения моментов, зависящий от числа проводов на участке и в ответвлении;

K_c – коэффициент, значение которого зависит от напряжения и материала проводника; $K_c = 44$ для трехфазной сети с нулем, $K_c = 7,4$ для однофазной.

S – минимальное сечение проводника мм².

Приведем пример расчета для кабеля, питающего ГЩО.

Согласно рисунку 3 имеем:

$$S_o = \frac{M_o + M_1}{K_c \cdot \Delta U_{\partial on}} = \frac{615,3 + 599,9}{44 \cdot 5,8} = 4,76 \text{ мм}^2.$$

Принимаем сечение 6 мм². На данном участке кабель марки АВВГ сечением $S = 4 \times 6 \text{ мм}^2$. Тогда действительная потеря напряжения, которую определим по формуле (5.3), буде равна, %: $\Delta U = \frac{615,3}{44 \cdot 6} = 2,33$.

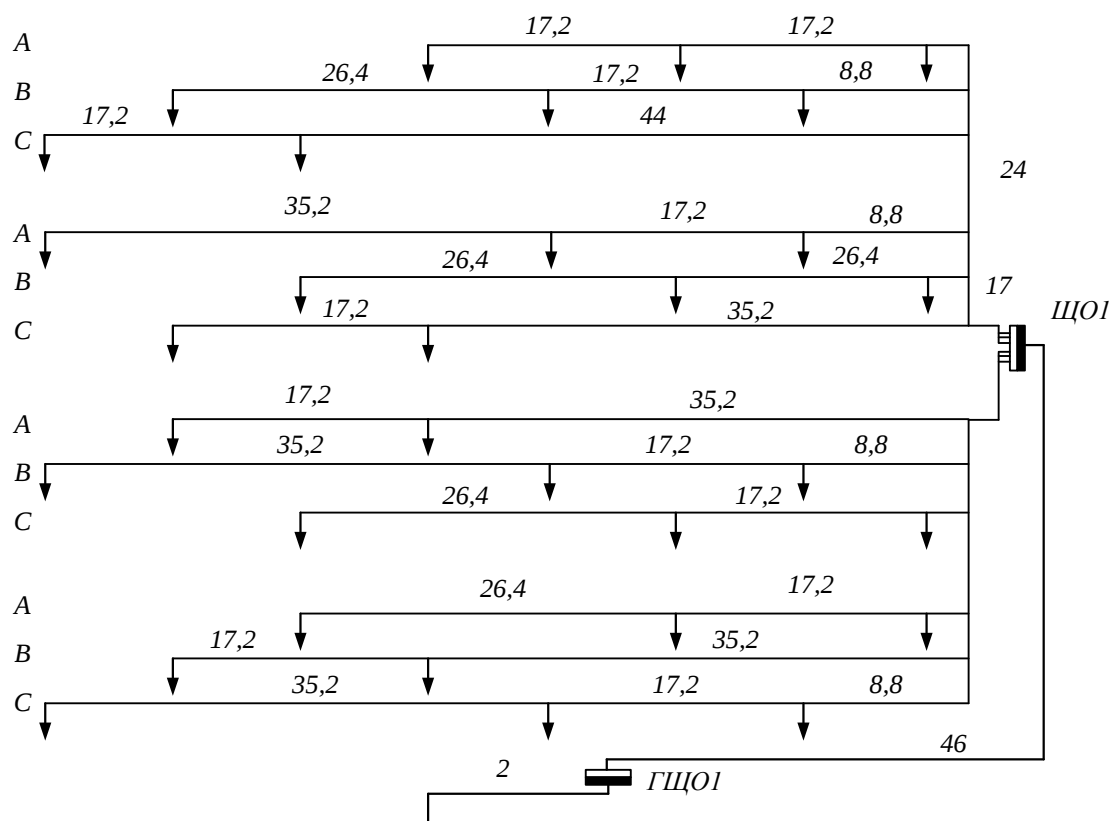


Рисунок 4 – Распределение осветительной нагрузки по фазам

Тогда допустимая потеря на последующих участках равна, %:

$$\Delta U = 5,0 - 2,33 = 2,67.$$

Расчет на остальных участках аналогичен. Результаты расчетов сведем в таблицу 5.1.

Таблица 5.1. – Расчет потерь напряжения по фазам

1 Участок	2 $\Delta U_{\text{доп}},$ %	3 $\Sigma M,$ кВт м	4 $S_p,$ мм ²	5 $S,$ мм ²	6 $\Delta U,$ %
ГЩО1–ЩО1	5,0	1215,2	4,76	6	2,33
ЩО1 – фаза А	2,67	109,44	4,26	6	1,37
ЩО1 – фаза В	2,67	120,32	4,685	6	1,24
ЩО1 – фаза С	2,67	120,16	4,679	6	2,2

Исходя из формулы (5.1) определим значения тока, А:

$$I_{p.o.} = \frac{P_{p.o.}}{U_{\phi} \cdot \cos \varphi} \quad (5.5)$$

где U_{ϕ} - номинальное фазное напряжение сети.

Результаты сведем в таблицу 5.2

По полученным значениям тока выберем необходимое сечение.

Таблица 5.2 –Выбор сечения кабеля

Участок	Наиболее загруженная фаза	I, А	F, мм2
От ЩО1 до ГЩО1	по фазе А	86,85	35
От ЩО1 до помещения	по фазе А	28,85	6
	по фазе В	29,86	6
	по фазе С	29,14	6

Выбор осветительных щитов проведем на основе таблицы 5.2.

ЩО1:

Выбираем осветительный щиток типа ОЩВ – 12, автомат на вводе АЕ2046, на отходящих линиях АЕ – 1031 – 11, двенадцать штук.

ГЩО:

Выбираем осветительный щиток типа ОЩВ – 6, автомат на вводе АЕ2056, на отходящих линиях АЕ2046, шесть штук.

В следствии того, что сети освещения являются протяжёнными и с малыми сечениями, откуда большое сопротивление, а, следовательно, малый ток К.З., поэтому коммутационную аппаратуру на стойкость проверять не будем.

Участки сети от ГЩО до ЩО выполнены кабелем АВВГ. Участки сети от ЩО до ламп выполнены проводом АППВ.

Для аварийного освещения расчет аналогичен. Распределение ламп аварийного освещения по фазам представлено на первом листе графической части.

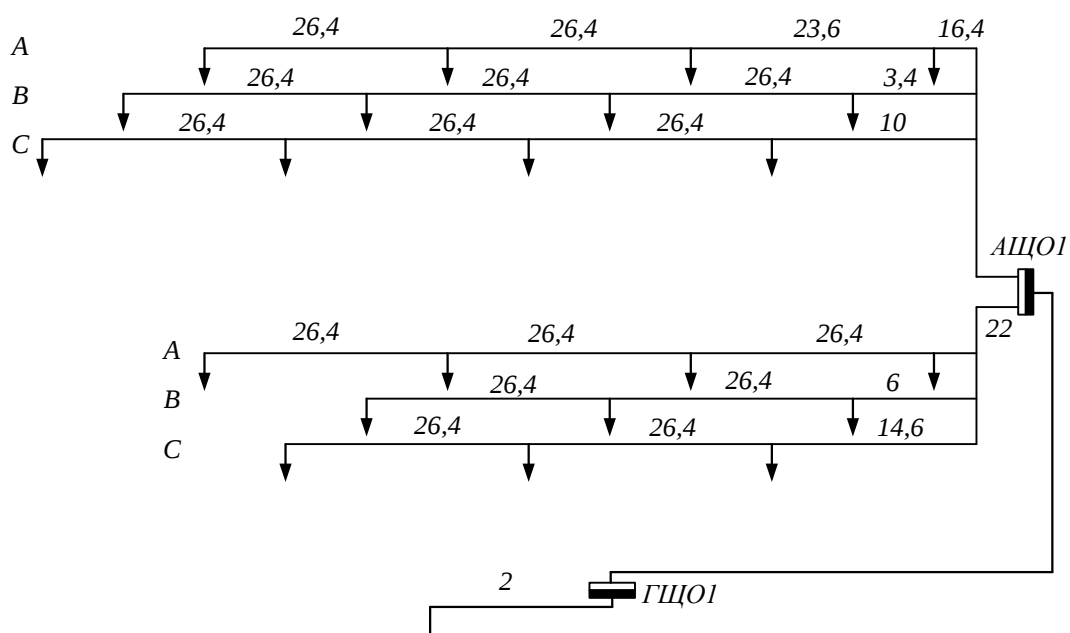


Рисунок 5 – Распределение осветительной нагрузки по фазам для аварийного освещения

Расчет будем проводить по самой загруженной фазе в ряду.

На основе рисунка 5 и заполним таблицу 5.3.

Таблица 5.3 – Расчет потерь напряжения по фазам

1	2	3	4	5	6
Участок	$\Delta U_{\text{доп}}, \%$	$\Sigma M, \text{ кВт м}$	$S_p, \text{ мм}^2$	$S, \text{ мм}^2$	$\Delta U, \%$
ГЩО1–АЩО1	5,0	250,8	4,76	6	2,33
Первый ряд (верхний)					
АЩО1 – фаза А	2,67	27,84	1,084	2,5	1,22
АЩО1 – фаза В	2,67	24,78	0,965	2,5	1,39
АЩО1 – фаза С	2,67	26,76	1,042	2,5	1,28
Второй ряд (нижний)					
АЩО1 – фаза А	2,67	23,76	0,925	2,5	1,43
АЩО1 – фаза В	2,67	17,64	0,687	2,5	1,75
АЩО1 – фаза С	2,67	20,2	0,787	2,5	1,63

АЩО:

Выбираем осветительный щиток типа ОЩВ – 12, автомат на вводе АЕ2046, на отходящих линиях АЕ – 1031 – 11, семь штук.

6 Расчет токов КЗ в сетях напряжением до 1000 В и проверка защитных аппаратов 0,4 кВ

При напряжении до 1 кВ даже небольшое сопротивление оказывает существенное влияние на ток КЗ. Поэтому в расчетах учитываются все сопротивления короткозамкнутой цепи, как индуктивные, так и активные. Кроме того, учитывают активные сопротивления всех переходных контактов в этой цепи (на шинах, на вводах и вводах аппаратов, разъемные контакты аппаратов и контакт в месте КЗ).

По [1] при расчете токов КЗ в сетях рекомендуется учитывать сопротивление следующим образом: 0,02 Ом – для первичных цеховых РП, а также на зажимах аппаратов, питаемых радиальными линиями от щитов подстанций или главных магистралей; 0,025 Ом – для вторичных цеховых РП, а также на зажимах аппаратов, питаемых от первичных РП.

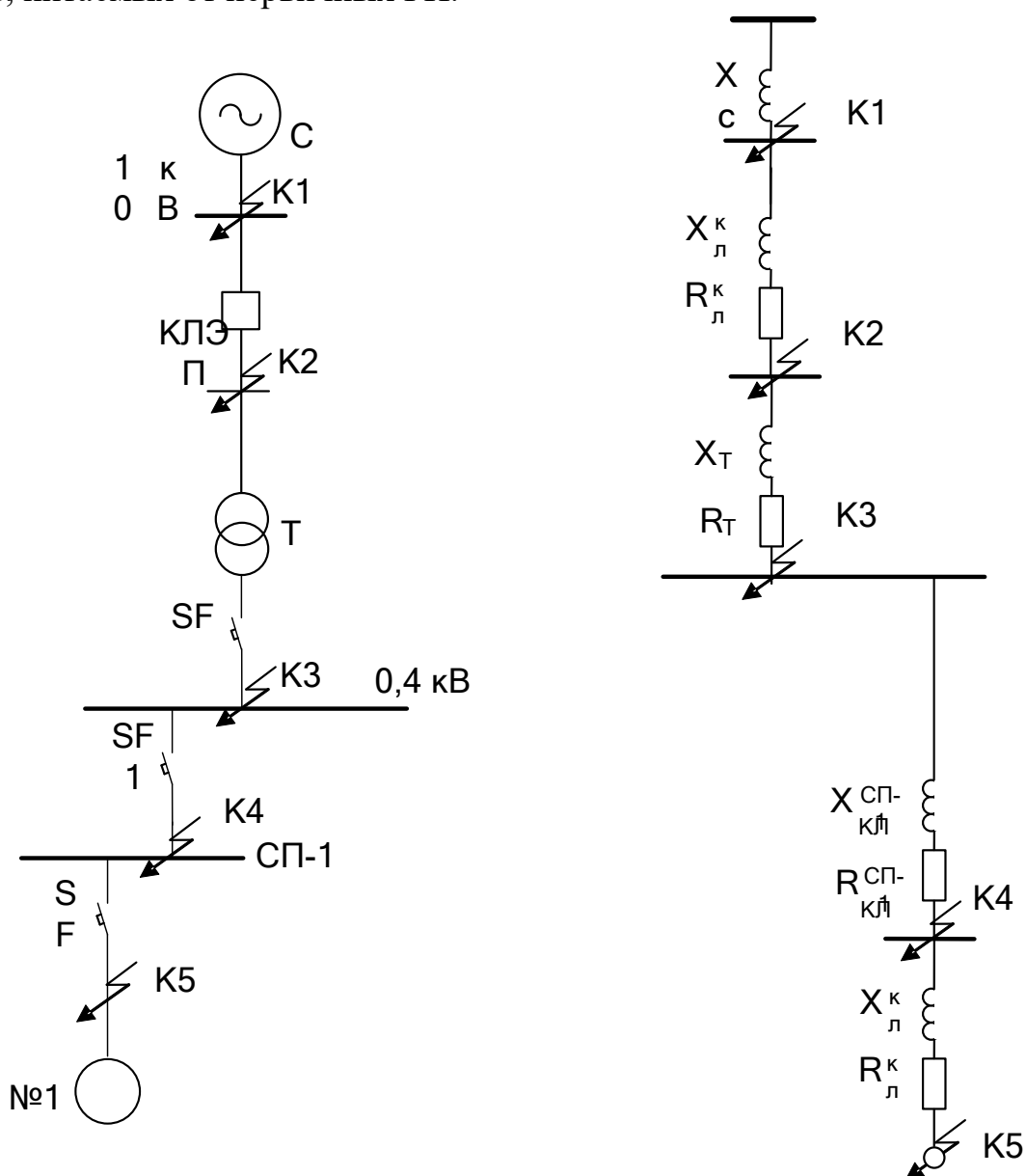


Рисунок 6 – Схемы для расчета токов к.з.

Определяем сопротивление трансформатора ТМ-1000/10 (ТП-8),

$$R_{mp.} = \frac{\Delta P_{к.з.}}{S_{ном.тр.}} \cdot \frac{U_{ном.}^2}{S_{ном.тр.}} \cdot 10^6 = \frac{11,6}{1000} \cdot \frac{0,4^2}{1000} \cdot 10^6 = 1,86 \text{ мОм};$$

$$X_{mp.} = \sqrt{\left(\frac{U_{к.з.}}{100}\right)^2 + \left(\frac{\Delta P_{к.з.}}{S_{ном.тр.}}\right)^2} \cdot \frac{U_{ном.}^2}{S_{ном.тр.}} \cdot 10^6 = \sqrt{\left(\frac{5,5}{100}\right)^2 + \left(\frac{11,6}{1000}\right)^2} \cdot \frac{0,4^2}{1000} \cdot 10^6 = 8,81 \text{ мОм}.$$

Вычисляем сопротивления в именованных единицах через сопротивления в о.е.:

$$R_{KL1(10)} = R_{KL1(o.e.)} \cdot \frac{U_B^2}{S_B} = 0,25 \cdot \frac{10,5^2}{200} = 0,14 \text{ Ом};$$

$$X_{KL1(10)} = X_{KL1(o.e.)} \cdot \frac{U_B^2}{S_B} = 0,603 \cdot \frac{10,5^2}{200} = 0,33 \text{ Ом}.$$

Произведем приведение сопротивлений со стороны 10 кВ к ступени 0,4 кВ:

$$R_{KL1(0,4)} = R_{KL1(10)} \cdot K_{тр.}^2,$$

где $K_{тр.} = 0,4/10 = 0,04$ – коэффициент трансформации,

$$R_{KL1(0,4)} = 0,14 \cdot 0,04^2 = 0,224 \text{ мОм},$$

$$X_{KL1(0,4)} = 0,33 \cdot 0,04^2 = 0,528 \text{ мОм}.$$

Рассчитаем сопротивление и ток КЗ в точке $\hat{E}3$ на вводе низшего напряжения цеховой подстанции:

$$x_{0,4} = x_{KL1} + x_{mp} = 0,528 + 8,81 = 9,338 \text{ мОм},$$

Суммарное активное сопротивление, кроме сопротивлений элементов системы электроснабжения высшего напряжения и цехового трансформатора, должно учитывать переходные сопротивления контактов. Для этой цели в расчет вводим добавочное сопротивление, которое на шинах подстанции составляет 15 мОм:

$$r'_{0,4} = r_{KL1} + r_{mp} = 0,224 + 1,86 = 2,08 \text{ мОм}.$$

$$r_{0,4} = r'_{0,4} + r_{доб} = 2,08 + 15 = 17,08 \text{ мОм},$$

$$\frac{x_{\Sigma}}{r_{\Sigma}} = \frac{9,338}{17,08} \approx 0,8, \text{ следовательно } K_{y0} = 1,03.$$

$$I_{K3} = \frac{U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{x_{\Sigma}^2 + r_{\Sigma}^2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{9,338^2 + 17,08^2}} = 11,86 \text{ кА}.$$

$$i_{уд \text{ КЗ}} = \sqrt{2} \cdot k_{уд} \cdot I_{K3}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,03 \cdot 11,86 = 17,23 \text{ кА}.$$

$$x_{\Sigma K4} = x_{\Sigma} + x_{КЛ \text{ рп-1}} \cdot l = 9,338 + 0,065 \cdot 35 = 11,61 \text{ мОм},$$

$$r_{\Sigma K4} = r_{\Sigma} + r_{КЛ \text{ рп-1}} \cdot l + r_{доб \text{ перв}} = 17,08 + 0,235 \cdot 35 + 20 = 45,31 \text{ мОм}.$$

$$\frac{x_{\Sigma K4}}{r_{\Sigma K4}} < 0,5, \text{ следовательно } K_{y0} = 1,0 [2].$$

$$I_{K4} = \frac{U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{x_{\Sigma K4}^2 + r_{\Sigma K4}^2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{11,61^2 + 45,31^2}} = 4,94 \text{ кА},$$

$$i_{уд\ K4} = \sqrt{2} \cdot k_{уд} \cdot I_{K4}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,0 \cdot 4,94 = 6,97 \text{ кА}$$

$$x_{\Sigma K5} = x_{\Sigma K4} + x_{КЛ\ уд} \cdot l = 11,61 + 0,09 \cdot 6 = 12,15 \text{ мОм},$$

$$\frac{x_{\Sigma K5}}{r_{\Sigma K5}} < 0,5, \text{ следовательно } K_{y\varnothing} = 1 [2],$$

$$I_{K5} = \frac{U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{x_{\Sigma K5}^2 + r_{\Sigma K5}^2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{12,15^2 + 145,07^2}} = 1,59 \text{ кА},$$

$$i_{уд\ K5} = \sqrt{2} \cdot k_{уд} \cdot I_{K5}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1 \cdot 1,59 = 2,24 \text{ кА}$$

Для остальных точек расчет аналогичен. Результаты сведем в табл.6.

$$r_{\Sigma K5} = r_{\Sigma K4} + r_{КЛ\ уд} \cdot l + r_{доб\ втор} = 45,31 + 12,46 \cdot 6 + 25 = 145,07 \text{ мОм},$$

Проверка автоматов

Проверка на отключающую способность:

$$I_{отклном} \geq I_{кзмах} \quad (6)$$

Таблица 6 - Расчет КЗ

Точка КЗ	Кабель между РП и электроприемником с №		Ri,мОм	Xi,мОм	L,м	r0,Ом/км	x0,Ом/км	Rкл,мОм	Xкл,мОм	Rдоб.,мОм	R,мОм	X,мОм	Z,мОм	Iкз,кА	Ky	iуд,кА
1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
K6	СП-1	2	145,07	12,15	6	12,46	0,095	74,76	0,57	25	244,83	12,72	245,16	0,942	1	1,332
K7	СП-1	3	144,59	12,11	7	12,46	0,095	87,22	0,665	25	256,81	12,775	257,128	0,898	1	1,27
K8	СП-1	5	144,11	12,07	5	12,46	0,095	62,3	0,475	25	231,41	12,545	231,75	0,997	1	1,41
K9	СП-1	6	143,63	12,03	7	12,46	0,095	87,22	0,665	25	255,85	12,695	256,165	0,902	1	1,276
K10	СП-1	7	143,15	11,99	6	12,46	0,095	74,76	0,57	25	242,91	12,56	243,234	0,949	1	1,342
K11	СП-1	10	142,67	11,95	6	12,46	0,095	74,76	0,57	25	242,43	12,52	242,753	0,951	1	1,345
K12	СП-1	11	142,19	11,91	5	12,46	0,095	62,3	0,475	25	229,49	12,385	229,824	1,005	1	1,421
K13	СП-1	13	141,71	11,87	6	12,46	0,095	74,76	0,57	25	241,47	12,44	241,79	0,955	1	1,351
K14	СП-1	РУ-0,4	46,97	11,61	35	0,235	0,065	8,225	2,275	25	80,195	13,885	81,388	2,838	1	4,014
K15	СП-2	4	142,19	11,99	7	12,46	0,095	87,22	0,665	25	254,41	12,655	254,725	0,907	1	1,283
K16	СП-2	8	141,71	11,95	5	12,46	0,095	62,3	0,475	25	229,01	12,425	229,347	1,007	1	1,424
K17	СП-2	9	141,23	11,91	6	12,46	0,095	74,76	0,57	25	240,99	12,48	241,313	0,957	1	1,353
K18	СП-2	12	141,71	11,87	7	12,46	0,095	87,22	0,665	25	253,93	12,535	254,239	0,908	1	1,284
K19	СП-2	15	141,71	11,83	5	12,46	0,095	62,3	0,475	25	229,01	12,305	229,34	1,007	1	1,424
K20	СП-2	16	141,23	11,79	7	12,46	0,095	87,22	0,665	25	253,45	12,455	253,756	0,91	1	1,287
K21	СП-2	24	140,75	11,75	6	12,46	0,095	74,76	0,57	25	240,51	12,32	240,825	0,959	1	1,356
K22	СП-2	25	141,23	11,71	6	12,46	0,095	74,76	0,57	25	240,99	12,28	241,303	0,957	1	1,353
K23	СП-2	РУ-0,4	45,31	11,61	35	0,235	0,065	8,225	2,275	25	78,535	13,885	79,753	2,896	1	4,096
K24	СП-3	28	145,07	12,48	6	12,46	0,095	74,76	0,57	25	244,83	13,05	245,178	0,942	1	1,332
K25	СП-3	29	140,27	12,44	7	12,46	0,095	87,22	0,665	25	252,49	13,105	252,83	0,913	1	1,291
K26	СП-3	32	140,75	12,4	5	12,46	0,095	62,3	0,475	25	228,05	12,875	228,413	1,011	1	1,43
K27	СП-3	33	141,23	12,36	7	12,46	0,095	87,22	0,665	25	253,45	13,025	253,784	0,91	1	1,287

Продолжение таблицы 6

1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
K28	СП-3	45	144,59	12,32	6	12,46	0,095	74,76	0,57	25	244,35	12,89	244,69	0,944	1	1,335
K29	СП-3	46	139,79	12,28	6	12,46	0,095	74,76	0,57	25	239,55	12,85	239,894	0,963	1	1,362
K30	СП-3	53	140,27	12,24	5	12,46	0,095	62,3	0,475	25	227,57	12,715	227,925	1,013	1	1,433
K31	СП-3	54	140,75	12,2	6	12,46	0,095	74,76	0,57	25	240,51	12,77	240,849	0,959	1	1,356
K32	СП-3	PY-0,4	40,88	11,61	35	0,235	0,065	8,225	2,275	25	74,105	13,885	75,395	3,063	1	4,332
K33	СП-4	27	135,44	13,01	7	12,46	0,095	87,22	0,665	25	247,66	13,675	248,037	0,931	1	1,317
K34	СП-4	30	129,56	12,97	5	12,46	0,095	62,3	0,475	25	216,86	13,445	217,276	1,063	1	1,503
K35	СП-4	31	129,72	12,93	6	12,46	0,095	74,76	0,57	25	229,48	13,5	229,877	1,005	1	1,421
K36	СП-4	44	129,88	12,89	7	12,46	0,095	87,22	0,665	25	242,1	13,555	242,479	0,952	1	1,346
K37	СП-4	51	130,04	12,85	5	12,46	0,095	62,3	0,475	25	217,34	13,325	217,748	1,061	1	1,5
K38	СП-4	52	130,2	12,81	7	12,46	0,095	87,22	0,665	25	242,42	13,475	242,794	0,951	1	1,345
K39	СП-4	58	130,36	12,77	6	12,46	0,095	74,76	0,57	25	230,12	13,34	230,506	1,002	1	1,417
K40	СП-4	59	145,07	12,73	6	12,46	0,095	74,76	0,57	25	244,83	13,3	245,191	0,942	1	1,332
K41	СП-4	PY-0,4	56,24	11,61	40	0,235	0,065	9,4	2,6	25	90,64	14,21	91,747	2,517	1	3,56
K42	СП-5	14	145,07	12,03	6	12,46	0,095	74,76	0,57	25	244,83	12,6	245,154	0,942	1	1,332
K43	СП-5	22	145,23	11,99	7	12,46	0,095	87,22	0,665	25	257,45	12,655	257,761	0,896	1	1,267
K44	СП-5	26	145,39	11,95	5	12,46	0,095	62,3	0,475	25	232,69	12,425	233,021	0,991	1	1,401
K45	СП-5	36	145,55	11,91	7	12,46	0,095	87,22	0,665	25	257,77	12,575	258,077	0,895	1	1,266
K46	СП-5	37	145,71	11,87	6	12,46	0,095	74,76	0,57	25	245,47	12,44	245,785	0,94	1	1,329
K47	СП-5	39	145,87	11,83	6	12,46	0,095	74,76	0,57	25	245,63	12,4	245,943	0,939	1	1,328
K48	СП-5	40	146,03	11,79	5	12,46	0,095	62,3	0,475	25	233,33	12,265	233,652	0,988	1	1,397
K49	СП-5	43	146,19	11,75	6	12,46	0,095	74,76	0,57	25	245,95	12,32	246,258	0,938	1	1,327
K50	СП-5	PY-0,4	49,5	11,61	35	0,235	0,065	8,225	2,275	25	82,725	13,885	83,882	2,753	1	3,893
K51	СП-6	42	145,07	12,15	7	12,46	0,095	87,22	0,665	25	257,29	12,815	257,609	0,896	1	1,267
K52	СП-6	47	145,23	12,11	5	12,46	0,095	62,3	0,475	25	232,53	12,585	232,81	0,992	1	1,403
K53	СП-6	48	145,39	12,07	6	12,46	0,095	74,76	0,57	25	245,15	12,64	245,476	0,941	1	1,331
K54	СП-6	49	145,55	12,03	7	12,46	0,095	87,22	0,665	25	257,77	12,695	258,082	0,895	1	1,266

Продолжение таблицы 6

1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
K55	СП-6	50	145,71	11,99	5	12,46	0,095	62,3	0,475	25	233,01	12,465	233,343	0,99	1	1,4
K56	СП-6	55	145,87	11,95	7	12,46	0,095	87,22	0,665	25	258,09	12,615	258,398	0,894	1	1,264
K57	СП-6	56	146,03	11,91	6	12,46	0,095	74,76	0,57	25	245,79	12,48	246,107	0,938	1	1,327
K58	СП-6	57	146,19	11,87	6	12,46	0,095	74,76	0,57	25	245,95	12,44	246,264	0,938	1	1,327
K59	СП-6	PV-0,4	41,37	11,61	30	0,235	0,065	7,05	1,95	25	73,42	13,56	74,662	3,093	1	4,374
K60	СП-7	34	145,07	14,28	5	12,46	0,095	62,3	0,475	25	232,37	14,755	232,838	0,992	1	1,403
K61	СП-7	35	145,23	14,24	7	12,46	0,095	87,22	0,665	25	257,45	14,905	257,881	0,896	1	1,267
K62	СП-7	38	145,39	14,2	6	12,46	0,095	74,76	0,57	25	245,15	14,77	245,595	0,94	1	1,329
K63	СП-7	41	145,55	14,16	5	12,46	0,095	62,3	0,475	25	232,85	14,635	233,309	0,99	1	1,4
K64	СП-7	62	145,71	14,12	7	12,46	0,095	87,22	0,665	25	257,93	14,785	258,353	0,894	1	1,264
K68	СП-7	PV-0,4	48,24	11,61	35	0,235	0,065	8,225	2,275	25	81,465	13,885	82,64	2,795	1	3,953
K69	СП-8	17	148,7	12,15	7	12,46	0,095	87,22	0,665	25	260,92	12,815	261,235	0,884	1	1,25
K70	СП-8	18	148,86	12,15	7	12,46	0,095	87,22	0,665	25	261,08	12,815	261,394	0,883	1	1,249
K71	СП-8	19	145,07	12,15	6	12,46	0,095	74,76	0,57	25	244,83	12,72	245,16	0,942	1	1,332
K72	СП-8	20	145,23	12,15	6	12,46	0,095	74,76	0,57	25	244,99	12,72	245,32	0,941	1	1,331
K73	СП-8	21	145,39	12,15	6	12,46	0,095	74,76	0,57	25	245,15	12,72	245,48	0,941	1	1,331
K74	СП-8	60	145,55	12,15	7	12,46	0,095	87,22	0,665	25	257,77	12,815	258,088	0,895	1	1,266
K75	СП-8	61	148,79	12,15	6	12,46	0,095	74,76	0,57	25	248,55	12,72	248,875	0,928	1	1,312
K77	СП-8	PV-0,4	44,29	11,61	35	0,235	0,065	8,225	2,275	25	77,515	13,885	78,749	2,933	1	4,148
K78	СП-9	28	145,07	12,48	6	12,46	0,095	74,76	0,57	25	244,83	13,05	245,178	0,942	1	1,332
K79	СП-9	29	140,27	12,44	7	12,46	0,095	87,22	0,665	25	252,49	13,105	252,83	0,913	1	1,291
K80	СП-9	32	140,75	12,4	5	12,46	0,095	62,3	0,475	25	228,05	12,875	228,413	1,011	1	1,43
K81	СП-9	33	141,23	12,36	7	12,46	0,095	87,22	0,665	25	253,45	13,025	253,784	0,91	1	1,287
K82	СП-9	45	144,59	12,32	6	12,46	0,095	74,76	0,57	25	244,35	12,89	244,69	0,944	1	1,335
K83	СП-9	46	139,79	12,28	6	12,46	0,095	74,76	0,57	25	239,55	12,85	239,894	0,963	1	1,362
K84	СП-9	PV-0,4	40,88	11,61	35	0,235	0,065	8,225	2,275	25	74,105	13,885	75,395	3,063	1	4,332
K85	СП-10	27	135,44	13,01	7	12,46	0,095	87,22	0,665	25	247,66	13,675	248,037	0,931	1	1,317

Окончание таблицы 6

1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
K86	СП-10	30	129,56	12,97	5	12,46	0,095	62,3	0,475	25	216,86	13,445	217,276	1,063	1	1,503
K87	СП-10	31	129,72	12,93	6	12,46	0,095	74,76	0,57	25	229,48	13,5	229,877	1,005	1	1,421
K88	СП-10	61	129,88	12,89	7	12,46	0,095	87,22	0,665	25	242,1	13,555	242,479	0,952	1	1,346
K89	СП-10	62	130,04	12,85	5	12,46	0,095	62,3	0,475	25	217,34	13,325	217,748	1,061	1	1,5
K90	СП-10	РУ-0,4	56,24	11,61	40	0,235	0,065	9,4	2,6	25	90,64	14,21	91,747	2,517	1	3,56

Таблица 6.1 – Проверка автоматических выключателей

РП	Тип автоматического выключателя	Предельная отключающая способность, кА	$I_K^{(3)}, \text{кА}$
СП-1	ВА-5135	9	4,014
СП-2	ВА-5135	9	4,096
СП-3	ВА-5135	9	4,332
СП-4	ВА-5135	9	3,560
СП-5	ВА-5135	9	3,893
СП-6	ВА-5135	9	4,374
СП-7	ВА-5135	9	3,953
СП-8	ВА-5135	9	4,148
СП-9	ВА-5135	9	4,332
СП-10	ВА-5135	9	3,560

Так как $I_{\text{ОТКЛНОМ}} > I_K^{(3)}, \text{кА}$, то все автоматы выбраны правильно, и подходят по отключающей способности к токам к.з. Токи к.з. по мере удаления от цеховой трансформаторной подстанции уменьшаются (по расчетам на НН – менее 5 кА (см. табл.6)) вследствие сопротивлений контактов, кабелей и пр., а автоматы типов ВА-51-31, имеют предельную отключающую способность 6 кА, следовательно, эти автоматы удовлетворяют условиям проверки.

7 Учет показателей качества электроэнергии

Анализ качества напряжения цеховой сети и расчет отклонения напряжения для характерных электроприемников

7.1 Самый мощный электроприемник

Оценка качества напряжения для самого мощного электроприемника (термопластавтомат №61).

Максимальный режим.

$U_{ном} = 1000\text{В}$ - номинальное напряжение источника питания.

$$U_{max} = 1,05 \cdot U_{ном} \quad (7.1)$$

$U_{max} = 1,05 \times 10^4 \text{В}$ - напряжение источника питания в максимальном режиме.

Мощность на четвертом уровне электроснабжения:

$$S_{IV} = 647885 \text{кВА}$$

Мощность передаваемая по кабельной линии №1:

$$S_1 = 647885 \text{кВА}$$

Ток протекающий по кабельной линии №1:

$$I_{раб.1} = \frac{S_1}{\sqrt{3} \times U_{ном}} \quad (7.2)$$

$$I_{раб.1} = 37,406 \text{А}$$

Потеря напряжения в кабельной линии №1:

$$L_1 = 0,15 \text{ км}$$

$$r_0 = 0,9 \text{ Ом/км}$$

$$x_0 = 0,085 \text{ Ом/км}$$

$$\cos \varphi = 0,6 \quad \sin \varphi = 0,8$$

$$\Delta U_1 = \sqrt{3} \cdot I_{раб.1} \cdot L_1 \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi) \quad (7.3)$$

$$\Delta U_1 = 6,025 \text{ В}$$

Напряжение в конце кабельной линии №1:

$$U_1 = U_{max} - \Delta U_1 \quad (7.4)$$

$$U_1 = 1,049 \times 10^4 \text{В}$$

Отклонение напряжения относительно номинального:

$$V_1 = \frac{(U_1 - U_{ном}) \times 100}{U_{ном}} \quad (7.5)$$

$$V_1 = 4,94\%$$

Потеря напряжения в трансформаторе:

$$\Delta P_{к.з} = 11,6 \text{ кВт}$$

$$S_{\text{ном.тр.}} = 1000 \text{ КВА}$$

$$U_a = \frac{\Delta P_{к.з} \times 100}{S_{\text{ном.тр.}}} \quad (7.6)$$

$$U_a = 1,16\%$$

$$U_k = 5,5\%$$

$$U_p = \sqrt{U_k^2 - U_a^2} \quad (7.7)$$

$$U_p = 5,376\%$$

Мощность третьего уровня:

$$S_{III} = 530,175 \text{ КВА}$$

Коэффициент загрузки трансформатора:

$$\beta = \frac{S_{III}}{S_{\text{ном.тр.}}} \quad (7.8)$$

$$\beta = 0,53$$

$$\Delta U_{\text{тр}} = \beta \cdot (U_a \cdot \cos \varphi + U_p \cdot \sin \varphi) \quad (7.9)$$

$$\Delta U_{\text{тр}} = 2,649\%$$

$$\Delta U_{\text{тр}1} = \Delta U_{\text{тр}} \cdot \frac{U_{\text{max}}}{100} \quad (7.10)$$

$$\Delta U_{\text{тр}1} = 278,176 \text{ В}$$

$$U_2 = U_1 - \Delta U_{\text{тр}1} \quad (7.11)$$

$$U_2 = 1,022 \times 10^4 \text{ В}$$

Приведем напряжение

U_2 к стороне НН.

$$U_{\text{НН}} = 380 \text{ В}$$

$$U_{\text{ВН}} = 10000 \text{ В}$$

Коэффициент трансформации:

$$K_{\text{тр}} = \frac{U_{\text{НН}}}{U_{\text{ВН}}} \quad (7.12)$$

$$K_{\text{тр}} = 0,038$$

$$U_{2\text{нн}} = U_2 \cdot K_{\text{тр}} \quad (7.13)$$

$$U_{2\text{нн}} = 388,2\text{В}$$

Отклонение напряжения относительно номинального:

$$U_{\text{ном.нн}} = 380\text{В}$$

$$V_2 = \frac{(U_{2\text{нн}} - U_{\text{ном.нн}}) \cdot 100}{U_{\text{ном.нн}}} \quad (7.14)$$

$$V_2 = 2,158\%$$

Потеря напряжения в кабеле, соединяющем РУ-0,4 и СП-10:

$$L_2 = 0,035 \text{ км}$$

$$r_0 = 0,78 \text{ Ом/км}$$

$$x_0 = 0,062 \text{ Ом/км}$$

$$\cos \varphi = 0,67 \quad \sin \varphi = 0,86$$

$$S_2 = 65340\text{ВА}$$

$$I_{\text{раб.2}} = \frac{S_2}{\sqrt{3} \times U_{\text{ном.нн}}} \quad (7.15)$$

$$I_{\text{раб.2}} = 99,274\text{А}$$

$$\Delta U_2 = \sqrt{3} \cdot I_{\text{раб.2}} \cdot L_2 \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi) \quad (7.16)$$

$$\Delta U_2 = 3,466\text{В}$$

Напряжение в конце кабеля, у СП-10:

$$U_3 = U_{2\text{нн}} - \Delta U_2 \quad (7.17)$$

$$U_3 = 384,734\text{В}$$

Отклонение напряжения в конце кабеля относительно номинального:

$$V_3 = \frac{(U_3 - U_{\text{ном.нн}}) \times 100}{U_{\text{ном.нн}}} \quad (7.18)$$

$$V_3 = 1,246\%$$

Расчет потери напряжения в кабеле от СП-10 до ЭП №61.

соответственно токовая нагрузка и длина этого участка:

$$I_1 = 264\text{А}$$

$$L_1 = 0,006\text{км}$$

Сечение кабеля на этом участке равно 185 мм²

$$r_0 = 1,84 \text{ Ом/км}$$

$$x_0 = 0,073 \text{ Ом/км}$$

$$\cos \varphi = 0,8 \quad \sin \varphi = 0,6$$

$$\Delta U_4 = \sqrt{3} \cdot I_1 \cdot L_1 \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi_1 + x_0 \cdot \sin \varphi_1) \quad (7.19)$$

$$\Delta U_4 = 4,159 \text{ В}$$

Напряжение в месте присоединения кабеля питающего ЭП №61:

$$U_4 = U_3 - \Delta U_4 \quad (7.20)$$

$$U_4 = 380,576 \text{ В}$$

Отклонение напряжения в конце кабеля относительно номинального:

$$V_4 = \frac{(U_4 - U_{\text{ном.нн}}) \times 100}{U_{\text{ном.нн}}} \quad (7.21)$$

$$V_4 = 0,151\%$$

$$0.151 < 5$$

Минимальный режим.

$U_{\text{ном}} = 10000 \text{ В}$ - номинальное напряжение источника питания.

$$U_{\text{min}} = 1.0 \cdot U_{\text{ном}}$$

$U_{\text{min}} = 1 \cdot 10^4 \text{ В}$ - напряжение источника питания в минимальном режиме.

Мощность на четвертом уровне электроснабжения:

$$S_{IV} = 453519,5 \text{ кВА}$$

Мощность передаваемая по кабельной линии №1:

$$S_1 = 453519,5 \text{ кВА}$$

Ток протекающий по кабельной линии №1:

$$I_{\text{раб.1}} = \frac{S_1}{\sqrt{3} \times U_{\text{ном}}} \quad (7.22)$$

$$I_{\text{раб.1}} = 26,184 \text{ А}$$

Потеря напряжения в кабельной линии №1:

$$L_2 = 0,15 \text{ км}$$

$$r_0 = 0,92 \text{ Ом/км}$$

$$x_0 = 0,085 \text{ Ом/км}$$

$$\cos \varphi = 0,6 \quad \sin \varphi = 0,8$$

$$\Delta U_1 = \sqrt{3} \cdot I_{\text{раб.1}} \cdot L_1 \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi_1 + x_0 \cdot \sin \varphi_1)$$

(7.23)

$$\Delta U_1 = 4,218\text{В}$$

Напряжение в конце кабельной линии №1:

$$U_1 = U_{\min} - \Delta U_1 \quad (7.24)$$

$$U_1 = 9,996 \times 10^3 \text{В}$$

Отклонение напряжения относительно номинального:

$$V_1 = \frac{(U_1 - U_{\text{ном}}) \times 100}{U_{\text{ном}}} \quad (7.25)$$

$$V_1 = -0,042\%$$

Потеря напряжения в трансформаторе:

$$\Delta P_{\text{к.з}} = 11,6 \text{ кВт}$$

$$S_{\text{ном.тр.}} = 1000 \text{ КВА}$$

$$U_a = \frac{\Delta P_{\text{к.з}} \times 100}{S_{\text{ном.тр.}}} \quad (7.26)$$

$$U_a = 1,16\%$$

$$U_k = 5,5\%$$

$$U_p = \sqrt{U_k^2 - U_a^2} \quad (7.27)$$

$$U_p = 5,376\%$$

Мощность третьего уровня:

$$S_{III} = 371,12 \text{кВА}$$

Коэффициент загрузки трансформатора:

$$\beta = \frac{S_{III}}{S_{\text{ном.тр.}}} \quad (7.28)$$

$$\beta = 0,371$$

$$\Delta U_{\text{тр}} = \beta \cdot (U_a \cdot \cos \varphi + U_p \cdot \sin \varphi) \quad (7.29)$$

$$\Delta U_{\text{тр}} = 1,855\%$$

$$\Delta U_{\text{тр1}} = \Delta U_{\text{тр}} \cdot \frac{U_{\min}}{100} \quad (7.30)$$

$$\Delta U_{\text{тр1}} = 185,451 \text{ В}$$

$$U_2 = U_1 - \Delta U_{\text{тр1}} \quad (7.31)$$

$$U_2 = 9,81 \times 10^3$$

Приведем напряжение

U_2 к стороне НН.

$$U_{\text{НН}} = 380 \text{ В}$$

$$U_{\text{ВН}} = 9750 \text{ В}$$

Коэффициент трансформации:

$$K_{\text{тр}} = \frac{U_{\text{НН}}}{U_{\text{ВН}}} \quad (7.32)$$

$$K_{\text{тр}} = 0,039$$

$$U_{2\text{НН}} = U_2 \cdot K_{\text{тр}} \quad (7.33)$$

$$U_{2\text{НН}} = 382,351 \text{ В}$$

Отклонение напряжения относительно номинального:

$$U_{\text{НОМ.НН}} = 380 \text{ В}$$

$$V_2 = \frac{(U_{2\text{НН}} - U_{\text{НОМ.НН}}) \cdot 100}{U_{\text{НОМ.НН}}} \quad (7.34)$$

$$V_2 = 0,619\%$$

Потеря напряжения в кабеле, соединяющем РУ-0,4 и СП-10:

$$L_2 = 0,35 \text{ км}$$

$$r_0 = 0,78 \text{ Ом/км}$$

$$x_0 = 0,062 \text{ Ом/км}$$

$$\cos \varphi = 0,67 \quad \sin \varphi = 0,86$$

$$I_{\text{раб.2}} = \frac{S_2}{\sqrt{3} \times U_{\text{НОМ}}} \quad (7.35)$$

$$I_{\text{раб.2}} = 99,274 \text{ A}$$

$$\Delta U_2 = \sqrt{3} \cdot I_{\text{раб.2}} \cdot L_2 \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi_1 + r_0 \cdot \sin \varphi_1) \quad (7.36)$$

$$\Delta U_2 = 3,466 \text{ В}$$

Напряжение в конце кабеля, у СП-10:

$$U_3 = U_{2\text{нн}} - \Delta U_2 \quad (7.37)$$

$$U_3 = 378,885 \text{ В}$$

Отклонение напряжения в конце кабеля относительно номинального:

$$V_3 = \frac{(U_3 - U_{\text{ном}}) \times 100}{U_{\text{ном}}} \quad (7.38)$$

$$V_3 = -0,293\%$$

Расчет потери напряжения в кабеле от СП-10 до ЭП №61.
соответственно токовая нагрузка и длина этого участка:

$$I_1 = 264 \text{ A}$$

$$L_1 = 0,006 \text{ км}$$

Сечение кабеля на этом участке равно 185 мм²

$$r_0 = 1,84 \text{ Ом/км}$$

$$x_0 = 0,073 \text{ Ом/км}$$

$$\cos \varphi = 0,8 \quad \sin \varphi = 0,6$$

$$\Delta U_4 = \sqrt{3} \cdot I_1 \cdot L_1 \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi_1 + x_0 \cdot \sin \varphi_1) \quad (7.39)$$

$$\Delta U_4 = 4,159 \text{ В}$$

Напряжение в месте присоединения кабеля питающего ЭП №61:

$$U_4 = U_3 - \Delta U_4 \quad (7.40)$$

$$U_4 = 374,727 \text{ В}$$

Отклонение напряжения в конце кабеля относительно номинального:

$$V_4 = \frac{(U_4 - U_{\text{ном.нн}}) \times 100}{U_{\text{ном.нн}}} \quad (7.41)$$

$$V_4 = -1,388\%$$

$$0,138 < 2,5$$

Послеаварийный режим.

$U_{\text{ном}} = 10000\text{В}$ - номинальное напряжение источника питания.

$$U_{\text{min}} = 1,1 \cdot U_{\text{ном}}$$

$U_{\text{min}} = 1,1 \cdot 10^4\text{В}$ -напряжение источника питания в послеаварийном режиме.

Мощность передаваемая по кабельной линии №1:

$$S_{IV} = 1295770 \text{ ВА}$$

Ток протекающий по кабельной линии №1:

$$I_{\text{раб.1}} = \frac{S_1}{\sqrt{3} \times U_{\text{ном}}} \quad (7.42)$$

$$I_{\text{раб.2}} = 74,811 \text{ А}$$

Потеря напряжения в кабельной линии №1:

$$L_2 = 0,15 \text{ км}$$

$$r_0 = 0,92 \text{ Ом/км}$$

$$x_0 = 0,085 \text{ Ом/км}$$

$$\cos \varphi = 0,6 \quad \sin \varphi = 0,8$$

$$\Delta U_1 = \sqrt{3} \cdot I_{\text{раб.1}} \cdot L_1 \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi_1 + x_0 \cdot \sin \varphi_1) \quad (7.43)$$

$$\Delta U_1 = 12,051 \text{ В}$$

Напряжение в конце кабельной линии №1:

$$U_1 = U_{\text{min}} - \Delta U_1 \quad (7.44)$$

$$U_1 = 1,099 \times 10^4 \text{ В}$$

Отклонение напряжения относительно номинального:

$$V_1 = \frac{(U_1 - U_{\text{ном}}) \times 100}{U_{\text{ном}}} \quad (7.45)$$

$$V_1 = 9,879\%$$

Потеря напряжения в трансформаторе:

$$\Delta P_{к.з} = 11,6 \text{ кВт}$$
$$S_{ном.тр.} = 1000 \text{ КВа}$$

$$U_a = \frac{\Delta P_{к.з} \times 100}{S_{ном.тр.}} \quad (7.46)$$

$$U_a = 1,16\%$$
$$U_k = 5,5\%$$

$$U_p = \sqrt{U_k^2 - U_a^2} \quad (7.47)$$

$$U_p = 5,376\%$$

Мощность третьего уровня:

$$S_{III} = 1060,35 \text{ кВА}$$

Коэффициент загрузки трансформатора:

$$\beta = \frac{S_{III}}{S_{ном.тр.}} \quad (7.48)$$

$$\beta = 1,06$$

$$\Delta U_{тр} = \beta \cdot (U_a \cdot \cos \varphi + U_p \cdot \sin \varphi) \quad (7.49)$$

$$\Delta U_{тр} = 5,299\%$$

$$\Delta U_{тр1} = \Delta U_{тр} \cdot \frac{U_{min}}{100} \quad (7.50)$$

$$\Delta U_{тр1} = 582,845 \text{ В}$$

$$U_2 = U_1 - \Delta U_{тр1} \quad (7.51)$$

$$U_2 = 1,041 \times 10^4$$

Приведем напряжение U_2 к стороне НН.

$$U_{нн} = 380 \text{ В}$$

$$U_{вн} = 10000 \text{ В}$$

Коэффициент трансформации:

$$K_{\text{тр}} = \frac{U_{\text{нн}}}{U_{\text{вн}}} \quad (7.52)$$

$$K_{\text{тр}} = 0,038$$

$$U_{2\text{нн}} = U_2 \cdot K_{\text{тр}} \quad (7.53)$$

$$U_{2\text{нн}} = 395,394\text{В}$$

Отклонение напряжения относительно номинального:

$$U_{\text{ном.нн}} = 380\text{В}$$

$$V_2 = \frac{(U_{2\text{нн}} - U_{\text{ном.нн}}) \cdot 100}{U_{\text{ном.нн}}} \quad (7.54)$$

$$V_2 = 4,051\%$$

Потеря напряжения в кабеле, соединяющем РУ-0,4 и СП-10:

$$L_2 = 0,35 \text{ км}$$

$$r_0 = 0,78 \text{ Ом/км}$$

$$x_0 = 0,062 \text{ Ом/км}$$

$$\cos \varphi = 0,67 \quad \sin \varphi = 0,86$$

$$I_{\text{раб.2}} = \frac{S_2}{\sqrt{3} \times U_{\text{ном.нн}}} \quad (7.55)$$

$$I_{\text{раб.2}} = 99,274\text{А}$$

$$\Delta U_2 = \sqrt{3} \cdot I_{\text{раб.2}} \cdot L_2 \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi_1 + x_0 \cdot \sin \varphi_1) \quad (7.56)$$

$$\Delta U_2 = 3,466\text{В}$$

Напряжение в конце кабеля, у СП-10:

$$U_3 = U_{2\text{нн}} - \Delta U_2 \quad (7.57)$$

$$U_3 = 391,928\text{В}$$

Отклонение напряжения в конце кабеля относительно номинального:

$$V_3 = \frac{(U_3 - U_{\text{ном.нн}}) \times 100}{U_{\text{ном.нн}}} \quad (7.58)$$

$$V_3 = 3,139\%$$

Расчет потери напряжения в кабеле от СП-10 до ЭП №61.
соответственно токовая нагрузка и длина этого участка:

$$I_1 = 264 \text{ А}$$

$$L_1 = 0,006 \text{ км}$$

Сечение кабеля на этом участке равно 185 мм^2

$$r_0 = 1,84 \text{ Ом/км}$$

$$x_0 = 0,073 \text{ Ом/км}$$

$$\cos \varphi = 0,8 \quad \sin \varphi = 0,6$$

$$\Delta U_4 = \sqrt{3} \cdot I_1 \cdot L_1 \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi_1 + x_0 \cdot \sin \varphi_1) \quad (7.59)$$

$$\Delta U_4 = 4,159 \text{ В}$$

Напряжение в месте присоединения кабеля питающего ЭП №61:

$$U_4 = U_3 - \Delta U_4 \quad (7.60)$$

$$U_4 = 387,769 \text{ В}$$

Отклонение напряжения в конце кабеля относительно номинального:

$$V_4 = \frac{(U_4 - U_{\text{ном.нн}}) \times 100}{U_{\text{ном.нн}}} \quad (7.61)$$

$$V_4 = 2,045\%$$

$$2,045 < 5$$

7.2 Самый удаленный электроприемник

Оценка качества напряжения для самого удаленного электроприемника (раскройный станок №38).

Максимальный режим.

$U_{\text{ном}} = 10000 \text{ В}$ - номинальное напряжение источника питания.

$$U_{\text{max}} = 1,05 \cdot U_{\text{ном}}$$

$U_{\text{max}} = 1,05 \cdot 10^4 \text{ В}$ - напряжение источника питания в максимальном режиме.

Мощность на четвертом уровне электроснабжения:

$$S_{IV} = 647,885 \text{ кВА}$$

Мощность, передаваемая по кабельной линии №1:

$$S_1 = 647,885 \text{ кВА}$$

Ток протекающий по кабельной линии №1:

$$I_{\text{раб.1}} = \frac{S_1}{\sqrt{3} \times U_{\text{ном}}} \quad (7.62)$$

$$I_{\text{раб.1}} = 37,06 \text{ А}$$

Потеря напряжения в кабельной линии №1:

$$L_1 = 0,15 \text{ км}$$

$$r_0 = 0,9 \text{ Ом/км}$$

$$x_0 = 0,085 \text{ Ом/км}$$

$$\cos \varphi = 0,6 \quad \sin \varphi = 0,8$$

$$\Delta U_1 = \sqrt{3} \cdot I_{\text{раб.1}} \cdot L_1 \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi) \quad (7.63)$$

$$\Delta U_1 = 5,854 \text{ В}$$

Напряжение в конце кабельной линии №1:

$$U_1 = U_{\text{max}} - \Delta U_1$$

$$U_1 = 1,049 \times 10^4 \text{ В}$$

Отклонение напряжения относительно номинального:

$$V_1 = \frac{(U_1 - U_{\text{ном}}) \times 100}{U_{\text{ном}}} \quad (7.64)$$

$$V_1 = 4,9\%$$

Потеря напряжения в трансформаторе:

$$\Delta P_{\text{к.з}} = 11,6 \text{ кВт}$$

$$S_{\text{ном.тр.}} = 1000 \text{ кВА}$$

$$U_a = \frac{\Delta P_{\text{к.з}} \times 100}{S_{\text{ном.тр.}}} \quad (7.65)$$

$$U_a = 1,16\%$$

$$U_k = 5,5\%$$

$$U_p = \sqrt{U_k^2} - U_a^2 \quad (7.66)$$

$$U_p = 5,376\%$$

Мощность третьего уровня:

$$S_{III} = 530,175 \text{ кВА}$$

Коэффициент загрузки трансформатора:

$$\beta = \frac{S_{III}}{S_{\text{ном.тр.}}} \quad (7.67)$$

$$\beta = 0,53$$

$$\Delta U_{\text{тр}} = \beta \cdot (U_a \cdot \cos \varphi + U_p \cdot \sin \varphi) \quad (7.68)$$

$$\Delta U_{\text{тр}} = 2,649\%$$

$$\Delta U_{\text{тр}1} = \Delta U_{\text{тр}} \cdot \frac{U_{\text{max}}}{100} \quad (7.69)$$

$$\Delta U_{\text{тр}1} = 278,176 \text{ В}$$

$$U_2 = U_1 - \Delta U_{\text{тр}1} \quad (7.70)$$

$$U_2 = 1,022 \times 10^4 \text{ В}$$

Приведем напряжение

U_2 к стороне НН.

$$U_{\text{НН}} = 380 \text{ В}$$

$$U_{\text{ВН}} = 10000 \text{ В}$$

Коэффициент трансформации:

$$K_{\text{тр}} = \frac{U_{\text{НН}}}{U_{\text{ВН}}} \quad (7.71)$$

$$K_{\text{тр}} = 0,038$$

$$U_{2\text{НН}} = U_2 \cdot K_{\text{тр}} \quad (7.72)$$

$$U_{2\text{НН}} = 388,2 \text{ В}$$

Отклонение напряжения относительно номинального:

$$U_{\text{ном.НН}} = 380 \text{ В}$$

$$V_2 = \frac{(U_{2\text{НН}} - U_{\text{ном.НН}}) \cdot 100}{U_{\text{ном.НН}}} \quad (7.73)$$

$$V_2 = 2.158\%$$

Потеря напряжения в кабеле, соединяющем РУ-0,4 и СП-7:

$$L_2 = 0,035 \text{ км}$$

$$r_0 = 0,78 \text{ Ом/км}$$

$$x_0 = 0,062 \text{ Ом/км}$$

$$\cos \varphi = 0,67 \quad \sin \varphi = 0,86$$

$$S_2 = 27770 \text{ ВА}$$

$$I_{\text{раб.2}} = \frac{S_2}{\sqrt{3} \times U_{\text{ном.нн}}} \quad (7.74)$$

$$I_{\text{раб.2}} = 42,192 \text{ A}$$

$$\Delta U_2 = \sqrt{3} \cdot I_{\text{раб.2}} \cdot L_2 \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi) \quad (7.75)$$

$$\Delta U_2 = 1,473 \text{ В}$$

Напряжение в конце кабеля, у СП-7:

$$U_3 = U_{2\text{нн}} - \Delta U_2 \quad (7.76)$$

$$U_3 = 386,727 \text{ В}$$

Отклонение напряжения в конце кабеля относительно номинального:

$$V_3 = \frac{(U_3 - U_{\text{ном.нн}}) \times 100}{U_{\text{ном.нн}}} \quad (7.77)$$

$$V_3 = 1,77\%$$

Расчет потери напряжения в кабеле от СП-7 до ЭП №38.
соответственно токовая нагрузка и длина этого участка:

$$I_1 = 14,13 \text{ A}$$

$$L_1 = 0,006 \text{ км}$$

Сечение кабеля на этом участке равно 4 мм²

$$r_0 = 12,46 \text{ Ом/км}$$

$$x_0 = 0,095 \text{ Ом/км}$$

$$\cos \varphi = 0,5 \quad \sin \varphi = 0,87$$

$$\Delta U_4 = \sqrt{3} \cdot I_1 \cdot L_1 \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi_1 + x_0 \cdot \sin \varphi_1) \quad (7.78)$$

$$\Delta U_4 = 0,927 \text{ В}$$

Напряжение в месте присоединения кабеля питающего ЭП №38:

$$U_4 = U_3 - \Delta U_4 \quad (7.79)$$

$$U_4 = 385,8 \text{ В}$$

Отклонение напряжения в конце кабеля относительно номинального:

$$V_4 = \frac{(U_4 - U_{\text{ном.нн}}) \times 100}{U_{\text{ном.нн}}} \quad (7.80)$$

$$V_4 = 1,526\%$$

$$1,526 < 5$$

Минимальный режим.

$U_{\text{ном}} = 10000\text{В}$ - номинальное напряжение источника питания.

$$U_{\text{min}} = 1.0 \cdot U_{\text{ном}}$$

$U_{\text{min}} = 1 \cdot 10^4\text{В}$ - напряжение источника питания в минимальном режиме.

Мощность на четвертом уровне электроснабжения:

$$S_{IV} = 453519,5\text{кВА}$$

Мощность передаваемая по кабельной линии №1:

$$S_1 = 453519,5\text{кВА}$$

Ток протекающий по кабельной линии №1:

$$I_{\text{раб.1}} = \frac{S_1}{\sqrt{3} \times U_{\text{ном}}} \quad (7.81)$$

$$I_{\text{раб.1}} = 26.184\text{А}$$

Потеря напряжения в кабельной линии №1:

$$L_2 = 0,15 \text{ км}$$

$$r_0 = 0,92 \text{ Ом/км}$$

$$x_0 = 0,085 \text{ Ом/км}$$

$$\cos \varphi = 0,6 \quad \sin \varphi = 0,8$$

$$\Delta U_1 = \sqrt{3} \cdot I_{\text{раб.1}} \cdot L_1 \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi_1 + x_0 \cdot \sin \varphi_1) \quad (7.82)$$

$$\Delta U_1 = 4,218\text{В}$$

Напряжение в конце кабельной линии №1:

$$U_1 = U_{\text{min}} - \Delta U_1 \quad (7.83)$$

$$U_1 = 9,996 \times 10^3\text{В}$$

Отклонение напряжения относительно номинального:

$$V_1 = \frac{(U_1 - U_{\text{ном}}) \times 100}{U_{\text{ном}}} \quad (7.84)$$

$$V_1 = -0,042\%$$

Потеря напряжения в трансформаторе:

$$\Delta P_{к.з} = 11.6 \text{ кВт}$$

$$S_{ном.тр.} = 1000 \text{ кВА}$$

$$U_a = \frac{\Delta P_{к.з} \times 100}{S_{ном.тр.}} \quad (7.85)$$

$$U_a = 1,16\%$$

$$U_k = 5,5\%$$

$$U_p = \sqrt{U_k^2 - U_a^2} \quad (7.86)$$

$$U_p = 5,376\%$$

Мощность третьего уровня:

$$S_{III} = 371,12 \text{ кВА}$$

Коэффициент загрузки трансформатора:

$$\beta = \frac{S_{III}}{S_{ном.тр.}} \quad (7.87)$$

$$\beta = 0,371$$

$$\Delta U_{тр} = \beta \cdot (U_a \cdot \cos \varphi + U_p \cdot \sin \varphi) \quad (7.88)$$

$$\Delta U_{тр} = 1,855\%$$

$$\Delta U_{тр1} = \Delta U_{тр} \cdot \frac{U_{max}}{100} \quad (7.89)$$

$$\Delta U_{тр1} = 185,451 \text{ В}$$

$$U_2 = U_1 - \Delta U_{тр1} \quad (7.90)$$

$$U_2 = 9,81 \times 10^3$$

Приведем напряжение

U_2 к стороне НН.

$$U_{нн} = 380 \text{ В}$$

$$U_{вн} = 9750 \text{ В}$$

Коэффициент трансформации:

$$K_{\text{тр}} = \frac{U_{\text{нн}}}{U_{\text{вн}}} \quad (7.91)$$

$$K_{\text{тр}} = 0,039$$

$$U_{2\text{нн}} = U_2 \cdot K_{\text{тр}} \quad (7.92)$$

$$U_{2\text{нн}} = 382,351\text{В}$$

Отклонение напряжения относительно номинального:

$$U_{\text{ном.нн}} = 380\text{В}$$

$$V_2 = \frac{(U_{2\text{нн}} - U_{\text{ном.нн}}) \cdot 100}{U_{\text{ном.нн}}} \quad (7.93)$$

$$V_2 = 0,619\%$$

Потеря напряжения в кабеле, соединяющем РУ-0,4 и СП-7:

$$L_2 = 0,035 \text{ км}$$

$$r_0 = 0,78 \text{ Ом/км}$$

$$x_0 = 0,062 \text{ Ом/км}$$

$$\cos \varphi = 0,67 \quad \sin \varphi = 0,86$$

$$I_{\text{раб.2}} = \frac{S_2}{\sqrt{3} \times U_{\text{ном.нн}}} \quad (7.94)$$

$$I_{\text{раб.2}} = 42,192\text{А}$$

$$\Delta U_2 = \sqrt{3} \cdot I_{\text{раб.2}} \cdot L_2 \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi) \quad (7.95)$$

$$\Delta U_2 = 1,473\text{В}$$

Напряжение в конце кабеля, у СП-7:

$$U_3 = U_{2\text{нн}} - \Delta U_2 \quad (7.96)$$

$$U_3 = 380,878\text{В}$$

Отклонение напряжения в конце кабеля относительно номинального:

$$V_3 = \frac{(U_3 - U_{\text{ном.нн}}) \times 100}{U_{\text{ном.нн}}} \quad (7.97)$$

$$V_3 = 0,231\%$$

Расчет потери напряжения в кабеле от СП-7 до ЭП №38.
соответственно токовая нагрузка и длина этого участка:

$$I_1 = 14,13 \text{ A}$$

$$L_1 = 0,006 \text{ км}$$

Сечение кабеля на этом участке равно 4 мм^2

$$r_0 = 12,46 \text{ Ом/км}$$

$$x_0 = 0,095 \text{ Ом/км}$$

$$\cos \varphi = 0,5 \quad \sin \varphi = 0,87$$

$$\Delta U_4 = \sqrt{3} \cdot I_1 \cdot L_1 \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi_1 + x_0 \cdot \sin \varphi_1) \quad (7.98)$$

$$\Delta U_4 = 0,927 \text{ В}$$

Напряжение в месте присоединения кабеля питающего ЭП-№38:

$$U_4 = U_3 - \Delta U_4 \quad (7.99)$$

$$U_4 = 379,951 \text{ В}$$

Отклонение напряжения в конце кабеля относительно номинального:

$$V_4 = \frac{(U_4 - U_{\text{ном.нн}}) \times 100}{U_{\text{ном.нн}}} \quad (7.100)$$

$$V_4 = -0,013\%$$

$$0,013 < 2,5$$

Послеаварийный режим.

$U_{\text{ном}} = 10000 \text{ В}$ - номинальное напряжение источника питания.

$$U_{\text{min}} = 1,1 \cdot U_{\text{ном}}$$

$U_{\text{min}} = 1,1 \cdot 10^4 \text{ В}$ - напряжение источника питания в послеаварийном режиме.

Мощность на четвертом уровне электроснабжения:

$$S_{IV} = 1295770 \text{ ВА}$$

Мощность передаваемая по кабельной линии №1:

$$S_{IV} = 1295770 \text{ ВА}$$

Ток протекающий по кабельной линии №1:

$$I_{\text{раб.1}} = \frac{S_1}{\sqrt{3} \times U_{\text{ном}}} \quad (7.101)$$

$$I_{\text{раб.2}} = 74.811 \text{ А}$$

Потеря напряжения в кабельной линии №1:

$$\begin{aligned}
L_2 &= 0,15 \text{ км} \\
r_0 &= 0,92 \text{ Ом/км} \\
x_0 &= 0,085 \text{ Ом/км} \\
\cos \varphi &= 0,6 \quad \sin \varphi = 0,8
\end{aligned}$$

$$\Delta U_1 = \sqrt{3} \cdot I_{\text{раб.1}} \cdot L_1 \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi_1 + x_0 \cdot \sin \varphi_1) \quad (7.102)$$

$$\Delta U_1 = 12,051 \text{ В}$$

Напряжение в конце кабельной линии №1:

$$U_1 = U_{\text{min}} - \Delta U_1 \quad (7.103)$$

$$U_1 = 1,099 \times 10^4 \text{ В}$$

Отклонение напряжения относительно номинального:

$$V_1 = \frac{(U_1 - U_{\text{ном}}) \times 100}{U_{\text{ном}}} \quad (7.104)$$

$$V_1 = 9,879\%$$

Потеря напряжения в трансформаторе:

$$\begin{aligned}
\Delta P_{\text{к.з}} &= 11,6 \text{ кВт} \\
S_{\text{ном.тр.}} &= 1000 \text{ кВА}
\end{aligned}$$

$$U_a = \frac{\Delta P_{\text{к.з}} \times 100}{S_{\text{ном.тр.}}} \quad (7.105)$$

$$U_a = 1,16\%$$

$$U_k = 5,5\%$$

$$U_p = \sqrt{U_k^2 - U_a^2} \quad (7.106)$$

$$U_p = 5,376\%$$

Мощность третьего уровня:

$$S_{III} = 1060,35 \text{ кВА}$$

Коэффициент загрузки трансформатора:

$$\beta = \frac{S_{III}}{S_{\text{ном.тр.}}} \quad (7.107)$$

$$\beta = 1,06$$

$$\Delta U_{\text{тр}} = \beta \cdot (U_a \cdot \cos \varphi + U_p \cdot \sin \varphi) \quad (7.108)$$

$$\Delta U_{\text{тр}} = 5,299\%$$

$$\Delta U_{\text{тр}1} = \Delta U_{\text{тр}} \cdot \frac{U_{\min}}{100} \quad (7.109)$$

$$\Delta U_{\text{тр}1} = 582,845 \text{ В}$$

$$U_2 = U_1 - \Delta U_{\text{тр}1} \quad (7.110)$$

$$U_2 = 10,41 \times 10^4$$

Приведем напряжение

U_2 к стороне НН.

$$U_{\text{НН}} = 380 \text{ В}$$

$$U_{\text{ВН}} = 10000 \text{ В}$$

Коэффициент трансформации:

$$K_{\text{тр}} = \frac{U_{\text{НН}}}{U_{\text{ВН}}} \quad (7.111)$$

$$K_{\text{тр}} = 0,038$$

$$U_{2\text{НН}} = U_2 \cdot K_{\text{тр}} \quad (7.112)$$

$$U_{2\text{НН}} = 395,394 \text{ В}$$

Отклонение напряжения относительно номинального:

$$U_{\text{ном.НН}} = 380 \text{ В}$$

$$V_2 = \frac{(U_{2\text{НН}} - U_{\text{ном.НН}}) \cdot 100}{U_{\text{ном.НН}}} \quad (7.113)$$

$$V_2 = 4,051\%$$

Потеря напряжения в кабеле, соединяющем РУ-0,4 и СП-7:

$$L_2 = 0,35 \text{ км}$$

$$r_0 = 0,78 \text{ Ом/км}$$

$$x_0 = 0,062 \text{ Ом/км}$$

$$\cos \varphi = 0,67 \quad \sin \varphi = 0,86$$

$$I_{\text{раб.2}} = \frac{S_2}{\sqrt{3} \times U_{\text{ном}}} \quad (7.114)$$

$$I_{\text{раб.2}} = 42,192 \text{ A}$$

$$\Delta U_2 = \sqrt{3} \cdot I_{\text{раб.2}} \cdot L_2 \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi_1 + x_0 \cdot \sin \varphi_1) \quad (7.115)$$

$$\Delta U_2 = 1,473 \text{ В}$$

Напряжение в конце кабеля, у СП-7:

$$U_3 = U_{2\text{нн}} - \Delta U_2 \quad (7.116)$$

$$U_3 = 393,921 \text{ В}$$

Отклонение напряжения в конце кабеля относительно номинального:

$$V_3 = \frac{(U_3 - U_{\text{ном.нн}}) \times 100}{U_{\text{ном.нн}}} \quad (7.117)$$

$$V_3 = 3,663\%$$

Расчет потери напряжения в кабеле от СП-7 до ЭП №38.
соответственно токовая нагрузка и длина этого участка:

$$I_1 = 14,43 \text{ А}$$

$$L_1 = 0,006 \text{ км}$$

Сечение кабеля на этом участке равно 4 мм²

$$r_0 = 12,46 \text{ Ом/км}$$

$$x_0 = 0,095 \text{ Ом/км}$$

$$\cos \varphi = 0,5 \quad \sin \varphi = 0,87$$

$$\Delta U_4 = \sqrt{3} \cdot I_1 \cdot L_1 \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi_1 + x_0 \cdot \sin \varphi_1) \quad (7.118)$$

$$\Delta U_4 = 0,927 \text{ В}$$

Напряжение в месте присоединения кабеля, питающего ЭП №61:

$$U_4 = U_3 - \Delta U_4 \quad (7.119)$$

$$U_4 = 392,994 \text{ В}$$

Отклонение напряжения в конце кабеля относительно номинального:

$$V_4 = \frac{(U_4 - U_{\text{ном.нн}}) \times 100}{U_{\text{ном.нн}}} \quad (7.120)$$

$$V_4 = 3,419\%$$

$$3,419 < 5$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Поставленная цель работы достигнута, в полном объеме были решены задачи в соответствии с выданным заданием. Результатом выполнения выпускной квалификационной работы является реконструкция системы электроснабжения производственных объектов АО «Красноярский электровагоноремонтный завод»

В ходе выполнения данной работы были получены следующие результаты:

- проанализирована существующая схема электроснабжения и выявлены её недостатки;
- произведен расчет электрических нагрузок в ремонтно-механическом цехе АО «Красноярский электровагоноремонтный завод»;
- произведен расчет электрических нагрузок, подбор оборудования согласно норм и правил;
- выполнен расчет и разводка электрической сети 0.4 кВ для объекта реконструкции.

Практические расчеты по реконструкции системы электроснабжения производственных объектов, могут быть использованы специалистами или руководством АО «КрЭВРЗ» при проектировании оптимизации завода.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Федоров, А.А. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий [Текст]: Учеб. пособие для вузов/ Федоров, А. А., Старкова, Л. Е – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 368 с.
2. Неклепаев, Б. Н. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования [Текст]: Учеб. пособие для вузов / Б. Н. Неклепаев, И. П. Крючков. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.
3. Кудрин, Б. И. Электроснабжение промышленных предприятий [Текст]: Учебник для студентов высших учебных заведений/ Кудрин, Б. И. – 2-е изд. – М.: Интермет Инжиниринг, 2006. – 672 с., ил.
4. Электроснабжение [Текст]: Учеб. пособие по курсовому и дипломному проектированию: В 2 ч. Ч. 1 / Синенко, Л. С., Рубан, Т. П., Сизганова, Е. Ю., Попов, Ю. П. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2005. – 135 с.
5. Федоров, А. А. Основы электроснабжения промышленных предприятий [Текст]: Учебник для вузов/ Федоров, А. А., Каменева, В. В. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 472 с., ил.
6. Рубан, Т.П. Методические указания к выполнению экономической части дипломного проекта для студентов специальности 0303 – “Электроснабжение промышленных предприятий, городов и сельского хозяйства”/ Сост. Т.П. Рубан; КрПИ. – Красноярск, 1986. – 35 с.
7. Справочник по электроснабжения промышленных предприятий [Текст]: Проектирование и расчет/ А.С. Овчаренко, М.Л. Рабинович, В.И. Мозырский, Д.И. Розинский. - К.: Техніка, 1985. – 279 с., ил.
8. Ульянов, С. А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах [Текст]: учеб. для вузов / С. А. Ульянов. – М.: Энергия, 1970. – 520 с.
9. Правила устройства электроустановок 6-е, 7-е издание [Текст]: Все действующие разделы ПУЭ-6 ПУЭ-7 с изменением по состоянию на 15 августа 2005г. Новосибирск; Сиб. унив. издательство, 2005. – 854 с.
10. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок, с изменениями и дополнениями. – Москва: издание ЭМАС, 2003. – 192 с.
11. Основы экологии. Уч. пособие /В. Н. Кормилицын, М. С. Цицкишвили, Б. И. Яламов. М.: МПУ, 1997. – 368 с.
12. Охрана труда в электроустановках / Под. ред. Б. А. Князевского. М. Энергоатом издат, 1983. – 336 с.
13. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей, 2-й выпуск (по состоянию на 1 ноября 2005г.) Новосибирск; Сиб. унив. издательство, 2005. – 253 с.
14. Безопасность жизнедеятельности в техносфере. Уч. пособие / Под ред. О.

И. Русака, В. Я. Кондрасенко. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2001. – 431 с.

15. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.

16. ГОСТ Р. 12.1.004.-91. Пожарная безопасность. Общие требования.

17. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжения прикосновения и токов.

18. НПБ 110-99. Нормы пожарной безопасности. Перечень зданий и сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими устройствами пожаротушения и автоматической пожарной сигнализации.

19. www.elinsvo.ru

20. СТУ 7.5-07-2021 «Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной деятельности.» Текстовые материалы и иллюстрации [Текст]. – Красноярск: СФУ, 2021. – 1 с.

21. Воздушная линия электропередачи. АС № 670994, бюл. № 24, 1979 г. – (ЭИ, вып. 4, 1981)

22. Титаренко М.И., Косаченко Р.М., Шатравка В.Г. «Прогрессивные технические решения по строительной части линий электропередачи» - ЭИ, вып. 5-6, 1989.

23. Новости электротехники. Информационно-справочное издание. №1 (49) 2008 год.

24. Завод Евраз Автоматика: [Электронный ресурс]. URL: <https://evraz.pro>

25. Расчет электрических нагрузок в системах электроснабжения: Методические указания к выполнению курсового и дипломного проектирования для студентов специальности 100400 «Электроснабжение (по отраслям)» всех форм обучения / сост. Н.В. Дулесова. – Красноярск, КГТУ, 2002. – 28

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

« 03 » 07 2023 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
код – наименование направления

Реконструкция системы электроснабжения производственных объектов АО
«Красноярский электровагоноремонтный завод»
тема

Руководитель  30.06.23 доцент, К.Э.Н.
подпись, дата должность, ученая степень

Н.В. Дулесова
инициалы, фамилия

Выпускник  30.06.23
подпись, дата

М.А. Карманов
инициалы, фамилия

Нормоконтролер  03.07.2023.
подпись, дата

И.А. Кычакова
инициалы, фамилия

Абакан 2023