

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

Институт энергетики и электротехники

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

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

Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений
(направленность (профиль))

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Электрооборудование и электрохозяйство фармацевтического предприятия ООО ОЗОН»

Студент(ка)

А.В. Четкин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

С.В. Шлыков

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор В.В. Вахнина _____

« ____ » _____ 2016 г.

Тольятти 2016

Аннотация

В выпускной квалификационной работе рассмотрен проект системы электрооборудования и электрохозяйства фармацевтического производства, предназначенного для производства таблеток.

В выпускную квалификационную работу включены следующие разделы:

- Введение, в котором формулируем задачи проекта;
- Краткая характеристика объекта проектирования;
- Расчет электрических нагрузок производства;
- Расчет освещения;
- Выбор трансформатора;
- Расчет токов короткого замыкания;
- Выбор оборудования;
- Расчет заземления и молниезащиты;
- Монтаж кабеля в помещениях.

Работа выполнена на 63 страницах., включает в себя 6 чертежей формата А1, 5 таблиц, 3 рисунка, 1 приложение.

Содержание

Введение.....	4
1 Характеристика объекта проектирования.....	6
2 Расчет электрических нагрузок.....	8
3 Расчет освещения.....	25
4 Выбор трансформатора.....	28
5 Расчет токов короткого замыкания.....	36
6 Выбор оборудования.....	46
7 Расчет заземления и молниезащита.....	54
8 Монтаж кабеля в помещениях.....	57
Заключение.....	58
Список использованных источников.....	59
Приложение А.....	61

Введение

Рационально спроектированная система электрооборудования и электрохозяйства должна удовлетворять следующим требованиям:

- 1 Высокой надежностью;
- 2 Экономичности;
- 3 Удобству эксплуатации и безопасности;
- 4 Должна обеспечивать высокое качество электроэнергии.

Способность обеспечивать все необходимые условия предъявляет высокие требования к квалификации инженера – электрика, занятого проектированием электроснабжения предприятий разных отраслей промышленности.

На промышленном предприятии применяется переменное напряжение частотой 50 Гц, с номинальными значениями фазного напряжения от 0,4 кВ до 35 кВ, а то и до 110 кВ. 110 кВ применяется для дуговых электрических печей и электрических печей сопротивления.

Сети напряжением до 1 кВ служат для распределения электроэнергии внутри цехов промышленных предприятий, а также для питания некоторых электроприемников, расположенных за пределами цеха на территории предприятия. Цеховые электрические сети напряжением до 1 кВ являются составной частью СЭС промышленного предприятия и осуществляют непосредственное питание большинства электроприемников. Схема внутри цеховой сети определяется технологическим процессом производства, планировкой помещений цеха, взаимным расположением тепловых и электрических приемников, вводов питания, расчётной мощностью, требованиями бесперебойности электроснабжения, технико-экономическими соображениями и условиями окружающей среды.

Целью выпускной квалификационной работы является проектирование системы электрооборудования и электрохозяйства промышленного фармацевтического предприятия ООО «ОЗОН».

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Определить характеристику объекта проектирования;
2. Выполнить расчет электрических нагрузок;
3. Выполнить расчет освещения;
4. Выбрать соответствующие силовые трансформаторы;
5. Определить токи короткого замыкания;
6. Произвести выбор оборудования и проводников;
7. Определиться с заземлением и молниезащитой;
8. Описать монтаж кабеля в производственных помещениях.

1 Характеристика объекта проектирования

Фармацевтическое предприятие ОЗОН располагается по адресу: Самарская область, город Жигулёвск, улица Гидростроителей дом 6.

На рисунке 1 представлено расположение фармацевтического предприятия ОЗОН.



Рисунок 1 – Расположение предприятия

Электроснабжение производственного здания осуществляется от городских сетей 6кВ. Данное фармацевтическое предприятие относится к 2 категории надежности электроснабжения.

Предприятие состоит из одного этажа общей площадью более тысячи квадратных метров, в котором располагаются три участка по производству таблеток, склад а также индивидуальный тепловой пункт.

На предприятии управление электрохозяйством осуществляется по линейной структуре, которая позволяет повысить оперативность выполняемых операций.

Стиль руководства системой электроснабжения фармацевтического производства ОЗОН является авторитарным, т.к. на данном производстве происходят различные работы с низковольтным и высоковольтным оборудованием, что подразумевает отсутствие инициативных электромонтажных работ, ввиду того, что последствия могут быть опасны для жизни.

2 Расчет электрических нагрузок

Электрическая нагрузка представляет собой электрическую мощность потребляемую электрической установкой в определенный момент времени.

Расчетная нагрузка по допустимому нагреву представляет собой такую условную длительную неизменную нагрузку, которая эквивалентна ожидаемой изменяющейся нагрузке по наиболее тяжелому тепловому воздействию: максимальной температуре нагрева проводника или тепловому износу его изоляции.

В ходе расчета нагрузок найдем суммарную мощность и ток по всему производству используя следующие расчетные формулы:

$$P_H = P_n \cdot n, \quad (2.1)$$

где P_H – мощность потребляемая группой одинаковых электроприемников;

P_n – паспортная мощность одного электроприемника;

n – количество электроприемников.

Коэффициенты реактивной мощности $\cos \varphi$ и $\operatorname{tg} \varphi$ определяются из паспортных данных электрического приемника.

Находим среднесменную мощность по формулам:

$$P_{см} = P_H \cdot K_u, \quad (2.2)$$

$$Q_{см} = P_H \cdot K_u \cdot \operatorname{tg}(\varphi), \quad (2.3)$$

где K_u - коэффициент использования определяемы по [2]

Расчетные величину определяем по выражению:

$$C = n \cdot P_H^2, \quad (2.4)$$

где n – количество приемников;

P_H – номинальная мощность электрического приемника.

Определяем общее количество электроприемников по формуле:

$$N = \sum n. \quad (2.5)$$

Общая мощность электроприемников по производству определяется по формуле:

$$P_{H\Sigma_{зр}} = \sum P_H. \quad (2.6)$$

Общая среднесменная мощность находится по формулам:

$$P_{смзр} = \sum P_{см}, \quad (2.7)$$

$$Q_{смзр} = \sum Q_{см}. \quad (2.8)$$

Расчетная величина для всех электроприемников определяется по выражению:

$$nP_{н\ зр}^2 = \sum nP_n^2. \quad (2.9)$$

Общий коэффициент использования для всех электроприемников по производству определяется по формуле:

$$K_{изр} = \frac{\sum P_{см}}{P_{H\Sigma}}. \quad (2.10)$$

Коэффициент реактивной мощности по всему производству равен:

$$\operatorname{tg} \varphi_{zp} = \frac{\sum Q_{cm}}{\sum P_{cm}}. \quad (2.11)$$

Эффективное число электроприемников определяется по выражению:

$$n_{\text{э}} = \frac{\sum (P_H)^2}{\sum (P_H^2 \cdot n)}. \quad (2.12)$$

Расчетные активная, реактивная и полная мощности определяются по формулам:

$$P_p = K_M \cdot \sum P_{cm}, \quad (2.13)$$

$$Q_p = 1,1 \cdot \sum Q_{cm}, \quad (2.14)$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \quad (2.15)$$

где K_M - коэффициент максимума определяемый из [4].

Расчетный ток определяем по формуле:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H}. \quad (2.16)$$

Произведем расчет реактора-гомогенизатора:

По формуле 2.1 определяем мощность потребляемую электроприемником:

$$P_H = 27,5 \cdot 1 = 27,1 \text{ кВт.}$$

Коэффициенты реактивной мощности находим из паспортных данных электроприемника:

$$\cos(\varphi) = 0,75;$$

$$\operatorname{tg}(\varphi) = \operatorname{tg}(\arccos(0,75)) = 0,88.$$

Находим среднесменную мощность электроприемника по формулам 2.2, 2.3:

$$P_{cm} = 0,7 \cdot 27,5 = 19,25 \text{ кВт};$$

$$Q_{cm} = 0,7 \cdot 27,5 \cdot 0,88 = 16,97 \text{ квар.}$$

Вычисляем расчетную величину для нахождения эффективного числа электроприемников по формуле 2.4:

$$n \cdot P_n^2 = 1 \cdot 27,5^2 = 756,25 \text{ кВт}^2.$$

Результаты расчетов электрических нагрузок остальных приемников будут аналогичны и занесены в таблицу 1.

Суммарный расчет нагрузок без освящения будет равен:

Определяем общее количество электроприемников по формуле 2.5:

$$N = 95 \text{ шт.}$$

Находим общую мощность электроприемников по производству по формуле 2.6:

$$P_{H\Sigma ep} = 409,63 \text{ кВт.}$$

Суммируем общую среднесменную мощность всех электрических приемников по формулам 2.7, 2.8:

$$P_{\text{сгр}} = 293,7 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{сгр}} = 179,6 \text{ квар}.$$

Суммируем расчетную величину для нахождения эффективного числа всех электроприемников по выражению 2.9:

$$nP_{n \text{ зр}}^2 = 4305 \text{ кВт}^2.$$

Определяем общий коэффициент использования по формуле 2.10:

$$K_{\text{изр}} = \frac{293,7}{409,63} = 0,71.$$

По формуле 2.11 находим коэффициент реактивной мощности:

$$\text{tg} \varphi_{\text{зр}} = \frac{179,6}{293,7} = 0,611.$$

По формуле 2.12 определяем эффективное число электроприемников:

$$n_s = \frac{409,61^2}{4305} = 38,97.$$

По формулам 2.13 , 2.14, 2.15 находим расчетную активную, реактивную, и полную мощности:

$$P_p = 0,85 \cdot 293,7 = 249,7 \text{ кВт},$$

$$Q_p = 1 \cdot 1179,7 = 1179,7 \text{ квар},$$

$$S_p = \sqrt{249,7^2 + 1179,7^2} = 1207,7 \text{ кВА}.$$

Расчетный ток определяем по формуле 2.16:

$$I_p = \frac{1207,7}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 1817 \text{ А}.$$

Таблица 1 – Расчет нагрузок

Исходные данные							Расчетные величины			Расчетная мощность				Расчетный ток, А I_p	
По заданию технологов			По справочным данным				$K_u \cdot P_n$	$K_u \cdot P_n \cdot \text{tg}(f)$	$n \cdot p_n^2$	Эффективное число ЭП, n_Σ	Коэффициент расчетной нагрузки, K_p	Активная, кВт P_p	Реактивная, квар Q_p		Полная, КВА S_p
Наименование ЭП	Количество ЭП, шт. n	Номинальная мощность, кВт		Коэффициент исп-я K_I	Коэффициент реактивной мощности $\cos(\varphi) / \text{tg}(\varphi)$										
		одного ЭП p_n	общая P_n		6	7									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Реактор-гомогенизатор	1	27,5	27,5	0,7	0,7	0,75	19	16,9	756						
Турбонабивная машина	1	7,8	7,8	0,85	0,85	0,8	6,6	4,9	60,8						
Реактор-плавитель 1	1	3	3	0,8	0,8	0,75	2,4	2,1	9						
Реактор-плавитель 2	1	6	6	0,8	0,8	0,75	4,8	4,2	36						
Картонажная машина	1	2	2	0,85	0,85	0,83	1,7	1,14	4						

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Пылесос	1	1,2	1,2	0,7	0,8	0,75	0,8	0,6	1,44						
Картонажная машина 2	1	2	2	0,85	0,8	0,85	1,7	1,14	4						
Реактор для приготовления моющего раствора	1	3	3	0,7	0,7	0,85	2,1	1,8	9						
Насос для моющего раствора	1	0,55	0,55	0,8	0,8	0,61	0,4	0,3	0,3						
Насос вакуумный	4	3	12	0,8	0,8	0,61	9,6	5,9	36						
Насос нгл-2.2	1	1,1	1,1	0,8	0,8	0,61	0,8	0,5	1,21						
Тепловая пушка	1	4,5	4,5	0,73	0,9	0,32	3,3	1,07	20,2						
Весы электронные	1	0,15	0,15	0,8	0,7	0,80	0,1	0,1	0,02						
Весы платформенные	1	0,1	0,1	0,85	0,7	0,80	0,1	0,1	0,01						
Передвижной бактерицидный облучатель	1	0,09	0,09	0,65	0,8	0,75	0,1	0,04	0,01						
Шкаф химический	1	2	2	0,7	0,8	0,75	1,4	1,05	4						

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Смеситель высокоскоростной KSM-200	1	15	15	0,75	0,8	0,75	11	8,43	225						
Бытовые розетки уборочной техники и рукосушителей	3	0,5	1,5	0,7	0,8	0,61	1,1	0,7	0,75						
Итого по ШР1	28	27,5/ 0,09	82,0 9	0,76		0,74	62	46,3	955	7,05	1	62,3	51,02	80,5	116,3
Смеситель высокоскоростной KSV-200	1	7,5	7,5	0,75	0,8	0,75	5,6	4,21	56,2						
Сушилка гранулятор JIM-G20	2	18,4	36,8	0,8	1	0	29	0	677						
Автомат для фасовки таблеток MB 441	1	18	18	0,75	0,8 5	0,61	14	8,36	324						
Смеситель — опудриватель JIM-WM1000	1	11	11	0,8	0,8 5	0,61	8,8	5,45	121						
Таблеточный пресс КР-400-45	2	6	12	0,65	0,8	0,75	7,8	5,85	72						
Картоножная машина МА-305	1	5	5	0,37	0,4 7	1,87	1,8	3,47	25						
Измельчитель JIM-MG 105 127	1	3,7	3,7	0,4	0,6	1,33	1,4	1,97	13,6						

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Насос подачи увлажнения ЛМ-ВР 3	2	0,55	1,1	0,8	0,8 5	0,61	0,8	0,54	0,60 5						
Пневматическая система загрузки KSPL-50	1	5,5	5,5	0,43	0,7	1,02	2,3	2,41	30,2						
Гранулятор калибратор ЛМ MV116	1	2,2	2,2	0,5	0,8	0,75	1,1	0,82	4,84						
Резервуар для гранулирующего раствора ЛМ-ВТ50	2	0,4	0,8	0,54	0,8	0,75	0,4	0,32	0,32						
Коллоидная мельница	1	3	3	0,74	0,7	0,80	2,2	1,78	9						
Пылесос	1	1,2	1,2	0,7	0,8	0,75	0,8	0,63	1,44						
Пылесос KSO-OVC-15B	2	2	4	0,7	0,8	0,75	2,8	2,1	8						
Насос бочковый БНЗ-506	1	1,1	1,1	0,75	0,8	0,75	0,8	0,61	1,21						
Установка для обеспыливания таблеток KSTDU	2	1,5	3	0,73	0,9	0,48	2,1	1,06	4,5						
Автоматическая машина загрузки KSPL-200	2	0,05	0,1	0,64	0,8	0,75	0,1	0,04	0,01						

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Установка для мойки СИП	1	0,55	0,55	0,78	0,8	0,75	0,4	0,32	0,30						
Весы электронные	1	0,15	0,15	0,8	0,7	0,80	0,1	0,09	0,02						
Передвижной бактерицидный облучатель	1	0,1	0,1	0,65	0,8	0,75	0,1	0,05	0,01						
Вакуумная система загрузки порошка 109 127	1	0,2	0,2	0,8	0,6	1,16	0,1	0,18	0,04						
Аппарат для готового плёночного раствора	2	0,75	1,5	0,7	0,7	0,88	1	0,92	1,12						
Насос перестальтический	1	0,37	0,37	0,75	0,7	1,02	0,2	0,28	0,13						
Перемешивающее устройство ПЭ-8900	1	0,8	0,8	0,7	0,7 5	0,88	0,5	0,49	0,64						
Стол лабораторный ММЛ-04	1	2	2	0,3	0,7	0,88	0,6	0,52	4						
Насос для подачи моющего раствора	1	1,5	1,5	0,8	0,8	0,61	1,2	0,74	2,25						

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Бытовые рзетки уборочной техники и рукосушителя	3	0,5	1,5	0,7	0,8	0,61	1,1	0,65	0,75						
ИТОГО ПО ШР 2	39	18,4/ 0,05	141	0,71		0,53	100	53,5	1588	12,67	1	100,7	53,51	114,1	173,3
Смеситель высокоскоростной KSM-200	1	15	15	0,75	0,8	0,75	11	8,43	225						
Сушилка гранулятор JIM-G20	2	18,4	36,8	0,8	1	0	29	0	677						
Автомат для фасовки таблеток MB1	1	18	18	0,75	0,8	0,61	13	8,36	324						
Смеситель — опудриватель JIM-WM1000	1	11	11	0,8	0,8	0,75	8,8	6,6	121						
Таблеточный пресс КР-400-45	2	6	12	0,65	0,8	0,75	7,8	5,85	72						
Картоножная машина МА-305	1	5	5	0,37	0,4	1,87	1,8	3,47	25						
Измельчитель JIM-MG	1	3,7	3,7	0,4	0,6	1,33	1,4	1,97	13,6						
Насос подачи увлажнения JIM-BP	2	0,55	1,1	0,8	0,8 5	0,61	0,8	0,54	0,60						

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Пневматическая система загрузки KSPL-50	1	5,5	5,5	0,43	0,7	1,02	2,3	2,41	30,2						
Установка для нанесения покрытия на таблетки BG-150	1	2,2	2,2	0,82	0,8	0,61	1,8	1,11	4,84						
Гранулятор калибратор JIM MV116	1	2,2	2,2	0,5	0,8	0,75	1,1	0,82	4,84						
Резервуар для гранулирующего раствора JIM-BT50	2	0,4	0,8	0,54	0,8	0,75	0,4	0,32	0,32						
Коллоидная мельница	1	3	3	0,74	0,7	0,80	2,2	1,78	9						
Пылесос	1	1,2	1,2	0,7	0,8	0,75	0,8	0,63	1,44						
Пылесос KSO-OVC-15B	2	2	4	0,75	0,8	0,75	3	2,25	8						
Насос бочковый БНЗ-50	1	1,1	1,1	0,8	0,8	0,61	0,8	0,54	1,21						
Установка для обеспыливания таблеток KSTDU-40	2	1,5	3	0,73	0,9	0,48	2,1	1,06	4,5						
Автоматическая машина загрузки	2	0,05	0,1	0,64	0,8	0,75	0,1	0,04	0,01						

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Весы электронные	1	0,15	0,15	0,8	0,7	0,80	0,1	0,09	0,02						
Передвижной бактерицидный облучатель	1	0,1	0,1	0,65	0,8	0,75	0,1	0,04	0,01						
Вакуумная система загрузки порошка	1	0,2	0,2	0,8	0,6	1,16	0,2	0,18	0,04						
Установка для мойки СИП	1	0,55	0,55	0,78	0,8	0,75	0,4	0,32	0,30						
Аппарат для готового плёночного раствора	2	0,75	1,5	0,7	0,7	0,88	1,0	0,92	1,12						
Насос перестальтический	1	0,37	0,37	0,75	0,7	1,02	0,2	0,28	0,13						
Перемешивающее устройство ПЭ-8900	1	0,8	0,8	0,7	0,7	0,88	0,5	0,49	0,64						
Стол лабораторный ММЛ-04	1	2	2	0,3	0,7	0,88	0,6	0,52	4						
Насос для подачи моющего раствора	1	1,5	1,5	0,8	0,8	0,61	1,2	0,74	2,25						

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Бытовые рзетки уборочной техники и рукосушителя	2	0,5	1	0,7	0,8	0,61	0,7	0,43	0,5						
Итого по ШР 3	39	18,4/ 0,05	147	0,70		0,55	104	57,9	1624	13,37	1	104,52	57,91	119,49	181,5
Блок управления электрогидравлической уравнильной платформой	1	0,8	0,8	0,52	0,7	1,02	0,4	0,42	0,64						
Блок управления воздушной завесой ворот	1	4	4	0,64	0,7	0,88	2,5	2,25	16						
Блок управления электрогидравлической уравнильной платформой	1	0,8	0,8	0,52	0,7	1,02	0,4	0,42	0,64						
Блок управления воздушной завесой ворот	1	4	4	0,64	0,7	0,88	2,5	2,25	16						
Палетоупаковщик	1	0,8	0,8	0,37	0,4	1,87	0,3	0,55	0,64						
Воздушно-тепловая завеса У2	1	6	6	0,64	0,7	0,88	3,8	3,38	36						

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Компьютер персональный	5	0,5	2,5	0,85	0,7	1,02	2,1	2,16	1,25						
Машина для уборки помещений BR530BAT	4	0,85	3,4	0,3	0,7	0,88	1	0,89	2,89						
Прожектор освещения внутри кузова машины УМС70	2	0,5	1	0,5	0,8	0,75	0,5	0,37	0,5						
Бытовые розетки и рукасушители	2	0,5	1	0,7	0,8	0,61	0,7	0,43	0,5						
Итого по ШП 4	19	0,85/ 0,05	24,3	0,59		0,91	14	13,1	75	7,8	1,02	14,7	13,18	19,761	30,02
Насос NB 50-125	1	5,5	5,5	0,87	0,8	0,75	4,7	3,58	30,2						
Насос CR 3-3 262	1	0,37	0,37	0,55	0,8	0,75	0,2	0,15	0,13						
Насос CR 3-3 262 (Резерв)	1	0,37	0,37	0,55	0,8	0,75	0,2	0,15	0,13						
Насос CR 3-5	1	0,37	0,37	0,55	0,8	0,75	0,2	0,15	0,13						
Насос CR 3-5 (Резерв)	1	0,37	0,37	0,55	0,8	0,75	0,2	0,15	0,13						
Насос CR 5-5	1	0,75	0,75	0,87	0,8	0,75	0,6	0,48	0,56						
Насос бочковый	6	1,1	6,6	0,8	0,7	0,75	5,3	3,3	7,26						

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Насос CR 5-5	1	0,75	0,75	0,87	0,8	0,75	0,6	0,48	0,56						
Итого по ШР 5	8	0,85/ 0,05	13,9	0,8361		0,75	11	8,76	62,1	3,143	1,02	11,92	9,64	15,3	23,2
Итого по производству без освещения	133	27,5/ 0,05	409	0,71		0,6	293	179	4305	38	0,85	249,6	179,7	307,6	467
Итого по производству с освещением												44,3	18,7	354,6	538
Итого по производству с дополнительной нагрузкой												1693,9	948,4	1941,4	2949

3 Расчет освещения

Расчет количества светильников методом коэффициента использования считается по формуле:

$$N = \frac{E \cdot S \cdot K_3}{u \cdot n \cdot \Phi_l}, \quad (3.1)$$

где, E – требуемая освещённость в люксах;

S – площадь помещения;

K_3 – зависит от степени помещения, частоты технического обслуживания и интенсивности эксплуатации светильника;

u – коэффициент использования;

n – количество ламп в одном светильнике;

Φ_l – световой поток.

Определение площади помещения считается по формуле:

$$S = a \cdot b, \quad (3.2)$$

где a – длина помещения,

b – ширина помещения

Индекс помещения считается по формуле:

$$\varphi = \frac{S}{(H - h_1 - h_2) \cdot (A + B)}, \quad (3.3)$$

где S – площадь помещения,

H – высота помещения,

h_1 – высота рабочей поверхности,

h_2 – высота подвеса светильника,

A – длина помещения,

B – высота помещения.

Произведем расчет коридора 1:

Находим такое количество светильников в коридоре с серыми стенами, серым полом и светлым потолком которое обеспечит освещенность в коридоре 75лк на уровне пола.

Ширина коридора – 4 м , длина – 21 м, высота – 3,2 м, светильник LZ-228, в одном светильнике 2 люминесцентные лампы (TL5 HE 28W) мощностью по 28Вт, световой поток лампы равен 2600лм.

Выбираем коэффициент запаса равный 1,25.

Коэффициент отражения потолка – 70%, стен – 50% , пола 20%

По формуле 3.2 определяем площадь помещения:

$$S = a \cdot b = 21 \cdot 4 = 84 \text{ м}^2$$

Определяем по формуле 3.3 индекс помещения:

$$\varphi = \frac{S}{(h_1 - h_2) \cdot (A + B)} = \frac{84}{(3,2 - 0) \cdot (21 + 4)} = 1,04$$

По справочным таблицам светильника при коэффициенте отражения 70/50/20 и индексе помещения 1,04 коэффициент использования равен 33.

Находим требуемое количество светильников по формуле 3.1:

$$N = \frac{E \cdot S \cdot K_z}{u \cdot n \cdot \Phi_n} = \frac{75 \cdot 84 \cdot 1,25}{33 \cdot 2 \cdot 2600} = 4,5 \approx 5 .$$

Требуемое количество светильников 5шт.

Все оставшиеся помещения были рассчитаны аналогично в программе «Dialux» результаты расчетов приведены в приложении А .

Программа расчёта искусственного освещения DIALux является одной из наиболее лучших программных обеспечений для точного расчета искусственного освещения на рынке подобного программного обеспечения. Она полностью учитывает все существующие требования по расчету искусственного освещения.

При расчете освещения были выбраны следующие светильники:

- Светильник LZ 228 с люминесцентными лампами TL5 HE 28W.
- Светильник INOX 236 с люминесцентными лампами TL5 HE 28W
- Светильник HBO 400 лампой типа ДРИ SON Pro 400w.

4 Выбор трансформатора

Выбор мощности трансформаторов важный этап проектирования системы электроснабжения, который существенно влияет на показатели работы промышленного предприятия. Выбор трансформаторов представляет собой сложную задачу, которая имеет несколько решений, из которых следует выбрать наиболее подходящее. В основу расчетов, как правило, берут, технико-экономическое сравнение нескольких трансформаторов.

Мощность трансформаторов зависит от мощности электроприемников, их категории по надежности электроснабжения и т.п.

Рассмотрим 2 варианта с установкой трансформаторов различной мощности и исходя из технико-экономических показателей выберем подходящий.

Вариант А:

Рассмотрим установку двух сухих трансформаторов с литой изоляцией марки ТСГЛ 2000/6/0,4.

Мощность устанавливаемых трансформаторов определяется по формуле:

$$S_{ном} \geq \frac{P_{p\Sigma}}{K_3 \cdot N_T} \cdot \quad (4.1)$$

$$S_{ном} \geq \frac{1693,9}{0,8 \cdot 2} = 1070,6 \text{ кВА} .$$

где $P_{p\Sigma}$ – расчетная активная мощность по производству;

K_3 – коэффициент загрузки трансформаторов с учетом категории потребителей;

N_T – количество трансформаторов.

Паспортные данные для трансформатора марки ТСГЛ 2000/6/0,4 представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Паспортные данные трансформатора ТСГЛ – 2000/6/0,4

$P_{x.x}, \text{кВт}$	$P_{к.з}, \text{кВт}$	$U_{к.з}, \%$	$i_{0(x.x)}, \%$	K_3	$N_T, \text{шт}$	$S_H, \text{кВА}$
3,5	15	6	0,6	0,8	2	2000

Потери в трансформаторах рассчитываются по формулам:

$$\Delta P_T = N_T \cdot (P_{x.x} + K_3^2 \cdot P_{к.з}), \quad (4.2)$$

$$\Delta Q_T = N_T \cdot (i_0 + K_3^2 \cdot U_{к.з}) \cdot \frac{S_H}{100}. \quad (4.3)$$

$$\Delta P_T = 2 \cdot (3,5 + 0,8^2 \cdot 15) = 26,2 \text{ кВт},$$

$$\Delta Q_T = 2 \cdot (0,6 + 0,8^2 \cdot 6) \cdot \frac{2000}{100} = 177 \text{ квар.}$$

где $P_{x.x}$ - потери холостого хода трансформатора;

i_0 - ток холостого хода трансформатора;

$U_{к.з}$ - напряжение короткого замыкания.

Расчетная нагрузка с учетом потерь в трансформаторах определяется по формулам:

$$P_p = P_{P\Sigma} + \Delta P_T, \quad (4.4)$$

$$Q_p = Q_{P\Sigma} + \Delta Q_T. \quad (4.5)$$

$$P_p = 1693,9 + 26,2 = 1719,2 \text{ кВт},$$

$$Q_p = 949 + 177 = 1126 \text{ квар.}$$

Реактивная мощность в часы минимума нагрузки рассчитывается по формуле:

$$Q_{\min} = Q_p \cdot 50\%. \quad (4.6)$$

$$Q_{\min} = 1126 \cdot 50\% = 563 \text{ квар.}$$

Экономически обоснованные значения реактивной мощности в часы максимума энергосистемы считаются по формулам:

$$Q'_{\text{Э1}} = Q_p - 0,7 \cdot Q_{\text{СД}}, \quad (4.7)$$

$$Q''_{\text{Э1}} = \alpha \cdot P_p. \quad (4.8)$$

$$Q'_{\text{Э1}} = 1126 - 0,7 \cdot 0 = 1126 \text{ квар},$$

$$Q''_{\text{Э1}} = 0,28 \cdot 1719,2 = 481,3 \text{ квар}.$$

где α – расчетный коэффициент, соответствующий установленным предприятию условиям получения от энергосистемы мощностей;

$Q_{\text{СД}}$ – расчетная мощность синхронных двигателей, которая может быть использована.

Из-за пониженного напряжения в часы максимальных нагрузок принимаем меньшее из значений: $Q''_{\text{Э1}} = 481,3 \text{ квар}$.

Экономически обоснованные значения реактивной мощности в режиме наименьших нагрузок считается:

$$Q'_{\text{Э2}} = Q_{\text{min}} + Q_k, \quad (4.9)$$

$$Q''_{\text{Э2}} = Q_{\text{min}} - (Q_p - Q'_{\text{Э1}}), \quad (4.10)$$

$$Q'_{\text{Э2}} = 563 + 0 = 563 \text{ квар},$$

$$Q''_{\text{Э2}} = 563 - (1126 - 481,3) = -81,7 \text{ квар}.$$

где Q_k – мощность, генерируемая компенсирующими устройствами предприятия в часы минимальной активной нагрузки энергосистемы.

Из-за повышенного напряжения в часы минимальных нагрузок принимаем значение мощности: $Q'_{\text{Э2}} = 563 \text{ квар}$.

Суммарная мощность компенсирующих устройств для трансформатора ТСГЛ 2000/6/0,4 определяется по формулам:

$$Q_{ky \max} = 1.1 \cdot Q_P - Q_{\Sigma 1}'' , \quad (4.11)$$

$$Q_{ky \min} = Q_{\min} - Q_{\Sigma 2}' , \quad (4.12)$$

$$Q_{ky \max} = 1.1 \cdot 1126 - 481,3 = 757,3 \text{ квар},$$

$$Q_{ky \min} = 563 - 563 = 0 \text{ квар}.$$

Реактивная мощность, которая может быть передана из сети 6кВ в сеть напряжением до 1 кВ и не должна компенсироваться, считается по формуле:

$$Q_{pH} = Q_{P1} - (Q_P - Q_{P\Sigma}) . \quad (4.13)$$

$$Q_{pH} = 481,3 - (1126 - 949) = 304,3 \text{ квар}.$$

Реактивная мощность, которая может быть передана из сети 6кВ в сеть напряжением до 1кВ, считается по формуле:

$$Q_T = \sqrt{(N_T \cdot K_s \cdot S_H)^2 - P_{P\Sigma}} . \quad (4.14)$$

$$Q_T = \sqrt{(2 \cdot 0,8 \cdot 2000)^2 - 1693,9^2} = 2715,5 \text{ квар}.$$

Мощность КУ, устанавливаемых на стороне до 1 кВ находим по формуле:

$$Q_{kyH} = Q_{P\Sigma} - Q_T . \quad (4.15)$$

$$Q_{kyH} = 949 - 2715,5 = -1766,5 \text{ квар}.$$

Мощность КУ, которые могут быть установлены на стороне 6кВ считаются:

$$Q_{kyB} = Q_{ky \max} - Q_{kyH} . \quad (4.16)$$

$$Q_{kyB} = 757,3 - 0 = 757,3 \text{ квар}.$$

Так как $Q_{квН} < 50квар$, $Q_{квВ} < 800квар$ то установка БК не целесообразна.

Затраты на установку КТП с трансформаторами ТСГЛ 2000/6/0,4 определяем по формулам:

$$Z_{кТП} = E \cdot K_{ТП} + C \cdot \Delta P. \quad (4.17)$$

$$\tau = \left(0.124 + \frac{T_M}{10000} \right)^2 \cdot T_P, \quad (4.18)$$

$$C_0 = \left(\frac{\alpha}{T_M} + \beta \cdot 10^{-2} \right) \cdot T_P, \quad (4.19)$$

$$C = \left(\frac{\alpha}{T_M} + \beta \cdot 10^{-2} \right) \cdot \tau, \quad (4.20)$$

$$C \cdot \Delta P_T = C_0 \cdot \Delta P_{xx} + C \cdot K_3^2 \cdot \Delta P_{кз}. \quad (4.21)$$

$$\tau = \left(0.124 + \frac{4500}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = 2886 \text{ ч},$$

$$C_0 = \left(\frac{116,19}{4500} + 0,27 \cdot 10^{-2} \right) \cdot 8760 = 248,9 \text{ руб/кВт} \cdot \text{год},$$

$$C = \left(\frac{116,19}{4500} + 0,27 \cdot 10^{-2} \right) \cdot 2886 = 82,3 \text{ руб/кВт} \cdot \text{год},$$

$$C \cdot \Delta P_T = 2 \cdot 248,9 \cdot 3,5 + 2 \cdot 82,3 \cdot 0,8K^2 \cdot 15 = 3328,8 \text{ тыс.руб},$$

где C_0 – удельная стоимость потерь холостого хода;

$C \cdot \Delta P_T$ - стоимость потерь мощности в трансформаторах КТП;

C – удельная стоимость максимальных активных нагрузочных потерь;

T_M – время использования максимальной нагрузки предприятия в год;

T_P – время работы трансформатора в году;

τ – время максимальных потерь;

α – основная ставка двухставочного тарифа;

β – дополнительная плата за 1 кВт·ч потребленной электроэнергии;

$\Delta P_{кз}$ – потери короткого замыкания трансформатора;

E – суммарный коэффициент отчисления от капиталовложения в КТП;

$K_{ТП}$ – стоимость КТП.

$$Z_{КТП} = 2 \cdot 0,223 \cdot 1300 + 3328,8 = 3903,4 \text{ тыс.руб.},$$

$$Z_{общ} = Z_{КТП} = 3903,4 \text{ тыс.руб.}$$

Вариант Б:

Рассмотрим установку двух сухих трансформаторов с литой изоляцией марки ТСГЛ 1600/6/0,4.

Паспортные данные для трансформатора представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Паспортные данные для трансформатора ТСГЛ – 1600/6/ 0,4

$P_{x.x.}, \text{кВт}$	$P_{к.з}, \text{кВт}$	$U_{к.з}, \%$	$i_{0(x.x)}, \%$	$K_з$	$N_T, \text{шт}$	$S_H, \text{кВА}$
3,2	11,8	8	0,7	0,8	2	1600

Потери в трансформаторах рассчитываются по формулам 4.2, 4.3:

$$\Delta P_T = 2 \cdot (3,2 + 0,8^2 \cdot 11,8) = 21,5 \text{ кВт},$$

$$\Delta Q_T = 2 \cdot (0,7 + 0,8^2 \cdot 8) \cdot \frac{2000}{100} = 186,2 \text{ квар.}$$

По формулам 4.4 и 4.5 рассчитываем мощность активную и реактивную мощность с учетом потерь :

$$P_p = 1693,9 + 21,5 = 1715,4 \text{ кВт},$$

$$Q_p = 949 + 186,2 = 1135,2 \text{ квар.}$$

Реактивная мощность в часы минимума нагрузки рассчитывается по формуле 4.6:

$$Q_{\min} = 1126 \cdot 50\% = 563 \text{ квар.}$$

Экономически обоснованные значения реактивной мощности в часы максимума энергосистемы определяем по формулам 4.7, 4.8:

$$Q'_{\text{э1}} = 1135,2 - 0,7 \cdot 0 = 1135,2 \text{ квар,}$$

$$Q''_{\text{э1}} = 0,28 \cdot 1715,4 = 480,2 \text{ квар.}$$

По формулам 4.9 и 4.10 определяем экономически обоснованные значения реактивной мощности в режиме наименьших нагрузок:

$$Q'_{\text{э2}} = 567,6 + 0 = 567,5 \text{ квар,}$$

$$Q''_{\text{э2}} = 567,6 - (1135 - 480,2) = -87,4 \text{ квар.}$$

Из-за повышенного напряжения в часы минимальных нагрузок принимаем значение мощности: $Q'_{\text{э2}} = 567,5 \text{ квар.}$

Суммарная мощность компенсирующих устройств для трансформатора ТСГЛ 1600/6/0,4 определяется по формулам 4.11, 4.12:

$$Q_{\text{ку max}} = 1,1 \cdot 1135,2 - 480,2 = 768,7 \text{ квар,}$$

$$Q_{\text{ку min}} = 567,6 - 567,6 = 0 \text{ квар.}$$

Реактивная мощность, которая может быть передана из сети 6кВ в сеть напряжением до 1 кВ и не должна компенсироваться, считается по формуле 4.13:

$$Q_{\text{рн}} = 480,2 - (1135,2 - 949) = 294,2 \text{ квар.}$$

Реактивная мощность, которая может быть передана из сети 6кВ в сеть напряжением до 1кВ, считается по формуле 4.14:

$$Q_T = \sqrt{(2 \cdot 0,8 \cdot 1600)^2 - 1693,9^2} = 1919,5 \text{ квар.}$$

Мощность КУ, устанавливаемых на стороне до 1 кВ определяем по формуле 4.15:

$$Q_{кУН} = 949 - 1919,5 = -970,5 \text{ квар.}$$

Мощность КУ, которые могут быть установлены на стороне 6кВ рассчитываем по формуле 4.16:

$$Q_{кУВ} = 768,7 - 0 = 768,7 \text{ квар.}$$

Так как $Q_{кУН} < 50 \text{ квар}$, $Q_{кУВ} < 800 \text{ квар}$ то установка БК не целесообразна.

Затраты на установку КТП с трансформаторами ТСГЛ 1600/6/0,4 определяем по формулам 4.17-4.21:

$$\tau = \left(0,124 + \frac{4500}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = 2886 \text{ ч,}$$

$$C_0 = \left(\frac{116,19}{4500} + 0,27 \cdot 10^{-2} \right) \cdot 8760 = 248,9 \text{ руб/кВт} \cdot \text{год,}$$

$$C = \left(\frac{116,19}{4500} + 0,27 \cdot 10^{-2} \right) \cdot 2886 = 82,3 \text{ руб/кВт} \cdot \text{год,}$$

$$C \cdot \Delta P_T = 2 \cdot 249,8 \cdot 3,2 + 2 \cdot 82,3 \cdot 0,8^2 \cdot 11,8 = 2841,8 \text{ тыс.руб,}$$

$$Z_{КТП} = 2 \cdot 0,223 \cdot 1000 + 2841,8 = 3283,8 \text{ тыс.руб,}$$

$$Z_{\text{общ}} = Z_{КТП} = 3283,8 \text{ тыс.руб.}$$

По приведенным затратам выбираем трансформатор ТСГЛ 1600/6/0,4.

5 Расчет токов КЗ

Основной причиной нарушения нормального режима работы системы электроснабжения является возникновение короткого замыкания (КЗ) в сети или элементах электрооборудования в следствие повреждении изоляции или неправильных действий обслуживающего персонала. Для снижения ущерба, обусловленного выходом из строя электрооборудования при протекании тока в КЗ, а также для быстрого восстановления нормального режима работы системы электроснабжения необходимо правильно определять токи КЗ и по ним выбирать электрооборудование, защитную аппаратуру и средства ограничения тока в КЗ.

Расчетным видом КЗ для выбора или проверки параметров электрооборудования обычно считают трехфазное КЗ. Однако для выбора или проверки уставок релейной защиты и автоматики требуется определение и несимметричных токов КЗ.

В зависимости от назначения расчета токов КЗ выбирают расчетную схему сети, определяют вид КЗ, местоположения точек КЗ на схеме и сопротивления элементов схемы замещения.

Питающий трансформатор входит в схему замещения активным R_T и индуктивным X_T сопротивлениями, приведенными к базисному напряжению, т.е к $U_{н.нн}$.

Активное сопротивление R_T определяется по выражению:

$$R_T = \frac{P_{кз} \cdot U_{н.нн}^2}{S_H^2} \cdot 10^6. \quad (5.1)$$

Полное сопротивление трансформатора Z_T определяется по выражению:

$$Z_T = \frac{U_K \cdot U_{н.нн}^2}{S_H} \cdot 10^4. \quad (5.2)$$

Индуктивное сопротивление трансформатора X_T определяется по выражению:

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2}. \quad (5.3)$$

где $P_{КЗ}$ – потери короткого замыкания в трансформаторе;

$U_{н.нн}$ – среднее номинальное напряжение стороны низшего напряжения принятого за базисное;

S_H – номинальная мощность трансформатора,

U_K – напряжение короткого замыкания.

Активные и индуктивные сопротивления кабелей определяются по удельным параметрам кабелей и их длине:

$$R_K = r_{уд} \cdot l; \quad (5.4)$$

$$X_K = x_{уд} \cdot l, \quad (5.5)$$

где $r_{уд}$ – удельное активное сопротивление кабеля соответствующей последовательности;

$x_{уд}$ – удельное индуктивное сопротивление кабеля соответствующей последовательности;

l – длина кабеля.

Активное и реактивное сопротивления трансформатора тока и автоматического выключателя берутся из паспортных данных.

Ток металлического трехфазного КЗ определяется по формуле:

$$I_{KM} = \frac{U_{н.нн}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}} = \frac{U_{н.нн}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_{1\Sigma}^2 + X_{1\Sigma}^2}}. \quad (5.6)$$

По схеме замещения прямой последовательности суммарные сопротивления $R_{1\Sigma}$ и $X_{1\Sigma}$ определяем арифметическим суммированием сопротивлений до точки КЗ:

$$R_{1\Sigma} = \sum R, \quad (5.7)$$

$$X_{1\Sigma} = \sum X. \quad (5.8)$$

Расчет дугового трехфазного КЗ выполняется в следующем порядке:

Определяются значения снижающего коэффициента начального момента КЗ K_{c1} и для установившегося КЗ K_{c2} по кривым [5].

Ток трехфазного дугового КЗ определяется по формуле:

$$I_{кд} = I_{км} \cdot K_{c1}. \quad (5.9)$$

Ударный ток определяется по формуле:

$$i_y = K_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{км}, \quad (5.10)$$

где K_y – ударный коэффициент, определяемый по [4], через соотношение: $\frac{X_{\Sigma}}{R_{\Sigma}}$.

Рассчитаем сопротивления трансформатора по формулам 5.1-5.3:

$$R_T = \frac{11,8 \cdot 0,4^2}{1941,4^2} \cdot 10^6 = 0,5 \text{ мОм},$$

$$Z_T = \frac{8 \cdot 0,4^2}{1941,4} \cdot 10^4 = 6,59 \text{ мОм},$$

$$X_T = \sqrt{6,59^2 - 0,5^2} = 6,57 \text{ мОм}.$$

Расчет сопротивления кабелей ведется по формулам 5.1, 5.2:

Находим сопротивления кабеля АПвБбшп (4х240) проложенного от КТП до ВРУ:

$$R_{K1} = 170 \cdot 0,13 = 22,1 \text{ мОм},$$

$$X_{K1} = 170 \cdot 0,077 = 0,85 \text{ мОм}.$$

Находим сопротивления кабеля ВВГнг-1s (5х50) проложенного от ВРУ до ШР1:

$$R_{K2} = 40 \cdot 0,37 = 14,8 \text{ мОм},$$

$$X_{K2} = 40 \cdot 0,085 = 3,4 \text{ мОм}.$$

Находим сопротивления кабеля ВВГнг-1s (5х25) проложенного от ШР1 до электрического приемника:

$$R_{K3} = 70 \cdot 0,74 = 51,8 \text{ мОм},$$

$$X_{K3} = 70 \cdot 0,091 = 4,5 \text{ мОм}.$$

Сопротивления выключателей и трансформаторов тока представлены в таблице 4:

Таблица 4 – Сопротивления выключателей и трансформаторов тока

Тип	Место установки	Активное сопротивление, R	Реактивное сопротивление, X
1	2	3	4
ВА	КТП	0,41	0,13
ВА	ВРУ	1,3	0,7
ВА	ВРУ	1,3	0,7
ВА	ШР1	7	4,5
ВА	ШР1	7	4,5

1	2	3	4
ТТ	КТП	0,05	0,07
ТТ	ВРУ	1,2	0,75

Расчетная схема токов КЗ представлена на рисунке 2:

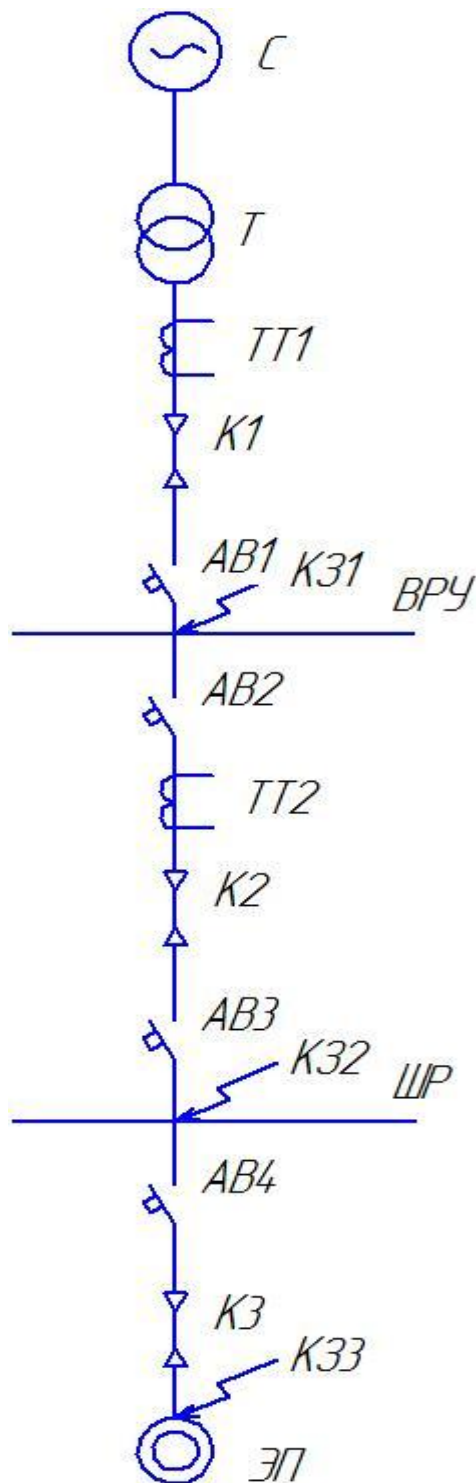


Рисунок 2 – Расчетная схема

Для определения токов КЗ расчетная схема замещения представлена на рисунке 3:

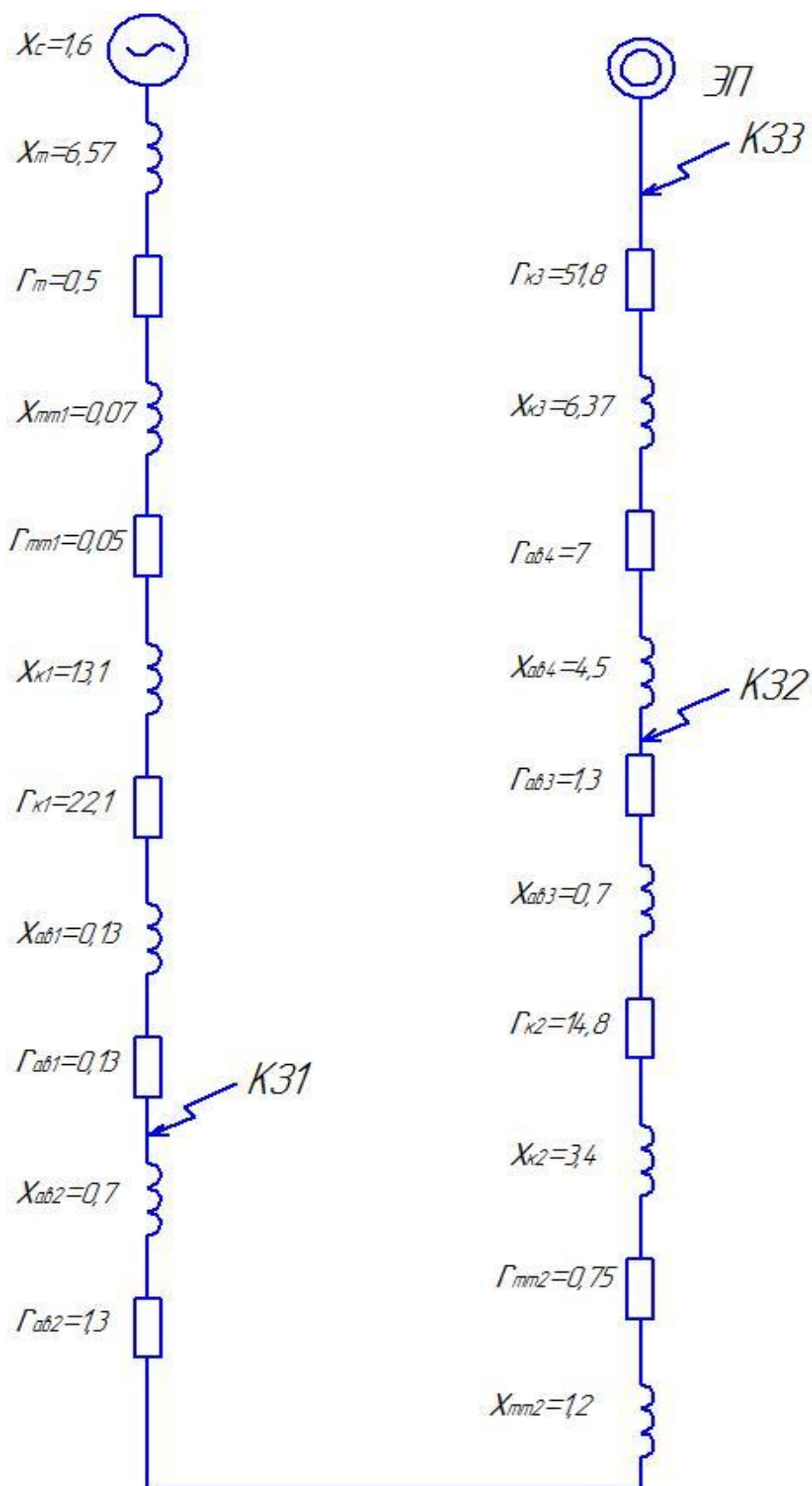


Рисунок 3 – Схема замещения

Произведем расчет тока КЗ для точки К1:

По формулам 5.7,5.8 произведем суммирование активных и реактивных сопротивлений до точки короткого замыкания К1:

$$R_{1\Sigma} = 0,05 + 0,5 + 22,1 + 0,41 = 23,06 \text{ мОм},$$

$$X_{1\Sigma} = 1,6 + 0,07 + 13,1 + 0,13 \text{ мОм}.$$

По формуле 5.3 определяем полное сопротивление до точки К1:

$$Z_{1\Sigma} = \sqrt{23,06^2 + 0,13^2} = 27,9 \text{ мОм}.$$

Определяем ток металлического трехфазного КЗ по формуле 5.6:

$$I_{KM} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 27,9} = 8,3 \text{ кА}.$$

Находим значение снижающего коэффициента:

$$K_{C1} = 0,74,$$

$$K_{C2} = 0,64.$$

По формуле 5.9 определяем ток трехфазного дугового КЗ при двух значениях снижающего коэффициента:

$$I_{KD} = 8,3 \cdot 0,74 = 6,2 \text{ кА},$$

$$I_{KD} = 8,3 \cdot 0,64 = 5,3 \text{ кА}.$$

Определяем ударный коэффициент через соотношение:

$$\frac{X_{1\Sigma}}{R_{1\Sigma}} = \frac{14,9}{23,06} = 0,64,$$

$$K_y \approx 1,17.$$

По формуле 5.10 находим ударный ток:

$$i_y = 1,17 \cdot \sqrt{2} \cdot 8,3 = 13,7 \text{ кА}.$$

Произведем расчет тока КЗ для точки К2:

По формулам 5.7, 5.8 произведем суммирование активных и реактивных сопротивлений до точки короткого замыкания К2:

$$R_{1\Sigma} = 23,06 + 1,3 + 0,75 + 14,8 + 1,3 = 41,2 \text{ мОм},$$

$$X_{1\Sigma} = 14,9 + 0,7 + 1,2 + 0,34 + 0,7 = 20,9 \text{ мОм}.$$

По формуле 5.3 определяем полное сопротивление до точки К2:

$$Z_{1\Sigma} = \sqrt{41,2^2 + 20,9^2} = 46,2 \text{ мОм}.$$

Определяем ток металлического трехфазного КЗ по формуле 5.6:

$$I_{KM} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 46,2} = 5 \text{ кА}.$$

Находим значение снижающего коэффициента:

$$K_{c1} = 0,78,$$

$$K_{c2} = 0,7.$$

По формуле 5.9 определяем ток трехфазного дугового КЗ при двух значениях снижающего коэффициента:

$$I_{кд} = 5 \cdot 0,78 = 3,9 \text{ кА},$$

$$I_{кд} = 5 \cdot 0,7 = 3,5 \text{ кА}.$$

Определяем ударный коэффициент через соотношение:

$$\frac{X_{1\Sigma}}{R_{1\Sigma}} = \frac{20,9}{41,2} = 0,53,$$

$$K_y \approx 1,05.$$

По формуле 5.10 находим ударный ток в точке К2:

$$i_y = 1,05 \cdot \sqrt{2} \cdot 5 = 7,4 \text{ кА}.$$

Произведем расчет тока КЗ для точки К3:

По формулам 5.7, 5.8 произведем суммирование активных и реактивных сопротивлений до точки короткого замыкания К3:

$$R_{1\Sigma} = 41,2 + 51,8 + 4,5 = 97,5 \text{ мОм},$$

$$X_{1\Sigma} = 20,9 + 6,37 + 4,5 = 31,77 \text{ мОм}.$$

По формуле 5.3 определяем полное сопротивление до точки К3:

$$Z_{1\Sigma} = \sqrt{97,5^2 + 31,77^2} = 102,5 \text{ мОм}.$$

Определяем ток металлического трехфазного КЗ по формуле 5.6:

$$I_{KM} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 102,5} = 2,25 \text{ кА}.$$

Находим значение снижающего коэффициента:

$$K_{c1} = 0,88,$$

$$K_{c2} = 0,79.$$

По формуле 5.9 определяем ток трехфазного дугового КЗ при двух значениях снижающего коэффициента:

$$I_{KD} = 2,25 \cdot 0,88 = 1,98 \text{ кА},$$

$$I_{KD} = 2,25 \cdot 0,79 = 1,77 \text{ кА}.$$

Определяем ударный коэффициент через соотношение:

$$\frac{X_{1\Sigma}}{R_{1\Sigma}} = \frac{31,7}{97,5} = 0,35,$$

$$K_v \approx 1.$$

По формуле 5.10 находим ударный ток в точке КЗ:

$$i_v = 1 \cdot \sqrt{2} \cdot 2,25 = 3,18 \text{ кА}.$$

Выбранное для защиты оборудование прошло проверку по ударному току, значит оно сможет отключить токи КЗ в данной системе, а, следовательно, оборудование подобрано верно.

6 Выбор оборудования и проводников

Выбор оборудования и проводников для электрических приемников необходимо производить по номинальному току, а для вводных распределительных устройств и распределительных щитов по расчетному току.

Определение расчетных токов производится по следующим формулам:

Для однофазных приемников:

$$I_p = \frac{P_H}{0.220 \cdot \cos \varphi}, \quad (6.1)$$

где P_H – номинальная активная мощность электроприёмника ;

$\cos \varphi$ – величина показывающая потребление активной мощности.

Для трехфазных приемников:

$$I_p = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot 0.380 \cdot \cos \varphi}. \quad (6.2)$$

Результаты расчетов и выбор автоматических выключателей и кабелей сведем в таблицу 5.

Таблица 5 – Выбор автоматических выключателей и кабелей

Наименование ЭП	Номинальная мощность, P_H , кВт	$\cos(\varphi)$	Ток I_H , А	Выключатель	Кабель
1	2	3	4	5	6
Реактор-гомогенизатор	27,5	0,75	48,2	ABB S293 C80	ВВГнг-LS 5x25
Турбонабивная машина	7,8	0,8	14,3	ABB S203 C25	ВВГнг-LS 5x4
Реактор-плавитель 1	3	0,75	5	ABB S203 C16	ВВГнг-LS 5x2,5
Реактор-плавитель 2	6	0,75	10,8	ABB S203 C16	ВВГнг-LS 5x2,5

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5	6
Картонажная машина	2	0,83	3,6	ABB DS654 C16,30 мА	ВВГнг-LS 5х2,5
Мельница, Насос бочко- вый, пылесос	4,1	0,85	7,3	ABB DS654 C16,30 мА	ВВГнг-LS 5х2,5
Реактор для приготовления моющего раствора, насос для моющего раствора, насос бочковый	4,6	0,75	8,2	ABB DS654 C16,30 мА	ВВГнг-LS 5х2,5
Насос вакуумный, бытовые розетки	6	0,8	10,7	ABB DS654 C16,30 мА	ВВГнг-LS 5х2,5
Насос	6	0,8	10,7	ABB DS654 C16,30 мА	ВВГнг-LS 5х2,5
Насос нгл-2.2, бытовые розетки	4	0,8	7,2	ABB DS654 C10,30 мА	ВВГнг-LS 5х2,5
Насос бочковой, тепловая пушка, бытовые розетки	2,2	0,73	3,9	ABB DS654 C10,30 мА	ВВГнг-LS 5х2,5
Весы электронные, весы платформенные, передвижной бактерицидный облучатель, бытовые розетки	2,3	0,75	10,2	ABB DS641 C16,30 мА	ВВГнг-LS 3х2,5
Шкаф химический	2	0,7	9,6	ABB DS641 C16,30 мА	ВВГнг-LS 3х2,5
Бытовые розетки	1,5	0,7	6,8	ABB DS641 C16,30 мА	ВВГнг-LS 3х2,5
Бытовые розетки	2	0,7	9,6	ABB DS641 C16,30 мА	ВВГнг-LS 3х2,5

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5	6
Тепловая пушка, бытовые розетки	2	0,7	9,6	ABB DS641 C16,30 мА	ВВГнг-LS 3х2,5
Уборочная техника и рукосушители	2	0,7	9,6	ABB DS641 C16,30 мА	ВВГнг-LS 3х2,5
Смеситель высокоскоростной	15	0,75	27,5	ABB S203 C63	ВВГнг-LS 5х10
Сушилка- гранулятор	18,4	0,8	33,7	ABB S203 C50	ВВГнг-LS 5х10
Автомат фасовки таблеток в упаковку	18	0,75	31	ABB S203 C50	ВВГнг-LS 5х10
Смеситель опудриватель	11	0,8	20	ABB S203 C40	ВВГнг-LS 5х10
Таблеточный пресс	6	0,65	10,7	ABB S203 C20	ВВГнг-LS 5х2,5
Картонажная машина	5	0,6	9	ABB S203 C16	ВВГнг-LS 5х2,5
Измельчитель	3,7	0,7	6,6	ABB S203 C10	ВВГнг-LS 5х2,5
Насос подачи увлажнения	0,55	0,6	1	ABB S203 C4	ВВГнг-LS 5х1,5
Пневматическая система загрузки	5,5	0,75	9,8	ABB S203 C16	ВВГнг-LS 5х2,5
Установка для нанесения покрытия на таблетки	2,2	0,73	3,9	ABB S203 C10	ВВГнг-LS 5х1,5
Резервуар для гранулирующего раствора, коллоидная мельница, пылесос	4,6	0,74	8,2	ABB S203 C10	ВВГнг-LS 5х2,5
Насос бочковой, пылесос	4	0,7	7,2	ABB DS654 C16,30 мА	ВВГнг-LS 5х2,5

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5	6
Весы электронные, передвижной бактерицидный выключатель, вакуумная система загрузки порошка, бытовые розетки	1,5	0,7	6,8	ABB DS641 C16,30 мА	ВВГнг-LS 3х2,5
Установка для обеспыливания таблеток, автоматическая машина загрузки	1,55	0,8	8,8	ABB S201 C16	ВВГнг-LS 5х2,5
Установка для мойки СИП, аппарат для готового плёночного раствора, весы	1,3	0,7	6,4	ABB DS641 C16,30 мА	ВВГнг-LS 3х2,5
Аппарат для готового плёночного раствора, насос перестальтический, перемешивающее устройство	1,1	0,7	6,3	ABB DS641 C16,30 мА	ВВГнг-LS 3х2,5
Стол лабораторный	2,0	0,75	9,6	ABB DS641 C16,30 мА	ВВГнг-LS 3х2,5
Насос для подачи моющего раствора, бытовые розетки	1,5	0,7	6,8	ABB DS641 C16,30 мА	ВВГнг-LS 3х2,5
Уборочная техника и рукосушители	1,5	0,7	6,8	ABB DS641 C16,30 мА	ВВГнг-LS 3х2,5
Смеситель высокоскоростной	15	0,75	27,5	ABB S203 C63	ВВГнг-LS 5х10
Сушилка-гранулятор	18,4	0,8	33,7	ABB S203 C50	ВВГнг-LS 5х10
Автомат фасовки таблеток в упаковку	18	0,75	31	ABB S203 C50	ВВГнг-LS 5х10
Смеситель опудриватель	11	0,8	20	ABB S203 C40	ВВГнг-LS 5х10
Таблеточный пресс	6	0,65	10,7	ABB S203 C20	ВВГнг-LS 5х2,5

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5	6
Насос подачи увлажнения	0,55	0,6	1	ABB S203 C4	ВВГнг-LS 5х1,5
Картонажная машина	5	0,6	9	ABB S203 C16	ВВГнг-LS 5х2,5
Измельчитель	3,7	0,7	6,6	ABB S203 C10	ВВГнг-LS 5х2,5
Пневматическая система загрузки	5,5	0,75	9,8	ABB S203 C16	ВВГнг-LS 5х2,5
Установка для нанесения покрытия на таблетки	2,2	0,73	3,9	ABB S203 C10	ВВГнг-LS 5х1,5
Резервуар для гранулирующего раствора, коллоидная мельница, пылесос	4,6	0,74	8,2	ABB S203 C10	ВВГнг-LS 5х2,5
Насос бочковой, пылесос	4	0,7	7,2	ABB DS654 C16,30 мА	ВВГнг-LS 5х2,5
Установка для обеспылевания таблеток, автоматическая машина загрузки	1,55	0,8	8,8	ABB S201 C16	ВВГнг-LS 5х2,5
Весы электронные, передвижной бактерицидный выключатель, вакуумная система загрузки порошка, бытовые розетки	1,5	0,7	6,8	ABB DS641 C16,30 мА	ВВГнг-LS 3х2,5
Установка для мойки СИП, аппарат для готового плёночного раствора, весы	1,3	0,7	6,4	ABB DS641 C16,30 мА	ВВГнг-LS 3х2,5
Аппарат для готового плёночного раствора, насос перестальтический	1,1	0,7	6,3	ABB DS641 C16,30 мА	ВВГнг-LS 3х2,5

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5	6
Уборочная техника и рукосушители	1,5	0,7	6,8	ABB DS641 C16,30 мА	ВВГнг-LS 3х2,5
Стол лабораторный	2,0	0,75	9,6	ABB DS641 C16,30 мА	ВВГнг-LS 3х2,5
Насос для подачи моющего раствора, бытовые розетки	1,5	0,7	6,8	ABB DS641 C16,30 мА	ВВГнг-LS 3х2,5
Воздушно-тепловая завеса	6	0,75	10	ABB S203 C16	ВВГнг-LS 5х2,5
Блок управления электрогидравлической уравнительной платформой, блок управления воздушной завесой ворот	4,8	0,7	8,6	ABB S203 C16	ВВГнг-LS 5х2,5
Палетоупаковщик	0,7	0,7	1,2	ABB S203 C6	ВВГнг-LS 5х1,5
Воздушно-тепловая завеса	6	0,75	10	ABB S203 C16	ВВГнг-LS 5х2,5
Компьютер персональный 3шт	1,5	0,7	6,8	ABB S201 C16	ВВГнг-LS 3х2,5
Компьютер персональный 2шт	1	0,7	4,5	ABB S201 C16	ВВГнг-LS 3х2,5
Машина для уборки помещений	1,7	0,75	7,7	ABB DS641 C16,30 мА	ВВГнг-LS 3х2,5
Прожектор освещения, бытовые розетки	1	0,7	4,5	ABB DS641 C16,30 мА	ВВГнг-LS 3х2,5
Насос NB50	5,5	0,8	9,8	ABB S203 C20	ВВГнг-LS 5х2,5

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5	6
Насос CR3	0,37	0,8	0,7	ABB S203 C6	ВВГнг-LS 5x1,5
Насос CR5	0,75	0,8	1,3	ABB S203 C6	ВВГнг-LS 5x1,5
ШР 1	62		116	BA57-35 C125	ВВГнг-LS 5x50
ШР 2	100		173	BA57-35 C200	ВВГнг-LS 5x95
ШР 3	104		181	BA57-35 C200	ВВГнг-LS 5x95
ШР 4	14,5		24	ABB S203 C40	ВВГнг-LS 5x6
ШР 5	9		19	ABB S203 C32	ВВГнг-LS 5x4
ВРУ	302		542	BA50-45 C800	АПвБбшп 4x240

Трансформаторы тока предназначены для передачи сигнала измерительной информации измерительным приборам в установках переменного тока частотой 50 Гц.

Трансформаторы тока Т-0,66 УЗ предназначены для передачи сигнала измерительной информации измерительным приборам в установках переменного тока частоты 50 или 60 Гц с номинальным напряжением до 0,66 кВ включительно. Трансформаторы класса точности 0,5 применяются в схемах учёта электроэнергии при расчётах с потребителями, класса точности 0,5S предназначены для коммерческого учёта электроэнергии.

- Трансформатор тока Т-0.66-0.5-150/5 УЗ (ШР1);
- Трансформатор тока Т-0.66-0.5-200/5 УЗ (ШР2);
- Трансформатор тока Т-0.66-0.5-200/5 УЗ (ШР3);
- Трансформатор тока Т-0.66-0.5-20/5 УЗ (ШР4);

- Трансформатор тока Т-0.66-0.5-20/5 УЗ (ШР5);
- Трансформатор тока Т-0.66-0.5-600/5 УЗ (ВРУ).

7 Расчет заземления и молниезащиты

7.1 Расчет заземления

Искусственное групповое защитное заземляющее устройство (УЗЗ) может состоять из вертикальных электродов и горизонтально расположенной соединительной полосы, которые соединяются между собой сваркой или болтовым соединением. Для обеспечения надежной защиты от электропоражения устройство заглубляется в землю на 0,7-0,8 м. Это необходимо, так как верхний слой земли промерзает и высыхает при снижении и повышении сезонных колебаний температуры, что может приводить к возрастанию удельного сопротивления растеканию тока в земле.

Для уменьшения размеров и экономических затрат на сооружение УЗЗ рекомендуется использовать сопротивление естественных заземлителей. В качестве которых можно использовать: свинцовые оболочки кабелей; инженерные сооружения, проложенные в земле, кроме трубопроводов для горючих жидкостей; грозозащиту опор линий электропередачи.

Расчет УЗЗ выполнен, исходя из допустимого, согласно ПУЭ, сопротивления заземлителя растеканию тока методом коэффициентов использования.

Определяем сопротивление стержневого электрода:

$$R_{\text{э}} = \frac{\rho \cdot K_{\text{в}}}{2 \cdot \pi \cdot l_{\text{э}}} \left(\ln \frac{2 \cdot l_{\text{э}}}{d_{\text{э}}} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot h_{\text{э}} + l_{\text{э}}}{4 \cdot h_{\text{э}} - l_{\text{э}}} \right), \quad (7.1.1)$$

$$R_{\text{э}} = \frac{300 \cdot 1,5}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{0,0475} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 2 + 0,0475}{4 \cdot 2 - 0,0475} \right) = 125,3 \text{ Ом},$$

где $l_{\text{э}}$ – длина электрода, м;

$d_{\text{э}}$ – диаметр электрода, м;

$h_{\text{э}}$ – глубина заложения электрода, м;

ρ – удельное сопротивление грунта(супесок), Ом·м;

K_v – повышающий коэффициент для вертикального электрода.

Находим требуемое количество электродов:

$$n' = \frac{R_{\text{э}}}{R_u \cdot \eta_{\text{э}}}, \quad (7.1.2)$$

$$n' = \frac{125,3}{12 \cdot 0,7} = 14,9 = 16 \text{ шт},$$

где R_u – допустимое сопротивление заземляющего устройства с учетом удельного сопротивления грунта, Ом;

$\eta_{\text{э}}$ – коэффициент использования вертикальных заземлителей.

Определяем длину соединительной полосы:

$$l_n = a \cdot n', \quad (7.1.3)$$

$$l_n = 18 \cdot 16 = 288 \text{ м},$$

где a – расстояние между электродами, м;

n' – количество электродов.

Находим сопротивление соединительной полосы:

$$R_n = \frac{\rho \cdot K_z}{2 \cdot \pi \cdot l_n} \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot l_n^2}{h_n \cdot b}\right), \quad (7.1.4)$$

$$R_n = \frac{300 \cdot 4}{2 \cdot 3,14 \cdot 288} \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot 288^2}{288 \cdot 0,05}\right) = 6,2 \text{ Ом},$$

где K_z – повышающий коэффициент для горизонтальных электродов;

b – ширина горизонтального электрода, м.

Вычисляем общее сопротивление контура защитного заземления:

$$R_{\Sigma} = \frac{R_{\text{э}} \cdot R_n}{R_{\text{э}} \cdot \eta_n + R_n \cdot \eta_{\text{э}} \cdot n}, \quad (7.1.5)$$

$$R_{\Sigma} = \frac{125,3 \cdot 6,2}{125,3 \cdot 0,57 + 6,2 \cdot 0,7 \cdot 16} = 5,5 \text{ Ом.}$$

Производим проверку выполнения условия:

$$R_{\Sigma} \leq R_u,$$

$$5,5 \text{ Ом} \leq 12 \text{ Ом.}$$

7.2 Молниезащита

Молниезащита - это комплекс технических решений и специальных приспособлений для обеспечения безопасности здания, а также имущества и людей, находящихся в нём.

Данное предприятие отнесено к обычным объектам, для таких объектов необходимо обеспечить III уровень защиты от прямых ударов молнии и заноса высокого потенциала.[10]

В качестве молниеприемника для защиты от прямых ударов молнии используется молниеприемная сетка, шаг ячейки которой не должен быть не более 10x10 м . Сетка должна располагаться по всему периметру крыши и присоединяться к полосе заземления.

8 Монтаж кабеля в помещениях

В производственных помещениях с подшивными потолками, кабели прокладываются в пространстве подшивного потолка. Кабели с силовыми розетками прокладываются по стенам скрыто в штробе в ПВХ - трубах или в стеновых сэндвич - панелях. Все розетки должны быть скрытой установки. Место установки розетки в зависимости от места установки подключаемого оборудования. Розетки должны располагаться как можно ближе.

В производственных помещениях без подшивных потолков кабели прокладываются открыто в лотках, спуски к подключаемому оборудованию осуществляются в лотках с крышкой или в трубах ПВХ.

В офисных помещениях кабели прокладываются в пространстве подшивного потолка в лотках. Спуски к розеткам осуществляются открыто в ПВХ-коробах. Розеточная сеть прокладывается в ПВХ-коробах открыто по стенам помещений.

Заключение

В выпускной квалификационной работе спроектирована система электрооборудования и электрохозяйства фармацевтического предприятия ОЗОН расположенного в г. Жигулёвск, Самарской области. Расчетная нагрузка по предприятию с учетом освещения и дополнительной нагрузки близлежащих промышленных объектов составила 1942 кВА, расчетный ток $I_p=2950$ А.

Расчет освещения выполнен в программе Dialux, по результатам расчетов для установки на производстве выбраны следующие типы светильников:

- Светильник LZ 228 с люминесцентными лампами TL5 HE 28W.
- Светильник INOX 236 с люминесцентными лампами TL5 HE 28W
- Светильник НВО 400 лампой типа ДРИ SON Pro 400w.

Произведено технико-экономическое сравнение двух вариантов с трансформаторами разной марки и мощности. По приведенным затратам был выбран трансформатор ТСГЛ 1600/6/0,4.

Выполнен расчет токов короткого замыкания при этом определены ударные токи для самого мощного электрического приемника.

Произведен выбор проводников для питания электроприемников. Питание электроприемников осуществляется медными кабелями марки ВВГнг-1s от пяти ШР, которые также запитываются кабелями ВВГнг-1s от ВРУ.

Для установки в ВРУ и ШР выбраны трансформаторы тока, и автоматические выключатели марки АВВ.

Все выключатели прошли проверку по ударному току КЗ.

Произведен расчет контура заземления предприятия, а так же была спроектирована молниезащита.

Описан процесс монтажа кабелей для всех видов помещений на рассматриваемом предприятии.

Список использованных источников

1. Вахнина, В.В. Проектирование осветительных установок: учебное пособие / В.В. Вахнина, О.В. Самолина, А.Н. Черненко. – Тольятти: ТГУ, 2008.
2. Вахнина, В.В. Электроснабжение промышленных предприятий и городов : учебно-методическое пособие для практических занятий и курсового проектирования / В.В. Вахнина, А.Н. Черненко. – Тольятти: ТГУ, 2007.
3. Вахнина, В.В. Проектирование систем электроснабжения машиностроительных предприятий: учебное пособие/ В.В. Вахнина, В.Л. Горячева, Ю.В. Стёпкина. Тольятти: ТГУ, 2004.
4. Вахнина, В.В. Проектирование системы электроснабжения цеха предприятия : методические указания по курсовому проектированию / В.В. Вахнина, А.Н. Черненко. – Тольятти: ТГУ, 2008.
5. Вахнина, В.В. Компенсация реактивной мощности в системах электроснабжения промышленных предприятий: учебное пособие / В.В. Вахнина. – Тольятти : ТГУ, 2006.
6. Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы шестого и седьмого изданий с изменениями и дополнениями по состоянию на 1 марта 2007 г. – М.: КНОРУС, 2007.
7. Небрат, И.Л. Расчеты токов короткого замыкания в сетях 0,4 кВ: учебное пособие / И.Л. Небрат. – СПб.: ФГОУ ДПО "ПЭИПК", 2012.
8. Кудрин, Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий; учебник для студентов высших учебных заведений/ Б.И. Кудрин.- М.: Интермет Инжиниринг,2007.-672с.:ил.
9. Сергеев, С.К. Экономия энергоресурсов промышленных предприятий. Справочно-методическое пособие/ С.К. Сергеев. - НГТУ, НИЦЕ. Н.Новгород, 2001.
10. Андреев, В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: Учебник для вузов/ В.А. Андреев.- 5-е изд., стер.- М.: Высш. шк., 2007.-639 с.:ил.

11. Вахнина, В. В. Положение о выпускной квалификационной работе бакалавров: учеб.-метод. пособие для студентов направления 140200 "Электроэнергетика". - Тольятти: ТГУ, 2009. - 15 с.
12. Федоров, А.А. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: в 2 т./ А.А. Федоров.-Т.2. Электрооборудование. - М.: Энергоатомиздат, 2008.-592 с.:ил.
13. ЗАО Группа компаний Электрощит ТМ – Самара [электронный ресурс] / URL: <http://electroshield.ru/>. (дата обращения: 06.06.2016).
14. Шеховцов, В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования: Учебное пособие. - М.: Форум, 2013. - 216 с.
15. Степкина, Ю.В. Проектирование электрической части понизительной подстанции: учеб.-метод. пособие по выполнению курсового и дипломного проектирования / Ю.В. Степкина, В.М. Салтыков. - Тольятти : ТГУ, 2007. – 124 с.
16. Analysis of Power Transformer Insulation Design Using FEM / Tathagat Chakraborty, Akik Biswas, Sudha R. – Режим доступа :<http://www.ijscce.org/attachments/File/v2i3/C0673052312.pdf> , свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ.
17. Elmakias, D., New Computational Methods in Power System Reliability/ D.Elmakias. – Israel, Haifa, 2007. – 416 p.
18. Zhang, S., Flexible AC Transmission Systems: Modelling and Control/S. Zhang – Israel, Haifa, 2008. – 404 p.
19. Sadegh, M., Electric Power System Planning/M. Sadegh– Israel, Haifa,2011. – 88 p
20. Jayaweera, D., Smart Power Systems and Renewable Energy System Integration/ D. Jayaweera – Israel, Haifa, 2016. – 97 p.

Приложение А

Приложение А – Результаты расчетов освещения

Помещение	Освещенность по СНиП, лк	Расчетная освещенность, лк	Тип и количество светильников, шт	Общая мощность, кВт
1	2	3	4	5
Коридор 1	75	80	4	0,112
Подготовка сырья	300	321	8	0,576
Приготовление таблеточной массы	300	320	15	1,1
Таблетирование	300	302	4	0,464
Промежуточное помещение	300	322	3	0,330
Нанесение оболочки	300	303	4	0,464
Хранение производственной ёмкости	300	330	2	0,232
Экспресс лаборатория	300	294	2	0,144
Фасовка в блистеры	300	334	8	0,576
Мойка узлов оборудования	300	321	6	0,432
Кладовая уборочного инвентаря	300	290	1	0,116
Грузовой воздушный шлюз	300	290	1	0,116
Упаковка готовой продукции	300	326	6	0,696

Продолжение приложения А

1	2	3	4	5
Кладовая узлов оборудования	300	311	4	0,169
Кладовая узлов оборудования	300	311	4	0,169
Коридор 2	75	102	6	0,696
Технический коридор	75	105	16	0,576
Коридор 3	75	92	16	0,576
Упаковка готовой продукции	300	297	6	0,696
Фасовка в трубы	300	332	6	0,696
Грузовой воздушный шлюз	300	324	4	0,210
Кладовая узлов оборудования	300	303	6	0,235
Гомогенизация	300	324	6	0,696
Подготовка сырья	300	331	6	0,462
Мойка узлов	300	321	6	0,431
Кладовая уборочного инвентаря	75	110	2	0,100
Экспресс лаборатория	300	300	6	0,310
Хранение производственной емкости	300	305	4	0,210
Подготовка сырья	300	298	6	0,432
Санпропускник	300	330	2	0,232
Грузовой воздушный шлюх	300	290	4	0,200
Коридор 4	75	110	8	0,288
Коридор 5	75	98	10	0,460

Продолжение приложения А

1	2	3	4	5
Коридор 6	75	114	22	1,2
Резервные помещения	300	313	72	8,352
Коридор 7	75	96	15	0,504
Коридор 8	75	105	8	0,288
Склад 1	75	88	9	0,462
Комната экспедитора 1	300	300	2	0,150
Комната экспедитора 2	300	290	2	0,130
Склад 2	75	79	6	0,390
Коридор 9	75	86	3	0,140
Коридор 10	75	82	2	0,100
Коридор 11	75	90	6	0,240
			Суммарная мощность	44,6