

АННОТАЦИЯ

В бакалаврской работе представлен проект электрооборудования и электрохозяйства предприятия по производству светодиодных светильников.

В работе произведены следующие расчеты:

- определение нагрузок в целом по предприятию с учетом дополнительных нагрузок и нагрузок на освещение;
- расчет числа и выбор электрического освещения на предприятии.
- расчет числа и выбор типа трансформаторов по приведенным общим затратам;
- расчет токов короткого замыкания;
- выбор защитного оборудования для электрооборудования данного предприятия.

Бакалаврская работа выполнена на 48 страницах, включает 12 таблиц, 22 литературных источников, 2 рисунка и 6 чертежей формата А1.

ABSTRACT

The title of the thesis is "Design of electrical equipment and electrical facilities of the factory for the production of LED lamps".

The graduation work consists of an explanatory note on 48 pages, introduction, including 2 figures, 12 tables, the list of 22 references including 5 foreign sources, and the graphic part on 6 A1 sheets.

The aim of the work is to design an electric utility, which is necessary to ensure high reliability and economy of the factory for the production of LED lamps.

To achieve this goal, we set a number of tasks. We give full coverage to the power supply system of the workshops and a warehouse. The calculation of electrical loads, lighting, cable sections, the selection of electrical equipment and devices are carried out. On the basis of the loads calculation the type, number and transformers power have been selected. The issues of energy efficiency and economic component are highlighted in the project's general part.

The special part of the work gives details about the system of grounding and lightning protection of the building. The design and calculation of these parameters are mandatory in the design of the power supply system for workshops and a warehouse, since this affects the life and safety of people.

The result of the graduation work is the following: the power supply system of the enterprise for the production of LED lamps was designed and the appropriate electrical equipment was selected.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 Расчет электрических нагрузок	6
2 Расчет электрического освещения.....	13
3 Выбор трансформаторов и компенсирующих устройств	18
3.1 Выбор силовых трансформаторов.....	16
3.2 Расчет компенсирующих устройств.....	17
4 Выбор схемы внутризаводского электроснабжения	18
5 Выбор элементов схемы электроснабжения цеха.....	19
5.1 Выбор распределительных устройств.....	19
5.2 Выбор сечений проводников распределительной сети.....	23
5.3 Выбор автоматических выключателей	25
5.4 Выбор трансформаторов тока.....	27
6 Расчет токов короткого замыкания	29
6.1 Расчет токов трехфазного и двухфазного КЗ.....	30
7 Проверка выбранных сечений проводников и аппаратов.....	38
7.1 Проверка аппаратов на защиту от токов КЗ и перегрузок.....	38
7.2 Проверка на динамическую устойчивость	40
7.3 Проверка по отключающей способности	40
8 Расчет контура заземления.....	42
9 Молниезащита	42
Заключение	46
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	47

ВВЕДЕНИЕ

Промышленные предприятия потребляют более 60% от всей электроэнергии, вырабатываемой в стране. Одновременно наблюдается заметный рост их мощностей и энергопотребления. Поэтому большое значение придается разработке новых и наиболее рациональных схем распределения энергетических ресурсов, поскольку эта задача становится все более сложной. В соответствии с современными требованиями, электроснабжение предприятий должно быть надежным, экономичным, удобным и безопасным.

Целью бакалаврской работы является: создание схемы электроснабжения предприятия по производству светодиодных светильников.

На участках производства установлено оборудование: лакокрасочное, станочное и др. На предприятии предусмотрены помещения: для трансформаторной подстанции, для бытовых нужд и др.

ТП участка производства получает электроснабжение от ГПП предприятия по кабельной линии длиной 1 км, напряжение – 10 кВ. Расстояние от энергосистемы до ГПП - 4 км, линия – воздушная.

По бесперебойности и надежности электроснабжения оборудование относится ко 3 категории.

В рамках работы будет рассмотрен план электроснабжения предприятия.

Для достижения цели выдвигаются следующие задачи:

- Расчет электрических нагрузок
- Расчет электрического освещения
- Выбор трансформаторов и компенсирующих устройств
- Выбор схемы внутриводского электроснабжения
- Выбор элементов схемы электроснабжения участков производства
- Расчет токов короткого замыкания
- Проверка выбранных сечений проводников и аппаратов

1 Расчет электрических нагрузок

Произведем расчет электрических нагрузок по участку производства. Электрические нагрузки рассчитываются по методу упорядоченных диаграмм (метод коэффициента максимума).

Рассчитаем приведенные мощности для электрооборудования, которое работает в повторно-кратковременном режиме по формуле 1.1:

$$p_H = P_{\text{пасп}} \cdot \frac{\overline{\text{ПВ}}}{100} \quad (1.1)$$

где p_H – номинальная мощность, приведенная к длительному режиму;

$P_{\text{пасп}}$ – паспортная мощность электроприемника, кВт;

$\overline{\text{ПВ}}$ – продолжительность включения, %.

В повторно-кратковременном режиме работает тележка загрузки штрипса. Рассчитаем её мощность по формуле 1.1 и запишем полученные данные в таблицу 1.1.

$$p_{H \text{ км}} = 2,6 \cdot \frac{\overline{60}}{100} = 2 \text{ кВт}$$

Мощность электроприемников, работающих в длительном режиме, не нуждается в дополнительном расчете, поэтому формула номинальной мощности, приведенной к длительному режиму имеет вид 1.2:

$$p_H = P_{\text{пасп}} \quad (1.2)$$

где p_H – номинальная мощность, приведенная к длительному режиму, кВт;

$P_{\text{пасп}}$ – паспортная мощность электроприемника, кВт.

Начнем заполнять сводную ведомость нагрузок по участку производства. Она приведена в таблице 1.1.

Покажем расчет параметров таблицы. Для расчетов будем использовать формулы 1.3-1.12:

- установленная мощность электроприемников:

$$P_H = p_H \cdot n \quad (1.3)$$

где P_H - установленная мощность всех электроприемников, кВт;

n – количество электроприемников данной группы, шт.

- средняя активная нагрузка:

$$P_C = K_{И} \cdot P_H \quad (1.4)$$

где P_C - средняя активная нагрузка, кВт;

$K_{И}$ - коэффициент использования электрооборудования, определяемый по справочным данным.

- средняя реактивная нагрузка:

$$Q_C = K_{И} \cdot P_H \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (1.5)$$

где Q_C - средняя активная нагрузка, кВар;

$K_{И}$ - коэффициент использования электрооборудования;

$\operatorname{tg} \varphi$ - коэффициент мощности, определяемый по справочным данным.

- Величина m (формула 1.6) сравнивается с 3, что влияет на метод расчета эффективного числа электроприемников.

$$m = \frac{P_{H \text{ наиб}}}{P_{H \text{ наим}}} \quad (1.6)$$

где $p_{н\text{ наиб}}$ и $p_{н\text{ наим}}$ – номинальные активные мощности наибольшего и наименьшего электроприемников в группе, кВт.

- эффективное число электроприемников определяется в зависимости от коэффициента m : если $m < 3$, то $n_э$ принимается равным фактическому числу электроприемников, если же $m > 3$, то $n_э$ определяется по формуле:

$$n_э = \frac{2 \cdot P_{н\Sigma}}{P_{н\text{ наиб}}} \quad (1.7)$$

где $n_э$ - эффективное число электроприемников, шт;

$P_{н\Sigma}$ - суммарная цеховая мощность электроприемников, кВт;

P_{max} - максимальная мощность электроприемника кВт.

- расчетная активная нагрузка:

$$P_p = K_{ма} \cdot P_c \quad (1.8)$$

где P_p - расчетная активная нагрузка группы электроприемников;

$K_{ма}$ - коэффициент максимума на шинах низкого напряжения производственных трансформаторов и для магистральных шинопроводов напряжением до 1 кВ. Значение $K_{ма}$ определяется по справочникам. В данном случае $K_{ма} = 1,25$

- расчетная реактивная мощность:

$$Q_p = K_{мр} \cdot Q_c \quad (1.9)$$

где Q_p - расчетная реактивная мощность, кВар;

$K_{мр}$ - коэффициент максимума реактивной мощности. При $n_э = 10$, значение принимается равным $K_{мр} = 1,1$, в других случаях – $K_{мр} = 1$

- расчетная полная мощность:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \quad (1.10)$$

где S_p - расчетная полная мощность, кВА.

- токовая расчетная нагрузка:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} \quad (1.11)$$

где I_p - расчетная токовая нагрузка;

U_H - номинальное напряжение.

- общий коэффициент использования:

$$K_{И} = \frac{\Sigma P_C}{P_{НЭ}} \quad (1.12)$$

где $P_{НЭ}$ - сумма номинальных мощностей электроприемников.

Покажем расчет на примере лабораторных стендов Е27. Согласно плану предприятия, число установок составляет $n = 6$ шт. Мощность одной установки в длительном режиме составляет $p_{НЭу} = 5$ кВт.

По формуле 1.3 найдем установленную мощность:

$$p_{НЭу} = 6 \cdot 5 = 30 \text{ кВт.}$$

Групповой коэффициент использования и коэффициент мощности найдем исходя из справочных данных: $K_{И} = 0,17$; $\cos \varphi = 0,5$; $\operatorname{tg} \varphi = 1,73$.

По формулам 1.4 и 1.5 найдем среднюю активную и реактивную нагрузку:

$$P_c = 0,1 \cdot 30 = 3 \text{ кВт}$$

$$Q_c = 3 \cdot 1,73 = 5,2 \text{ квар}$$

Аналогично рассчитаем другие электроприемники, результаты занесем в таблицу 1.1.

По формулам 1.8-1.12 определим значения для расчетных активной, реактивной и полной мощностей и расчетного тока. Результаты так же сведем в таблицу 1.1.

Таблица 1.1 – Расчет нагрузок по цеху

№ п/п	Наименование ЭП	Ко-во ЭП	Установленная мощность		m	Ки	cosφ / tgφ	Средняя нагрузка		пэ	Кма/Кмп	Расчетная нагрузка			Ip, А
			1 ЭП, кВт	Всех, кВт				Рс, кВт	Qс, квар			Рр, кВт	Qр, квар	Sp, кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Тележка загрузки штрипса	2	2	4		0,3	0,75/0,8 8	1,20	1,06						
2	Размотчик рулона штрипса	2	7,5	15		0,7	0,8/0,75	10,50	7,88						
3	Правильно-подающее устройство с ЧПУ	2	2,2	4,4		0,65	0,8/0,75	2,86	2,15						
4	Вентилятор	4	5,5	22		0,65	0,82/0,7 5	14,30	10,73						
5	Отрезной пресс	2	10	20		0,6	0,7/0,8	12,00	9,60						
6	Пробивной пресс	2	19	38		0,65	0,82/0,7	24,70	17,29						
7	Листогиб	2	5,5	11		0,6	0,7/0,8	6,60	5,28						
8	Автоматический укладчик	2	4	8		0,75	0,8/0,75	6,00	4,50						
9	Профилегибочный стан	2	7	14		0,6	0,75/0,8 8	8,40	7,39						

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
10	Транспортёр подвесной	1	3	3		0,58	0,75/0,8 8	1,74	1,53						
11	Струйная камера подготовки поверхности	1	2	2		0,6	0,7/0,8	1,2	0,96						
12	Покрасочная камера	1	5	5		0,7	0,85/0,6 2	3,5	2,17						
13	Термокамера	1	30	30		0,5	0,85/0,6 2	15	9,3						
14	Термопластавто мат	2	15	30		0,75	0,9/0,48	22,5	10,8						
15	Станок Salvagnini	1	12	12		0,16	0,65/1,1 7	1,92	2,25						
16	Отрезной пресс Salvagnini	1	10	10		0,6	0,7/1,02	6,00	6,12						
17	Стенд лабораторный E27	6	5	30		0,1	0,5/1,73	3,00	5,19						
18	Гониофотометр	1	2	2		0,1	0,5/1,73	0,20	0,35						
Итого по цеху		35	146,7	260,4	>3	0,53	0,74/0,9	141,62	104,55	14	1,25/ 1	177, 7	104,55	207,4 7	299,8 1
Итого по цеху с освещением												220, 62	143,2	265,2 3	383,2 9

2 Расчет электрического освещения

В бакалаврской работе расчет освещения производственных участков производится по методу коэффициента использования светового потока.

Так как производственный участок имеет Г-образную форму, то общую площадь найдем как сумму трех площадей.

Рассчитаем площадь помещения по формуле 2.1:

$$S_{\text{общ}} = S_1 + S_2 + S_3$$

$$S_{\text{общ}} = S_1 + S_2 + S_3 = 2250 + 240 + 1110 = 3600 \text{ м}^2$$

Определим индекс помещения для каждого помещения по формуле 2.2:

$$I = \frac{S}{H_1 - h_2 \cdot A + B}$$

где H_1 - высота цеха, уменьшенная на один метр, м;

h_2 - высота рабочей поверхности, принимается равной 1,5 м.

$$I_1 = \frac{2250}{8 - 1 - 1,5 \cdot (25 + 90)} = 3,01$$

$$I_2 = \frac{240}{8 - 1 - 1,5 \cdot (7,5 + 32,5)} = 0,92$$

$$I_3 = \frac{1110}{8 - 1 - 1,5 \cdot (20 + 55)} = 2,28$$

Принимается коэффициент запаса, равный 1,4; коэффициент отражения потолка 70%; коэффициент отражения стен 70%; коэффициент отражения пола 10%.

Количество светильников определяется по формуле 2.3:

$$N = \frac{E \cdot S \cdot Kз}{\eta \cdot n \cdot \Phi л}$$

где E – требуемое горизонтальное освещение, лк;

S – площадь цеха, м²;

η – коэффициент использования;

Kз – коэффициент запаса;

n – количество ламп в светильнике, шт;

Φл – световой поток одной лампы, лм.

Исходя из принятых допущений, примем E=500 лк, η=0,53, Kз=1,5, Φл=69600 лм.

Определим количество светильников:

$$N = \frac{500 \cdot 3600 \cdot 1,5}{0,53 \cdot 1 \cdot 69600} = 73 \text{ шт}$$

Для производственного участка выберем светильники ДИУС-480 со светодиодным источником света.

Мощность одного светильника равна 0,54 кВт

Рассчитаем активную и реактивную мощность освещения по формулам 2.4 и 2.5 соответственно.

$$P_{осв} = N \cdot n \cdot P_{л} = 73 \cdot 1 \cdot 0,54 = 39,42 \text{ кВт}$$

где P_л – мощность светильника, кВт.

$$Q_{осв} = P_{осв} \cdot tg\varphi = 39,42 \cdot 0,9 = 35,5 \text{ квар}$$

где tgφ – среднее значение тангенса для всего оборудования.

Рассчитаем отдельно количество светильников для склада готовой продукции.

$$S_{\text{общ}} = 56 \cdot 25 = 1410 \text{ м}^2$$

$$N = \frac{100 \cdot 1410 \cdot 1,5}{0,53 \cdot 1 \cdot 8000} = 50 \text{ шт}$$

Для склада готовой продукции выберем светодиодные светильники TDS-FL 112-70 со светодиодным источником света.

Мощность одного светильника равна 0,07 кВт

Рассчитаем активную и реактивную мощность освещения:

$$P_{\text{осв}} = N \cdot n \cdot P_{\text{л}} = 50 \cdot 1 \cdot 0,07 = 3,5 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{осв}} = P_{\text{осв}} \cdot \text{tg}\varphi = 3,5 \cdot 0,9 = 3,15 \text{ квар}$$

Найдём суммарную мощность освещения:

$$P_{\text{осв}} = 39,42 + 3,5 = 42,92 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{осв}} = 35,5 + 3,15 = 38,65 \text{ квар}$$

Рассчитанные значения активной и реактивной мощности занесем в таблицу 1.1.

3 Выбор трансформаторов и компенсирующих устройств

3.1 Выбор силовых трансформаторов

Так как по категориям надежности электроснабжения потребители предприятия по производству светодиодных светильников относятся к III категории, то при выборе трансформаторов будем применять требования III категории надежности. Таким образом, к установке принимаем один трансформатор.

Устанавливать будем маслонаполненные трансформаторы, это связано с тем, что: условия в помещении не являются пожароопасными; являются более эффективными; имеют меньшие потери при прочих равных условиях; жидкость более эффективна в качестве охлаждающего агента для снижения температуры в обмотках; имеют большой срок службы по сравнению с другими типами; удобство в ежегодном и профилактическом обслуживании.

Рассчитаем мощность трансформатора, принимаемого к установке по формуле 3.1.

$$S_{HT} = S_{P\Sigma} = 265,23 \text{ кВА}$$

Рассчитаем плотность электрической нагрузки производства по формуле 3.2

$$\sigma = \frac{S_{P\Sigma}}{F_{Ц}} = \frac{265,23}{1440} \approx 0,18$$

К установке принимаем комплектную трансформаторную подстанцию и трансформатор ТМ-400/6-10/0,4 мощностью 400 кВА.

3.2 Расчет компенсирующих устройств

Требуемая мощность конденсаторных батарей, вычисляется по формуле 3.3.

$$Q_{\text{ку}} = P_{\text{рз}} \cdot \alpha \cdot (\text{tg}\varphi_1 - \text{tg}\varphi_2)$$

где $\text{tg}\varphi_2$ - коэффициент мощности на шинах КТП, при котором потребление реактивной мощности не выходит за пределы экономических значений.

$$Q_{\text{ку}} = 220,62 \cdot 0,8 \cdot 0,9 - 0,47 = 75,89 \text{ квар}$$

Выбираем одну компенсирующую установку УКБ-0,38-75 УЗ номинальной мощностью 75 квар соответственно.

4 Выбор схемы внутризаводского электроснабжения

Схема внутризаводской сети определяется технологическим процессом производства, планировкой помещений предприятия, расположением трансформаторной подстанции, электроприемников и требованиями, предъявляемыми к ним.

К предприятию по выпуску светодиодных светильников рационально применить смешанную схему электроснабжения, т.е. до вводно-распределительного устройства будет проложен кабель, а от него по кабелю через пункты распределения будут запитываться группы электроприемников.

Вентиляторная предприятия оснащена четырьмя вентиляторами. Для повышения надежности схемы электроснабжения предприятия питание этих электроприемников осуществим через распределительный пункт.

Схема электроснабжения предприятия включает в себя:

- питающие линии: от РУ 0,4 кВ к вводно-распределительному устройству;
- распределительные линии: от распределительных пунктов к электроприемникам;
- распределительный пункты ПР напряжением 0,38 кВ;
- аппаратура коммутации и защиты.

Схема внутризаводского электроснабжения представлена на рисунке 4.1.

Трансформаторная подстанция находится в здании предприятия, т.е. максимально близко к потребителям электроэнергии, что сокращает протяженность сетей низшего напряжения, тем самым уменьшая потери.

5 Выбор элементов схемы электроснабжения цеха

Для расчетов токов короткого замыкания в различных местах сети внутризаводского электроснабжения нужно знать параметры всех элементов сети.

Предварительный выбор кабельных линий, автоматов и прочего оборудования выполняем по расчетным значениям номинальных токов.

5.1 Выбор распределительных устройств

Вводно-распределительное устройство запитывается кабелем от ТП. Затем по кабелям снабжаются распределительные пункты. Каждый электроприемник питается кабелем от ПР.

При вычислениях расчетный ток для распределительных устройств, питающий один электроприемник, найдем по формуле 5.1:

$$I_P = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi} \quad (5.1)$$

где P_H – номинальная мощность электроприемника, кВт;

U_H - номинальное напряжение, кВ;

$\cos \varphi$ – коэффициент мощности.

Расчет остальных параметров будем вести аналогично расчету в разделе 1.

Для выбора оборудования составим таблицу 5.1 с расчетами каждого распределительного пункта.

Таблица 5.1 – Расчет распределительных устройств

№ п/п	Наименование ЭП	Кол- во ЭП	Установленная мощность		m	Ки	Cosφ/ tgφ	Средняя нагрузка		пэ	Кма / Кмп	Расчетная нагрузка			Iр, А
			1 ЭП, кВт	Всех, кВт				Рс, кВт	Qс, квар			Рр, кВт	Qр, квар	Sp, кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ПР1	Тележка загрузки штрипса	1	2	2		0,3	0,75/0,88	0,60	0,53						
	Размотчик рулона штрипса	1	7,5	7,5		0,7	0,8/0,75	5,25	3,94						
	Правильно- подающее устройство с ЧПУ	1	2,2	2,2		0,65	0,8/0,75	1,43	1,07						
	Отрезной пресс	1	10	10		0,6	0,7/0,8	6,00	4,80						
	Пробивной пресс	1	19	19		0,65	0,82/0,7	12,35	8,65						
	Листогиб	1	5,5	5,5		0,6	0,7/0,8	3,30	2,64						
	Автоматический укладчик	1	4	4		0,75	0,8/0,75	3,00	2,25						
	Профилегибочный стан	1	7	7		0,6	0,75/0,88	4,20	3,70						
	Итого по ПР1	8	57,2	57,2		0,61	0,77/0,79	36,13	27,57	6	1,37/1,1	49,50	30,33	58,09	83,95
ПР2	Тележка загрузки штрипса	1	2	2		0,3	0,75/0,88	0,60	0,53						
	Размотчик рулона штрипса	1	7,5	7,5		0,7	0,8/0,75	5,25	3,94						
	Правильно- подающее устройство с ЧПУ	1	2,2	2,2		0,65	0,8/0,75	1,43	1,07						
	Отрезной пресс	1	10	10		0,6	0,7/0,8	6,00	4,80						
	Пробивной пресс	1	19	19		0,65	0,82/0,7	12,35	8,65						

Продолжение таблицы 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Листогиб	1	5,5	5,5		0,6	0,7/0,8	3,30	2,64						
	Автоматический укладчик	1	4	4		0,75	0,8/0,75	3,00	2,25						
	Профилегибочный стан	1	7	7		0,6	0,75/0,88	4,20	3,70						
	Итого по ПР2	8	57,2	57,2		0,61	0,77/0,79	36,13	27,57	6	1,37/1,1	49,50	30,33	58,09	83,95
ПР3	Транспортёр подвесной	1	3	3		0,58	0,75/0,88	1,74	1,53						
	Струйная камера подготовки поверхности	1	2	2		0,6	0,7/0,8	1,2	0,96						
	Итого по ПР3	2	5	5		0,59	0,73/0,84	2,95	2,49	3	1,5/1,1	4,43	2,74	5,19	7,5
ПР4	Покрасочная камера	1	5	5		0,7	0,85/0,62	3,5	2,17						
	Итого по ПР4	1	5	5		0,7	0,85/0,62	3,5	2,17	2	1,35/1,1	4,73	2,39	5,29	7,65
ПР5	Термокамера	1	30	30		0,5	0,85/0,62	15	9,3						
	Итого по ПР5	1	30	30		0,5	0,85/0,62	15	9,3	2	1,79/1,1	26,85	10,23	28,73	41,52
ПР6	Станок Salvagnini	1	12	12		0,16	0,65/1,17	1,92	2,25						
	Отрезной пресс Salvagnini	1	10	10		0,6	0,7/1,02	6	6,12						
	Итого по ПР6	2	22	22		0,38	0,68/1,1	8,36	8,37	4	1,87/1,1	14,81	9,21	17,45	25,21
ПР7	Стенд лабораторный E27	6	5	30		0,1	0,5/1,73	3	5,19						
	Итого по ПР7	6	5	30		0,1	0,5/1,73	3	5,19	2	3,82/1,1	11,46	5,71	12,8	18,5
ПР8	Гониофотометр	1	2	2		0,1	0,5/1,73	0,2	0,35						
	Итого по ПР8	1	2	2		0,1	0,5/1,73	0,2	0,35	2	3,82/1,1	0,76	0,39	0,86	1,24
ПР9	Термопластавтомат	2	15	30		0,75	0,9/0,48	22,5	10,8						

Продолжение таблицы 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Итого по ПР9	2	15	30		0,75	0,9/0,48	3	10,8	2	1,25/1,1	28,13	11,88	30,53	44,12
ПР10	Вентилятор	4	5,5	22		0,65	0,82/0,75	14,3	10,73						
	Итого по ПР10	4	5,5	22		0,65	0,82/0,75	14,3	10,73	2	1,41	20,16	11,8	23,36	33,76

5.2 Выбор сечений проводников распределительной сети

К прокладке примем четырехжильный кабель марки ВВГнг с медными жилами. Изоляция жил и оболочка кабеля выполнены из ПВХ. Кабель ВВГнг – негорючий. Для определения расчетного тока I_p к электроприемнику будем использовать формулу:

$$I_p = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi}$$

где P_H – номинальная мощность электроприемника, кВт;

U_H - номинальное напряжение, кВ;

$\cos \varphi$ – коэффициент мощности.

Расчетные токи для определения сечений кабелей к распределительным устройствам были рассчитаны в п. 5.1. Рассчитаем I_p на примере термокамеры:

$$I_p = \frac{30}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,85} = 51 \text{ A}$$

Аналогично рассчитаем расчетные токи для других электроприемников, результат запишем в таблицу 5.3.

Выберем сечения кабелей цеховых сетей при условии, что $I_p < I_{\text{доп}}$ и запишем в таблицу 5.2.

Допустимый ток $I_{\text{доп}}$ и сечение определим по справочным таблицам длительно допустимых токовых нагрузок четырехжильных кабелей ВВГнг.

Следует учесть, что сечение медной жилы кабеля не должно быть меньше $2,5 \text{ мм}^2$.

Таблица 5.2 – Выбор кабелей сети электроснабжения предприятия

№ п/п	Название	I_p , А	$I_{доп}$, А	Сечение, мм ²	Марка
1	ПР1	107,4	135	50	ВВГнг 4х50
2	ПР2	107,4	135	50	ВВГнг 4х50
3	ПР3	9,9	21	2,5	ВВГнг 4х2,5
4	ПР4	8,5	21	2,5	ВВГнг 4х2,5
5	ПР5	51	70	16	ВВГнг 4х16
6	ПР6	47	50	10	ВВГнг 4х10
7	ПР7	87	100	35	ВВГнг 4х35
8	ПР8	5,8	21	2,5	ВВГнг 4х2,5
9	ПР9	48	50	10	ВВГнг 4х10
10	ПР10	39	42	8	ВВГнг 4х8
11	Тележка загрузки штрипса	7,71	21	2,5	ВВГнг 4х2,5
12	Размотчик рулона штрипса	27,1	31	5	ВВГнг 4х5
13	Правильно-подающее устройство с ЧПУ	7,95	21	2,5	ВВГнг 4х2,5
14	Отрезной пресс	41,29	50	10	ВВГнг 4х10
15	Пробивной пресс	66,97	70	16	ВВГнг 4х16
16	Листогиб	22,71	21	2,5	ВВГнг 4х2,5
17	Автоматический укладчик	14,45	21	2,5	ВВГнг 4х2,5
18	Профилегибочный стан	26,98	31	5	ВВГнг 4х5
19	Транспортёр подвесной	5,78	21	2,5	ВВГнг 4х2,5
20	Струйная камера подготовки поверхности	4,13	21	2,5	ВВГнг 4х2,5
21	Покрасочная камера	8,5	21	2,5	ВВГнг 4х2,5
22	Термокамера	51	70	16	ВВГнг 4х16
23	Термопластавтомат	48,17	50	10	ВВГнг 4х10
24	Станок Salvagnini	26,68	31	5	ВВГнг 4х5
25	Отрезной пресс Salvagnini	20,65	21	2,5	ВВГнг 4х2,5
26	Стенд лабораторный E27	86,71	100	35	ВВГнг 4х35
27	Гониофотометр	5,78	21	2,5	ВВГнг 4х2,5
28	Вентилятор	38,78	50	10	ВВГнг 4х10

5.3 Выбор автоматических выключателей

Чтобы выбрать автоматический выключатель нужно знать ток в линии, где он установлен. Автоматы будем выбирать по номинальному току автомата $I_{\text{НА}}$, исходя из условий:

- для линии с одним электродвигателем: $1,25 \cdot I_{\text{P}} < I_{\text{НА}}$;
- для групповой линии с несколькими электродвигателями: $1,1 \cdot I_{\text{P}} < I_{\text{НА}}$.

Расчетные токи в линиях для выбора автоматических выключателей были рассчитаны в пункте 5.3.

В таблице 5.3 произведем выбор автоматических выключателей для линий к распределительным устройствам.

Выключатели от трансформаторов будем брать с учетом увеличения мощности производства.

Таблица 5.3 – Выбор автоматических выключателей

№	Название	I_{P} , А	$1,1I_{\text{P}}$, А	$I_{\text{НР}}$, А	$I_{\text{ПКС,К}}$, А	$I_{\text{НА}}$, А	Марка
1	ПР1	107,4	118,14	125	18	125	ВА 51-35
2	ПР2	107,4	118,14	125	18	125	ВА 51-35
3	ПР3	9,9	10,89	16	18	16	ВА 51-35
4	ПР4	8,5	9,35	16	18	16	ВА 51-35
5	ПР5	51	56,1	63	18	63	ВА 51-35
6	ПР6	47	51,7	63	18	63	ВА 51-35
7	ПР7	87	95,7	100	18	100	ВА 51-35
8	ПР8	5,8	6,38	16	18	10	ВА 51-35
9	ПР9	48	52,8	63	18	63	ВА 51-35
10	ПР10	39	42,9	50	18	50	ВА 51-35
12	ВРУ	511	562,1	630	135	630	ВА 53-35

Аналогично в таблице 5.4 произведем выбор автоматических выключателей для линий к электроприемникам.

Таблица 5.4 – Выбор автоматических выключателей электроприемников

№	Название	I_p , А	$1,25I_p$, А	$I_{НР}$, А	$I_{ПКС}$, кА	$I_{НА}$, А	Марка
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Тележка загрузки штрипса	7,71	9,64	16	18	16	ВА 51-29
2	Размотчик рулона штрипса	27,1	33,88	50	18	50	ВА 51-29
3	Правильно-подающее устройство с ЧПУ	7,95	9,94	16	18	16	ВА 51-33
4	Отрезной пресс	41,29	51,61	63	18	63	ВА 51-29
5	Пробивной пресс	66,97	83,71	100	18	100	ВА 51-31
6	Листогиб	22,71	28,39	32	18	32	ВА 51-29
7	Автоматический укладчик	14,45	18,06	20	18	20	ВА 51-29
8	Профилегибочный стан	26,98	33,73	50	18	50	ВА 51-29
9	Транспортёр подвесной	5,78	7,23	16	18	16	ВА 51-29
10	Струйная камера подготовки поверхности	4,13	5,16	16	18	16	ВА 51-35
11	Покрасочная камера	8,5	10,63	16	18	16	ВА 51-25
12	Термокамера	51	63,75	80	18	80	ВА 51-29
13	Термопластавтомат	48,17	60,21	63	18	63	ВА 51-29
14	Станок Salvagnini	26,68	33,35	50	18	50	ВА 51-33
15	Отрезной пресс Salvagnini	20,65	25,81	32	18	32	ВА 51-29
16	Стенд лабораторный E27	86,71	108,39	125	18	125	ВА 51-31
17	Гониофотометр	5,78	7,23	16	18	16	ВА 51-29
18	Вентилятор	38,78	48,48	50	18	50	ВА 51-29

5.4 Выбор трансформаторов тока

Выбор трансформаторов тока для каждой линии внутриводского электроснабжения произведем по расчетным токам из пункта 5.2.

Составим таблицу 5.5, в которой выберем трансформаторы тока для распределительных устройств и электроприемников цеха. Выбирать трансформаторы тока будем из условия, что расчетный ток в линии будет меньше, чем номинальный ток первичной обмотки трансформатора.

Таблица 5.5 – Выбор трансформаторов тока

№	Название	I_p, A	I_n, A	Марка
1	ПР1	107,4	125	ТТИ -А 125/5А 5ВА 0,5
2	ПР2	107,4	125	ТТИ -А 125/5А 5ВА 0,5
3	ПР3	9,9	10	ТТИ -А 10/5А 5ВА 0,5
4	ПР4	8,5	10	ТТИ-А 10/5А 5ВА 0,5
5	ПР5	51	75	ТТИ-А 75/5А 5ВА 0,5
6	ПР6	47	50	ТТИ-А 50/5А 5ВА 0,5
7	ПР7	87	100	ТТИ-А 100/5А 5ВА 0,5
8	ПР8	5,8	10	ТТИ-А 10/5А 5ВА 0,5
9	ПР9	48	50	ТТИ-А 50/5А 5ВА 0,5
10	ПР10	39	40	ТТИ-А 40/5А 5ВА 0,5
11	Тележка загрузки штрипса	7,71	10	ТТИ-А 10/5А 5ВА 0,5
12	Размотчик рулона штрипса	27,1	30	ТТИ-А 30/5А 5ВА 0,5
13	Правильно-подающее устройство с ЧПУ	7,95	10	ТТИ-А 10/5А 5ВА 0,5
14	Отрезной пресс	41,29	50	ТТИ-А 50/5А 5ВА 0,5
15	Пробивной пресс	66,97	75	ТТИ-А 75/5А 5ВА 0,5
16	Листогиб	22,71	30	ТТИ-А 30/5А 5ВА 0,5
17	Автоматический укладчик	14,45	15	ТТИ-А 15/5А 5ВА 0,5
18	Профилегибочный стан	26,98	30	ТТИ-А 30/5А 5ВА 0,5
19	Транспортёр подвесной	5,78	10	ТТИ-А 10/5А 5ВА 0,5
20	Струйная камера подготовки поверхности	4,13	5	ТТИ -А 5/5А 5ВА 0,5
21	Покрасочная камера	8,5	10	ТТИ -А 10/5А 5ВА 0,5

Продолжение таблицы 5.5

22	Термокамера	51	75	ТТИ-А 75/5А 5ВА 0,5
23	Термопластавтомат	48,17	50	ТТИ-А 50/5А 5ВА 0,5
24	Станок Salvagnini	26,68	30	ТТИ-А 30/5А 5ВА 0,5
25	Отрезной пресс Salvagnini	20,65	30	ТТИ-А 30/5А 5ВА 0,5
26	Стенд лабораторный E27	86,71	100	ТТИ-А 100/5А 5ВА 0,5
27	Гониофотометр	5,78	10	ТТИ-А10/5А 5ВА 0,5
28	Вентилятор	38,78	40	ТТИ-А 40/5А 5ВА 0,5

Трансформаторы тока ТТИ-А имеют медную луженую шину, что дает возможность подключать как медные, так и алюминиевые проводники. Корпус всех трансформаторов ТТИ выполнен из самозатухающего пластика. Вес и габариты - на 10-20% меньше аналогичных трансформаторов тока других отечественных производителей.

6 Расчет токов короткого замыкания

Для расчета токов короткого замыкания необходимо составить расчетную схему, исходя из схемы электроснабжения предприятия. КЗ будем рассчитывать от СШ-2 (0,4кВ) трансформатора Т1 до электроприемника 20.

На рисунке 6.1 представлена расчетная схема для определения токов короткого замыкания. Расчет токов КЗ осуществляется по схеме замещения, которая состоит из элементов с активным и индуктивным сопротивлением.

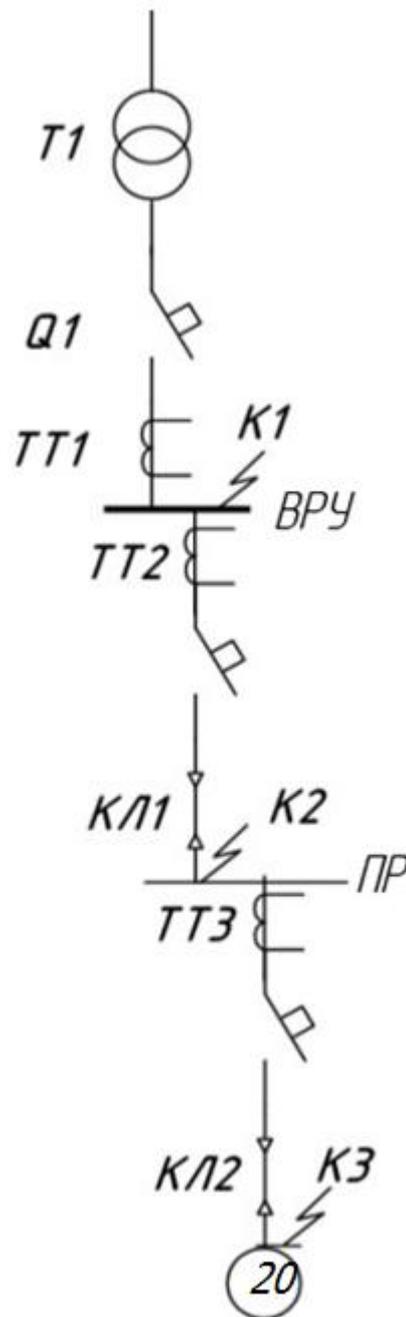


Рисунок 6.1 – Расчетная схема для определения токов КЗ

6.1 Расчет токов трехфазного и двухфазного КЗ

Схема замещения для определения тока двухфазного и трехфазного КЗ должна содержать все элементы расчетной схемы. Так же будем учитывать активное переходное сопротивление на каждой ступени расчетной схемы, которое возьмем из справочника.

На рисунке 6.2 представлена схема замещения для расчета токов двухфазного и трехфазного КЗ.

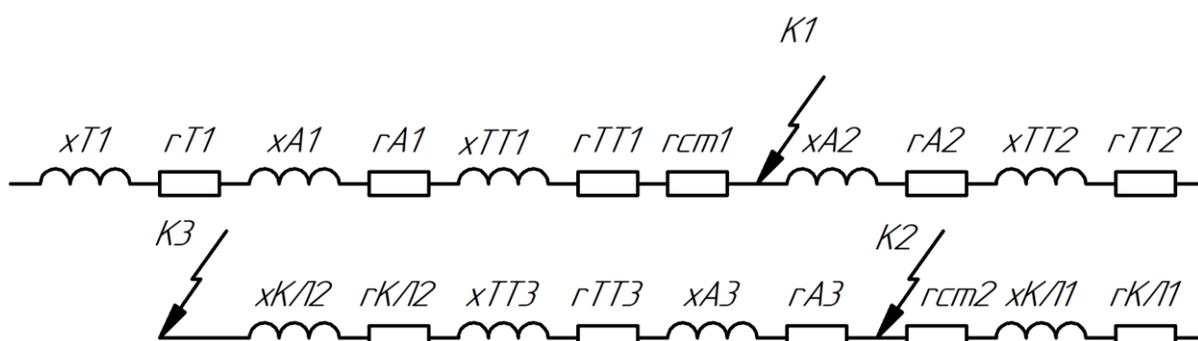


Рисунок 6.2 – Схема замещения для расчетов токов КЗ

Для расчета токов однофазного КЗ будем использовать параметры схемы нулевой последовательности, представленной на рисунке 6.3.



Рисунок 6.3 – Схема замещения для расчета токов однофазного КЗ

Для того чтобы рассчитать токи КЗ, найдем сопротивления элементов схемы.

Переходные сопротивления на ступенях распределения при отсутствии достоверных данных о контактах и их переходных сопротивлениях в сетях, питающихся от заводских трансформаторов мощностью до 2500 кВА принято брать равными:

- распределительные устройства подстанции: $r_{CT1} = 15$ мОм;
- первичные распределительные пункты: $r_{CT2} = 20$ мОм. [6, с 83]

Сопротивления трансформатора активное и индуктивное найдем из справочных таблиц:

- активное сопротивление: $r_{T1} = 3,4$ мОм;
- индуктивное сопротивление: $x_{T1} = 13,5$ мОм.

Сопротивления автоматических выключателей составит:

- автоматический выключатель к ВРУ: $r_{A1} = 0,1$ мОм, $x_{A1} = 0,1$ мОм;
- автоматический выключатель к ПР10: $r_{A2} = 0,15$ мОм, $x_{A2} = 0,17$ мОм;
- автоматический выключатель к электроприемнику 4: $r_{A3} = 0,4$ мОм, $x_{A3} = 0,5$ мОм.

Сопротивления трансформаторов тока согласно ГОСТ 28249-93 составят:

- трансформатор тока к ВРУ: $r_{TT1} = 0,05$ мОм, $x_{TT1} = 0,07$ мОм;
- трансформатор тока к ПР10: $r_{TT2} = 0,2$ мОм, $x_{TT2} = 0,3$ мОм;
- трансформатор тока к электроприемнику 4: $r_{TT3} = 0,42$ мОм, $x_{TT3} = 0,67$ мОм.

Индуктивное сопротивление кабельных линий будем находить по формуле:

$$x_{кл} = X_0 \cdot l, \quad (6.1)$$

где X_0 – удельное индуктивное сопротивление, мОм/м; l – длина кабельной линии, м.

Активное сопротивление кабельных линий будем находить по формуле:

$$r_{\text{кл}} = r_0 \cdot l, \quad (6.2)$$

где r_0 – удельное активное сопротивление, мОм/м;

l – длина кабельной линии, м.

При отсутствии данных можно принять удельные сопротивления нулевой последовательности: $r_{\text{II}} = 2 \cdot r_0$ мОм/м; $x_{\text{II}} = 0,4$ мОм/м. [6, с 84]

Рассчитаем сопротивления кабельной линии КЛ1 при $l=85$ м:

- активное сопротивление:

$$r_{\text{КЛ1}} = 0,154 \cdot 85 = 13,1 \text{ мОм};$$

- индуктивное сопротивление:

$$x_{\text{КЛ1}} = 0,08 \cdot 85 = 6,8 \text{ мОм};$$

- сопротивление схемы нулевой последовательности:

$$x_{\text{ОКЛ1}} = 0,06 \cdot 85 = 5,1 \text{ мОм};$$

$$r_{\text{ОКЛ1}} = 0,308 \cdot 85 = 26,2 \text{ мОм}.$$

Аналогично рассчитаем для КЛ2 при $l=10$ м:

$$r_{\text{КЛ2}} = 1,16 \cdot 10 = 11,6 \text{ мОм};$$

$$x_{\text{КЛ2}} = 0,095 \cdot 10 = 0,95 \text{ мОм};$$

$$x_{\text{оКЛ2}} = 0,4 \cdot 10 = 4 \text{ мОм};$$

$$r_{\text{оКЛ2}} = 2,32 \cdot 10 = 23,2 \text{ мОм}.$$

Упростим схему замещения на рисунке 6.2 и получим схему на рисунке 6.4.

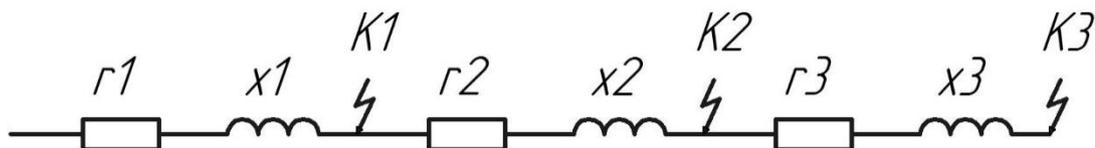


Рисунок 6.4 – Упрощенная схема замещения

Рассчитаем сопротивления упрощенной схемы замещения для расчета токов трехфазных и двухфазных КЗ.

$$r_1 = r_{\text{T1}} + r_{\text{A1}} + r_{\text{ТТ1}} + r_{\text{ст1}} = 3,4 + 0,1 + 0,05 + 15 = 18,55 \text{ мОм}.$$

$$x_1 = x_{\text{T1}} + x_{\text{A1}} + x_{\text{ТТ1}} = 13,5 + 0,1 + 0,07 = 13,67 \text{ мОм}.$$

$$r_2 = r_{\text{A2}} + r_{\text{ТТ2}} + r_{\text{КЛ1}} + r_{\text{ст2}} = 0,15 + 0,2 + 13,1 + 20 = 33,45 \text{ мОм}.$$

$$x_2 = x_{\text{A2}} + x_{\text{ТТ2}} + x_{\text{КЛ1}} = 0,17 + 0,3 + 6,8 = 7,23 \text{ мОм}.$$

$$r_3 = r_{\text{A3}} + r_{\text{ТТ3}} + r_{\text{КЛ2}} = 0,4 + 0,42 + 11,6 = 12,42 \text{ мОм}.$$

$$x_3 = x_{\text{A3}} + x_{\text{ТТ3}} + x_{\text{КЛ2}} = 0,5 + 0,67 + 0,92 = 2,09 \text{ мОм}.$$

Для расчета токов будем использовать следующие формулы:

- коэффициент действующего значения тока:

$$q = \sqrt{1 + 2(K_y - 1)^2}, \quad (6.3)$$

где K_y – ударный коэффициент.

- ток трехфазного КЗ:

$$I_{\text{КЗ}}^{(3)} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_{\text{КЗ}}}, \quad (6.4)$$

- ток двухфазного КЗ:

$$I_{\text{КЗ}}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{\text{КЗ}}^{(3)}, \quad (6.5)$$

- ударный ток:

$$i_y = \sqrt{2} \cdot K_y I_{\text{КЗ}}^{(3)}, \quad (6.6)$$

- действующее значение ударного тока:

$$I_y = q \cdot I_{\text{КЗ}}^{(3)}, \quad (6.7)$$

Рассчитаем токи КЗ для точки КЗ1 по упрощенной схеме замещения на рисунке 6.4. Рассчитаем сопротивления итоговые до точки КЗ1:

$$r_{\text{КЗ1}} = r_1 = 18,55 \text{ мОм.}$$

$$x_{\text{КЗ1}} = x_1 = 13,67 \text{ мОм.}$$

$$z_{\text{КЗ1}} = \sqrt{18,68^2 + 13,64^2} = 23,04 \text{ мОм.}$$

Найдем отношение $\frac{r_{K31}}{x_{K31}}$ для того, чтобы определить ударный

коэффициент:

$$\frac{r_{K31}}{x_{K31}} = \frac{18,68}{13,64} = 1,36.$$

Ударный коэффициент найдем по графику зависимости $K_y = F\left(\frac{r_{K31}}{x_{K31}}\right)$

,который представлен на рисунке 6.5.

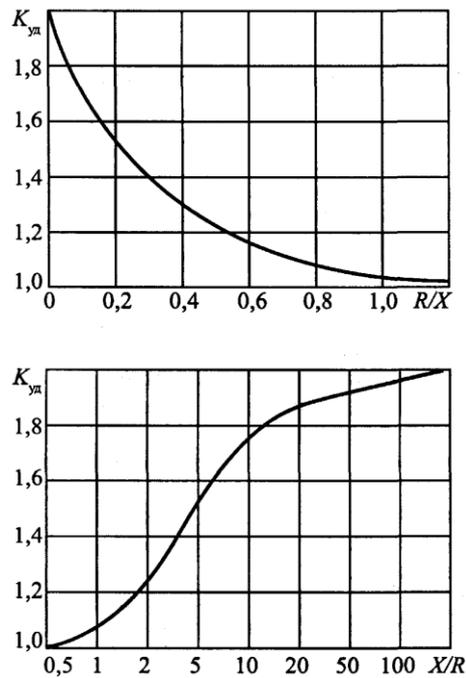


Рисунок 6.5 – График зависимости $K_y = F\left(\frac{r_{K31}}{x_{K31}}\right)$

Таким образом, $K_y = 1,25$. Тогда коэффициент действующего значения

тока равен:

$$q_{K31} = \sqrt{1 + 2(1,25 - 1)^2} = 1,06.$$

Ток трехфазного КЗ в точке К1:

$$I_{K31}^{(3)} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 23,04} = 10,01 \text{ кА.}$$

Ток двухфазного КЗ равен:

$$I_{K31}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} 10,01 = 8,65 \text{ кА.}$$

Ударный ток для точки К31 составит:

$$i_{yK31} = \sqrt{2} \cdot 1,25 \cdot 10,01 = 17,69 \text{ кА.}$$

Действующее значение ударного тока:

$$I_{yK31} = 1,06 \cdot 10,01 = 10,61 \text{ кА.}$$

Аналогично рассчитаем для точек короткого замыкания К2 и К3 и занесем в таблицу 6.1.

Рассмотрим схему на рисунке 6.3. Данная схема является схемой замещения нулевой последовательности. Аналогично рассчитаем суммарное сопротивление до точек КЗ и рассчитаем полное сопротивление, результат запишем в таблицу 6.1. Сопротивления нулевой последовательности для переходных ступеней примем равными сопротивлениям прямой последовательности.

Ток однофазного КЗ рассчитаем по формуле:

$$I_{K3}^{(1)} = \frac{U_{нф}}{z_n + z_T/3}, \quad (6.8)$$

где $U_{нф}$ – номинальное фазное напряжение, кВ;

z_n – сопротивление до точки КЗ в схеме нулевой последовательности;

z_T – полное сопротивление трансформатора при однофазном КЗ, для трансформатора 630 кВА $z_T=129$ мОм.

Рассчитаем ток однофазного КЗ для точки короткого замыкания КЗ1:

$$I_{K31}^{(1)} = \frac{0,220}{15+129/3} = 3,79 \text{ кА.}$$

Аналогично рассчитаем другие точки, результат запишем в таблицу 6.1.

Таблица 6.1 – Сводная расчетная таблица токов КЗ

Точка КЗ	$r_{K3},$ МОм	$x_{K3},$ МОм	$z_{K3},$ МОм	$\frac{r_{K3}}{x_{K3}}$	K_y	q	$I_{K3}^{(3)},$ кА	$I_{K3}^{(2)},$ кА	$z_n,$ МОм	$I_{K3}^{(1)},$ кА	$i_y,$ кА	$I_y,$ кА
КЗ1	18,5	13,7	23,1	1,36	1,3	1,1	10	8,65	15	3,7	17,7	10,6
КЗ2	21,2	0,91	21,2	23,3	0,01	1,7	10,8	9,34	53	2,3	0,15	18,6
КЗ3	15,6	2,34	15,7	6,65	0,1	1,6	14,6	12,6	71	1,9	2,06	23,5

Таким образом, наиболее опасным является трехфазное короткое замыкание в точке КЗ1, т.е. на шинах РУ 0,4 кВ.

7 Проверка выбранных сечений проводников и аппаратов

7.1 Проверка аппаратов на защиту от токов КЗ и перегрузок

Проверка на защиту от токов КЗ и перегрузок состоит из двух частей: проверки на срабатывание расцепителя; проверки на срабатывание выключателя автоматического. Проверка на срабатывание расцепителя выполняется при условии, что $I_{нр} \geq I_p$. Проверки на срабатывание автоматического выключателя выполняется при условии, что $I_{на} \geq I_p$

В таблице 7.1 выполним проверку на срабатывание расцепителя и автоматического выключателя.

Таблица 7.1 – Проверка на защиту от токов КЗ и перегрузок

№	Электроприемник	Выключатель	I_p, A	$I_{на}, A$	$I_{нр}, A$	Проверка
1	2	3	4	5	6	7
1	Тележка загрузки штрипса	ВА 51-29	7,71	16	16	прошел
2	Размотчик рулона штрипса	ВА 51-25	27,1	50	50	прошел
3	Правильно-подающее устройство с ЧПУ	ВА 51-25	7,95	16	16	прошел
4	Отрезной пресс	ВА 51-29	41,29	63	63	прошел
5	Пробивной пресс	ВА 51-25	66,97	100	100	прошел
6	Листогиб	ВА 51-25	22,71	32	32	прошел
7	Автоматический укладчик	ВА 51-31	14,45	20	20	прошел
8	Профилегибочный стан	ВА 51-29	26,98	50	50	прошел
9	Транспортёр подвесной	ВА 51-29	5,78	16	16	прошел
10	Струйная камера подготовки поверхности	ВА 51-29	4,13	16	16	прошел
11	Покрасочная камера	ВА 51-29	8,5	16	16	прошел

Продолжение таблицы 7.1

12	Термокамера	ВА 51-35	51	80	80	Прошел
13	Термопластавтомат	ВА 51-37	48,17	63	63	прошел
14	Станок Salvagnini	ВА 51-29	26,68	50	50	прошел
15	Отрезной пресс Salvagnini	ВА 51-25	20,65	32	32	прошел
16	Стенд лабораторный E27	ВА 51-25	86,71	125	125	прошел
17	Гониофотометр	ВА 51-29	5,78	16	16	прошел
18	Вентилятор	ВА 51-25	38,78	50	50	прошел
19	ПР1	ВА 51-29	107,4	125	125	прошел
20	ПР2	ВА 51-25	107,4	125	125	прошел
21	ПР3	ВА 51-25	9,9	16	16	прошел
22	ПР4	ВА 51-31	8,5	16	16	прошел
23	ПР5	ВА 51-29	51	63	63	прошел
24	ПР6	ВА 51-29	47	63	63	прошел
25	ПР7	ВА 51-29	87	100	100	прошел
26	ПР8	ВА 51-29	5,8	16	16	прошел
27	ПР9	ВА 51-35	48	63	63	прошел
28	ПР10	ВА 51-37	39	50	50	прошел
29	ВРУ	ВА 53-41	511	630	630	прошел

Таким образом, все выбранное оборудование прошло проверку.

7.2 Проверка на динамическую устойчивость

Ток динамической стойкости определяется ударным током, который протекает через коммутационный аппарат. Проверка определяется выражением $I_{\text{дин}} \geq i_{\text{уд}}$, где $i_{\text{уд}}$ – ударный ток, $I_{\text{дин}}$ – ток динамической стойкости, $I_{\text{дин}} = n \cdot I_{\text{ПКС}}$. n – коэффициент характеризующий отношение наибольшей включающей способности к наибольшей отключающей способности. Коэффициент n принимаем равным 1,41 для выключателей с предельной коммутирующей способностью до 1500 А, для выключателей с предельной коммутирующей способностью $20000 \text{ А} < I_{\text{ПКС}} < 50000 \text{ А}$ $n=2.1$.

Составим таблицу 7.2 в которой произведем проверку на динамическую стойкость автоматических выключателей.

Таблица 7.2 – Проверка на динамическую стойкость

№	Название	$i_{\text{ук1}}$, кА	$i_{\text{ук2}}$, кА	$i_{\text{ук3}}$, кА	$I_{\text{ПКС}}$, кА	$n \cdot I_{\text{ПКС}}$, кА
1	ВА 51-35	-	-	17,69	18	31,5
2	ВА 51-37	-	0,15	17,69	18	52,5
3	ВА 53-41	17,69	0,15	17,69	18	52,5

Как видно из таблицы 7.2 автоматические выключатели могут выдержать такую токовую нагрузку.

7.3 Проверка по отключающей способности

Немаловажным фактором при выборе защитного автомата является устойчивость к коротким замыканиям. Для анализа данного условия используется понятие предельной коммутационной стойкости (ПКС), характеризующее нормальную работу устройства при включении его на ток КЗ. Для обеспечения надёжного отключения аппаратом максимальных токов короткого замыкания, которые могут возникнуть на выходных зажимах, необходимо, чтобы аппарат обладал достаточной отключающей способностью. При этом отключающая способность аппарата должна соответствовать условию $I_{\text{ПКС}} \geq I^{(3)}$.

В таблице 7.3 проведем проверку выключателей по отключающей способности.

Таблица 7.3 – Проверка по отключающей способности

№	Название	$I_{K1}^{(3)}$,кА	$I_{K2}^{(3)}$,кА	$I_{K3}^{(3)}$,кА	$I_{\text{ПКС}}$, кА
1	ВА 51-35	-	-	14,6	18
2	ВА 51-37	-	10,8	14,6	18
3	ВА 53-41	10,01	10,8	14,6	18

Как видно из таблицы 7.3 выбранные автоматические выключатели прошли проверку по отключающей способности. Замена оборудования не требуется.

8 Расчет контура заземления

При расчете заземляющих устройств большую роль играет состояние почвы. По состоянию почвы определяется тип заземлителей, их количество, сечение заземляющих проводников и состояния

В качестве заземлителей, для заземления ТП 10/0,4 кВ, используется прутковые электроды, которые устанавливаются вертикально в землю.

Ток однофазного замыкания на землю в сети 10 кВ:

$$I_3 = U_H \cdot (35 \cdot L_K + L_B) / 350, \quad (8.1)$$

где U_H – номинальное линейное напряжение сети, кВ. $U_H = 10$ кВ;

L_K – длина кабельных линий, км. $L_K = 0,5$ км;

L_B – длина воздушных линий, км. $L_B = 4$ км.

$$I_3 = 10 \cdot (35 \cdot 0,5 + 4) / 350 = 0,61 \text{ А}$$

Сопротивление заземляющего устройства для сети 10 кВ при общем заземлении:

$$R_3 = 125 / I_3 \quad (8.2)$$

$$R_3 = 125 / 0,61 = 205 \text{ Ом}$$

Сопротивление заземляющих устройств для сети 380/220 В должно быть не более 4 Ом. Применяем наименьшее сопротивление заземляющих устройств 4 Ом.

Расчетное удельное сопротивления грунта:

$$\rho = \rho_{\text{изм}} \cdot \psi, \quad (8.3)$$

где $\rho_{\text{изм}}$ – удельное сопротивление грунта, Ом · см. Принимается равным $\rho_{\text{изм}} = 0,7 \cdot 10^{-4}$ Ом · см.

ψ – коэффициент сезонности, принимается равным $\psi = 1,5$;

$$\rho = 0,7 \cdot 10^{-4} \cdot 1,5 = 1,05 \cdot 10^{-4} \text{ Ом} \cdot \text{см}$$

Сопротивление пруткового заземлителя:

$$R_0 = 0,00227 \cdot \rho \tag{8.4}$$

$$R_0 = 0,00227 \cdot 1,05 \cdot 10^{-4} = 24 \text{ Ом}$$

Принимается размещение заземлителей в ряд с расстоянием между ними 6 м.

Число заземлителей:

$$n = R_0 / (\eta \cdot R_3), \tag{8.5}$$

где η – коэффициент использования, принимается равным $\eta = 0,8$.

$$n = 24 / (0,8 \cdot 4) = 8 \text{ шт.}$$

9 Молниезащита

Молниезащита – это обширный комплекс защитных устройств, предназначенных для обеспечения безопасности людей, сохранности зданий и сооружений, оборудования и материалов от возможных взрывов, возгораний и разрушений, возникающих при воздействии молнии.

Самыми распространенными видами молниеотводов являются стержневой, тросовой, сетка.

Защищаемый объект, предприятие по производству светодиодных светильников, принадлежит к III категории зданий по устройству молниезащиты, последствия при поражения которых связаны с небольшим материальным ущербом, чем при наличии взрывоопасной среды. К данной категории относятся здания и сооружения с пожароопасными помещениями или строительные конструкции низкой огнестойкости, большие общественные здания, высокие сооружения типа труб, башен, монументов.

Защита здания завода от поражения разрядом молнии выполняется в виде молниеприемной сеткой расположенной на крыше.

Все основные требования по проектированию и монтажу систем молниезащиты прописаны в двух нормативных документах:

- СО153-34.21.122-2003;
- РД34.21.122-87.

Молниезащита устроена из следующих элементов:

- Молниеприемник (в данном случае это молниеприемная сетка);
- Токоотводы;
- заземляющее устройство.

В качестве молниеприемной сетки используется стальная катанка сечением 50 мм². Материалом сетки служит сталь марки Ст09Г2С (холоднокатаная). Сетка монтируется на плоской кровле при помощи специальных держателей. Все соединения выполняются сваркой или специальными болтовыми зажимами. Молниеприемная сетка соединяется с

токоотводами. Токоотводами служат несущая металлическая конструкция здания (швеллер, двутавр). Такой вариант очень удобен, так как все стены здания выполнены из сэндвич панелей, что не дает возможности крепить токоотводы к стенам здания. Соединения токоотводов и молниеприемников между собой должны быть жестко закреплены, что бы не было риска ослабления а в дальнейшем и разрыва крепления. Количество соединений от молниеприемника до заземлителя должно быть минимальным. Места соединения токоотводов с защитным контуром заземления, выполняются по соответствующим нормативным требованиям. Все места сварки токоотводов с заземляющим устройством покрываются битумом, во избежание коррозии.

По завершению всех монтажных работ производится проверка на электрическую непрерывность (металлосвязь) всех элементов молниеприемника.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В бакалаврской работе выполнен расчет и выбор электрооборудования предприятия по производству светодиодных светильников, а также спроектирована электрическая сеть питания потребителей.

Для этого рассчитаны нагрузки по предприятию с учетом освещения. Рассчитано электрическое освещение и выбраны светильники для производства. Это светильники типа ДИУС-480 со светодиодными источниками света, мощностью 540 Вт каждая. Также отдельно выбраны светильники для складского помещения. Это светильники TDS-FL 112-70 со светодиодными источниками света, мощностью 70 Вт каждая. После был произведен выбор трансформаторов и компенсирующих устройств. Предполагается к установке КТП с одним трансформаторами ТМ-400/10/0,4 мощностью 400 кВА. Выбрано одно компенсирующее устройство типа УКБ суммарной мощности 75 квар. Определена схема питающей сети предприятия – смешанная, и выбрано следующее оборудование: кабели, автоматические выключатели и трансформаторы тока. Также произведен расчет токов трехфазного, двухфазного и однофазного КЗ. Учитывая данные, полученные при расчете КЗ, проведена проверка выбранного оборудования на защиту от токов КЗ и перегрузок, а также на динамическую устойчивость. В ходе проверки окончательно утверждено оборудование, устанавливаемое в цехе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. РФ. Госстрой России. СП31-110-2003. Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий : утв. приказом №194 от 26.10.2013. М., 2003. 55 с.
2. РФ. Стандартиформ. ГОСТ Р 55710-2013. Освещение рабочих мест внутри зданий : утв. приказом №1364-ст от 08.11.2013. М., 2013. 20 с.
3. Gonen T. Electric Power Distribution System Engineering, 2nd Edition. Boca Raton : CRC Press, 2007. 856 p.
4. Sheldrake A.L. Handbook of Electrical Engineering. Hoboken : Wiley, 2003. P. 131.
5. Winders J.J. Power Transformers: Principles and Applications. New York : Marcel Dekker, 2002. 286 p.
6. Brown R.E. Electric Power Distribution Reliability (Power Engineering (Willis)), 2nd Edition. Boca Raton : CRC Press, 2008. 504 p.
7. РФ. Энергоатомиздат. РД 34.20.185-94. Инструкция по проектированию городских электрических сетей : утв. приказом №213 от 07.07.1994. М., 1994, 49 с.
8. Компенсация реактивной мощности: расчет мощности и выбор ступени регулирования конденсаторной батареи [Электронный ресурс]. Дата обновления: 22.04.2019. URL: <http://blog.avralsoft.ru/kompensatsiya-reaktivnoy-moshhnosti-raschet-moshhnosti-i-vyibor-stupeni-regulirovaniya-kondensatornoy-batarei.html> (дата обращения: 22.04.2019).
9. Приказ Министерства промышленности и энергетики РФ от 23 июня 2015 г. № 380 «О Порядке расчета значений соотношения потребления активной и реактивной мощности для отдельных энергопринимающих устройств (групп энергопринимающих устройств) потребителей электрической энергии».

10. РФ. Стандартиформ. ГОСТ Р 52719-2007. Трансформаторы силовые. Общие технические условия : утв. приказом №60-ст от 09.04.2007. М., 2007. 45 с.

11. Правила устройства электроустановок. 7-е издание / Ред. Л.Л. Жданова, Н. В. Ольшанская. М.: НЦ ЭНАС, 2013. 104 с.

12. Активные и индуктивные сопротивления линии [Электронный ресурс]. Дата обновления: 22.04.2019. URL:

https://www.websor.ru/aktivnj_i_induktivnje_soprotivleniya.html (дата обращения: 22.04.2019).

13. РФ. Издательство стандартов. ГОСТ 28249-93. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением ниже 1 кВ : утв. приказом от 21.10.1993. М., 1994. 66 с.

14. РФ. Стандартиформ. ГОСТ 31565-2012. Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности : утв. приказом №1097-ст от 22.11.2012. М., 2012. 12 с.

15. Выбор автомата по мощности нагрузки и сечению провода [Электронный ресурс]. Дата обновления: 22.04.2019. URL:

<https://volgaproekt.ru/stati/vybor-avtomata-po-moshchnosti-nagruzki.html> (дата обращения: 22.04.2019).

16. РФ. Минэнерго России. СО 153-34.21.122-2003. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций : утв. приказом №280 от 30.06.2003. М., 2003. 29 с.

17. РФ. Стандартиформ. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях: утв. приказом №191-ст от 12.07.2012. М., 2011. 15 с.

18. РФ. Госстрой России. СНиП 2.04.05-91*. Отопление, вентиляции и кондиционирование : утв. приказом №18-11 от 15.05.1997. М., 1999. 71 с.

19. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю., Яшков В.А. Электроснабжение промышленных предприятий и установок: учебное пособие. М.: Форум, 2015. 368 с.

20. Hughes A., Drury B. Electric Motors and Drives: Fundamentals, Types and Applications, 4th Edition. London : Newnes, 2013. 440 p.

21. А.А. Сивков, Д.Ю. Герасимов, А.С. Сайгаш. Основы электроснабжения: учебное пособие. Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2012. 178с.

22. Кабышев А.В. Электроснабжение объектов. Ч3. Защиты в электроустановках до1000 В: учебное пособие. Томск: Издательство ТПУ, 2010. 215с.