

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

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

(наименование)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки/ специальности)

Электроснабжение

(направленность (профиль) / специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Реконструкция системы электроснабжения
деревообрабатывающего предприятия «Сосновый бор»

Обучающийся

П.В. Терентьев

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

А.А. Терентьев

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультант

к.пед.н., доцент Т.С. Якушева

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Аннотация

В данной бакалаврской работе рассматривается процесс реконструкции деревообрабатывающего предприятия «Сосновый бор» в селе Васильевка.

По причине санкций большинство производителей древесной продукции покинули территорию страны. В связи с этим рассматривается вопрос поднятия уровня собственного производства и обработки изделий из древесины. Данный вопрос затрагивается на данном предприятии.

В данной работе рассматриваются следующие вопросы: расчёт силовой нагрузки потребителей электроэнергии, расчет и проектирование наружного и внутреннего освещения, реконструкция трансформаторной подстанции, реконструкция питающей линии предприятия, расчет и проектирование системы заземления.

Пояснительная записка объемом 59 страниц, включает в себя 22 таблицы и 8 рисунков. Графическая часть представлена на 6 листах формата А1.

Abstract

In this bachelor's work, the process of reconstruction of the woodworking enterprise "Sosnovy Bor" in the village of Vasilevka is considered.

Due to the sanctions, most producers of wood products have left the country. In this regard, the issue of raising the level of own production and processing of wood products is being considered. This issue is addressed at this enterprise.

In this paper, the following issues are considered: calculation of the power load of electricity consumers, calculation and design of outdoor and indoor lighting, reconstruction of a transformer substation, reconstruction of the supply line of the enterprise, calculation and design of the grounding system.

Explanatory note of 59 pages, includes 22 tables and 8 figures. The graphic part is presented on 6 sheets of A1 format.

Содержание

Введение.....	5
1. Характеристика объекта	7
1.1 Описание объекта.....	7
1.2 Система электроснабжения предприятия.....	10
1.3 Задачи ВКР	18
2 Расчёт электрических нагрузок 0,4 кВ.....	19
2.1 Схема электроснабжения цеха.....	19
2.2 Расчёт нагрузок	21
3 Система освещения	29
3.1 Светотехнический расчет.....	29
3.2 Расчет освещения в цеху	31
4 Выбор типа, числа и мощности трансформаторов. Выбор компенсирующей установки на стороне 0,4 кВ	33
4.1 Расчет и выбор компенсирующего устройства.....	34
4.2 Расчёт и выбор трансформатора.....	36
4.3 Выбор КТП	37
5 Выбор кабельной продукции, выключателей и щитов	39
5.1 Выбор кабельной продукции и выключателей.....	41
6 Расчет токов коротких замыканий	45
7 Выбор и проверка оборудования на стороне 0,4 кВ КТП.....	48
8. Проектирование системы заземления.....	52
Заключение	55
Список используемой литературы	57

Введение

Деревообрабатывающий промысел в России, это довольно важная сфера деятельности. Для нашей страны, где огромный процент мебели и некоторых потребительских товаров производится из древесины, эта отрасль является необходимой.

Во времена СССР в данную отрасль внедрялись денежные средства на ее развитие. После окончания правления советского союза финансирование в технологические сферы деятельности снизилось, что повлекло за собой спад производства. Деревообрабатывающей сфера не стала исключением. Именно тогда и появилась серьезная проблема в обработке древесины. Технологии обработки и транспортировки леса застыли на месте, и даже в наши дни эта проблема до сих пор актуальна. Производство деревянной продукции на начало 2000-х годов стало невозможным по причинам банкротства многих компаний, из-за этого закупки готовой древесной продукции производились за рубежом. В нашей стране до 2022 года большим процентом деревянной продукции является товар зарубежных производителей, одним из таких примеров можно взять ИКЕА, страна производитель которой является Швеция. Так же крупным партнером является Китай, древесная промышленность которого стоит на высочайшем уровне.

На 2020 год доля производимой отечественной продукции в стране составляла 12,8 % от всей продукции, что находилась в стране. Процент всего вывозимого количества древесины из страны составляет более 80% на 2022 год. Данные цифры совершенно неприемлемы, учитывая огромный производственный потенциал страны.

По причине санкций практически все иностранные компании по производству продукции из древесины покинули страну, кроме Китая. В связи с недавними событиями возникла большая нехватка техники для обработки древесины, так как в российском производстве более 90% оборудования импортного производства. Соответственно встал вопрос о нехватке

обработанной древесины. В данной обстановке нам необходимо развивать свое производство в данной сфере, чтобы поднять количество и качества отечественной продукции на европейский уровень. По этому поводу 1 марта 2022 года выступил Михаил Мишустин заявив о том, что власти страны рассматривают возможность финансовой поддержки данного направления деятельности.

Исходя из всего выше сказанного можно сделать вывод, что работа по данному направлению необходима и может финансироваться государством. Выбранная тема считается актуальной.

Цель работы – реконструкция электрической части деревообрабатывающего предприятия «Сосновый бор» в селе Васильевка в связи с расширением производства.

1. Характеристика объекта

1.1 Описание объекта

Объектом ВКР является деревообрабатывающее предприятие – столярный цех «Сосновый бор», находящееся по адресу: улица Мира 70Г, село Васильевка, Ставропольский район, Самарская область. Координаты данного места (53°30' N, 49°30' E).

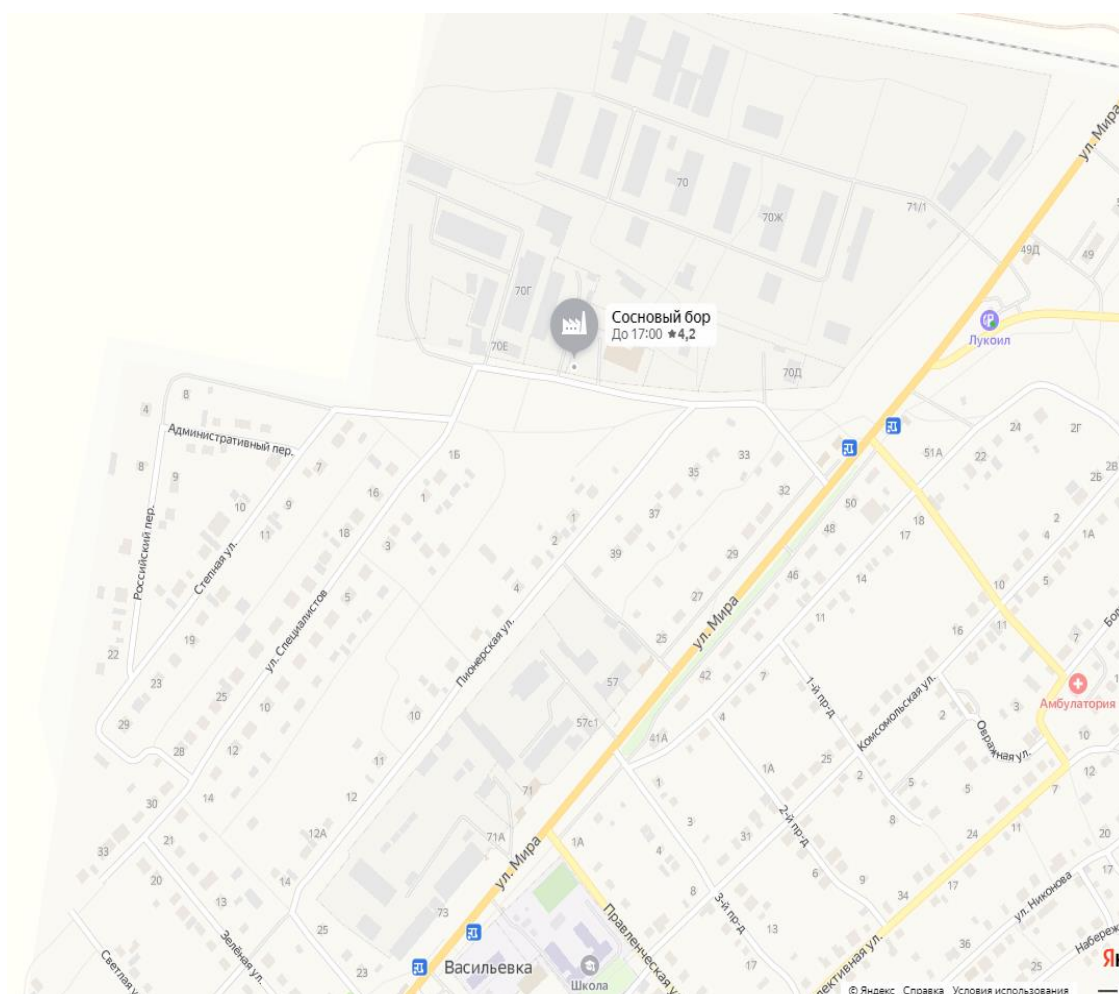


Рисунок 1 – Место нахождения цеха на карте

На территории объекта находятся: столярный цех (3 частей, 2 пристроя), две сушилки, магазин, офис, кран балка, КТП. Территория данного места на 90% имеет асфальтобетонное покрытие. На всей площади производства

отсутствует наружное освещение. Имеется складская территория 95% которой находится под открытым небом.

На предприятии производятся изделия из древесины, необходимые для конструирования мебели, перевозки различных грузов и отопления. Основным изделием являются сосновые и еловые сращенные щиты.

Поставка леса осуществляется по средствам перевозки его грузовым транспортом из северных регионов страны.

Разгрузка и сортировка леса проводится в соответствии с размерной и материальной базой. Проводится отбор на крупные и малые фракции по объему древесины. Малые фракции сортируются по размеру, распиливаются и отправляются в старую часть столярного цеха. Крупные фракции же сортируются по качеству и сорту древесины, так как именно эта часть является основным материалом для мебельных щитов.

Сушка и распил крупных фракций проводится для подготовки древесины к распиловке и механической обработке. Сушка проводится в течении 7 дней в сушилках. На территории предприятия находятся 2 сушилки: состоящая из 2-х ячеек и их одной. В каждой сушилке находятся печи, отапливаемые древесными обрезками после распиловки или торцовки, датчики подачи воздуха и контроллеры регулировки температуры внутри ячейки. В 2-х ячеечной сушилке стоят две печи, горячий воздух от которых поступает в ячейки по средствам труб и больших вентиляторов. В одной ячеечной сушилке находится та же система, только более современная. Распил сушеной древесины производится согласно заказу необходимых размеров, ручной электропилой.

Многопил производится исходя из заказанных размеров и сорта древесины. Распиленные крупные фракции древесины доставляются в центральную часть цеха, где стоит многопили находится небольшой склад распиленной древесины. На многопиле древесина распиливается на более малогабаритные полосы и отвозится на обработку.

Первичная обработка производится на четырехстороннике. Там древесина обрабатывается по средствам фугования при высоких оборотах лезвийных полотен. Затем обрабатывания производится отделение сучков от чистой части древесины. Сучки отвозятся как топливо в сушилки, а чистая часть проходит процесс сращивания.

Сращивание проходит в два этапа: нарезание шиппазных соединений и склейки(сращивания) кусков в единую полосу. Нарезание шипов производится на шипорезе, который торцует поверхность и нарезает шипы нанося при этом клей для сращивания. Куски древесины под давлением пневматического пресса склеиваются в полосу и снова проходят обработку в четырёхстороннике.

Обработанные полосы склеиваются пневматическим прессом в щит. Склеенные щиты обрабатываются на рейсмусе с двух сторон и отправляются на ручное устранение дефектов при помощи шпаклевки.

Ручное исправление сколов, трещин, рытвин и остатков сучков, за счет шпаклевки, позволяет выровнять поверхность для последующей шлифовке в станке.

Заключительным этапом в производстве является торцовка. Неровные края спиливаются и щит обрезают по заказанному размеру.

Продажа готовых щитов.

Список используемого оборудования приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Оборудование, используемое в столярном цеху

Название	Кол-во	Место нахождения
4х сторонник продольной фрезеровки Beaver 620(RMM 620)	1	Основная часть цеха
Пресс для сшивания в длинне Beaver 4500A МНВ 1545	1	Основная часть цеха
Автоматический шипорезный станок TSK15 G(MXB3515)	2	Основная часть цеха
Пресс вертикального склеивания SL 150-3GH	1	Основная часть цеха
Рейсмусовый станок Supermac 163	1	Основная часть цеха
Станок калибровально шлифовальный SP-RP700	1	Основная часть цеха

Продолжение таблицы 1

Название	Кол-во	Место нахождения
Станок торцовочный проходного типа CFS-100	1	Основная часть цеха
Форматно раскроечный станок filato 3200	1	Центральная часть цеха

В связи с увеличением объемов производства и расширением территории планируется:

- увеличение количества рабочего персонала;
- докупка нового оборудования: шлифовальные, четырехсторонние, шипорезные, многопильные, рейсмусовые, распиловочные станки и прессы для склеивания. Оснащение компрессорами так же будет увеличиваться. Все это будет докупаться для старой территории столярного цеха;
- постройка новых сушилок;
- закупка нового оборудования для присоединенной территории в виде электропил, распиловочных станков.

Так же планируется разместить небольшую ремонтную мастерскую под нужды предприятия. В ней будут располагаться: фрезерный станок, токарный станок по металлу, токарный станок по дереву, разного рода ручное электрооборудование и так далее.

1.2 Система электроснабжения предприятия

Система электроснабжения предприятия состоит в следующем.

Электроэнергия на предприятие поступает от подстанции Васильевской классом напряжения 220/110/10 кВ и установленной мощностью трансформаторов 400 кВА.

Питание поступает по воздушной линии 10 кВ состоящей из 3 проводов СИП–3 1×95 до КТП

КТП – тупиковая, киоскового типа, классом напряжения 10/0,4, способом подвода кабеля В, с видом заземления TN–С, с выключателем нагрузки по высокой стороне ВНА 10/630 и автоматическим выключателем на 250 А по низкой стороне.

От КТП отходят два провода, подвешенных на выступающую арматуру вдоль стен.

Первый провод протяженностью 120 метров маркой СИП–4 4×95–0,6/1 имеет 2 присоединения.

Первое присоединение через ответвительный зажим проводом СИП–4 4×95–0,6/1 приходит на распределительный щит питающий дальнюю сушилку и кран–балку ККТ5–00.000ПС полной протяженностью рельс 40 метров. Кран – балка состоит из движущейся опоры, тали и подъемного механизма.

Движущаяся опора перемещается по рельсам при помощи 4х асинхронных короткозамкнутых двигателей маркой АИР90L4 У1

Таль перемещается одним асинхронным короткозамкнутым двигателем маркой АИР132М6 У1.

Подъемный механизм работает за счет асинхронного короткозамкнутого двигателя маркой АИР71В6Е У2.

Полная характеристика электродвигателей представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Электродвигатели кран–балки

Параметры	Механизм (место установки)		
	подъема	передвижения	
		крана	тали
Тип двигателя	АИР71В6ЕУ2	АИР90L4У1	АИР132М6У1
Род тока	переменный	переменный	переменный
Напряжение, В	380	380	380
Номинальный ток, А	16	4,98	1,7
Частота, Гц	50	50	50
Номинальная мощность, кВт	7,5	2,2	0,55
Частота вращения, об/мин	1000	1500	1000
Исполнение	Фланцевое	Фланцевое	Фланцевое
Количество	1	4	2

От распределительного щита кабель приходит в щиток дальней сушилки. В сушилке работают два одинаковых вентилятора и компрессор на 380 В.

Вентиляторы работают по средствам асинхронных двигателей марки 5АМХ132М6У3. Компрессор работает за счет асинхронного двигателя марки АДМ100Л2У3. Полная характеристика двигателей представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Электродвигатели дальней сушилки

Параметры	Механизм (место установки)	
	Вентилятор	Компрессор
Тип двигателя	5АМХ132М6У3	АДМ100Л2У3
Род тока	Переменный	Переменный
Напряжение, В	380	380
Номинальный ток, А	16,5	19,7
Частота, Гц	50	50
Номинальная мощность, кВт	7,5	6,5
Количество	2	1
Частота вращения, об/мин	960	2850
Параметры	Механизм (место установки)	
	Вентилятор	Компрессор
Сos φ	0,81	0,85

Провод проходит через железобетонную опору к столярному цеху, где находятся два основных распределительный щита.

Второе присоединение через ответвительный зажим провод СИП–4 4×95–0,6/1 приходит в первый основной распределительный щит рисунок 2.



Рисунок 2 – Первый основной распределительный щит

Данный щит не имеет маркировки по причине старости. Провод приходящий в щит подключается к выключателю-разъединителю ВР32–39–А30380–630А.

Провод приходит во второй основной распределительный щит рисунок 3.

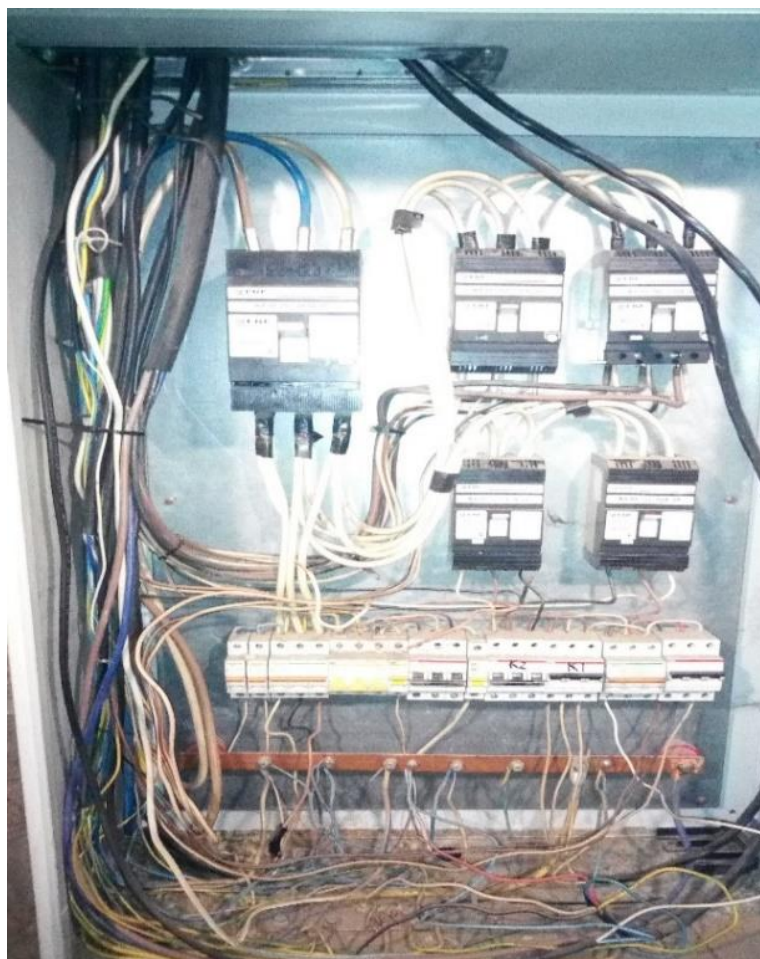


Рисунок 3 – Второй основной Распределительный щит

Данный щит марки ЩМПг–100.65.30 предназначенный под номинал напряжения 240/415. Провода подключаются к автоматическому выключателю ВА 90/250 250А, и от него к остальным выключателям: ВА 99/160 100А, ВА 99/160 100А, ВА 99/125 40А, ВА 99/125 40 А.

От первого основного щита отходит 3 провода:

Первый напрямую протянут к четырёхстороннику кабелем марки ВВГнг(А) 5×25.

Второй провод маркой ВВГнг(А) 5×25 проведен к первому распределительному щитку новой части столярного цеха. Данный кабель присоединяется к автоматическому выключателю марки КЭАЗ АЕ 2056М–100. От распределительного щита запитываются:

- станок торцовочный проходного типа CFS–100;

- автоматический шипорезный станок TSK15 G(MXB3515) (2 штуки);
- пресс для сшивания в длине Beaver 4500A MNB 1545.

Третий кабель ВВГнг(А) 5×25 протянут к вспомогательному щиту новой части столярного цеха. Кабель присоединяется к автоматическому выключателю марки КЭАЗ ВМ 125–3С80. Данный щит питает Пресс вертикального склеивания SL 150–3GH.

Так же данный щит питает второй распределительный щит новой части столярного цеха через кабель марки ВВГнг(А) 5×25. Кабель приходит на автоматический выключатель ВА 99/125 80А. Данный щит питает:

- рейсмусовый станок Supermac 163;
- заточной станок ручной;
- станок калибровально шлифовальный SP–RP700;
- форматно раскроечный станок filato 3200.

Ниже представлены данные электрических характеристик оборудования, запитанного на первый основной распределительный щит, записанных в таблице 4.

Таблица 4 – Электрические характеристики оборудования

Пара метры	Оборудование								
	Четыр ёх сторон ник	Станок торцов очный	Автома тическ ий шипор езный станок	Пресс для сшив ания в длинн е	Рейсму совый станок	Заточ ной стано к	Станок калибр овальн о шлифо вальны й	Форма тно раскро ечный станок	Пресс верти кальн ого склеи вания
Род тока	Переменный	Переменный	Переменный	Переменный	Переменный	Переменный	Переменный	Переменный	Переменный
Частота, Гц	50	50	50	50	50	50	50	50	50

Продолжение таблицы 4

Параметры	Оборудование								
	Четырёхсторонник	Станок торцовочный	Автоматический шипорезный станок	Пресс для сшивания в длину	Рейсмусовый станок	Заточной станок	Станок калиброва- о шлифоваль- ный	Формально раскроечный станок	Пресс вертикаль- ного склеивания
Напряжение, В	380	380	380	380	380	220	380	380	380
Установленная мощность, кВт	43,1	9,5	17,2	7,15	7,87	0,35	24,37	5,5	2,2
Количество	1	1	2	1	1	1	1	1	1

Второй основной распределительный щит запитывает в старой части столярного цеха 1 распределительный щит и напрямую питает 3 станка, электрические характеристики которых невозможно определить из-за старости, а также освещение и компрессоры в центральной части столярного цеха.

От распределительного щита с автоматическим выключателем марки ВА04–35про питание поступает на 2 станка:

- строгальный станок С 23–4(5);
- станок крупнопильный ДК–80.

Электрические характеристики оборудования, подключенного к второму основному распределительному щиту, приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Электрические характеристики оборудования

Параметры	Оборудование	
	Строгальный станок	Станок крупнопильный
Род тока	Переменный	Переменный
Частота, Гц	50	50
Напряжение, В	380	380
Установленная мощность, кВт	18,65	19,6
Количество	1	1

От КТП протянут второй провод длиной 65 метров маркой СИП–4 4×95–0,6/1 до выключателя-разъединителя маркой ВР32–39–А30380–630А. От выключателя протянуто 2 провода: на ближнюю сушилку и магазин.

В ближней сушилке провод приходит в распределительный щит с автоматическим выключателем Электрические характеристики данного оборудования представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Электрические характеристики оборудования

Параметры	Оборудование		
	Вентилятор	Двигатель для автоматической подачи	Пресс брикетировочный
Род тока	Переменный	Переменный	Переменный
Частота, Гц	50	50	50
Напряжение, В	380	380	380
Установленная мощность, кВт	0,55	1,1	7,5
Количество	1	1	1
Cos φ	0,85	0,77	-
Частота вращения, об/мин	960	1390	-

Второй провод протянут в магазин готовой продукции, который по своему назначению является складом и имеет только осветительную нагрузку.

1.3 Задачи ВКР

В ходе обследования пилорамы в селе Васильевка «Сосновый бор» были получены сведения о ее техническом состоянии. Более ярко выражены следующие проблемы: отсутствие действующего заземления, старое и подлежащее замене оборудование, отсутствие хорошего освещения на всей территории объекта. Обследование показало, что энергетическая система предприятия находится в неприемлемом состоянии и для решения ряда проблем требуется реконструкция производства.

Для достижения заданной цели будет необходимо решить следующие задачи:

- рассчитать силовую нагрузку потребителей электроэнергии;
- расчет и проектирование наружного и внутреннего освещения;
- реконструировать трансформаторную подстанцию;
- реконструировать питающую линию предприятия;
- расчет и проектирование системы заземления.

Вывод: в связи с неприемлемым состоянием электрической сети предприятия, а также в связи с увеличением территории и объемов производства принято решение о реконструкции электрической части предприятия в селе Васильевка «Сосновый бор».

2 Расчёт электрических нагрузок 0,4 кВ

На основе данных полученных в ходе обследования объекта произведем расчет мощности для выбора трансформатора. Расчет ведется с использованием метода коэффициента максимума на примере РП1. Чтобы сделать грамотный расчет нам необходимо распределить нагрузку, составить схему электроснабжения.

2.1 Схема электроснабжения цеха

В зависимости от числа и взаимного расположения ЭП или цеховых подстанций по отношению к пункту питания применяются две основные схемы – радиальная и магистральная.

Данные схемы создают требуемую надежность электроснабжения ЭП любой категории.

«Радиальные схемы распределения применяются главным образом в тех случаях, когда нагрузки рассредоточены от центра питания. Одноступенчатые радиальные схемы применяются для питания крупных сосредоточенных нагрузок (насосные, компрессорные, преобразовательные агрегаты, электропечи и т. п.) непосредственно от центра питания, а также для питания цеховых подстанций. Двухступенчатые радиальные схемы используют для питания небольших цеховых подстанций и электроприемников ВН в целях разгрузки основных энергетических центров. На промежуточных распредпунктах устанавливается вся коммутационная аппаратура. Следует избегать применения многоступенчатых схем для внутрицехового электроснабжения» [5,24].

«Магистральные схемы распределения электроэнергии следует применять при распределенных нагрузках, когда потребителей много и радиальные схемы экономически нецелесообразны. Основные преимущества: позволяют лучше загрузить при нормальном режиме кабели, сэкономить

число шкафов на распределительном пункте, сократить длину магистрали. К недостаткам магистральных схем относятся усложнение схем коммутации, одновременное отключение ЭП нескольких производственных участков или цехов, питающихся от данной магистрали при ее повреждении. Для питания ВП I и II категорий должны применяться схемы с двумя и более параллельными сквозными магистралями» [5,24].

Для питания ЭП сетей напряжением до 1000В III категории надежности следует устанавливать однострансформаторные комплектные подстанции (КТП)

В данном проекте применяется радиальная схема электроснабжения. Схема электроснабжения предприятия представлена на рисунке 4.

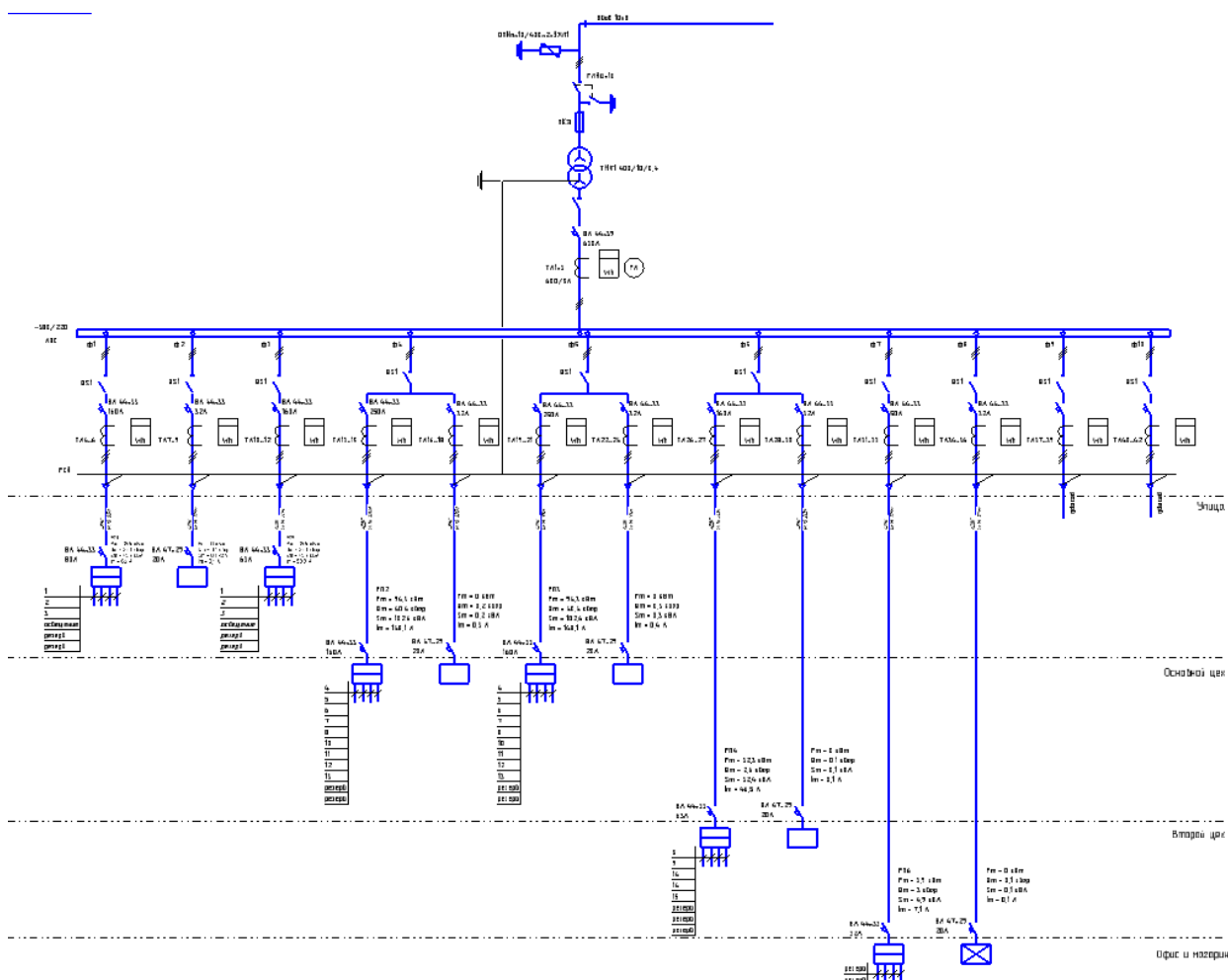


Рисунок 4 – Схема электроснабжения предприятия

2.2 Расчёт нагрузок

«Рассчитаем групповую активную нагрузку вентиляторов» [4,17,23] по формуле 1:

$$P_{ГР.1} = P_{наст} \cdot n = 10,25 \cdot 1 = 10,25 \text{ кВт}, \quad (1)$$

где P_n – номинальная мощность одного электроприёмника,

n – кол-во электроприемников.

«Рассчитаем среднюю активную мощность вентиляторов за наиболее загруженную смену» [4,23,25] по формуле 2:

$$P_{см}^{(1)} = K_H \cdot P_{з.р}^{(1)} = 0,2 \cdot 10,25 = 2,05 \text{ кВт}, \quad (2)$$

где K_H – берется из справочника «Системы электроснабжения

электронное учеб–метод. Пособие» [4].

«Рассчитаем среднюю реактивную мощность вентиляторов за наиболее загруженную смену» [4,23,25] по формуле 3:

$$Q_{см}^{(1)} = tg \varphi \cdot P_{см}^{(1)} = 2,05 \cdot 1,73 = 3,55 \text{ кВар}, \quad (3)$$

где $tg \varphi$ – коэффициент реактивной мощности, считаемый по формуле 4:

$$tg \varphi = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi}}{\cos \varphi}, \quad (4)$$

где $\cos(\varphi)$ – коэффициент мощности, берущийся из паспортных данных электрооборудования.

«Найдем среднюю полную мощность вентиляторов за наиболее загруженную смену» [4,23,25] по формуле 5:

$$S_{см}^{(1)} = \sqrt{P_{см}^{(1)2} + Q_{см}^{(1)2}} = \sqrt{2,05^2 + 3,55^2} = 4,10 \text{ кВА}. \quad (5)$$

«Рассчитаем суммарные значения установленной мощности, а также средней активной, реактивной и полной мощностей» [4] по формулам 6-8 соответственно:

$$P_{смРП1} = \sum P_{см(РП1)} = P_{см1} + P_{см1} + P_{см3} = 2,05 + 15,75 + 9,1 = 26,90 \text{ кВт}, \quad (6)$$

$$Q_{смРП1} = \sum Q_{смРП1} = Q_{см1} + Q_{см2} + Q_{см3} = 3,55 + 11,81 + 5,64 = 21 \text{ кВар}, \quad (7)$$

$$S_{смРП1} = \sqrt{P_{смРП1}^2 + Q_{смРП1}^2} = \sqrt{26,90^2 + 21^2} = 34,13 \text{ кВА}. \quad (8)$$

«Рассчитаем средний коэффициент использования» [4] по формуле 9:

$$K_{u(ср)} = \frac{P_{смРП1}}{P_{н(РП1)}} = \frac{26,9}{45,75} = 0,59. \quad (9)$$

«Рассчитаем показатель силовой сборки в группе» [4] по формуле 10:

$$m = \frac{P_{н.нм}}{P_{н.нб}} = \frac{10,25}{22,5} = 0,46. \quad (10)$$

«Зная значения показателя силовой сборки группы, среднего коэффициента использования и общее число подключенных электроприемников можно определить эффективное число» [4,25] по формуле 11:

$$nэ = \frac{2 \cdot \sum P_n}{P_{н.мак}} = \frac{2 \cdot 45,75}{22,5} = 4,07. \quad (11)$$

«Рассчитаем коэффициент максимума активной нагрузки» [4,25] по формуле 12:

$$K_M = 1 + \frac{1,5}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{\frac{1 - K_{u(cp)}}{K_{u(cp)}}} = 1 + \frac{1,5}{\sqrt{6}} \cdot \sqrt{\frac{1 - 0,59}{0,59}} = 1,46. \quad (12)$$

Определим коэффициент максимума реактивной нагрузки. В соответствии с практикой проектирования принимается $K_M' = 1$ при $n_э < 10$; $K_M' = 1,1$ при $n_э > 10$. Из этого следует, что коэффициент максимума реактивной нагрузки группы равен 1.

«Рассчитаем коэффициент мощности группы подключенных электроприемников» [4] по формуле 13:

$$\cos \varphi = \frac{P_{смПП1}}{S_{смПП1}} = \frac{26,9}{34,13} = 0,79. \quad (13)$$

«Рассчитаем коэффициент реактивной мощности для группы подключенных электроприемников» [4] по формуле 14:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{Q_{смПП1}}{P_{смПП1}} = \frac{21}{26,9} = 0,78. \quad (14)$$

«Рассчитаем максимальную активную нагрузку» [4] по формуле 15:

$$P_M = K_M \cdot P_{см} = 1,46 \cdot 26,9 = 36,30 \text{ кВт}. \quad (15)$$

«Рассчитаем максимальную реактивную нагрузку» [4] по формуле 16:

$$Q_M = K_M \cdot Q_{cm} = 1 \cdot 21 = 21 \text{кВар}. \quad (16)$$

«Рассчитаем максимальную полную нагрузку» [4] по формуле 17:

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2} = \sqrt{36,30^2 + 21^2} = 43 \text{кВА}. \quad (17)$$

Определим максимальный ток на РП1 по формуле 18:

$$I_{m(РП1)} = \frac{S_{M(РП1)}}{\sqrt{3} \cdot U_\lambda} = \frac{43}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 62,1 \text{А}. \quad (18)$$

где U_λ – напряжение питающей сети.

Для остальных распределительных пунктов расчет ведется аналогичным образом. Составим сводную ведомость нагрузок и сведем полный список всех данных, найденных в первом разделе в таблицу 7.

Таблица 7 - Сводная ведомость нагрузок

Название	Паспортные данные					Расчетные данные										
	Рп, кВт	n	Рн, кВт	Ku	cosφ	tgφ	m	Рсм, кВт	Qсм, квар	Scм, кВА	пэ	Km	Рm, кВт	Qm, квар	Sm, кВА	Im
РП1																
Кран балка	10,25	1	10,25	0,2	0,5	1,73	-	2,05	3,55	4,10	-	-	-	-	-	-
Вентилятор	7,5	3	22,5	0,7	0,8	0,75	-	15,75	11,81	19,69	-	-	-	-	-	-
Компрессор	6,5	2	13	0,7	0,85	0,62	-	9,10	5,64	10,71	-	-	-	-	-	-
ИТОГО по РП1	-	6	45,75	0,59	0,79	0,78	0,46	26,90	21,00	34,13	4	1,46	39,40	21	45,70	66,0
РП2																
Шипорез	17,2	2	34,4	0,12	0,4	2,29	-	4,13	9,45	10,32	-	-	-	-	-	-
Пресс продольный	7,15	1	7,15	0,17	0,65	1,17	-	1,22	1,42	1,87	-	-	-	-	-	-
Раскроечный станок	5,5	1	5,5	0,12	0,4	2,29	-	0,66	1,51	1,65	-	-	-	-	-	-
Рейсмус	7,87	1	7,87	0,12	0,4	2,29	-	0,94	2,16	2,36	-	-	-	-	-	-
Пресс вертикальный	2,2	1	2,2	0,17	0,65	1,17	-	0,37	0,44	0,58	-	-	-	-	-	-
Станок торцовочный	9,5	1	9,5	0,12	0,4	2,29	-	1,14	2,61	2,85	-	-	-	-	-	-
Шлиф. станок	24,37	1	24,37	0,12	0,4	2,29	-	2,92	6,70	7,31	-	-	-	-	-	-
Четырех-сторонник	43,1	1	43,1	0,17	0,65	1,17	-	7,33	8,57	11,28	-	-	-	-	-	-
Многопил	19,6	1	19,6	0,17	0,65	1,17	-	3,33	3,90	5,13	-	-	-	-	-	-
ИТОГО по РП2	-	10	153,69	0,14	0,51	1,67	0,05	22,05	36,77	42,87	7	4,28	94,30	40,40	102,60	148,10
РП3																
Шипорез	17,2	2	34,4	0,12	0,4	2,29	-	4,13	9,45	10,32						

Продолжение таблицы 7

Название	Рп, кВт	n	Рн, кВт	Ku	cosφ	tgφ	m	Рсм, кВт	Qсм, квар	Scм, кВА	пэ	Km	Рm, кВт	Qm, квар	Sm, кВА	Im
Пресс продольный	7,15	1	7,15	0,17	0,65	1,17	-	1,22	1,42	1,87	-	-	-	-	-	-
Раскроечный станок	5,5	1	5,5	0,12	0,4	2,29	-	0,66	1,51	1,65	-	-	-	-	-	-
Рейсмус	7,87	1	7,87	0,12	0,4	2,29	-	0,94	2,16	2,36	-	-	-	-	-	-
Пресс вертикальный	2,2	1	2,2	0,17	0,65	1,17	-	0,37	0,44	0,58	-	-	-	-	-	-
Станок торцовочный	9,5	1	9,5	0,12	0,4	2,29	-	1,14	2,61	2,85	-	-	-	-	-	-
Шлиф. станок	24,37	1	24,37	0,12	0,4	2,29	-	2,92	6,70	7,31	-	-	-	-	-	-
Четырех-сторонник	43,1	1	43,1	0,17	0,65	1,17	-	7,33	8,57	11,28	-	-	-	-	-	-
Многопил	19,6	1	19,6	0,17	0,65	1,17	-	3,33	3,90	5,13	-	-	-	-	-	-
ИТОГО по РПЗ	-	10	153,69	0,14	0,51	1,67	0,05	22,05	36,77	42,87	7	4,28	94,30	40,40	102,60	148,10
РП4																
Токарный д	3,6	1	3,6	0,12	0,4	2,29	-	0,43	0,99	1,08	-	-	-	-	-	-
Токарный м	3,6	1	3,6	0,12	0,4	2,29	-	0,43	0,99	1,08	-	-	-	-	-	-
Фрезер	4,1	1	4,1	0,12	0,4	0,048	-	0,49	0,02	0,49	-	-	-	-	-	-
Торцовка	9,5	1	9,5	0,12	0,4	0,048	-	1,14	0,05	1,14	-	-	-	-	-	-
Торцовка	9,5	2	19	0,12	0,4	0,048	-	2,28	0,11	2,28	-	-	-	-	-	-
Рейсмус	7,87	1	7,87	0,12	0,4	0,048	-	0,94	0,05	0,95	-	-	-	-	-	-
Пресс брикетировочн	7,5	1	7,5	0,17	0,65	0,1105	-	1,28	0,14	1,28	-	-	-	-	-	-
ИТОГО по РП4	-	8	55,17	0,13	0,5	1,87	0,38	7,00	2,35	7,38	6	4,59	32,10	2,60	32,20	46,50

Продолжение таблицы 7

Название	Рп, кВт	n	Рн, кВт	Ки	cosφ	tgφ	m	Рсм, кВт	Qсм, квар	Scм, кВА	пэ	Км	Рм, кВт	Qм, квар	Sm, кВА	Im
ПП5																
Пресс брикетировочный	7,5	1	7,5	0,17	0,65	0,1105	-	1,28	0,14	1,28	-	-	-	-	-	-
Вентилятор	7,5	3	22,5	0,7	0,8	0,75	-	15,75	11,81	19,69	-	-	-	-	-	-
Компрессор	6,5	2	13	0,7	0,85	0,62	-	9,10	5,64	10,71	-	-	-	-	-	-
ИТОГО по ПП5	-	6	43	0,61	0,83	0,67	0,33	26,13	17,60	31,50	4	1,41	36,70	19,40	41,50	59,9
ПП6																
розетки	0,35	2	0,7	0,96	0,8	0,75	-	0,67	0,50	0,84	-	-	-	-	-	-
розетки	0,7	2	1,4	0,96	0,8	0,75	-	1,34	1,01	1,68	-	-	-	-	-	-
розетки	1	1	1	0,7	1	0	-	0,70	0,00	0,70	-	-	-	-	-	-
розетки	2	2	4	0,9	0,95	0,33	-	3,60	1,19	3,79	-	-	-	-	-	-
ИТОГО по ПП6	-	7	7,1		0,92	0,43	0,50	6,32	2,70	6,87	4	0,62		3,90	3,00	3,00
ЩО1	0,04	8	0,32	0,5	0,95	0,33	-	0,16	0,05	0,17	-	-	-	-	-	-
ЩО2	0,048	9	0,432	1	0,98	0,2	-	0,43	0,09	0,44	-	-	-	-	-	-
ЩО3	0,048	9	0,432	1	0,98	0,2	-	0,43	0,09	0,44	-	-	-	-	-	-
ЩО4	0,048	12	0,576	1	0,98	0,2	-	0,58	0,12	0,59	-	-	-	-	-	-
ЩАО	0,048	30	1,44	1	0,98	0,2	-	1,44	0,29	1,47	-	-	-	-	-	-
ИТОГО ПО Освещению	-	68	3,2	0,95	0,98	0,21	0,74	3,04	0,63	3,10	-	-	1,20	0,70	1,40	2,0

Вывод: данный пункт представляет из себя расчет мощности на всех РП.

Изначально рассматривались два типа сети радиальная и магистральная. Исходя из того, что на данном предприятии необходимо в определенные моменты (неисправности, техническое обслуживание и т.д.), а также их соображений надежности взят вариант радиальной схемы снабжения предприятия. Составив схему снабжения предприятия видно, что КТП имеет 12 отходящих линий 1 из которых оставлена в резерве. Построив однолинейную схему предприятия можно приступать к расчетам.

В качестве способа расчета взят способ решения через коэффициенты использования и максимума. По результатам решения найдены значения максимальных: тока, активной, реактивной и полной мощностей. Все результаты занесены в сводную ведомость таблицу 7.

3 Система освещения

Освещение – неотъемлемая часть любой из систем энергоснабжения как предприятий, городов так и обычных квартир. Правильно запитанные и подобранные, под необходимые нужды, светотехнические устройства ежедневно помогают каждому человеку в повседневной жизни и на рабочих местах. Освещение делится на рабочее и аварийное. Под рабочим принимается освещение, которое на постоянной основе освещает место проведения любого рода работ. В зависимости от выполняемой работы выбираются светильники необходимых габаритов, значений светового потока и мощности. Аварийное освещение предназначено для отбытия персонала с рабочего места во время аварий, без получения повреждений и травм.

3.1 Светотехнический расчет

Светотехнический расчет произведен на примере основного цеха, и для остальных технических помещений произведен аналогично. Все расчеты произведены при помощи программного обеспечения DIALux 4.13 Light. Для внутрицеховых помещений был выбран светильник компании Арктик. Все нормы освещенности для помещений выбраны с соответствием СП 52.13330.2016 [18]. Вид светильника и КСС света приведены на рисунках 5 и 6.



Рисунок 5 – Светильник Diolum-PR-IP65-2182N

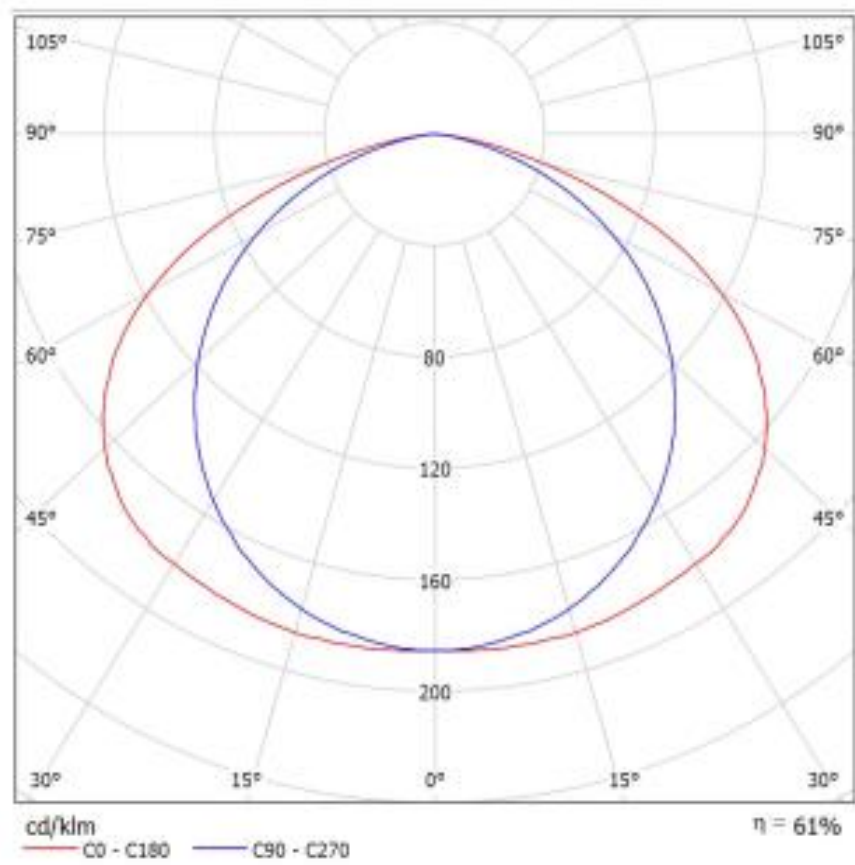


Рисунок 6 – Схема КСС светильника

Составим таблицу 8 светотехнического расчета.

Таблица 8 – Значения светотехнического расчета

Наименование помещения	Площадь, S, м ²	Светильник		Енорм. лк	Еср. лк
		Тип	Кол.		
Основной цех 1	437	Diolum-PR-IP65-2182N	16	500	503
Основной цех 2	655	Diolum-PR-IP65-2182N	20	500	521
Центральный холл	380	Diolum-PR-IP65-2182N	14	300	309
Столовая	40,2	Diolum-PR-IP65-2182N	2	100	104
Умывальня	48	Diolum-PR-IP65-2182N	3	200	215

3.2 Расчет освещения в цеху

На данном этапе необходимо найти количество и суммарную мощность осветительных установок, подключенных к щиту общего рабочего освещения. На данном объекте к общему освещению подключены все комнаты, но оно находится в ненадлежащем виде. Расчет производим на примере 1 основного цеха.

Данные расчётов приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Результаты расчетов осветительных нагрузок

Помещение	Р _{светильника} , Вт	n	Р _{сумм} , Вт	Ip, А
Основной цех 1	0,04	16	0,64	0,9849
Основной цех 2	0,04	20	0,8	1,1935
Центральный холл	0,04	14	0,56	0,8354
Столовая	0,04	2	0,08	0,1193
Умывальня	0,04	3	0,12	0,179

Вывод: в данном пункте производился выбор светильников для наружного и внутреннего освещения. Вычисления светотехнического расчета проводились на основе программного обеспечения DIALux 4.13 Light, в ней

находилась кривая силы света и проверялся выбранный заранее выбранные светильники:

- Diolum-PR-IP65-2182N для внутреннего освещения;
- Diolum-PR-IP65-БАП2-2182N для внутреннего аварийного освещения;
- Модуль К-1 48Вт 4000К IP67 для наружного освещения.

Каждый из щитов освещения отвечающий за свою территорию работы запитан отдельно от РП и питается напрямую от подстанции с отдельного фидера.

Расчет мощности, производимый в пункте 3.2 произведен на основе 1 основного цеха, для остальных помещений и улицы посчитано аналогично. В данном пункте рассчитывались мощность и рабочие токи групп светильников.

4 Выбор типа, числа и мощности трансформаторов. Выбор компенсирующей установки на стороне 0,4 кВ

Правильный, техничный и более экономичный выбор числа и мощности трансформаторов для ГПП, ЦТП и КТП предприятий имеет важное значение. Основными критериями выбора являются потребляемая мощность и расходы на техническое обслуживание подстанции.

«При выборе мощности трансформатора на КТП необходимо иметь график нагрузки. Выбор мощности производится исходя из полной расчетной нагрузки объекта и удельной плотности нагрузки, стоимости электроэнергии. При выборе мощности трансформаторов необходимо исходить из рациональной их нагрузки при нормальном режиме работы с учетом минимально необходимого резервирования при аварийном режиме. При этом нужно иметь в виду, что нагрузка трансформаторов в нормальных условиях не должна по нагреву вызывать сокращения естественного его срока службы» [6].

«Выбор числа трансформаторов определяется в зависимости от категории надежности эл. снабжения, удельной плотности нагрузки, числа рабочих смен, размеров цеха, режимом работы станции или питающей сети. Применение питающей 6–10 кВ находят не только при нагрузках 3–ей категории, но, как правило и при нагрузках 2–ой, когда недовыработка продукции за время перерыва питания м/б восполнена работой в 3 смену при 2х сменном режиме работы предприятия или другими способами. 1тр–е ПС целесообразно применять и при наличии в сети 380–660В небольших (15–20%) нагрузок 1 кат при условии резервирования их питания по связям на вторичном напряжении может устанавливаться соседними ПС. При однотр. ПС надо предусматривать складской резерв тр–ров, полностью подготовленных к включению» [6].

«Выбор типов и исполнения трансформаторов. По схемам соединения обмоток трансформаторы подразделяются на трехфазные и однофазные, 2хобмоточные и 3хобмоточные, а также с расщепленными обмотками

вторичного U. По роду изоляции и способу охлаждения трансформаторы бывают: масляные с негорючим заполнением и сухие» [6].

Данное предприятие относится к 3–ей категории надежности. На территории предприятия отсутствуют приемники, перебой работы которых может грозить жизни и здоровью работников, а также привести к большим убыткам на производстве. Исходя из всего сказанного будет произведен расчет и выбор одно трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ.

Для начала расчета сведем итоговые значения расчетов из пункта 2 в таблице 10.

Таблица 10 – Итоги расчетов мощности

Название	Ku	tgφ	Pm, кВт	Qm, квар	Sm, кВА	Im
ИТОГО по РП1	0,59	0,78	39,40	21,0	45,70	66,0
ИТОГО по РП2	0,14	1,67	94,30	40,4	102,60	148,10
ИТОГО по РП3	0,14	1,67	94,30	40,4	102,60	148,10
ИТОГО по РП4	0,13	0,34	32,10	2,60	32,20	46,50
ИТОГО по РП5	0,61	0,67	36,70	19,4	41,50	59,9
ИТОГО по РП6	0,89	0,43	3,90	3,00	4,90	7,1
ИТОГО освещению	1	0,21	0,00	0,80	0,80	1,2
ИТОГО по КТП без КРМ			302,9	129,7	329,5	475,6

4.1 Расчет и выбор компенсирующего устройства

«Рассчитаем значение коэффициентов активной и реактивной мощности на ШНН без компенсирующего устройства» [4] по формулам 19 и 20, подставив значения из «Сводной ведомости нагрузок»:

$$\cos \varphi = \frac{P_{(M)}}{S_{(M)}} = \frac{302,9}{329,5} = 0,92, \quad (19)$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{Q_{(M)}}{P_{(M)}} = \frac{129,7}{302,9} = 0,42. \quad (20)$$

Сведем необходимые данные для расчёта КУ в таблицу 11.

Таблица 11 – Параметры нагрузки на ШНН

Параметр	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$	P_M	Q_M	S_M
Всего на ШНН без КУ	0,92	0,42	302,9	129,7	329,5

Рассчитаем мощность компенсирующего устройства по формуле 21:

$$Q_{к.р} = \alpha \cdot P_M \cdot (\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} \varphi_k) = 0,9 \cdot 302,9 \cdot (0,42 - 0,3) = 33,5 \text{ квар} , \quad (21)$$

где α – коэффициент, учитывающий повышение $\cos \varphi$ естественным способом, принимается равным 0,9 $\operatorname{tg} \varphi_k = 0,33$ (после компенсации), т.к. $\cos \varphi_k$ соответственно равен 0,95.

Зная расчетное значение реактивной мощности, выбираем конденсаторную установку УКМ–58 50 квар [12].

Технические характеристики данного КУ представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Технические характеристики конденсаторной установки УКМ - 58 50 квар

Тип	U_H , кВ	$Q_{к.ст}$, квар	кол-во ступеней регулирования	Шаг регулирования, квар
УКМ–58 0,4–50	0,4	50	2	25

Рассчитаем фактическое значение коэффициента реактивной мощности после компенсации по формуле 22:

$$\operatorname{tg} \varphi_\phi = \operatorname{tg} \varphi - \frac{Q_{к.ст}}{\alpha \cdot P_M} = 0,42 - \frac{25}{0,9 \cdot 302,9} = 0,32 . \quad (22)$$

Так как мы знаем значения $\operatorname{tg} \varphi_\phi$, то значения коэффициента мощности будет равно $\cos \varphi_\phi = 0,95$.

4.2 Расчёт и выбор трансформатора

Рассчитаем потери в трансформаторе по формулам 23–25:

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot S_M = 0,02 \cdot 329,5 = 6,48 \text{ кВт} , \quad (23)$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot S_M = 0,1 \cdot 329,5 = 32,38 \text{ квар} , \quad (24)$$

$$\Delta S_T = \sqrt{\Delta P_T^2 + \Delta Q_T^2} = \sqrt{6,48^2 + 32,38^2} = 33,02 \text{ кВА} . \quad (25)$$

«Определим расчетную мощность трансформатора с учетом потерь» [4] по формуле 26:

$$\begin{aligned} S_T &= K_3 \cdot (S_M + \Delta S_T) = \\ &= 1 \cdot (329,5 + 33,02) = 359,47 \text{ кВА} , \end{aligned} \quad (26)$$

где K_3 – это коэффициент загрузки трансформатора, так как предприятие относится к III категории принимаем за 1.

Так, как предприятие относится к третьей категории надежности, выбираем однострансформаторную подстанцию с одним трансформатором типа ТМ(Г) 400/10/0,4 [19]. Технические данные трансформатора приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Технические данные трансформатора ТМ(Г) 400/10/0,4

Тип	S _н , кВА	U _н , кВ		U _к , %	Потери, кВт		I _{хх} .
		ВН	НН		Р _{хх}	Р _{кз}	
ТМ(Г) 400/10/0,4	400	10	0,4	4,5	0,9	5,5	1,8

Зная расчетную мощность и номинальную мощность выбранного трансформатора, найдем коэффициент загрузки трансформатора:

$$Kз = \frac{S_M}{S_{Тном}} = \frac{313,2}{400} = 0,78 . \quad (27)$$

4.3 Выбор КТП

По окончанию расчетов произведем перерасчет итоговых значений мощности в таблице 14.

Таблица 14 – Итоговые значения мощности

Параметры	Pm, кВт	Qm, квар	Sm, кВА	Im
ИТОГО по КТП без КРМ	302,9	129,7	329,5	475,6
КРМ	-	-50,00	-	-
ИТОГО по КТП	302,9	79,7	313,2	452,1

На основании этих данных было выбрано компенсирующая установка УKM–58 50 квар. Выбран трансформатор ТМ(Г) 400–10/0,4. Как КУ, так и трансформатор выбраны из каталога официального сайта производителя «Самарский Энектроцит». На том же сайте для данного трансформатора выбрана КТП киоскового типа КТПН 10/0,4 кВ [11].

КТПН 10/0,4 кВ состоит из следующих основных элементов:

- высоковольтный ввод;
- металлическое помещение типа «киоск», разделенное металлическими перегородками на отсек устройства высшего напряжения(УВН), низшего напряжения (РУНН) и коридор обслуживания;
- кронштейн с высоковольтным вводным разъединителем и приводом к нему.

В отсеке УВН установлены сухой или масляный силовой трансформатор и высоковольтные предохранители типа ПКЭ. Для осмотра оборудования УВН предусмотрено окно с сетчатой дверкой со стороны УВН и сплошной дверкой со стороны коридора обслуживания.

Отсек РУНН состоит из шкафа ввода НН и шкафа распределительного. В шкафу ввода установлены: выключатель ввода НН, трансформатор тока Т–0,66, разрядники типа РВН–0,5МНУ1, сборные шины НН и выдвижная рама с косинусными конденсаторами типа КПС.

В распределительном шкафу размещены: панели с автоматическими выключателями линии, панель с измерительными приборами, инвентарный шкаф с ИСЗ и отсек кабельного ввода. В распределительном шкафу может быть установлено до 12 автоматов типа ВА 44.

На крышке отсека УВН установлены кожух с высоковольтным вводом, в виде шинпровода с изоляторами типа ИПУ 10/630-75УХЛ1 и опорных изоляторах типа ИОР–10–7,5. На крыше крепится кронштейн с ограничителями перенапряжения ОПНп–10/400–2-УХЛ1.присоединение КТП к ВЛ осуществляется через трехполюсный разъединитель типа РЛНД–10 и кронштейн с изоляторами типа ШФ–20Г.

Вывод: в пункте 4 производился выбор компенсирующего устройства, трансформатора 10/0,4 кВ и КТП.

Сначала производился выбор и расчет устройства компенсации реактивной мощности. По результатам расчетов выбрано УКМ–58 50 квар.

Затем производился расчет и выбор трансформатора. Исходя из расчетов выбран трансформатор ТМ(Г) 400/10/0,4.

Для размещения трансформатора и УКРМ выбрана КТП киоскового типа от производителя «Электрощит» Самара.

5 Выбор кабельной продукции, выключателей и щитов

Выбор электрооборудования должен производиться исходя из технических характеристик электроприёмников, включая оценку соответствия ожидаемым режимам работы (напряжению, мощности и току) Расчет выполняется для выбора следующего оборудования:

- кабелей (марки, сечения и пр.);
- автоматических выключателей;
- щитовой продукции.

Выбор осуществляется для электроприёмников на основе их значений номинального тока.

В данном проекте используются кабели марки ВВГнг, для обеспечения питанием внутри цеховых помещений, и АВВГ, для передачи электроэнергии от КТП до всех щитов, установленных как на улице, так и в помещениях. В качестве кабельной продукции для ЩАО используются кабели ВВГнг–FRLS.

ВВГнг – силовой кабель, с медной жилой и изоляцией из ПВХ. Имеет сечения от 1,5 до 500 мм² с количеством жил от 1 до 5.

Расшифровка кабеля ВВГнг:

- * – отсутствует буква А, значит токопроводящая жила медная;
- В – изоляция из ПВХ;
- В – оболочка из поливинилхлоридного пластика;
- Г – отсутствие защитного слоя;
- нг – не распространяет горение при групповой прокладке.

Применение кабеля ВВГ.

Данный кабель служит для передачи и распределения электроэнергии в стационарных электроустановках номиналом напряжения 0,4 и 1 кВ и номинальной частотой 50 Гц.

Прокладка данного кабеля допускается на любом уровне по трассе прокладки и на вертикальных участках.

Прокладывается как одиночным, так и групповым способом.

ВВГнг–FRLS – силовой кабель, с медной жилой и изоляцией из ПВХ, а также оболочкой из ПВХ низкой горючести. Имеет сечения от 1 до 500 мм² с количеством жил от 1 до 5.

В расшифровке кабеля добавляется приставка «FRLS», обозначая, что данный кабель устойчив к высоким температурам в течении определённого количества времени и пониженным дымовыделением.

АВВГ – силовой кабель, с алюминиевой жилой, изоляцией и оболочкой из ПВХ. Имеет сечения от 2,5 до 1000 мм² с количеством жил от 1 до 5.

По сравнению с кабелем ВВГнг, включающим в себя медную жилу, имеет значительную дешевизну.

Автоматические выключатели марки ВА47–100 и ВА47–29, являются самыми распространёнными по использованию во всех сферах производства и быта [1,13,9]. В данной работе используются именно эти выключатели, как устройства защиты распределительных и групповых сетей, имеющих активную и индуктивную нагрузки. Их рекомендуют к применению во ВРУ и РП как бытовых, так и промышленных установок. Данные выключатели имеют ряд преимуществ:

- защиту от перегрузки и КЗ;
- комплект дополнительных устройств, с возможностью простой и самостоятельной установки;
- независимый индикатор положения контактов;
- диапазон рабочих температур от -40 до +50;
- насечки на контактных зажимах снижают тепловые потери и увеличивают механическую устойчивость соединения.

В качестве вводных выключателей используются автоматы ВА44. Эти выключатели служат для работы при токах в нормальном и аварийных режимах, а также для оперативных включений и отключений участков цепи и рассчитаны для работы в установках с номинальным рабочим напряжением 400 В и на номинальные токи от 12,5 до 1600 А. соответствуют требованиям ГОСТ Р 50030.2.

Преимущества данных выключателей в следующем:

- простая самостоятельная установка дополнительных устройств (аварийных контактов, независимых расцепителей и т.д.);
- комплектация каждого автомата состоит из переходных шин или кабельных наконечников, межфазных перегородок, комплекта винтов и гаек, для присоединения проводов, а также крепления выключателя к монтажной панели.

В качестве щитов для установки автоматов используем распределительные пункты серии ПР11 и ПР8500. Это низковольтные комплектные устройства предназначенные для распределения электроэнергии и защиты установок при перегрузках и токах КЗ, для оперативных переключений электрических цепей.

ПР11 производится в специальных металлических корпусах одностороннего обслуживания. Двери шкафа открываются на угол не менее 105 градусов и снабжены замком и ключом. Шкаф оснащен панелью для вводного автомата, DIN–рейками для групповых электроаппаратов, силовыми шинами и шинами N и PE, и фальш–панелью, исключающей проникновение к токоведущим частям.

ПР8503 изготавливается в унифицированных металлических корпусах одностороннего обслуживания.

5.1 Выбор кабельной продукции и выключателей

Найдем номинальный ток для кран-балки по формуле 27:

$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot \cos \varphi} = \frac{10,25}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,5} = 29,97 \text{ A}. \quad (28)$$

Для данного электроприёмника был выбран медный четырехжильный кабель ВВГнг 4×4 мм² и автоматический выключатель ВА47–100 С32А.

Рассчитаем номинальные токи для остальных приёмников по примеру формулы 26 и сведём значения в таблицу 15.

Таблица 15 – Кабельная продукция и автоматические выключатели

Наименование электрооборудования	P_n , кВт	$\cos \varphi$	I_n , А	Кабель	Автоматический выключатель
Кран балка	10,25	0,5	29,971	ВВГнг 4×4	ВА47–100 С32А
Вентилятор	7,5	0,8	13,706	ВВГнг 4×2,5	ВА47–100 С16А
Компрессор	6,5	0,85	11,18	ВВГнг 4×2,5	ВА47–100 С16А
Шипорез	17,2	0,4	62,865	ВВГнг 4×16	ВА47–100-С80А
Пресс продольный	7,15	0,65	16,082	ВВГнг 4×2,5	ВА47–100 С25А
Раскроечный сатонк	5,5	0,4	20,102	ВВГнг 4×4	ВА47–100 С25А
Рейсмус	7,87	0,4	28,765	ВВГнг 4×4	ВА47–100 С32А
Пресс вертикальн	2,2	0,65	4,9483	ВВГнг 4×1,5	ВА47–100 С16А
Станок торцовоч	9,5	0,4	34,722	ВВГнг 4×6	ВА47–100 С40А
Шлиф. Станок	24,37	0,4	89,072	ВВГнг 4×25	ВА47–100 С100А
Четырехсторонник	43,1	0,65	96,941	ВВГнг 4×25	ВА47–100 С100А
Многопил	19,6	0,65	44,085	ВВГнг 4×10	ВА47–100 С50А
Токарный дерево	3,6	0,4	13,158	ВВГнг 4×2,5	ВА47–100 С32А
Токарный металл	3,6	0,4	13,158	ВВГнг 4×2,5	ВА47–100 С16А
Фрезерный	4,1	0,4	14,985	ВВГнг 4×2,5	ВА47–100 С16А
Торцовочный станок	9,5	0,4	34,722	ВВГнг 4×6	ВА47–100 С16А
Торцовочный станок	9,5	0,4	34,722	ВВГнг 4×6	ВА47–100 С40А
Рейсмус	7,87	0,4	28,765	ВВГнг 4×4	ВА47–100 С40А
Пресс брикетиров	7,5	0,65	16,869	ВВГнг 4×2,5	ВА47–100 С20А
Розетки	-	-	-	ВВГнг 4×2,5	АД12 С16А 30мА

Так же необходимо выбрать вводные выключатели, установленные в РП, для отключения электроприемников в случае неисправностей и технического обслуживания.

Щитовое оборудование необходимо для надежной защиты и размещения внутри выключателей и кабельных соединений, как на улице, так и помещении. Марку щитов с выключателями разъединителями, а также марку кабеля, проложенного от КТП до РП, сведём таблицу 16.

Таблица 16 – Марка выключателей и кабельной продукции

Название пункта	I_n , А	I_m , А	Марка кабеля	Выключатель
РП1	66	66	АВВГ 4×16	ВА44–33 3Р С80А 15кА

Продолжение таблицы 16

Название пункта	I_n , А	I_m , А	Марка кабеля	Выключатель
РП2	397,6	148,1	2 кабеля АВВГ 4×150	ВА44–33 3Р С160А 15кА
РП3	397,6	148,1	2 кабеля АВВГ 4×150	ВА44–33 3Р С160А 15кА
РП4	156,4	45,5	АВВГ 4×150	ВА44–33 3Р С63А 15кА
РП5	41,8	59,9	АВВГ 4×16	ВА44–33 3Р С6А 15кА
РП6	6,5	7,1	АВВГ 4×2,5	ВА47–100 С25А
ЩО1	0,07	1,2	АВВГ 4×2,5	ВА47–29 С20А
ЩО2	0,05		АВВГ 4×2,5	ВА47–29 С20А
ЩО3	0,05		АВВГ 4×2,5	ВА47–29 С20А
ЩО4	0,06		АВВГ 4×2,5	ВА47–29 С20А
ЩАО	0,06		АВВГ 4×2,5	ВА47–29 С20А

Щиты для распределительных пунктов и освещения занесены в таблицу 17.

Таблица 17 – Марки щитов распределительных пунктов и освещения

Название пункта	Марка щита
РП1	ПР8503 – 1001 УХЛЗ IP31
РП2	ПР11 – 3122 УХЛЗ IP31
РП3	ПР11 – 3122 УХЛЗ IP31
РП4	ПР11 – 3085 УХЛЗ IP31
РП5	ПР11 – 3054 УХЛЗ IP31
РП5	ПР11 – 3054 УХЛЗ IP31
ЩО1	ЩМП – 2 – 0 36 УХЛЗ IP31
ЩО2	ЩР – 12 УХЛЗ IP31
ЩО3	ЩР – 12 УХЛЗ IP31
ЩО4	ЩР – 12 УХЛЗ IP31
ЩАО	ЩР – 12 УХЛЗ IP31

Вывод: расчет выполняется для выбора следующего оборудования:

- кабелей (марки, сечения и пр.);
- автоматических выключателей;
- щитовой продукции.

Основными выключателями для электрооборудования стали выключатели ВА47–100 и ВА47–29, являющиеся самыми распространенными по использованию во всех сферах производства и быта.

Так же кабельная продукция выбрана соответственно, а именно марки ВВГнг. Данный кабель возможно прокладывать групповым способом в кабельных линиях и лотках. В качестве вводных автоматических выключателей РП выбраны выключатели марки ВА44.

Для подачи питания от КТП до РП выбран кабель АВВГ, т.к. каждый кабель прокладывается отдельно друг от друга в собственном кабель канале в железной трубе.

Щиты для РП и освещения выбраны следующие:

- ПР11 – 3122 УХЛ3 IP31 для внутрицеховых и рабочих помещений;
- ПР8503 – 1001 УХЛ3 IP31 для улицы;
- ЩР – 12 IP31 для освещения[21];
- ЩМП – 2-0 36 УХЛ3 IP31 для наружного освещения.

6 Расчет токов коротких замыканий

Согласно пункту ПУЭ 3.1.8 «Все электроприёмники должны оборудоваться защитой от короткого замыкания, которая должна обеспечить наименьшее отключение аварийной линии. Защита должна обеспечивать отключение поврежденного участка при КЗ в конце защищаемой линии: одно-, двух- и трехфазных коротких замыканий– в сетях с глухозаземленной нейтралью» [16,20,10]. Так как трансформаторы с напряжением до 1 кВ имеют глухозаземленную нейтраль, то однофазные, двухфазные и трехфазные КЗ принимают в качестве расчетных.

Для расчета тока короткого замыкания строится схема замещения необходимой линии, далее параметры схемы замещения приводятся к одному напряжению, которое принимается базисным. В расчетах обычно базисной ступенью напряжения является 400 В. Тогда все сопротивления будут выражаться в именованных единицах.

«В данном разделе нужно найти ток 3–фазного КЗ на низкой стороне трансформатора» [4].

Изобразим сначала расчетную схему (рисунок 7) и схему замещения (рисунок 8).

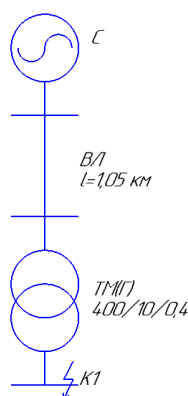


Рисунок 7 – Расчетная схема

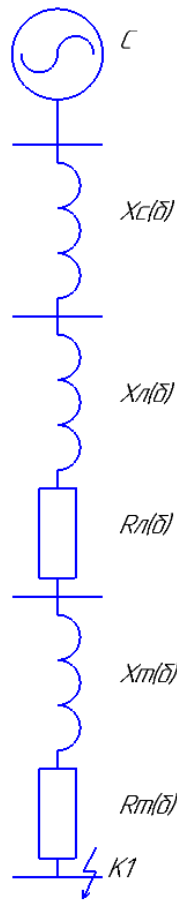


Рисунок 8 – Схема замещения

Паспортные данные занесены в таблицу 18.

Таблица 18 – Паспортные данные трансформатора

Тип	S _н , кВА	U _н , кВ		U _к , %	Потери, кВт		I _{хх} .
		ВН	НН		P _{хх}	P _{кз}	
ТМ(Г) 400/10/0,4	0,4	10,5	0,4	4,5	0,9	5,5	1,8

«Также запишем дополнительные данные» [4]:

$$U_{\bar{0}} = 0,4 \text{ кВ}; S_{\text{Тном}} = 400 \text{ кВА}; r_{0(\text{л})} = 0,33 \frac{\text{МОм}}{\text{м}}; ,$$

$$k_{\text{уд}} = 1,85; l = 1,05 \text{ км}; x_0 = 0,081 \frac{\text{МОм}}{\text{м}}.$$

«Рассчитаем сопротивления системы» [4]:

$$x_{C(\bar{\sigma})} = \frac{U_{\bar{\sigma}}^2}{S_{Тном}} = \frac{(0,4 \cdot 10^3)^2}{400 \cdot 10^3} = 0,4 \text{ мОм}. \quad (29)$$

«Рассчитаем сопротивления линии» [4]:

$$\begin{aligned} x_{Л(\bar{\sigma})} &= x_0 \cdot l = 0,081 \cdot 1050 = 85 \text{ мОм}, \\ R_{Л} &= l \cdot r_{0(л)} = 1050 \cdot 0,33 = 346 \text{ мОм}. \end{aligned} \quad (30)$$

«Рассчитаем полное сопротивление трансформатора» [4]:

$$X_T = U_{K\%} \cdot \frac{U_{\bar{\sigma}}^2}{S_{Тном}} = 4,5 \cdot \frac{0,4^2}{400} = 18 \text{ мОм}. \quad (31)$$

Осталось рассчитать ток короткого замыкания:

$$Z_{K1} = \sqrt{(x_c + x_L + x_T)^2 + R_L^2} = \sqrt{(0,4 + 85 + 18)^2 + 346^2} = 361 \text{ мОм}, \quad (32)$$

$$I_K = \frac{U_{H.HH}}{\sqrt{3} \cdot Z_{K1}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 361 \cdot 10^{-3}} = 0,64 \text{ кА}, \quad (33)$$

$$i_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot I_K \cdot k_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot 0,62 \cdot 1,85 = 1,66 \text{ кА}. \quad (34)$$

Занесем полученные данные в таблицу 19.

Таблица 19 – Рассчитанные токи КЗ

Точка	Ударный ток	Периодическая составляющая тока КЗ
К1	1,66 кА	0,64 кА

Вывод по разделу: в данном разделе рассчитывались токи короткого замыкания на низкой стороне трансформатора.

7 Выбор и проверка оборудования на стороне 0,4 кВ КТП

Для напряжений 0,4 кВ используется РУНН.

Перечень измерительных приборов, уставляемых на ПС, приведен в таблице 20.

Таблица 20 – Перечень измерительных приборов

Цепь	Место установки	Перечень приборов
Двухобмоточный трансформатор	ВН	Амперметр
	НН	«Амперметр, ваттметр, варметр, счетчики активной и реактивной энергии» [4].
Сборные шины 0,4 кВ	Каждая секция сборных шин	Вольтметр
Линии 0,4 кВ к ТП	Каждая линия	«Амперметр, счетчики» [4].

Данные по РУНН записываются в таблицу 21.

Таблица 21 – Данные по оборудованию РУНН

Тип ячейки	
Параметр	Значение
Номинальное напряжение, кВ	0,4
Тип выключателя	ВА44–39 3Р С630А 35кА
Тип трансформатора тока	Т–0,66–5ВА–0,5–600/5

«Проверяем автоматический выключатель ВА44–39 3Р С630А 35кА» [2].

1. «Номинальное напряжение» [4]:

$$U_{ном} = 0,4 \text{ кВ} \leq U_{сет.ном} = 0,4 \text{ кВ}.$$

2. «Номинальный рабочий ток» [4]:

$$I_{раб} = \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 578,3 \text{ А}, \quad (35)$$

$$I_{\text{раб}} = 578,3 \text{ A} \leq I_{\text{ном}} = 630 \text{ A}.$$

3. Отключающая способность:

3.1. «Симметричный ток» [4]:

$$I_{\text{н.т}} = I_{\text{к}} = 0,64 \text{ кА},$$

$$I_{\text{н.т}} = 0,64 \text{ кА} \leq I_{\text{откл.ном}} = 35 \text{ кА}.$$

3.2. «Апериодическая составляющая тока» [4]:

$$\tau = t_{\text{рз}} + t_{\text{с.в}} = 0,01 + 0,03 = 0,04 \text{ с}, \quad (36)$$

$$I_{\text{а.т}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{н.т}} \cdot e^{-\frac{\tau}{T_a}} = \sqrt{2} \cdot 3,11 \cdot e^{-\frac{0,04}{0,03}} = 1,16 \text{ кА}, \quad (37)$$

$$I_{\text{а,ном}} = \left(\frac{\sqrt{2} \cdot \beta_{\text{ноп}}}{100} \right) \cdot I_{\text{откл.ном}} = \left(\frac{\sqrt{2} \cdot 40}{100} \right) \cdot 35 = 19,6 \text{ кА}, \quad (38)$$

$$I_{\text{а,т}} = 1,16 \text{ кА} \leq I_{\text{а,ном}} = 19,6 \text{ кА}.$$

4. «Термическая стойкость» [4]:

$$t_{\text{откл}} = t_{\text{рз}} + t_{\text{нв.вкл}} = 0,01 + 0,05 = 0,06 \text{ с}, \quad (39)$$

$$\begin{aligned} B_K &= I_{\text{н.т}}^2 \cdot (t_{\text{откл}} + T_a) = \\ &= (5,08 \cdot 10^3)^2 \cdot (0,06 + 0,03) = 1,1 \cdot 10^6 \text{ A}^2 \cdot \text{с}, \end{aligned} \quad (40)$$

$$\text{Если } t_{\text{откл}} \geq t_T, \text{ то } B_K \leq I_T^2 \cdot t_T,$$

$$\text{Если } t_{\text{откл}} \leq t_T, \text{ то } B_K \leq I_T^2 \cdot t_{\text{откл}},$$

$$t_{\text{откл}} = 0,06 \text{ с} \leq t_T = 3 \text{ с}$$

$$I_T^2 \cdot t_{\text{откл}} = (35 \cdot 10^3)^2 \cdot 0,06 = 74 \cdot 10^6 \text{ A}^2 \cdot \text{с}, \quad (41)$$

$$B_K = 1,1 \cdot 10^6 \text{ A}^2 \cdot \text{с} \leq I_T^2 \cdot t_{\text{откл}} = 74 \cdot 10^6 \text{ A}^2 \cdot \text{с}. \quad (42)$$

Все условия выполняются, а значит, данный выключатель прошел проверку.

Теперь проверим трансформатор тока Т–0,66–5ВА–0,5–600/5.

1. Номинальное напряжение:

$$U_{ном} = 0,4кВ \leq U_{сет.ном} = 0,4кВ.$$

2. Номинальный рабочий ток:

$$I_{раб} = 578,3 А \leq I_{ном} = 600 А.$$

3. Термическая стойкость:

$$t_{откл} = 0,06с; B_K = 0,91 \cdot 10^6 А^2 \cdot с, \quad (43)$$

$$\text{Если } t_{откл} \geq t_T, \text{ то } B_K \leq I_T^2 \cdot t_T,$$

$$\text{Если } t_{откл} \leq t_T, \text{ то } B_K \leq I_T^2 \cdot t_{откл},$$

$$t_{откл} = 0,06с \leq t_T = 3с,$$

$$I_T^2 \cdot t_{откл} = (40 \cdot 10^3)^2 \cdot 0,06 = 96 \cdot 10^6 А^2 \cdot с, \quad (44)$$

$$B_K = 0,91 \cdot 10^6 А^2 \cdot с \leq I_T^2 \cdot t_{откл} = 96 \cdot 10^6 А^2 \cdot с. \quad (45)$$

4. Вторичная нагрузка:

$$Z_{2НОМ} = \frac{S_2}{I_2^2} = \frac{50}{5^2} = 2 Ом. \quad (46)$$

Заполним таблицу (таблица 22) с измерительными приборами, подключаемые к вторичной обмотке трансформатора тока.

«Нагрузка вторичных обмоток ТТ выбираем исходя из одной ячейки» [4].

Таблица 22 – Измерительные приборы, подключенные к ТТ

Тип прибора	Название прибора	п, кол.	$S_{\text{приб}}$, ВА	S_{Σ} , ВА
Амперметр	ЩМ120	1	15	15
Ваттметр				
Счетчики активной энергии	ЩМК120СП	1	10	10
Суммарное значение полной мощности всех приборов				25

$$R_{\text{приб}} = \frac{S_{\Sigma}}{I_2^2} = \frac{25}{5^2} = 1 \text{ Ом} . \quad (47)$$

«Так как во вторичной цепи будет больше одного устройства, то сопротивление контактов примем равной $R_K = 0,1 \text{ Ом}$ » [4]:

$$R_{\text{np}} \leq Z_{2\text{НОМ}} - R_{\text{приб}} - R_K = 2 - 1 - 0,1 = 0,9 \text{ Ом} \quad (48)$$

«Расчетная длина проводов вторичной обмотки зависит от схемы соединения. Как правило, используется полная звезда, а значит $l_p = l$.

Для 10 кВ, длина вторичных цепей находится в диапазоне 4...6 м.

Удельное сопротивление равно $\rho = 0,0175 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$, так как жила будет из меди» [4]:

$$s = \frac{\rho \cdot l_p}{R_{\text{np}}} = \frac{0,0175 \cdot 6}{0,9} = 0,12 \text{ мм}^2 \quad (49)$$

«Минимальное сечение для медных проводов 2,5 мм², берем его» [4].

Вывод: в данном пункте проверялась ячейка РУНН. Проверялся вводной автоматический выключатель ВА44–39 3Р С630А 50кА и трансформатор тока Т–0,66–5ВА–0,5–600/5. Оба прибора проверку прошли

8. Проектирование системы заземления

«В соответствии с требованиями гл.1.7 ПУЭ все токоведущие части, не находящиеся под напряжением, должны быть заземлены. Этим разделом предусмотрен общий наружный контур заземления для всех зданий предприятия. Расчет и проектирование заземления покажем на примере основного цеха» [12].

Как вертикальный заземлитель используем стальной круг диаметром 18 мм из стали Ст3пс5 длиной 3 м в количестве 35 штук, размещенных через каждые 6 метров. Как горизонтальный заземлитель используем стальную полосу 5×40 из стали Ст3пс5 общей длиной 212 м и закладываем на глубине 0,5 от отметки земли.

Данные о состоянии грунтов в зоне работ приняты по результатам инженерно-геологических показаний:

- вид грунта – песок;
- степень водонасыщения – низкая;
- коррозионная агрессивность к стали – низкая.

Удельное сопротивление принято 200 Ом*м; сезонный коэффициент удельного сопротивления принят за 1.

Расчет заземляющей системы сделан по нормам технического проектирования по методичке [7,22].

1) «Уточнённое удельное сопротивление грунта» [7]:

$$R = P_{уд} \cdot \Psi = 200 \cdot 1 = 200 \text{ Ом} \cdot \text{м}. \quad (50)$$

где $P_{уд}$ – удельное сопротивление грунта, Ом*м;

Ψ – коэффициент сезонного изменения удельного сопротивления.

2) «Сопротивление вертикального электрода» [7]:

$$\begin{aligned}
 R_B &= \frac{0,366 \cdot P}{L} \cdot \left(\lg \frac{2L}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t+L}{4t-L} \right) = \\
 &= \frac{0,366 \cdot 200}{3} \cdot \left(\lg \frac{2 \cdot 3}{0,018} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot 2 + 3}{4 \cdot 2 - 3} \right) = 65,7 \text{ Ом}
 \end{aligned}
 \tag{51}$$

где L – длина электрода;

d – внешний диаметр электрода;

t – расстояние от поверхности земли до середины электрода.

3) «Сопротивление горизонтального электрода» [7]:

$$\begin{aligned}
 R_r &= \frac{0,366 \cdot P}{L} \cdot \lg \frac{2L \cdot 2}{bt} = \\
 &= \frac{0,366 \cdot 200}{212} \cdot \lg \frac{2 \cdot 212 \cdot 2}{0,018 \cdot 0,5} = 1,72 \text{ Ом}
 \end{aligned}
 \tag{52}$$

где L – длина горизонтального электрода;

b – ширина полосы;

t – глубина закладки горизонтального электрода.

4) Коэффициенты использования берется из справочных данных [7]:

- вертикальных электродов $K_{ив} = 0,6$;
- горизонтальной полосы $K_{ип} = 0,44$.

5) «Суммарное сопротивление вертикальных электродов» [7]:

$$R_{B.сум} = \frac{R_B}{(n \cdot K_{ив})} = \frac{65,7}{35 \cdot 0,6} = 3,1 \text{ Ом} .
 \tag{53}$$

6) «Суммарное сопротивление полосы» [7]:

$$R_{r.сум} = \frac{R_r}{K_{ип}} = \frac{1,72}{0,44} = 3,9 \text{ Ом} .
 \tag{54}$$

7) «Полное сопротивление заземляющего устройства» [7]:

$$R_3 = \frac{R_{Г.сум} \cdot R_{В.сум}}{R_{Г.сум} + R_{В.сум}} = \frac{3,1 \cdot 3,9}{3,1 + 3,9} = 1,72 \text{ Ом} . \quad (55)$$

8) «Проверка сопротивления заземляющего устройства на соответствие требованиям ПУЭ» [14].

$$R_3 \leq R_{ном} , \quad (56)$$

$$1,72 \text{ Ом} \leq 4 \text{ Ом} .$$

В цеховых помещениях предприятия Сосновый бор выполнены контуры внутри помещения, которые соединены с наружным контуром по средствам сварки. Контур внутри выполнен стальной полосой 5×40 мм, закрепленной на высоте +0,4 м от уровня пола. Контур покрашен в желто-зеленый цвет и имеет необходимую маркировку.

Шины заземления присоединены к РП при помощи проводника «РЕ» силовых кабелей распределительной сети (система TN–S).

На основании РД 34.21.122–87 для данной местности с длительностью деятельности гроз 10 часов и менее молниезащита не требуется.

Вывод: в данном пункте произведена разработка системы заземления на предприятии «Сосновый бор». На основании РД 34.21.122–87 для данной местности с длительностью деятельности гроз 10 часов и менее молниезащита не требуется.

Заключение

В написанной бакалаврской работе разработаны решения надежной системы снабжения электроэнергией деревообрабатывающего предприятия «Сосновый бор» в селе Васильевка.

Произведён перерасчет мощности. В связи с будущим увеличением производства увеличивается и количество персонала, а соответственно и увеличение необходимого рабочего оборудования. Так же принято решение о замене существующей подстанции на предприятии. В связи с этим составлена электрическая однолинейная схема предприятия имеющая радиальный вид. С учетом этого произведен расчет электрических нагрузок и записан в сводную ведомость в пункте 2.

Дальнейшей необходимостью стала замена светового оборудования на предприятии. Выбор светильников производился на основе необходимых требований по рабочим условиям. Для внутрицеховых помещений выбраны светодиодные светильники компании Арктик Diolum-PR-IP65. Данные светильники устанавливаются подвесным способом. Все расчеты и выбор данной продукции произведены в соответствии с СП 52.13330. 2016. Так же в качестве источников света в условиях аварий предусмотрено аварийное освещение на основе светодиодных светильников Арктик Diolum-PR-БАП2-IP65. Данные светильники устанавливаются подвесным способом. В качестве наружного освещения взяты светодиодные светильники марки МОДУЛЬ К1-IP67. Данные светильники имеют консольный способ монтажа на трубу 50 мм.

Далее произведен расчет и выбор КТП. Для начала рассчитываем компенсирующую установку. По результатам расчетов выбрана установка УКМ-58 50 квар. Значения мощности до и после компенсации приведены в таблице 14 пункта 4.3. Затем выбираем трансформатор для подстанции. Исходя из расчетов выбран трансформатор с естественной циркуляцией масла ТМ(Г) 400/10/0,4.

Трансформатор вместе с компенсирующей установкой необходимо разместить в КТП. Для этого выбрана КТП от производителя «Самарский Электрощит». Данная КТП киоскового типа, имеющая отсеки УВН и РУНН.

В отсеке УВН установлены сухой или масляный силовой трансформатор и высоковольтные предохранители типа ПКЭ. Отсек РУНН состоит из шкафа ввода НН и шкафа распределительного. В шкафу ввода установлены: выключатель ввода НН, трансформатор тока Т–0,66, разрядники типа РВН–0,5МНУ1, сборные шины НН и выдвижная рама с косинусными конденсаторами типа КПС.

В распределительном шкафу размещены: панели с автоматическими выключателями линии: может быть установлено до 12 автоматов типа ВА 44.

Затем была выбрана кабельная продукция. В данном проекте используются кабели марки ВВГнг и АВВГ. В качестве кабельной продукции для ЩАО используются кабели ВВГнг–FRLS.

В данной работе используются выключатели марки ВА47–100 и ВА47–29, в качестве защиты распределительных и групповых сетей, имеющих активную и индуктивную нагрузки.

В качестве щитов для установки автоматов используем распределительные пункты серии ПР11 и ПР8500.

После нахождения токов КЗ необходимо проверить оборудование, а именно установленный в отсеке РУНН автоматический выключатель ВА44–39 3Р С630А 35кА и трансформатор тока Т–0,66–5ВА–0,5–600/5. По итогам проверки выбранное оборудование нам подходит.

Последним шагом стала разработка системы заземления, по причине старости прежнего контура. Новая система заземления имеет вид TN–S.

Список используемой литературы

1. Автоматические выключатели ВА47 коммутационные аппараты URL: https://all-energo.ru/store/auto/switch/va47-29_va47-100 (дата обращения 24.03.2023).
2. Автоматический выключатель ВА44 URL: <https://www.iek.ru/products/catalog/search/?q=BA44-39+3P+16A+35kA> (дата обращения 24.03.2023).
3. Вахнина В.В., Самолина О.В., Черненко А.Н. Требования к выпускной квалификационной работе бакалавров: учебно-методическое пособие для студентов направления 13.03.02. Тольятти: ТГУ, 2018. 34 с.
4. Вахнина В.В., Черненко А.Н. Системы электроснабжения [Электронный ресурс]: электронное учеб. -метод. пособие. Тольятти: Изд-во ТГУ, 2015. 46 с. URL: https://dspace.tltsu.ru/bitstream/123456789/2943/1/Vahnina%20Chernenko_EUMI_Z.pdf (дата обращения: 12.12.2022).
5. Виды схем электоснабжения и области их применения URL: <https://electricalschool.info/main/electroshemy/605-vidy-skhem-jelektrosnabzhenija-i.html> (дата обращения 24.03.2023).
6. Выбор типа, числа и мощности силовых трансформаторов URL: <https://studfile.net/preview/7667312/page:8/> (дата обращения 24.03.2023).
7. ГОСТ 12.1.030-2001 Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление: введ. 2001-01-08. М.: Стандартинформ, 2001.
8. ГОСТ Р 52736-2007 Методы расчёта электродинамического и термического действия тока короткого замыкания. М.: Стандартинформ, 2007. 44 с
9. Ерошенко Г.П., Кондратьева Н.П. Эксплуатация электрооборудования: Учебник. М.: ИНФРА-М, 2022. 336 с. (Высшее образование: Бакалавриат).

10. Короткие замыкания и выбор электрооборудования: учебное пособие для вузов / И.П. Крючков [и др.]. М.: Издательский дом МЭИ, 2012. 568 с.
11. Комплектные трансформаторные подстанции наружной установки. Электрощит Самара URL: https://www.electroshield.ru/catalog/komplektnie-transformatornie-podstancii/ktp-seshch-naruzhnoy-ustanovki-v-metallicheskoj-obolochke/?sphrase_id=77392 (дата обращения 24.03.2023).
12. Конденсаторные установки УКМ-58, УКТМ-58, УКМФ-58. Микрон URL: <https://www.mircond.com/kondensatornye-ustanovki/kondensatornaya-ustanovka-ukm-58-0-4-50-25-650x500x220/> (дата обращения 24.03.2023).
13. Киреева Э.А., Шерстнев С.Н. Полный справочник по электрооборудованию и электротехнике (с примерами расчётов): справочное издание. М.: КНОРУС, 2013. 864 с
14. Молния и молниезащита Г. Н. Александров; Ин-т электрофизики и электроэнергетики РАН. М.: Наука, 2018. 274 с
15. ПУЭ, издание 6 и 7. Правила устройства электроустановок М.: Стандартинформ, 2006.
16. РД 153-34.0-20.527-98. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования. М.: НЦ ЭНАС, 2004
17. Сивков А.А., Сайгаш А.С., Герасимов Д.Ю. Основы электроснабжения: учеб. пособие для академического бакалавриата. М.: Юрайт, 2017. 173 с. (Университеты России).
18. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение
19. Трансформаторы ТМ-СЭЩ, ТМ(Г)-СЭЩ мощностью 25-3 150 кВА Электрощит Самара URL: https://www.electroshield.ru/catalog/transformatory-silovie-raspredelitelnie/tm-g-f-seshch-25-2-500-kva-6-10-15-20-35-kv/?sphrase_id=77390 (дата обращения 24.03.2023).
20. Шеховцев В.П. «Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению. Издание 3». 2023.
21. ТИТАН 3 Корпус металлический ЩР-12 (265×310×120мм) IP31 ИЕК. URL:

https://www.iek.ru/products/catalog/shchitovoe_oborudovanie/korpusa_metallicheskie_modulnye/korpusa_metallicheskie_raspredelitelnye_titan/korpusa_metallicheskie_raspredelitelnye_titan_3/korpusa_metallicheskie_raspredelitelnye_shchrv_ip31/titan_3_korpus_metallicheskiy_shchrv_12_265kh310kh120mm_ip31_iek (дата обращения 24.03.2023).

22. Ivanova V.R., Ivanov I.Y., Kiselev I.N. Calculation and Diagnostic System of the Technical Condition of Grounding Devices of Electrical Installations // Proceedings of ICEPP. 2021. pp. 64–75.

23. Scheffler J. Operation of low voltage distribution networks with decentralised combined heat and power fuel cell systems for residential application Transmission and Distribution Conference and Exposition [Электронный ресурс] : Developing New Perspectives. Atlanta, GA, USA, pp. 759-763 vol.2. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/971333> (дата обращения: 08.03.2023).

24. Industrial Info Resources. Global Electric Power Coverage. URL: <https://www.industrialinfo.com/database/power/> (Дата обращения: 10.04.2023).

25. Fokeev A., Subgatullin B. and Ahmed Y. E. Methods of electrical loads calculation and selection of electrical power equipment 2019 [Электронный ресурс]: International Conference on Electrotechnical Complexes and Systems. Ufa, Russia, 2019. pp. 1-6, URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8949966> (дата обращения: 10.04.2023).