

Аннотация

В выпускной квалификационной работе разработана система электроснабжения малого предприятия, занимающегося обработкой металла.

В первом разделе проанализированы общие характеристики объекта, определен перечень потребителей электроэнергии, подготовлены данные для дальнейших расчетов.

Во втором разделе на основе анализа характеристик производственного оборудования рассчитаны электрические нагрузки электроприемников и произведен расчет системы освещения. Также рассчитаны токи короткого замыкания.

В третьем разделе обоснован выбор кабелей и средств защиты, определен состав вводно-распределительного устройства и силовых шкафов, разработана система молниезащиты и заземления

Пояснительная записка содержит 44 страницы, 6 рисунков и 5 таблиц. Графическая часть работы выполнена на 6 форматах А1.

Abstract

The topic of the given graduation project is «Design of a power supply system for a small industrial metal processing enterprise».

In the first section we analyze general characteristics of the object, determine the list of electricity consumers, and prepare the information for further calculations.

In the second section were calculated electric loads of electric receivers and lightning system based on analysis of the characteristics of production equipment. Also were calculated short circuits current.

The special part of the project gives details about justification of the choice of wires and devices of protection, next we determine the composition of main distribution board and power switchboards, then were developed grounding system and lightning protective system.

The graduation project consists of an explanatory note on 44 pages, introduction, including 6 figures, 5 tables, the list of 15 references including 5 foreign sources, and the graphic part on 6 A1 sheets.

Содержание

Введение.....	5
1. Характеристика объекта проектирования.....	6
1.1. Общая характеристика объекта проектирования.....	6
1.2. Обоснование схемы электроснабжения объекта.....	9
2. Расчет электрических нагрузок.....	11
2.1. Характеристика электрооборудования.....	11
2.2. Расчет электрических нагрузок для основного оборудования ..	15
2.3. Расчет электрического освещения.....	18
2.4. Расчет токов короткого замыкания.....	27
3. Расчет силовых цепей и средств защиты.....	35
3.1. Обоснование выбора кабелей.....	35
3.2. Обоснование выбора средств защиты электрических цепей....	37
3.3. Обоснование состава ВРУ и выбор распределительных шкафов.....	38
3.4. Заземление.....	39
3.5. Молниезащита.....	41
Заключение.....	42
Список использованных источников.....	43

Введение

В настоящее время электрическую энергию можно легко получить, преобразовать, передать на большое расстояние и распределить между приемниками, поэтому она является наиболее широко используемой формой энергии.

Правильно спроектированная система электроснабжения предприятия должна удовлетворять следующим требованиям:

1. Обладать высокой надежностью;
2. Быть удобной в эксплуатации и безопасной;
3. Обеспечивать высокое качество электроэнергии.

Существующая система электроснабжения по своему замыслу являлась временной и не удовлетворяла современным требованиям, поэтому возникла необходимость ее замены на новую. Проектируемая система также в своей основе имеет сеть 400 В и должна обеспечить эффективное распределение электроэнергии по производственным помещениям и дополнительным потребителям.

При выполнении работы учитывались пожелания руководства предприятия. Особое внимание уделено повышению безопасности объекта.

Целью бакалаврской работы является разработка системы электроснабжения малого промышленного предприятия по обработке металла. Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

1. Определение характеристики объекта проектирования.
2. Выполнение расчета электрических нагрузок.
3. Выполнение расчета электрического освещения.
4. Определение токов короткого замыкания.
5. Расчет заземления и молниезащиты.

1 Характеристика объекта проектирования

1.1 Общая характеристика объекта проектирования

Объект проектирования представляет собой производственное помещение малого предприятия, занимающегося обработкой металла. Объект расположен по адресу: с. Тимофеевка, ул. Строителей, 82.

Здание имеет подвал и три этажа, с внутренними размерами 10x14 м. Третий этаж предназначен исключительно для мероприятий, проводимых в нерабочее время, и не содержит производственного оборудования. Система освещения данного этажа потребляет не более 1 кВт и при проектировании может не учитываться.

Рядом с производственным помещением находится жилой дом, суммарная мощность потребителей электроэнергии которого не превышает 3 кВт. Электропитание производственного и жилого помещения осуществляется от трансформатора ТМ-100- 6/0,4 кВ, по типовой трехфазной схеме с изолированной нейтралью.

Наиболее энергоемкое оборудование расположено в подвальном помещении размерами 10x14 м², план которого представлен на рисунке 1.

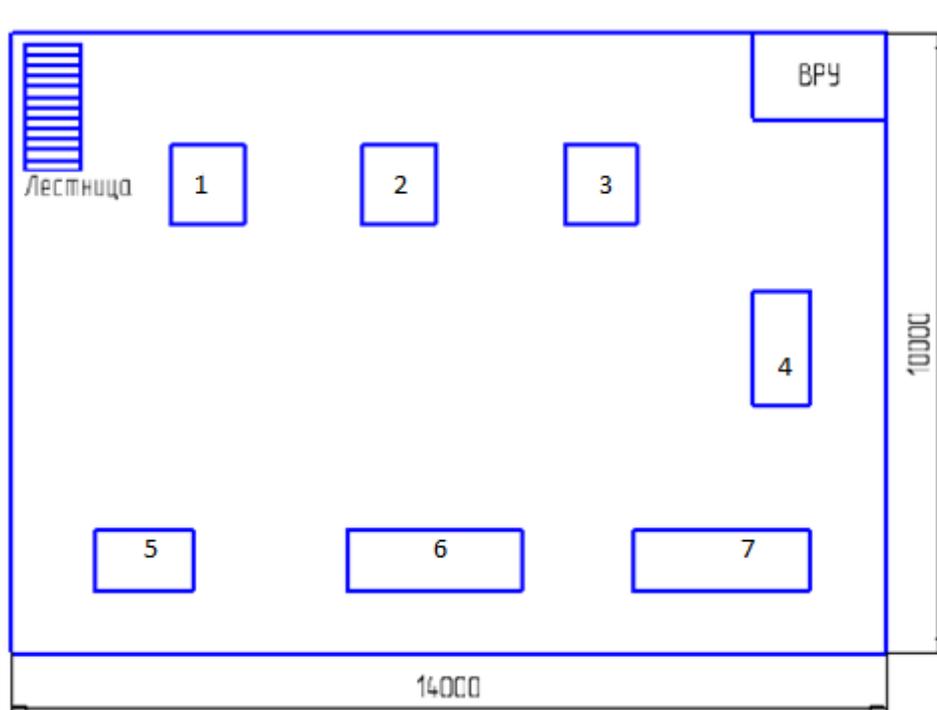


Рисунок 1- План подвала:

1 - отрезной станок, 2 - фрезерный станок, 3 – шлифовальный станок, 4 – токарный станок, 5 – сверлильный станок, 6 – сварочный аппарат-полуавтомат, 7 – эрозионный станок

На первом этаже расположена лаборатория, бытовые помещения, участок деревообработки и небольшая часть сравнительно маломощного производственного оборудования. План 1 этажа приведен на рисунке 2.

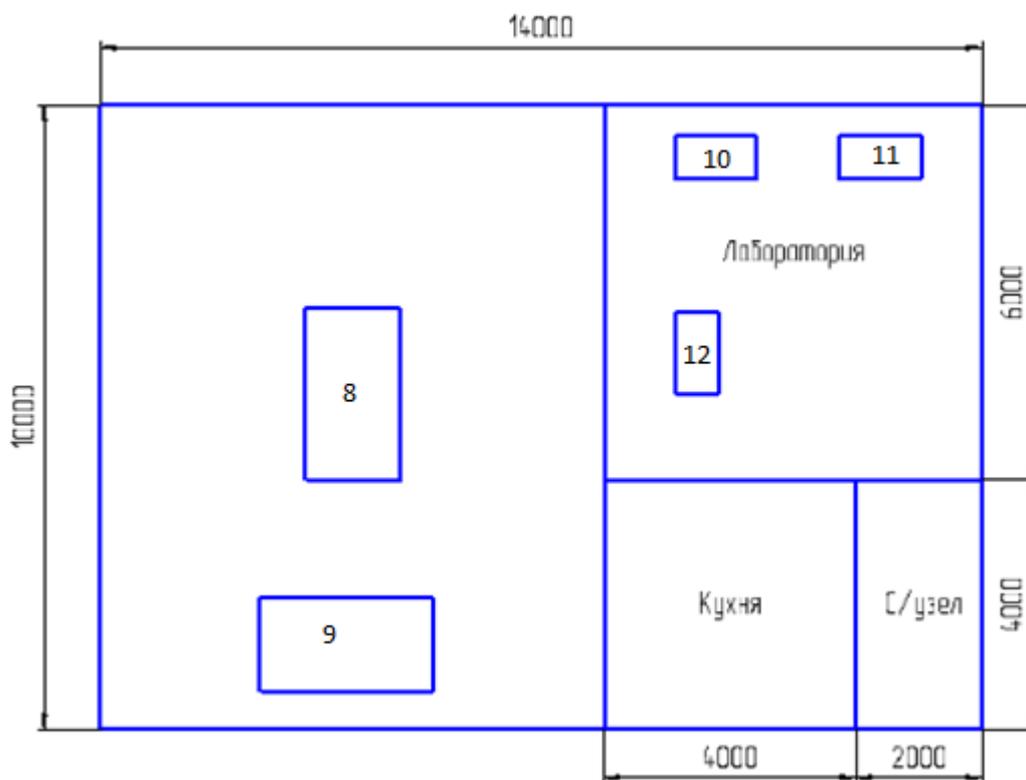


Рисунок 2- План первого этажа:

8 – деревообрабатывающий станок, 9 – сварочный аппарат дуговой сварки, 10 – токарный станок, 11 – сверлильный станок, 12 – шлифовальный станок

Примечание: три двигателя деревообрабатывающего станка работают поочередно, поэтому учитываются как одна нагрузка 1,5 кВт.

Кухня оборудована газовой плитой и энергосберегающими светильниками, поэтому как потребитель электроэнергии может не учитываться.

К первому этажу относится крытая площадка во дворе размерами 20х25м. На ней производятся сварочные и покрасочные работы. На площадке располагается гильотина с двигателем мощностью 4 кВт. Используется эпизодически.

На втором этаже расположены офис и 5 резервных помещений, которые в настоящее время не используются, но оборудованы освещением и розетками.

Предполагается, в перспективе в них будут располагаться кабинеты и общая потребляемая мощность не превысит 3 кВт. План второго этажа показан на рисунке 3.

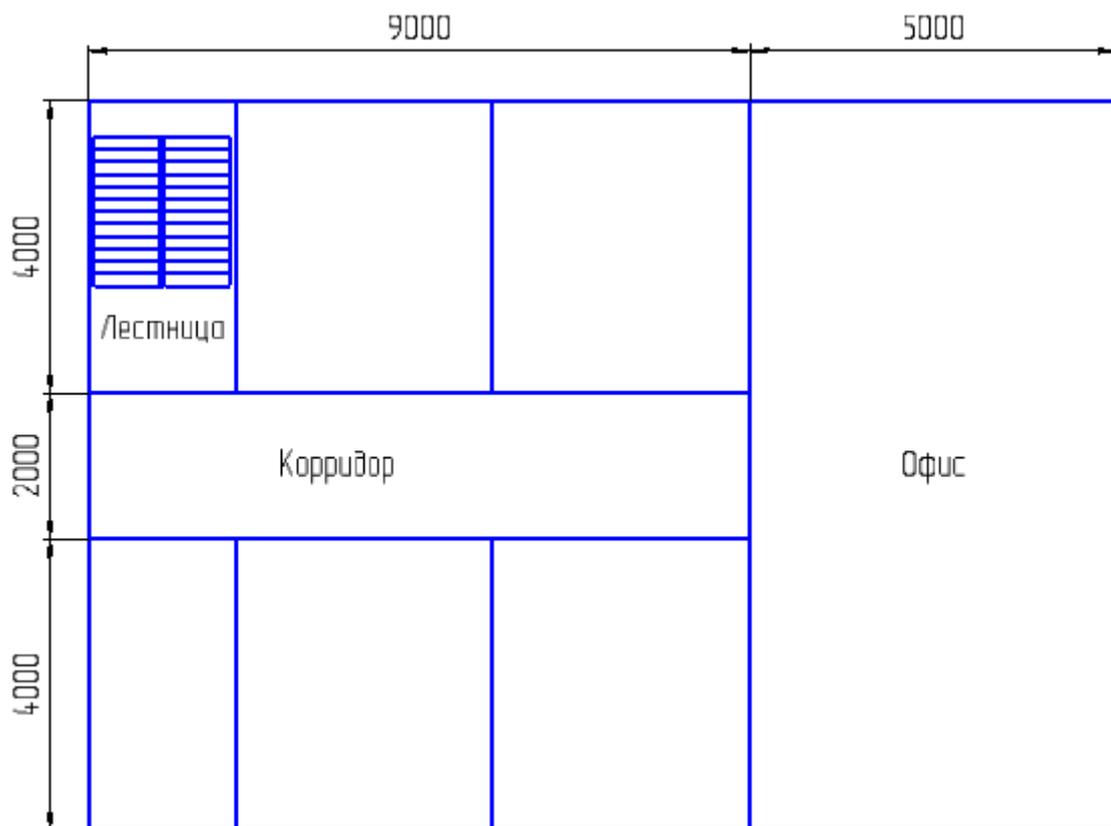


Рисунок 3- План второго этажа

В весенний и осенний период применяется дополнительное освещение теплицы мощностью 1 кВт, которое включается утром до начала рабочего дня и вечером по его окончании.

Задача проектирования обусловлена необходимостью приведения в соответствие с действующими нормами системы электроснабжения описанного объекта, так как после его строительства состав оборудования значительно пополнился.

1.2 Обоснование схемы электроснабжения объекта

Учитывая пожелания руководства предприятия, за основу возьмем действующую систему электроснабжения, приведя ее в соответствие с требованиями современных нормативных документов.

Объект отнесем к 3 категории надежности электроснабжения, поскольку особо срочных работ на предприятии не производится, а подключение второй линии в обозримом будущем невозможно по организационным причинам. Для обеспечения работы охранной сигнализации и особо важных электроприемников при длительном отключении электроэнергии планируется приобрести бензоэлектрический агрегат мощностью 2 кВт.

Действующее вводно-распределительное устройство (ВРУ), расположенное в подвале, предполагается оставить на месте, проведя оптимизацию его содержимого. Питание основного оборудования, расположенного в подвале, осуществляется непосредственно от ВРУ, с автоматическими выключателями, расположенными непосредственно вблизи электроприемников. В этой схеме требуется заменить кабели и автоматические выключатели.

На первом этаже должен быть установлен распределительный щит, обеспечивающий электроснабжение трехфазных и однофазных электроприемников, в том числе, расположенных на внешней площадке.

На втором и третьем этажах трехфазные потребители отсутствуют. На них должны быть установлены однофазные распределительные щитки, содержащие дифференциальные автоматы для коммутации питания этажа в целом и автоматические выключатели на линиях освещения и розеток.

Электроснабжение жилого дома должно осуществляться по однофазной схеме с заземляющим проводом. В доме должен быть установлен распределительный щит с общим дифференциальным автоматом и автоматические выключатели на освещение, розетки (2 группы), внешние объекты, включая теплицу.

2. Расчет электрических нагрузок

2.1 Характеристика электрооборудования

Для проектирования системы электроснабжения необходимо знать ток, потребляемый каждым из электроприемников. В таблице 1 приведена подробная информация об их характеристиках и результаты расчетов. При этом использованы следующие условные обозначения параметров приемников электроэнергии[7]:

- N – общее количество,
- P_n - номинальная мощность,
- K_u - коэффициент использования,
- m – количество фаз,
- $\text{tg}\varphi$ - отношение реактивной и активной мощностей,
- P_c – мощность, усредненная за смену,
- Q_c - реактивная среднесменная мощность,
- n_s - эффективное число электроприемников,
- P_p - расчетная активная мощность,
- Q_p - реактивная расчётная мощность,
- S_p - расчетная мощность всей группы электроприёмников,
- I_p - расчетный ток.

Таблица 1 - Характеристики электроприемников объекта

п/п	Наименование оборудования	Кол-во ЭП, N	Установленная мощность P_n , кВт приведенная к ПВ=100%		K_u	m	$\frac{\cos\phi}{\text{tg}\phi}$	Средняя нагрузка		n_3	K_p	K_a	Расчетная нагрузка			I_p , А
			Одно-го ЭП	Всех ЭП				P_c , кВт	Q_c , квар				P_p , кВт	Q_p , квар	S_p , кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	Токарный станок	1	4	4	0,14	3	0,65/1,2	0,56	2,4	9	1,1	1,86				
2	Фрезерный станок	1	2,5	2,5	0,14	3	0,5/1,73	0,35	0,6	9	1,1	1,86				
3	Эрозионный станок	1	8	8	0,4	3	0,75/0,88	3,2	2,8	9	1,1	1,86				
4	Сверлильный станок	2	2,5	5	0,14	3	0,5/1,73	0,7	1,2	9	1,1	1,86				

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
5	Шлифовальный станок	1	0,75	0,75	0,14	3	0,5/1,73	0,1	0,17	9	1,1	1,86				
6	Отрезной станок	1	1,5	1,5	0,16	3	0,5/1,73	0,24	0,42	9	1,1	1,86				
7	Сварочный аппарат-полуавтомат	3	3	9	0,14	3	0,65/1,2	1,26	1,5	9	1,1	1,86				
8	Токарный станок	1	3	3	0,14	3	0,65/1,2	0,42	0,5	9	1,1	1,86				
9	Сверлильный станок	1	1,5	1,5	0,14	3	0,5/1,73	0,2	0,36	9	1,1	1,86				
10	Деревообрабатывающий станок	1	3x1,5	1,5	0,16	3	0,7/1	0,2	0,2	9	1,1	1,86				
11	Сварочный аппарат дуговой сварки	1	3	3	0,4	3	0,75/0,8	1,2	0,96	9	1,1	1,86				

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
12	Шлифовальный станок	1	0,75	0,75	0,14	3	0,5/1, 73	0,1	0,17	9	1,1	1,86				
	Итого												18,5	12,4	22,3	33,74

2.2 Расчет электрических нагрузок основного оборудования

Для каждого электроприемника по таблице 2 выписываем коэффициенты мощности ($\cos\varphi$) и коэффициенты использования (k_u). [7]

Таблица 2 - Исходные данные

№п /п	Оборудование	Мощность ,кВт	Кол-во	ПВ, %	$\cos\varphi$	k_u
1	2	3	4	5	6	7
1	Токарный станок	4	1	40	0,65	0,14
2	Фрезерный станок	2,5	1	30	0,5	0,14
3	Эрозионный станок	8	1	10	0,75	0,4
4	Сверлильный станок	2,5	2	20	0,5	0,14
5	Шлифовальный станок	0,75	1	10	0,5	0,14
6	Отрезной станок	1,5	1	25	0,5	0,16
7	Сварочный аппарат - полуавтомат	3	3	60	0,65	0,14
8	Токарный станок	3	1	20	0,65	0,14
9	Сверлильный станок	1,5	1	20	0,5	0,14
10	Деревообрабатывающий станок	3x1,5	1	70	0,7	0,16
11	Сварочный аппарат дуговой сварки	3	1	40	0,75	0,4
12	Шлифовальный станок	0,75	1	10	0,5	0,14

Примечание: три двигателя деревообрабатывающего станка работают поочередно, поэтому учитываются как одна нагрузка 1,5 кВт.

Для определения активной мощности каждого образца электрооборудования применим выражение

$$P_{n\Sigma} = P_n \cdot n, \quad (2.1)$$

где $P_{n\Sigma}$ - мощность потребляемая группой однотипных электроприёмников;

P_n - индивидуальная паспортная мощность;

n - число электроприёмников.

Соотношение максимальной и минимальной мощностей рассчитаем с помощью выражения:

$$m = \frac{P_{nmax}}{P_{nmin}}, \quad (2.2)$$

Для определения группового коэффициента использования электроприемника k_u используем формулу:

$$k_u = \frac{\sum P_c}{\sum P_n} \quad (2.3)$$

где $\sum P_c$ - сумма среднесменных мощностей,

$\sum P_n$ - сумма паспортных мощностей.

Мощность электроприёмника среднесменную P_c , Вт, вычислим по формуле:

$$P_c = k_u \cdot \sum P_n, \quad (2.4)$$

Реактивная среднесменная мощность электроприёмника Q_c , вар, определяется по формуле:

$$Q_c = \operatorname{tg} \varphi \cdot P_c, \quad (2.5)$$

где $\operatorname{tg} \varphi$ - отношение реактивной и активной мощностей.

Для вычисления тангенса угла сдвига по фазе тока и напряжения $\operatorname{tg}\varphi_{cp}$ воспользуемся формулой:

$$\operatorname{tg}\varphi_{cp} = \frac{\Sigma Q_c}{\Sigma P_c}, \quad (2.6)$$

где ΣQ_c - суммарная реактивная мощность электроприёмников,

ΣP_c - суммарная активная мощность электроприёмников.

Эффективное число электроприёмников n_ε определяется по формуле

$$n_\varepsilon = \frac{2 \cdot \Sigma P_H}{P_{H.наиб}}, \quad (2.7)$$

Для определения расчетной мощности электроприёмников P_p , Вт воспользуемся формулой:

$$P_p = \Sigma P_c \cdot \kappa_m, \quad (2.8)$$

где κ_m - коэффициент максимума, выбирается из таблицы, исходя из данных n_ε и m .

Реактивная расчётная мощность Q_p , вар, для случая когда число эффективных электроприёмников больше 10 определяется по формуле

$$Q_p = \Sigma P_c \cdot \operatorname{tg}\varphi_{cp} \quad (2.9)$$

Полная расчетная мощность всех электроприёмников S_p , ВА, определяется по формуле

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \quad (2.10)$$

где U_n - номинальное напряжение равно 0,4 кВ;

I_p - расчетный ток

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H}, \quad (2.11)$$

Определение среднего коэффициента использования и среднего $tg\varphi$

$$k_{u,cp} = \frac{\Sigma P_{cm}}{\Sigma P_{H\Sigma}} = \frac{9,97}{40,5} = 0,25$$

$$tg\varphi_{cp} = \frac{\Sigma Q_{cm}}{\Sigma P_{cm}} = \frac{11,27}{9,97} = 1,13$$

Определение эффективного числа электроприемников

$$n_3 \approx \frac{2P_H}{P_{HMAX}} = \frac{2 \cdot 40,5}{9} = 9шт \quad (2.12)$$

где P_H – номинальная мощность электроприемников всей группы; P_{HMAX} – наибольшая номинальная мощность электроприемника из группы. [2]

$$K_m = 1,86$$

$$K'_m = 1,1$$

$$P_m = K_m \cdot P_{cm} = 1,86 \cdot 9,97 = 18,5кВт$$

$$Q_m = Q_{cm} \cdot K'_m = 11,27 \cdot 1,1 = 12,4кВар \quad (2.13)$$

$$S_m = \sqrt{P_m^2 + Q_m^2} = \sqrt{18,5^2 + 12,4^2} = 22кВА$$

$$I_p = \frac{S_m}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{22}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 33,74А$$

2.3 Расчет электрического освещения цеха

Расчет электрического освещения цеха проводится по методу коэффициента использования светового потока [2]. Для установки предполагаем светильники типа ЛПО78 2x40. [10]

Определяем площадь помещения подвала:

$$S_{цех} = a \cdot b = 10 \cdot 14 = 140м^2, \quad (2.14)$$

a и b длина и ширина помещения соответственно

Рассчитываем индекс помещения

$$i = \frac{S}{(H_1 - h_2 - h_{св}) \cdot (a + b)} = \frac{140}{(3 - 0,8 - 0,2) \cdot (10 + 14)} = 3 \quad (2.15)$$

H_1 – высота помещения, м.

h_2 – высота рабочей поверхности, м.

$h_{св}$ – высота свеса светильника, м.

Коэффициент запаса равен 1,5

Определяем коэффициенты отражения потолка, стен и пола:

потолок - 50%; стены - 30%; пол - 10%;

С учетом пожеланий руководства, на основе выполненных расчетов примем решение использовать светильники с лампой ЛБ-40-2 (P=40 Вт; $\Phi_{л}$ =2800 лм; n=2).

Определяем требуемое количество светильников для подвала:

$$N = \frac{E \cdot S \cdot K_3}{K_u \cdot n \cdot \Phi_{л}} = \frac{200 \cdot 140 \cdot 1,5}{0,33 \cdot 2 \cdot 2800} = 22шт \quad (2.16)$$

Определяем площадь основного помещения первого этажа:

$$S_{1,э,м} = a \cdot b = 10 \cdot 8 = 80 м^2$$

a и b длина и ширина помещения соответственно

Рассчитываем индекс помещения

$$i = \frac{S}{(H_1 - h_2 - h_{св}) \cdot (a + b)} = \frac{80}{(3 - 0,8 - 0,2) \cdot (10 + 8)} = 2,2$$

Коэффициент запаса равен 1,5

Определяем коэффициенты отражения потолка, стен и пола:

потолок - 50%; стены - 30%; пол - 10%;

С учетом пожеланий руководства, на основе выполненных расчетов примем решение использовать светильники с лампой ЛБ-40-2 (P=40 Вт; $\Phi_{л}=2800$ лм; n=2).

Определяем требуемое количество светильников для основного помещения 1 этажа цеха:

$$N_{1эм} = \frac{E \cdot S \cdot K_3}{K_u \cdot n \cdot \Phi_{л}} = \frac{200 \cdot 80 \cdot 1,5}{0,33 \cdot 2 \cdot 2800} = 13шт$$

Определяем площадь лаборатории на 1 этаже:

$$S_{1эм} = a \cdot b = 6 \cdot 6 = 36 м^2$$

a и b длина и ширина помещения соответственно

Рассчитываем индекс помещения

$$i = \frac{S}{(H_1 - h_2 - h_{св}) \cdot (a + b)} = \frac{36}{(3 - 0,8 - 0,2) \cdot (6 + 6)} = 1,5$$

Коэффициент запаса равен 1,5

Определяем коэффициенты отражения потолка, стен и пола:

потолок - 50%; стены - 30%; пол - 10%;

Применяем светильники с лампой ЛБ-40-2 (P=40 Вт; $\Phi_{л}=2800$ лм; n=2).

Определяем требуемое количество светильников для лаборатории на 1 этаже:

$$N_{1эм} = \frac{E \cdot S \cdot K_3}{K_u \cdot n \cdot \Phi_{л}} = \frac{200 \cdot 36 \cdot 1,5}{0,33 \cdot 2 \cdot 2800} = 6шт$$

Определяем площадь кухни на 1 этаже:

$$S_{1эм} = a \cdot b = 4 \cdot 4 = 16 м^2$$

a и b длина и ширина помещения соответственно

Рассчитываем индекс помещения

$$i = \frac{S}{(H_1 - h_2 - h_{ce}) \cdot (a + b)} = \frac{16}{(3 - 0,8 - 0,2) \cdot (4 + 4)} = 1$$

Коэффициент запаса равен 1,5

Определяем коэффициенты отражения потолка, стен и пола:

потолок - 50%; стены - 30%; пол - 10%;

Применяем светильники с лампой ЛБ-40-2 (P=40 Вт; $\Phi_{л}$ =2800 лм; n=2).

Определяем требуемое количество светильников для кухни на 1 этаже:

$$N_{1эм} = \frac{E \cdot S \cdot K_3}{K_u \cdot n \cdot \Phi_{л}} = \frac{200 \cdot 16 \cdot 1,5}{0,33 \cdot 2 \cdot 2800} = 3шт$$

Определяем площадь санузла на 1 этаже:

$$S_{1эм} = a \cdot b = 2 \cdot 4 = 8 м^2$$

a и *b* длина и ширина помещения соответственно

Рассчитываем индекс помещения

$$i = \frac{S}{(H_1 - h_2 - h_{ce}) \cdot (a + b)} = \frac{8}{(3 - 0,8 - 0,2) \cdot (2 + 4)} = 0,6$$

Коэффициент запаса равен 1,5

Определяем коэффициенты отражения потолка, стен и пола:

потолок - 50%; стены - 30%; пол - 10%;

Применяем светильники с лампой ESL-S13-75/4000 (P=75 Вт; $\Phi_{л}$ =3330 лм; n=1).

Определяем требуемое количество светильников для санузла на 1 этаже:

$$N_{1эм} = \frac{E \cdot S \cdot K_3}{K_u \cdot n \cdot \Phi_{л}} = \frac{150 \cdot 8 \cdot 1,5}{0,33 \cdot 1 \cdot 3300} = 1шт$$

Определяем площадь коридора второго этажа:

$$S_{2эм} = a \cdot b = 2 \cdot 9 = 18 м^2$$

a и *b* длина и ширина помещения соответственно

Рассчитываем индекс помещения

$$i = \frac{S}{(H_1 - h_2 - h_{св}) \cdot (a + b)} = \frac{18}{(3 - 0,8 - 0,2) \cdot (2 + 9)} = 0,8$$

Коэффициент запаса равен 1,5

Определяем коэффициенты отражения потолка, стен и пола:

потолок - 50%; стены - 30%; пол - 10%;

Применяем светильники с лампой ЛБ-40-2 (P=40 Вт; $\Phi_{л}$ =2800 лм; n=2).

Определяем требуемое количество светильников для коридора второго этажа:

$$N_{2эм} = \frac{E \cdot S \cdot K_3}{K_u \cdot n \cdot \Phi_{л}} = \frac{150 \cdot 18 \cdot 1,5}{0,33 \cdot 2 \cdot 2800} = 2шт$$

Определяем площадь офиса на втором этаже:

$$S_{2эм} = a \cdot b = 10 \cdot 5 = 50 м^2 ,$$

a и *b* длина и ширина помещения соответственно

Рассчитываем индекс помещения

$$i = \frac{S}{(H_1 - h_2 - h_{св}) \cdot (a + b)} = \frac{50}{(3 - 0,8 - 0,2) \cdot (10 + 5)} = 1,6$$

Коэффициент запаса равен 1,5

Определяем коэффициенты отражения потолка, стен и пола:

потолок - 50%; стены - 30%; пол - 10%;

Применяем светильники с лампой ЛБ-40-2 (P=40 Вт; $\Phi_{л}$ =2800 лм; n=2).

Определяем требуемое количество светильников для офиса на втором этаже:

$$N_{2эм} = \frac{E \cdot S \cdot K_3}{K_u \cdot n \cdot \Phi_{л}} = \frac{200 \cdot 50 \cdot 1,5}{0,33 \cdot 2 \cdot 2800} = 8шт$$

Определяем площадь одного малого помещения на втором этаже:

$$S_{2эм} = a \cdot b = 4 \cdot 3 = 12 м^2 ,$$

a и b длина и ширина помещения соответственно

Рассчитываем индекс помещения

$$i = \frac{S}{(H_1 - h_2 - h_{св}) \cdot (a + b)} = \frac{12}{(3 - 0,8 - 0,2) \cdot (4 + 3)} = 0,8$$

Коэффициент запаса равен 1,5

Определяем коэффициенты отражения потолка, стен и пола:

потолок - 50%; стены - 30%; пол - 10%;

Применяем светильники с лампой ЛБ-40-2 ($P=40$ Вт; $\Phi_{л}=2800$ лм; $n=2$).

Определяем требуемое количество светильников для малого помещения на втором этаже:

$$N_{2\text{эт}} = \frac{E \cdot S \cdot K_3}{K_u \cdot n \cdot \Phi_{л}} = \frac{200 \cdot 12 \cdot 1,5}{0,33 \cdot 2 \cdot 2800} = 2 \text{шт}$$

Т.к. лестница и остальные 4 малые помещения на втором этаже равны по площади, на каждое помещение также потребуется по 2 светильника.

Расчет освещения жилого дома

Определяем площадь помещения комнаты на первом этаже жилого дома:

$$S_{\text{комн}} = a \cdot b = 3 \cdot 5 = 15 \text{ м}^2,$$

a и b длина и ширина помещения соответственно

Рассчитываем индекс помещения

$$i = \frac{S}{(H_1 - h_2 - h_{св}) \cdot (a + b)} = \frac{15}{(3 - 0,8 - 0,2) \cdot (3 + 5)} = 0,9$$

Коэффициент запаса равен 1,5

Определяем коэффициенты отражения потолка, стен и пола:

потолок - 50%; стены - 30%; пол - 10%;

Применяем светильники с лампой ЛБ-40-2 ($P=40$ Вт; $\Phi_{л}=2800$ лм; $n=2$).

Определяем требуемое количество светильников для комнаты на втором этаже:

$$N_{\text{комн}} = \frac{E \cdot S \cdot K_3}{K_u \cdot n \cdot \Phi_{\text{л}}} = \frac{200 \cdot 15 \cdot 1,5}{0,33 \cdot 2 \cdot 2800} = 3 \text{шт}$$

Определяем площадь помещения кухни на первом этаже жилого дома:

$$S_{\text{кухн}} = a \cdot b = 2 \cdot 5 = 10 \text{ м}^2,$$

a и b длина и ширина помещения соответственно

Рассчитываем индекс помещения

$$i = \frac{S}{(H_1 - h_2 - h_{\text{св}}) \cdot (a + b)} = \frac{10}{(3 - 0,8 - 0,2) \cdot (2 + 5)} = 0,7$$

Коэффициент запаса равен 1,5

Определяем коэффициенты отражения потолка, стен и пола:

потолок - 50%; стены - 30%; пол - 10%;

Применяем светильники с лампой ЛБ-40-2 (P=40 Вт; $\Phi_{\text{л}}=2800$ лм; n=2).

Определяем требуемое количество светильников кухни на первом этаже:

$$N_{\text{кухн}} = \frac{E \cdot S \cdot K_3}{K_u \cdot n \cdot \Phi_{\text{л}}} = \frac{200 \cdot 10 \cdot 1,5}{0,33 \cdot 2 \cdot 2800} = 2 \text{шт}$$

Определяем площадь помещения зала на первом этаже жилого дома:

$$S_{\text{зал}} = a \cdot b = 4 \cdot 5 = 20 \text{ м}^2,$$

a и b длина и ширина помещения соответственно

Рассчитываем индекс помещения

$$i = \frac{S}{(H_1 - h_2 - h_{\text{св}}) \cdot (a + b)} = \frac{20}{(3 - 0,8 - 0,2) \cdot (4 + 5)} = 1,1$$

Коэффициент запаса равен 1,5

Определяем коэффициенты отражения потолка, стен и пола:

потолок - 50%; стены - 30%; пол - 10%;

Применяем светильники с лампой ЛБ-40-2 (P=40 Вт; $\Phi_{\text{л}}=2800$ лм; n=2).

Определяем требуемое количество светильников для зала на первом этаже:

$$N_{зал} = \frac{E \cdot S \cdot K_3}{K_u \cdot n \cdot \Phi_{л}} = \frac{200 \cdot 20 \cdot 1,5}{0,33 \cdot 2 \cdot 2800} = 3шт$$

Определяем площадь помещения комнаты на втором этаже жилого дома:

$$S_{комн2} = a \cdot b = 4 \cdot 5 = 20 м^2,$$

a и b длина и ширина помещения соответственно

Рассчитываем индекс помещения

$$i = \frac{S}{(H_1 - h_2 - h_{св}) \cdot (a + b)} = \frac{20}{(3 - 0,8 - 0,2) \cdot (4 + 5)} = 1,1$$

Коэффициент запаса равен 1,5

Определяем коэффициенты отражения потолка, стен и пола:

потолок - 50%; стены - 30%; пол - 10%;

Применяем светильники с лампой ЛБ-40-2 (P=40 Вт; $\Phi_{л}$ =2800 лм; n=2).

Определяем требуемое количество светильников для комнаты на втором этаже:

$$N_{комн2} = \frac{E \cdot S \cdot K_3}{K_u \cdot n \cdot \Phi_{л}} = \frac{200 \cdot 20 \cdot 1,5}{0,33 \cdot 2 \cdot 2800} = 3шт$$

На втором этаже есть 2 комнаты такой же площадью, на каждую комнату также потребуется по 3 светильников.

Определяем площадь помещения санузла на втором этаже жилого дома:

$$S_{сануз} = a \cdot b = 2 \cdot 3 = 6 м^2,$$

a и b длина и ширина помещения соответственно

Рассчитываем индекс помещения

$$i = \frac{S}{(H_1 - h_2 - h_{св}) \cdot (a + b)} = \frac{6}{(3 - 0,8 - 0,2) \cdot (2 + 3)} = 0,6$$

Коэффициент запаса равен 1,5

Определяем коэффициенты отражения потолка, стен и пола:

потолок - 50%; стены - 30%; пол - 10%;

Применяем светильники с лампой ESL-S13-75/4000 (P=75 Вт; $\Phi_{\text{л}}=3330$ лм; n=1).

Определяем требуемое количество светильников для зала на первом этаже:

$$N_{\text{сануз}} = \frac{E \cdot S \cdot K_3}{K_u \cdot n \cdot \Phi_{\text{л}}} = \frac{150 \cdot 6 \cdot 1,5}{0,33 \cdot 1 \cdot 3330} = 1шт$$

Всего требуется для технического участка 63 светильника, а для вспомогательных помещений 18 светильников, на площадке две лампы ДРЛ 400.

Аварийное освещение

На данном предприятии аварийное освещение предназначено для кратковременных действий по обеспечении безопасности персонала при отключении сети. Оно рассчитано на работу от аккумуляторной группы в составе 2 АКБ 6СТ90.

В качестве источников света используется светодиодная лента с энергопотреблением 5 Вт/м. Общая протяженность ленты составляет 50 м. Таким образом, полная потребляемая мощность системы аварийного освещения составляет 250 Вт.

Аккумуляторы включены параллельно, их напряжение 12 В соответствует рабочему напряжению светодиодной ленты. Ток при этом составляет 21 А. Полностью заряженные аккумуляторы имеют емкость 180 А*ч, что позволяет обеспечивать работу системы аварийного освещения в течение 8,6 часов.

Аккумуляторы расположены в подвале в отдельном ящике и имеют выключатель – один на все аварийное освещение.

2.4 Расчет токов короткого замыкания

Для вычисления токов КЗ применим метод, описанный в учебном пособии [3].

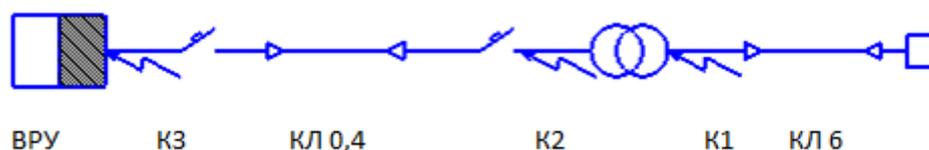


Рисунок 4- Расчетная схема

Применив рекомендуемую формулу для вычисления токов КЗ, получим его значение для начального действующего значения

$$I_{КП} = \frac{U_{срНН}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\kappa}} = \frac{380}{1,73 \cdot 85,4} = 2,6 \text{ кА}, \quad (2.18)$$

где $U_{срНН}$ - среднее номинальное напряжение сети, в которой произошло КЗ;

Определяем полное сопротивление цепи

$$Z_{\kappa} = \sqrt{R_{1\kappa}^2 + X_{1\kappa}^2} = 85,4 \text{ мОм}, \quad (2.19)$$

где $R_{1\kappa}$ и $X_{1\kappa}$ - суммарные активное и индуктивное сопротивления цепи КЗ, равные, соответственно

$$\begin{aligned} R_{1\kappa} &= R_T + R_{ТТ} + R_{II} + R_{КЛ1} + R_{КЛ2} + R_{\partial} = 31,5 + 2,7 + 0,6 + 1,5 + 3,2 + 5 \\ &= 44,5 \text{ мОм} \end{aligned} \quad (2.20)$$

$$\begin{aligned} X_{1\kappa} &= X_T + X_{ТТ} + X_{II} + X_{КЛ1} + X_{КЛ2} + X_c = 64,7 + 1,7 + 0,17 + 0,45 + 1,6 + 4,3 \\ &= 72,92 \text{ мОм} \end{aligned} \quad (2.21)$$

В данных выражениях применены следующие условные обозначения:

R_T , X_T - значения активного и индуктивного сопротивления прямой последовательности понижающего трансформатора, $мОм$; [3]

R_{TT} и X_{TT} - активное и индуктивное сопротивления первичных обмоток трансформаторов тока, $мОм$; [3]

R_{II} и X_{II} - активное и индуктивное сопротивления токовых катушек автоматических выключателей, $мОм$; [3]

$R_{KЛ1}$, $X_{KЛ1}$, $R_{KЛ2}$, $X_{KЛ2}$ - активные и индуктивные сопротивления прямой последовательности кабельных и воздушных линий, $мОм$; [3]

R_δ и X_δ - активное сопротивление дуги в месте КЗ, $мОм$; [3]

X_c - эквивалентное индуктивное сопротивление системы до понижающего трансформатора, $мОм$, приведенное к ступени низшего напряжения.

Наружная воздушная линия АВШВ – 6 3х35

$$x_0 = 0.4 \text{ Ом/км}$$

$$X_c' = x_0 \cdot L_c = 0.4 \cdot 3 = 1,2 \text{ Ом}$$

$$r_0 = \frac{10^3}{S \cdot \gamma} = \frac{1000}{1050} = 30,95 \text{ Ом/км},$$

$$R_c' = r_0 \cdot L_c = 0,95 \cdot 3 = 2,85 \text{ Ом}$$

где X_c' и R_c' - сопротивления на ВН, $мОм$;

r_0 и x_0 – удельное активное и реактивное сопротивление, $мОм/м$;

L_c - протяженность линии, $м$;

S – сечение проводника, $мм^2$;

γ - удельная проводимость материала, $м/(Ом \cdot мм^2)$,

для алюминия $\gamma = 30 \text{ м}/(Ом \cdot мм^2)$.

Сопротивления приводятся к низкому напряжению:

$$R_c = R_c' \cdot \left(\frac{U_{НН}}{U_{ВН}}\right)^2 \cdot 10^3 = 2,85 \cdot \left(\frac{0.4}{6}\right)^2 \cdot 10^3 = 10,8 \text{ мОм}, \quad (2.22)$$

$$X_c = X_c' \cdot \left(\frac{U_{HH}}{U_{BH}}\right)^2 \cdot 10^3 = 1,2 \cdot \left(\frac{0,4}{6}\right)^2 \cdot 10^3 = 4,3 \text{ мОм}$$

где X_c и R_c - сопротивления приведенные к НН, мОм;

X_c' и R_c' - сопротивления на ВН, мОм;

U_{HH} и U_{BH} - напряжение низкое и высокое;

Сопротивления для трансформатора по табл.[3]

$R_T=31,5 \text{ мОм}$, $X_T=64,7 \text{ мОм}$, $Z_T=72 \text{ мОм}$

Сопротивления для автоматов по табл.[3]

$R_{SF}=0,4 \text{ мОм}$; $X_{SF}=0,5 \text{ мОм}$; $R_{ISF}=0,6 \text{ мОм}$

Для кабельных линий по табл.[3]

КЛ1: АВБШв – 6 3х35

$r_0=0,9 \text{ мОм/м}$; $x_0=0,09 \text{ мОм/м}$ – удельные сопротивления прямой последовательности

Так как в схеме три параллельных кабеля, то

$$r_0 = \frac{1}{3} \cdot r_0 = \frac{1}{3} \cdot 0,9 = 0,3 \text{ мОм/м} \quad (2.23)$$

Сопротивления кабельной линии 1:

$$R_{КЛ1} = r_0 \cdot L_{КЛ1} = 0,3 \cdot 5 = 1,5 \text{ мОм} \quad (2.24)$$

$$X_{КЛ1} = x_0 \cdot L_{КЛ1} = 0,09 \cdot 5 = 0,45 \text{ мОм},$$

где $L_{КЛ1}$ - длина линии от ШНН до РП

КЛ2: АВБШв – 1 4х70

$r_0=0,5 \text{ мОм/м}$; $x_0=0,08 \text{ мОм/м}$ – удельные сопротивления прямой последовательности

Так как в схеме три параллельных кабеля, то

$$r_0 = \frac{1}{3} \cdot r_0 = \frac{1}{3} \cdot 0,5 = 0,16 \text{ мОм/м}$$

Сопротивления кабельной линии 2:

$$R_{KL2} = r_0 \cdot L_{KL1} = 0,16 \cdot 20 = 3,2 \text{ мОм}$$

$$X_{KL2} = x_0 \cdot L_{KL1} = 0,08 \cdot 20 = 1,6 \text{ мОм},$$

где L_{KL} - длина линии

Значения переходных сопротивлений на ступенях распределения по табл.[3]:

$$R_{c1}=15 \text{ мОм}; R_{c2}=20 \text{ мОм}$$

С целью упрощения схемы замещения, вычислим для участков между точками КЗ эквивалентные сопротивления:

$$R_{\varepsilon 1} = R_c + R_T + R_{SF} + R_{nSF} = 10,8 + 31,5 + 0,4 + 0,6 = 43,3 \text{ мОм} \quad (2.25)$$

$$X_{\varepsilon 1} = X_c + X_T + X_{SF} = 4,3 + 64,7 + 0,5 = 69,5 \text{ мОм} \quad (2.26)$$

$$R_{\varepsilon 2} = R_{KL1} + R_{SF} + R_{nSF} + R_{c2} = 0,4 + 0,6 + 1,5 + 20 = 22,5 \text{ мОм} \quad (2.27)$$

$$X_{\varepsilon 2} = X_{KL1} + X_{SF} = 0,5 + 0,45 = 0,95 \text{ мОм} \quad (2.28)$$

$$R_{\varepsilon 3} = R_{KL2} + R_{SF} + R_{nSF} = 0,4 + 0,6 + 3,2 = 4,2 \text{ мОм} \quad (2.29)$$

$$X_{\varepsilon 3} = X_{SF} + X_{KL2} = 0,5 + 1,6 = 2,1 \text{ мОм} \quad (2.30)$$

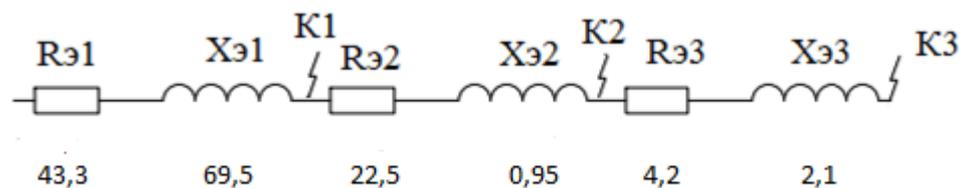


Рисунок 5 – Упрощенная схема замещения

Вычисляются сопротивления до каждой точки КЗ:

$$R_{K1} = R_{\varepsilon 1} = 43,3 \text{ мОм}$$

$$X_{K1} = X_{\varepsilon 1} = 69,5 \text{ мОм}$$

$$Z_{K1} = \sqrt{R_{K1}^2 + X_{K1}^2} = \sqrt{43,3^2 + 69,5^2} = 82 \text{ мОм} \quad (2.31)$$

$$R_{K2} = R_{\vartheta 1} + R_{\vartheta 2} = 43,3 + 22,5 = 65,8 \text{ мОм} \quad (2.32)$$

$$X_{K2} = X_{\vartheta 1} + X_{\vartheta 2} = 69,5 + 0,95 = 70,45 \text{ мОм} \quad (2.33)$$

$$Z_{K2} = \sqrt{R_{K2}^2 + X_{K2}^2} = \sqrt{65,8^2 + 70,45^2} = 96,4 \text{ мОм} \quad (2.34)$$

$$R_{K3} = R_{K2} + R_{\vartheta 3} = 65,8 + 4,2 = 70 \text{ мОм} \quad (2.35)$$

$$X_{K3} = X_{K2} + X_{\vartheta 3} = 70,45 + 2,1 = 72,55 \text{ мОм} \quad (2.36)$$

$$Z_{K3} = \sqrt{R_{K3}^2 + X_{K3}^2} = \sqrt{70^2 + 72,55^2} = 100,8 \text{ мОм} \quad (2.37)$$

$$\frac{R_{K1}}{X_{K1}} = \frac{43,3}{69,5} = 0,62$$

$$\frac{R_{K2}}{X_{K2}} = \frac{65,8}{70,45} = 0,93$$

$$\frac{R_{K3}}{X_{K3}} = \frac{70}{72,55} = 0,96$$

Определяем коэффициенты K_y – ударный коэффициент, определяется по графику [3], и q – коэффициент действующего значения ударного тока:

$$K_{y1} = F\left(\frac{R_{K1}}{X_{K1}}\right) = F(0,62) = 1,0$$

$$K_{y2} = F\left(\frac{R_{K2}}{X_{K2}}\right) = F(0,93) = 1,0$$

$$K_{y3} = F\left(\frac{R_{K3}}{X_{K3}}\right) = F(0,96) = 1,0$$

$$q_1 = \sqrt{1 + 2 \cdot (K_y - 1)^2} = 1 = q_2 = q_3 \quad (2.38)$$

Вычисляем трехфазные и двухфазные токи КЗ:

Значения периодической составляющей тока трехфазного КЗ в точке К1:

$$I_{k1}^{(3)} = \frac{U_{k1}}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1}} = \frac{0.4 \cdot 10^3}{1.73 \cdot 82} = 2,6 \text{ kA} \quad (2.39)$$

К2:

$$I_{k2}^{(3)} = \frac{U_{k2}}{\sqrt{3} \cdot Z_{k3}} = \frac{0.38 \cdot 10^3}{1.73 \cdot 96,4} = 2,3 \text{ kA}$$

К3:

$$I_{k3}^{(3)} = \frac{U_{k3}}{\sqrt{3} \cdot Z_{k3}} = \frac{0.38 \cdot 10^3}{1.73 \cdot 100,8} = 2,2 \text{ kA}$$

$$i_{yk1} = \sqrt{2} \cdot K_{y1} \cdot I_{k1}^{(3)} = 1.41 \cdot 1 \cdot 2,6 = 3,6 \text{ kA} \quad (2.40)$$

$$i_{yk2} = \sqrt{2} \cdot K_{y2} \cdot I_{k2}^{(3)} = 1.41 \cdot 1 \cdot 2,3 = 3,3 \text{ kA}$$

$$i_{yk3} = \sqrt{2} \cdot K_{y3} \cdot I_{k3}^{(3)} = 1.41 \cdot 1 \cdot 2,2 = 3,1 \text{ kA}$$

$$I_{k1}^{(2)} = 0.87 \cdot I_{k1}^{(3)} = 0.87 \cdot 2,6 = 2,3 \text{ kA} \quad (2.41)$$

$$I_{k2}^{(2)} = 0.87 \cdot I_{k2}^{(3)} = 0.87 \cdot 2,3 = 2 \text{ kA}$$

$$I_{k3}^{(2)} = 0.87 \cdot I_{k3}^{(3)} = 0.87 \cdot 2,2 = 1,9 \text{ kA}$$

Результаты расчетов представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Сводная ведомость результатов расчетов токов КЗ

Т. КЗ	R _k МОм	X _k МОм	Z _k МОм	R _k / X _k	K _y	q	I _k ⁽³⁾ кА	i _y кА	I _∞ кА	I _k ⁽²⁾ кА	Z _п МОм	I _k ⁽¹⁾ кА
К1	43,3	69,5	82	0.62	1	1	2,6	3,6	2,6	2,3	15	0,84

Продолжение таблицы 3

К2	65,8	70,45	96,4	0,93	1	1	2,3	3,3	2,3	2	38	0,73
К3	70	72,55	100,8	0,96	1	1	2,2	3,1	2,2	1,9	58,3	0,72

На основе полученных данных составлена схема замещения для расчета 1-фазных токов КЗ:

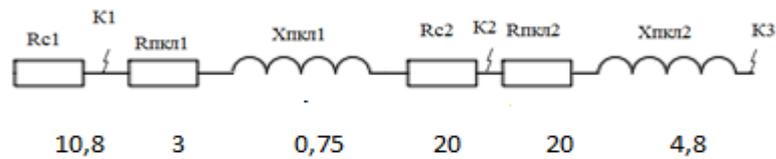


Рисунок 6– Схема замещения для расчета 1 - фазных токов КЗ

Находим сопротивления кабельных линий:

$$X_{пкЛ1} = x_{0П} \cdot L_{кЛ1} = 0,15 \cdot 5 = 0,75 \text{ мОм}$$

$$R_{пкЛ1} = 2 \cdot r_0 \cdot L_{кЛ1} = 2 \cdot 0,3 \cdot 5 = 3 \text{ мОм}$$

$$X_{пкЛ2} = x_{0П} \cdot L_{кЛ2} = 0,24 \cdot 20 = 4,8 \text{ мОм}$$

$$R_{пкЛ2} = 2 \cdot r_0 \cdot L_{кЛ2} = 2 \cdot 0,5 \cdot 20 = 20 \text{ мОм}$$

$$Z_{П1} = 15 \text{ мОм} [3]$$

$$R_{П2} = R_{c1} + R_{пкЛ1} + R_{c2} = 15 + 3 + 20 = 38 \text{ мОм}$$

$$X_{П2} = X_{пкЛ1} = 0,75 \text{ мОм}$$

$$Z_{П2} = \sqrt{R_{П2}^2 + X_{П2}^2} = \sqrt{38^2 + 0,75^2} = 38 \text{ мОм}$$

$$R_{П3} = R_{П2} + R_{пкЛ2} = 38 + 20 = 58 \text{ мОм}$$

$$X_{П3} = X_{пкЛ2} + X_{П} = 0,75 + 4,8 = 5,5 \text{ мОм}$$

$$Z_{\Pi 3} = \sqrt{R_{\Pi 3}^2 + X_{\Pi 3}^2} = \sqrt{58^2 + 5,5^2} = 58,3 \text{ мОм}$$

Находим ток однофазного короткого замыкания:

$$I_{k1}^{(1)} = \frac{U_{k1}}{Z_{\Pi 1} + \frac{Z_T^{(1)}}{3}} = \frac{230}{15 + \frac{779}{3}} = 0,84 \text{ кА} \quad (2.42)$$

$$I_{k2}^{(1)} = \frac{U_{k2}}{Z_{\Pi 2} + \frac{Z_T^{(1)}}{3}} = \frac{230}{38 + \frac{779}{3}} = 0,73 \text{ кА}$$

$$I_{k3}^{(1)} = \frac{U_{k3}}{Z_{\Pi 3} + \frac{Z_T^{(1)}}{3}} = \frac{230}{58,3 + \frac{779}{3}} = 0,72 \text{ кА},$$

где U_k - фазное напряжение в точке КЗ, кВ

Z_{Π} - полное сопротивление петли «фаза-нуль» до точки КЗ, Ом

$Z_T^{(1)}$ - полное сопротивление трансформатора однофазному КЗ, Ом

3 Расчет силовых цепей и средств защиты

3.1 Обоснование выбора кабелей

Выбор сечений кабельных линий S , мм², производится по экономической плотности тока, которая рассчитывается по формуле (3.1)

$$S = \frac{I_{РАБ.НОМ.}}{j_{ЭК}}, \quad (3.1)$$

где $I_{РАБ.НОМ.}$ – номинальный рабочий ток в данной кабельной линии;

$j_{ЭК}$ – экономическая плотность тока, зависящая от типа кабеля и продолжительности использования максимума нагрузки. Существуют таблицы с готовыми данными для кабелей. [5]

Результаты расчетов представлены в таблице 4.

Таблица 4 - Таблица соединений силовых кабелей

Трасса		Длина кабеля, м	Выбранный кабель
До	От		
1	2	3	4
ВРУ1	ТП РУ 0,4 кВ	10	АВШв – 6 3x35
Токарный станок	ЩС1	2	АВВГ 2,5x2
Фрезерный станок	ЩС1	6	АВВГ 2,5x2
Эрозионный станок	ЩС1	6	АВВГ 2,5x2
Сверлильный станок	ЩС1	15	АВВГ 2,5x2

1	2	3	4
Шлифовальный станок	ЩС1	4	АВВГ 2,5х2
Отрезной станок	ЩС1	8	АВВГ 2,5х2
Сварочный аппарат-полуавтомат	ЩС1	9	АВВГ 2,5х2
Токарный станок	ЩС2	10	АВВГ 2,5х2
Сверлильный станок	ЩС2	9	АВВГ 2,5х2
Деревообрабатывающий станок	ЩС2	17	АВВГ 2,5х2
Сварочный аппарат дуговой сварки	ЩС2	19	АВВГ 2,5х2
Шлифовальный станок	ЩС2	12	АВВГ 2,5х2
ЩС1	ВРУ1	2	АПВ 1х70
ЩС2	ВРУ1	5	АПВ 1х70
ЩО1	ВРУ1	3	ВВГнг-LS 5х4
ЩО2	ВРУ1	6	ВВГнг-LS 5х4
ЩО3	ВРУ1	12	ВВГнг-LS 5х4
ЩО4	ВРУ1	18	ВВГнг-LS 5х4
ЩАО	ВРУ1	4	ВВГнг-LS 5х4

Освещение выполнено кабелем типа ВВГнг-LS 3х1,5.

3.2 Обоснование выбора средств защиты электрических цепей

При выборе автоматических выключателей, учитываются следующие параметры:

- напряжение уставки должно быть больше или равно номинальному напряжению;
- рабочий ток должен быть меньше или равен номинальному току;
- конструктивное исполнение;
- предельный отключаемый ток;

Номинальный ток рассчитывается по формуле (3.1)

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos\varphi}, \quad (3.1)$$

Паспортные данные электроприемников, рассчитанный ток и выбранное электрооборудование сводится в таблицу 5. Оборудование было выбрано из каталога [6].

Таблица 5- Выбор автоматических выключателей

№ п/п	Наименование	P, кВт	cosφ	I, А	Выбранный выключатель
1	2	3	4	5	6
1	Токарный станок	4	0,65	21,5	S203 C40 6кА
2	Фрезерный станок	2,5	0,5	17,5	S203 C40 6кА
3	Эрозионный станок	8	0,75	37,4	S203 C40 6кА
4	Сверлильный станок	2,5	0,5	17,5	S203 C40 6кА
5	Шлифовальный станок	0,75	0,5	5,3	S203 C40 6кА
6	Отрезной станок	1,5	0,5	10,5	S203 C40 6кА
7	Сварочный аппарат-полуавтомат	1,5	0,5	10,5	S203 C40 6кА
8	Токарный станок	3	0,65	16,2	S203 C40 6кА

1	2	3	4	5	6
9	Сверлильный станок	1,5	0,5	10,5	S203 C40 6кА
10	Деревообрабатывающий станок	3x1,5	0,7	7,5	S203 C40 6кА
11	Сварочный аппарат дуговой сварки	3	0,75	14	S203 C40 6кА
12	Шлифовальный станок	0,75	0,5	5,3	S203 C40 6кА
13	ЩС1 (общий)			109,7	ВА 47-100, 3P 125A (C) 10кА
14	ЩС2 (общий)			53,5	S203 C63 6кА
15	ЩО1, ЩО2, ЩО3, ЩО4, ЩАО (общий)				S203 C20 6кА

От ВРУ1 до ЩС1 - ВА88-33 160А 35кА

От ВРУ1 до ЩС2 - S803 C80 25кА

От ВРУ1 до ЩАО, ЩО1,2,3,4 – S203 C6 6кА

Общий выключатель в ВРУ1 - ВА88-35 250А 35кА

3.3 Обоснование состава ВРУ и выбор распределительных шкафов

В подвале находится вводно-распределительное устройство 1 (для установки вне щитовых помещениях) со степенью защиты IP31. В состав ВРУ1 входит: вводной автоматический выключатель типа ВА88-35 250А 35кА,

трансформатора тока типа ТТК-40-500/5А-5ВА-0,5-УХЛЗ, счетчик трехфазный однотарифный типа СЕ300-Р31, защитные автоматы на каждый щиток, медные шины «N» и «РЕ».

ЩС1 - в подвале выбран распределительный шкаф навесного типа ЩРН-36 УХЛЗ IP31 (степень защиты IP31, 36-модульный, для семи трехполюсных выключателей S203 C40, одного общего трехполюсного выключателя ВА 47-100, ЗР 125А (С) 10кА).

ЩС2 - на первом этаже выбран шкаф распределительный типа ЩРН-24 УХЛЗ IP31 (I=100А, степень защиты IP31, 24х-модульный, для пяти трехполюсных выключателей S203 C40 и одного общего трехполюсного выключателя типа S203 C63 6кА)

ЩО, ЩАО - выбраны щиты освещения типа ОЩВ-24 (I=100А, IP31, 24х-модульный, один общий трехполюсный выключатель типа S203 C20 6кА)[10]

3.4 Заземление

Для обеспечения надежного соединения с землей предложено применить устройство защитного заземления (УЗЗ) в виде металлических штырей из арматуры диаметром 16 мм, забитых в грунт вертикально на 1,5м и сваренных между собой стальной полосой. Данная конструкция заглубляется в землю так, чтобы названная полоса находилась на глубине 0,7-0,8 м.

Изначально в качестве естественных заземлителей использовалась арматура в составе железобетонных блоков подвального помещения и различные коммуникации – трубы водопровода и канализации, другие заглубленные металлические конструкции. Из этого перечня исключены трубопроводы водопровода и отопления по соображениям техники безопасности.

Расчет УЗЗ выполнен, исходя из допустимого, согласно ПУЭ, сопротивления заземлителя растеканию тока методом коэффициентов использования. [8]

Находим сопротивление стержневого электрода по формуле (3.2)

$$R_э = \frac{\rho \cdot K_э}{2 \cdot \pi \cdot l_э} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l_э}{d_э} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot h_э + l_э}{4 \cdot h_э - l_э} \right), \quad (3.2)$$

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

где $l_э$ - длина электрода, м;

$d_э$ - диаметр электрода, м;

$h_э$ - глубина заложения электрода, м;

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

$K_э$ - повышающий коэффициент для вертикального электрода.

Рассчитываем требуемое количество электродов:

$$n' = \frac{R_э}{R_u \cdot \eta_э} \quad (3.3)$$

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

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

$\eta_э$ - коэффициент использования вертикальных заземлителей.

Определяем длину соединительной полосы:

$$l_n = a \cdot n' \quad (3.4)$$

$$l_n = 12 \cdot 6 = 72м,$$

где a - расстояние между электродами, м;

n - количество электродов.

Находим сопротивление соединительной полосы:

$$R_n = \frac{\rho \cdot K_z}{2 \cdot \pi \cdot l_n} \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot l_n^2}{h_n \cdot b}\right), \quad (3.5)$$

$$R_n = \frac{300 \cdot 4}{2 \cdot 3,14 \cdot 72} \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot 72^2}{72 \cdot 0,05}\right) = 8,3 \text{ Ом},$$

где K_z - повышающий коэффициент для горизонтальных электродов;

b - ширина горизонтального электрода, м.

Вычисляем общее сопротивление контура защитного заземления:

$$R_{\Sigma} = \frac{R_g \cdot R_n}{R_g \cdot \eta_n + R_n \cdot \eta_g \cdot n}, \quad (3.6)$$

$$R_{\Sigma} = \frac{125,3 \cdot 8,3}{125,3 \cdot 0,57 + 8,3 \cdot 0,7 \cdot 16} = 6,3 \text{ Ом}$$

Производим проверку выполнения условия:

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

$$6,3 \leq 12 \text{ Ом.}$$

3.5 Молниезащита

Данное предприятие относится к обычному объекту, это означает, что необходимо обеспечить III уровень защиты от прямых ударов молнии и заноса высокого потенциала. На этапе строительства здания была предусмотрена молниезащита, она выполнена с помощью молниеприемной сетки, которая расположена по всему периметру крыши и присоединяется к полосе заземления. Шаг ячейки составляет 2x2 м.

Заключение

В выпускной квалификационной работе была разработана система электроснабжения малого промышленного предприятия по обработке металла, расположенного по адресу с.Тимофеевка, ул.Строителей 82. Питание электроприемников осуществляется по радиальной схеме. По результатам расчета освещения были выбраны светильники типа ЛПО78 2x40 с люминесцентными лампами типа ЛБ-40-2 G13, в санузлах лампы типа ESL-S13-75/4000. Также были рассчитаны токи короткого замыкания.

Произведен выбор проводников для питания электроприемников. Питание электроприемников осуществляется медными кабелями марки АВВГ 2,5x2 от распределительных шкафов, которые запитываются кабелями АПВ 1x70. Освещение выполнено кабелем типа ВВГнг-LS 3x1,5.

В работе были выбраны выключатели для всех распределительных и осветительных шкафов типа АВВ. Все выключатели прошли проверку по ударному току КЗ.

Произведен расчет контура заземления предприятия.

Список использованных источников

1. Карманова, Т.Е. Приемники и потребители электрической энергии систем электроснабжения: Учебное пособие/Учреждение образования «Северный Арктический федеральный университет имени М.В. Ломоносова», 2015.
2. Варфоломеева, Л.П. Энергоэффективное электрическое освещение: Учебное пособие для ВУЗов/ С.М. Гвоздев, Д.И. Панфилов, Т.К. Романова и др.; под ред. Л.П. Варфоломеева. — М.: Издательский дом МЭИ, 2013. 288 с.
3. Эрнст, А.Д. Расчет токов короткого замыкания в электрических системах: Учеб. пособие. — Нижневартовск: Изд-во НГГУ, 2012. — 86 с. И Электромонтажные работы [Электронный ресурс]/ справочная энциклопедия. Электрон. дан. – режим доступа: <http://www.electro-sila.ru/st8.htm> – Загл. с экрана.
4. Заметки электрика. [Электронный ресурс]/электрон.дан. – режим доступа: <http://www.electricdom.ru/cable.htm>
5. Каталог электротехники и электрооборудования ЭТМ. [Электронный ресурс]/электрон.дан. –режим доступа: <http://www.etm.ru/cat/products.html>
6. Проектирование систем электроснабжения./Электронное учебно-методическое пособие/В.В.Вахнина, А.Н.Черненко. –Тольятти, 2016
7. Анчарова, Т.В. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений: Учебник / Т.В. Анчарова, М.А. Рашевская, Е.Д. Стебунова. - М.: Форум: НИЦ Инфра-М, 2012. - 416 с.
8. Заземление и зануление электроустановок [Электронный ресурс]/ электрон. дан. – режим доступа: <http://remont220.ru/zazemleniye-i-zanuleniye-elektrostanovok.php> – Загл. с экрана.
9. Щербаков, Е.Ф. Электроснабжение и электропотребление на предприятиях: учебное пособие / Е.Ф. Щербаков, Д.С. Александров, А.Л. Дубов. - М.: Форум, 2010. - 496 с.

10. Вахнина, В.В., Проектирование осветительных установок: учебное пособие / В.В. Вахнина, А.Н. Черненко, Т.А. Рыбалко, О.В. Самолина. – Тольятти: ТГУ, 2014. - 117 с.
11. Godfrey Boyle, Renewable Energy: Power for a Sustainable Future/ OUP Oxford; 3 edition, 13 Sept. 2012. - 584 pages.
12. Bob Everett, Stephen Peake, Janet Ramage, Energy Systems and Sustainability: Power for a Sustainable Future/OUP Oxford; 2 edition, 2011. - 672 pages.
13. Geoff MacAngus-Gerrard, Offshore Electrical Engineering Manual/Gulf Professional Publishing , 2017. – 306 pages.
14. Fernando Pacheco-Torgal Claes Granqvist Bjørn Jelle, Cost-Effective Energy Efficient Building Retrofitting 1st Edition/ Woodhead Publishing , 2017. – 632 pages.
15. The IET, Requirements for Electrical Installations, Iet Wiring Regulations, BS 7671:2008+A3:2015 (Electrical Regulations)/ Institution of Engineering and Technology; 17th Revised edition edition, 2015. - 496 pages.
16. Сибикин, Ю.Д. Техническое обслуживание, ремонт электрооборудования и сетей промышленных предприятий: учебное пособие, 2014. – 414 с.
17. Конюхова, Е.А. Электроснабжение объектов: учебное пособие, 2013.-319 с.
18. Шеховцов, В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования: Учебное пособие. - М.: Форум, 2013. - 216 с.
19. Небрат, И.Л. Расчеты токов короткого замыкания в сетях 0,4 кВ: учебное пособие / И.Л. Небрат. – СПб.: ФГОУ ДПО "ПЭИПК", 2012.
20. Кузовкин, В.А. Электротехника и электроника. учебник для бакалавров / В.А. Кузовкин, В.В. Филатов. - Люберцы: Юрайт, 2016. - 431 с.