

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

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

(наименование)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки/специальности)

Электроснабжение

(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Проектирование системы электроснабжения малого предприятия по обработке
металла

Обучающийся

А.С. Шувалов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н. В.И. Платов

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

Тольятти 2022

Аннотация

Выпускная квалифицированная работа состоит из 45-х страниц, 9-ти рисунков и 7 таблиц.

Ключевые слова: предприятие, электроснабжение, мощность, нагрузка, электроприемник, питание, линия, кабель, параметры, заземление, безопасность.

Проводится разработка электроснабжения предприятия, предметом исследования является система электроснабжения (СЭС). Актуальность разработки состоит в том, что предлагаемый проект СЭС позволит обеспечить электроснабжение потребителей и надлежащее функционирование предприятия в целом. Использование современного электрооборудования обеспечит долговременную и надежную работу СЭС согласно нормативному производственному процессу предприятия.

Приведена характеристика проектируемого объекта, выполнен расчет электрических нагрузок предприятия, проведена разработка предложений по электроснабжению малого предприятия по обработке металла.

Содержание

Введение.....	4
1 Характеристика проектируемого объекта	5
1.1 Общая характеристика малого предприятия по обработке металла	5
1.2 Характеристика электрооборудования предприятия	5
1.3 Источники электроэнергии	8
2 Расчет электрических нагрузок предприятия	9
2.1 Приведение электроприемников к трехфазному долговременному режиму работы	9
2.2 Расчет электрических нагрузок	9
2.3 Общая характеристика электрических нагрузок	15
3 Разработка предложений по электроснабжению малого предприятия по обработке металла	16
3.1 Выбор трансформаторной подстанции.....	16
3.2 Выбор кабелей и аппаратов защиты	19
3.3 Расчет токов короткого замыкания	30
3.4 Обеспечение безопасности жизнедеятельности	37
Заключение	43
Список используемых источников.....	44

Введение

Актуальность разработки состоит в том, что «технологические процессы почти любого современного промышленного предприятия осуществляются с применением различного электрооборудования (расположенного в производственных цехах)» [15]. Предлагаемый проект СЭС позволит обеспечить электроснабжение потребителей и надлежащее функционирование предприятия в целом. Использование современного электрооборудования (ЭО) обеспечит долговременную и надежную работу СЭС согласно нормативному производственному процессу предприятия.

Объектом исследования является малое предприятие по обработке металла, предмет исследования – система электроснабжения (СЭС). Цель работы состоит в разработке надежной и безопасной СЭС, для достижения цели требуется решить задачи:

- рассчитать ожидаемое электропотребление производственного оборудования и осветительную нагрузку;
- выбрать тип трансформаторной подстанции (ТП) 10/0,4 кВ, трансформаторы, компенсирующие устройства;
- согласно ожидаемым электрическим нагрузкам выбрать кабели для питания ТП и электроприемников;
- составить план прокладки кабельных линий;
- рассчитать токи короткого замыкания (КЗ);
- выбрать аппараты защиты;
- составить однолинейную схему электроснабжения;
- рассмотреть обеспечение безопасности жизнедеятельности (БЖД).

По результатам разработки СЭС, в дальнейшем планируется ее реализация на малом предприятии по обработке металла, что позволит ввести в эксплуатацию производственные линии и другое ЭО. Предложения по проекту СЭС будут учтены при монтаже и наладке оборудования СЭС.

1 Характеристика проектируемого объекта

1.1 Общая характеристика малого предприятия по обработке металла

«Малое предприятие по обработке металла будет обеспечивать первичную обработку черного металла из сталей различных марок, а также конечную обработку металлических заготовок и составляющих частей. Металлообработка – широкий спектр процессов по формированию отдельных узлов, элементов, конструкций и изделий. Методы обработки металлов можно разделить на: резание, соединение, формование. При этом применяются операции: плакирование, термообработка и газотермическое напыление, антикоррозийная обработка, рубка и резка, токарная, фрезерная и пластическая обработка на станках, шлифовка, создание отверстий, упрочнение, нанесение декоративных покрытий. Современный производственный цех рассматриваемого предприятия будет выпускать изделия с идеально гладкой поверхностью и с выверенными с точностью до долей миллиметра размерами. Такую тонкую работу позволяют производить станки с ЧПУ и инновационные технологии.

Производственное оборудование будет расположено на основном участке, занимающем основную площадь цеха предприятия. Предусмотрены вспомогательные помещения: водоподготовка, лаборатория, бытовки» [12].

1.2 Характеристика электрооборудования предприятия

Основными электроприемниками являются производственные технологические линии и другое оборудование.

«План предприятия – на рисунке 1.

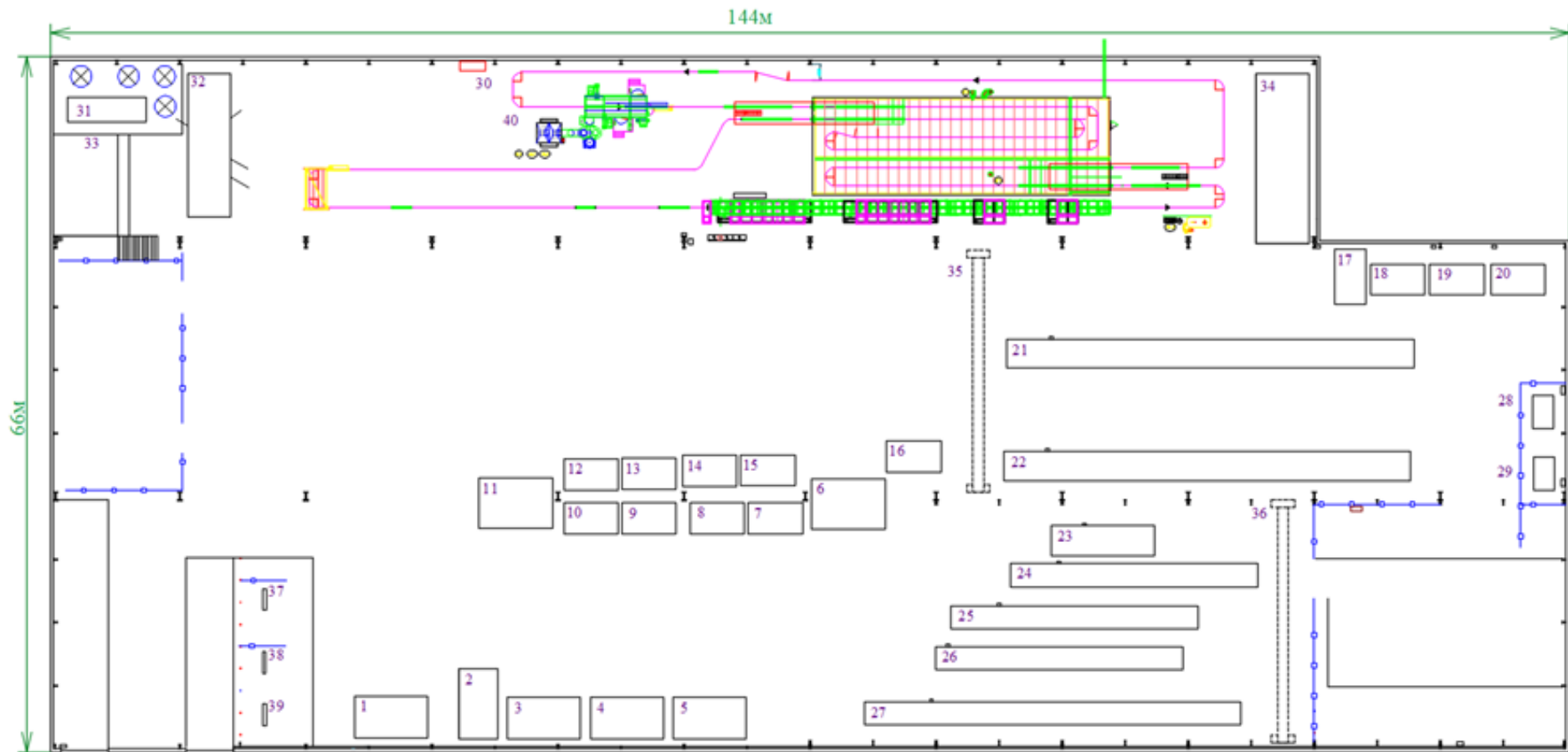


Рисунок 1 – План предприятия

Электрооборудование (ЭО) – в таблице 1.

Таблица 1 – Электрооборудование предприятия

№	ЭО	$P_{ном},$ кВт	$K_{и}$	$\cos\varphi$	Режим ПВ, %
1, 3-5,7-10, 12-20	Стенд роботизированной сварки (СРС)	28	0,18	0,35	60
2	Стенд для обработки поверхностей	29	0,3	0,6	
6,11	Стенд шлифовки металла	62	0,3	0,62	
21,22	Линия производства арматуры	57	0,3	0,7	-
23	Линия обработки металла	40	0,21	0,7	-
24-26	Линия обработки металла	38	0,21	0,7	-
27	Линия обработки металла	35	0,21	0,7	-
28,29	Насос	50	0,7	0,75	-
30	Компрессор	41,2	0,7	0,78	-
31	Водоподготовка	18,5	0,6	0,85	-
32	Лаборатория	6,8	0,28	0,85	-
33,34	Бытовка	4,8	0,35	0,8	-
35	Электроталь	18,5	0,2	0,6	25
36	Электроталь	55	0,2	0,6	
37-39	Сварочный пост	23	0,35	0,38	40
40	Линия порошковой окраски металлоизделий	246	0,2	0,6	-

Основной тип электроприемников – это асинхронные электродвигатели производственных линий и станков. Отличительная особенность асинхронных электродвигателей – значительные пусковые токи и потребление реактивной мощности.

Оборудование цеха сгруппировано по производственным линиям и стандам:

- стенды роботизированной сварки (СРС);
- стенд для обработки поверхностей;
- стенд шлифовки металла;
- линии производства арматуры;
- линия обработки металла;
- сварочные посты;
- линия порошковой окраски металлоизделий.

Также из силового производственного ЭО имеются насосы, компрессор, электротали.

Электроприемники (ЭП) цеха относятся к 1 и 2 категории надежности электроснабжения» [12].

1.3 Источники электроэнергии

ЭО предприятия будет питаться электроэнергией по кабельным линиям (КЛ) 0,4 кВ (силовое ЭО) и 0,23 кВ (освещение) от распределительных пунктов (РП), расположенных внутри помещения производственного цеха. РП будут питаться по КЛ 0,4 кВ от трансформаторной подстанции (ТП), расположенной снаружи цеха (КТПН наружной установки).

«Цеховая ТП будет получать питание от шин РУ 10 кВ ПС энергосистемы, по кабельной линии 10 кВ длиной 0,8 км» [12].

Выводы по разделу 1.

Рассмотрена общая характеристика малого предприятия по обработке металла, систематизированы характеристики электрооборудования и данные по источникам электроэнергии. Согласно проектной документации составлен план предприятия, указано расположение производственного ЭО и вспомогательных помещений.

2 Расчет электрических нагрузок предприятия

2.1 Приведение электроприемников к трехфазному долговременному режиму работы

При расчете нагрузок ЭП, в случае их повторно-кратковременного режима работы (ПКР), их нагрузки приводятся к долговременному режиму работы.

Формула для приведения нагрузок ПКР к длительному режиму работы ЭП:

$$P_n = P_n \cdot \sqrt{ПВ}, \quad (1)$$

где P_n – паспортная мощность ЭП, кВт;

$ПВ$ – продолжительность включения, о.е.

Например, для станков роботизированной сварки (СРС):

$$P_n = 28 \cdot \sqrt{0,6} = 21,7 \text{ кВт.}$$

Для остальных ЭП с ПКР режимом работы нагрузки к долговременному режиму работы приводятся аналогично.

2.2 Расчет электрических нагрузок

«Для расчета электрических нагрузок ЭП используется метод коэффициента использования активной мощности нагрузок.

Формулы для расчета среднесменных мощностей по ЭП:

$$P_c = K_u \cdot P_{ном}, \quad (2)$$

где K_u – коэффициент использования активной мощности;

$P_{ном}$ – номинальная активная мощность ЭП, кВт» [6].

$$Q_c = P_c \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (3)$$

$$S_c = \sqrt{P_c^2 + Q_c^2}, \quad (4)$$

Для ЭП №1, по (2-4):

$$P_c = 0,18 \cdot 21,7 = 3,906 \text{ кВт}$$

$$Q_c = 3,906 \cdot 2,676 = 10,454 \text{ квар}$$

$$S_c = \sqrt{3,906^2 + 10,454^2} = 11,16 \text{ кВА}$$

«Для распределительных пунктов (РП), расчетные нагрузки:

$$P_p = P_c \cdot K_p, \quad (5)$$

где K_p – коэффициент расчетной нагрузки (по справочным данным, в зависимости от эффективного числа ЭП и группового K_u).

Групповой K_u :

$$K_u = \frac{\sum P_c}{\sum P_n}; \quad (6)$$

где $\sum P_c$, $\sum P_n$ – суммы среднесменных и номинальных нагрузок ЭП, кВт.

Расчетная реактивная мощность:

$$\text{при } n_3 \leq 10: Q_p = 1,1 \cdot Q_c, \quad (7)$$

$$\text{при } n_3 > 10: Q_p = Q_c, \quad (8)$$

$$n_3 = \frac{(\sum P_n)^2}{\sum P_n^2}, \quad (9)$$

где n_3 – эффективное число ЭП, шт» [7].

Для РП-1, по (2-7):

$$K_u = \frac{64,46}{268,4} = 0,24,$$

$$P_p = 64,46 \cdot 1,81 = 116,672 \text{ кВт},$$

$$Q_p = 1,1 \cdot 139,471 = 153,418 \text{ квар},$$

$$S_p = \sqrt{116,672^2 + 153,418^2} = 192,742 \text{ кВА}.$$

Расчет нагрузок ЭП и РП – в таблице 2.

Таблица 2 – Расчет нагрузок

№ ЭП (РП)	Средняя			n_3	Кр	Наибольшая		
	Рс, кВт	Qс, квар	Sc, кВА			Рс, кВт	Qс, квар	Sc, кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9
РП-1	-	-	-	-	-	-	-	-
1	3,906	10,454	11,160	-	-	-	-	-
2	6,743	8,990	11,238	-	-	-	-	-
3	3,906	10,454	11,160	-	-	-	-	-
4	3,906	10,454	11,160	-	-	-	-	-
5	3,906	10,454	11,160	-	-	-	-	-
9	3,906	10,454	11,160	-	-	-	-	-
10	3,906	10,454	11,160	-	-	-	-	-
11	15,113	20,150	25,188	-	-	-	-	-
12	3,906	10,454	11,160	-	-	-	-	-
37	5,088	12,384	13,388	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
38	5,088	12,384	13,388	-	-	-	-	-
39	5,088	12,384	13,388	-	-	-	-	-
∑РП-1	64,460	139,471	154,710	9	1,81	116,672	153,418	192,742
РП-2	-	-	-	-	-	-	-	-
6	14,415	18,242	23,250	-	-	-	-	-
7	3,906	10,454	11,160	-	-	-	-	-
8	3,906	10,454	11,160	-	-	-	-	-
13	3,906	10,454	11,160	-	-	-	-	-
14	3,906	10,454	11,160	-	-	-	-	-
15	3,906	10,454	11,160	-	-	-	-	-
16	3,906	10,454	11,160	-	-	-	-	-
21	11,400	11,630	16,286	-	-	-	-	-
22	11,400	11,630	16,286	-	-	-	-	-
34	1,680	1,260	2,100	-	-	-	-	-
35	1,850	2,467	3,083	-	-	-	-	-
∑РП-2	64,181	107,954	127,965	7	1,98	127,078	118,749	173,926
РП-3	-	-	-	-	-	-	-	-
17	3,906	10,454	11,160	-	-	-	-	-
18	3,906	10,454	11,160	-	-	-	-	-
19	3,906	10,454	11,160	-	-	-	-	-
20	3,906	10,454	11,160	-	-	-	-	-
23	8,400	8,570	12,000	-	-	-	-	-
24	7,980	8,141	11,400	-	-	-	-	-
25	7,980	8,141	11,400	-	-	-	-	-
26	7,980	8,141	11,400	-	-	-	-	-
27	7,350	7,498	10,500	-	-	-	-	-
28	35,000	30,867	46,667	-	-	-	-	-
29	35,000	30,867	46,667	-	-	-	-	-
36	5,500	7,333	9,167	-	-	-	-	-
∑РП-3	130,814	151,376	203,840	12	1,59	207,994	166,514	266,436
РП-4	-	-	-	-	-	-	-	-
30	28,840	23,138	36,974	-	-	-	-	-
31	11,100	6,879	13,059	-	-	-	-	-
32	1,904	1,180	2,240	-	-	-	-	-
33	1,680	1,260	2,100	-	-	-	-	-
40	49,200	65,600	82,000	-	-	-	-	-
∑РП-4	92,724	98,057	136,373	3	2,44	226,247	98,057	246,582
∑	-	-	-	-	-	677,991	536,738	864,731

«Нормы освещенности для помещений цеха принимаются согласно СанПиН 2.3.4.050-96» [20].

Расчет освещения участка водоподготовки.

«Индекс помещения:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)}, \quad (10)$$

где A , B , h – длина, ширина и высота помещения, м» [2].

$$i = \frac{12,1 \cdot 6,6}{9 \cdot (12,1 + 6,6)} = 0,477.$$

«Требуемый суммарный световой поток:

$$\Phi = \frac{E \cdot S \cdot K_z \cdot Z}{K_u}, \quad (11)$$

где E – нормируемая освещенность, лм;

S – площадь помещения, м²;

K_z – коэффициент запаса;

Z – коэффициент минимальной освещенности;

K_u – коэффициент использования светового потока» [2].

$$\Phi = \frac{200 \cdot 80,7 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{0,36} = 73652,3 \text{ лм.}$$

Выбираем светильники NT-PROM 100Л, мощность 100 Вт, световой поток 15100 лм, внешний вид – на рисунке 2.



Рисунок 2 – Светильник NT-PROM 100Л

Использование пылевлагозащищенных светодиодных промышленных светильников обеспечит надежную и экономичную работу системы освещения без необходимости частой замены источников света. Также данные светильники специально адаптированы для промышленных предприятий и имеют низкий уровень пульсаций светового потока, что соответствует требованиям по охране труда и эргономике рабочего места персонала.

«Требуемое число светильников:

$$N = \frac{\Phi}{\Phi_c}, \quad (12)$$

где Φ_c – световой поток одного светильника, лм» [8].

$$N = \frac{73652,3}{15100} \approx 5 \text{ шт.}$$

Расчет освещения – в таблице 3.

Таблица 3 – Расчет освещения

Помещение	F, м ²	Ф, лм	Число свет., шт	Фс, лм
Водоподготовка	80,7	73652,3	5	15100
Бытовка	58,5	61574,1	4	
Бытовка	80,6	82651,5	6	
Мастерская	55,6	69396,6	5	
Сварочный участок	135,1	99808,6	7	
Склад	269	67366	5	60400
Основной участок	8412	2922234	46	

Итого расчетные мощности цеха с учетом освещения:

$$P_{po} = 78 \cdot 0,100 + 677,991 = 685,791 \text{ кВт};$$

$$Q_{po} = 78 \cdot 0,100 \cdot 0,88 + 536,738 = 543,602 \text{ квар};$$

$$S_{po} = \sqrt{685,791^2 + 543,602^2} = 875,108 \text{ кВА}.$$

2.3 Общая характеристика электрических нагрузок

Основную часть нагрузок составляют ЭП с ПКР-режимом работы, который учтен при расчете суммарных нагрузок по РП и предприятию в целом. Электрические нагрузки сгруппированы по производственным линиям, основную часть нагрузок составляют асинхронные двигатели и сварочное оборудование со значительными пиковыми токами.

Выводы по разделу 2.

Согласно данным проектной документации проведен расчет ожидаемых электрических нагрузок по ЭП, РП и предприятию. Рассчитано энергоэффективное светодиодное освещение по производственным участкам, осветительная нагрузка учтена в общей нагрузке.

3 Разработка предложений по электроснабжению малого предприятия по обработке металла

3.1 Выбор трансформаторной подстанции

«Компенсация реактивной мощности (КРМ) производится до нормативного $\cos \varphi = 0,95$. Требуемая мощность компенсирующих устройств (КУ):

$$Q_{к.у.} = 0,9 \cdot P_p \cdot (tg\varphi - tg\varphi_k), \quad (13)$$

где P_p – расчетная нагрузка, кВт;

$tg\varphi$ – тангенс угла φ до КРМ;

$tg\varphi_k$ – нормативный тангенс угла φ после КРМ (соответствует нормативному $\cos \varphi = 0,95$)» [16].

$$Q_{к.у.} = 0,9 \cdot 685,791 \cdot (0,793 - 0,33) = 285,56 \text{ квар.}$$

КРМ будет обеспечиваться двумя установками АУКРМ-0,4-145 по 145 квар. Это обеспечит точную автоматическую КРМ.

Расчет нагрузок ТП – в таблице 4.

Таблица 4 – Расчет нагрузок ТП

Показатели	$\cos\varphi$	$tg\varphi$	P_p , кВт	Q_p , квар	S_p , кВА
Σ на НН	0,784	0,793	685,791	543,602	875,108
КУ, квар	-	-	-	290	-
Σ на НН с КУ	0,938	0,370	685,791	253,602	731,180

Потери мощности в трансформаторах:

$$\Delta P_m \approx 0,02 \cdot S_p; \quad (14)$$

$$\Delta P_m \approx 0,02 \cdot 731,18 = 14,624 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_m \approx 0,1 \cdot S_p; \quad (15)$$

$$\Delta Q_m \approx 0,1 \cdot 731,18 = 73,118 \text{ квар.}$$

Полная нагрузка ТП, по (4):

$$S'_p = \sqrt{(685,791 + 14,624)^2 + (253,602 + 73,118)^2} = 772,87 \text{ кВА.}$$

«Если в состав нагрузок ТП входят потребители 1 и/или 2 категорий надежности электроснабжения, устанавливается два силовых трансформатора» [13].

«Требуемая мощность трансформаторов:

$$S_m \geq K_{з.н.} \cdot S_{п.к.}, \quad (16)$$

где $K_{з.н.}$ – нормативный коэффициент загрузки трансформаторов, согласно ГОСТ 14209-85, $K_{з.н.} = 0,7$;

$S_{п.к.}$ – нагрузка потребителей с учетом КРМ, кВА» [19].

$$S_m \geq 0,7 \cdot 731,18 = 511,83 \text{ кВА.}$$

Выбираются трансформаторы ТМГ12-630.

«Проверка по коэффициенту загрузки в аварийном режиме:

$$K_{з.ав.} = \frac{S_{п.к.}}{S_m}, \quad (17)$$

где S_m – номинальная мощность трансформатора, кВА» [3].

$$K_{з.ав.} = \frac{731,18}{630} = 1,16 \leq 1,4.$$

Выбирается ТП марки 2КТПН-630-10/0,4.

«Комплектные трансформаторные подстанции 2КТПН-10/0,4 с коридорами обслуживания, мощностью 100-2500 кВА предназначены для приема электрической энергии трехфазного переменного тока частоты 50 Гц напряжением 6 или 10 кВ, преобразования в электрическую энергию 0,4 кВ и снабжения ею потребителей. Подстанции с коридорами обслуживания предназначены для энергоснабжения промышленных объектов, жилых комплексов, общественных зданий, населенных пунктов, сельскохозяйственных предприятий, стройплощадок, кустов скважин газовых и нефтяных месторождений. Подстанция КТПН имеет двери с каждой обслуживаемой стороны. Все двери подстанции снабжены внутренними реечными замками и петлями под навесной замок. Для вентиляции и охлаждения блоков трансформаторов в дверях имеются жалюзи.

Подстанция является комплектной, в стандартный комплект входит оборудование:

- выключатели нагрузки ВНРп-10/400;
- опорные изоляторы ИОЭЛ-10;
- трансформаторы тока ТПЛК-10 - 30/5 - 0,5;
- трансформаторы напряжения НАМИ-10-95;
- ограничители перенапряжения ОПН-10;
- предохранители ПКТ-103/25;
- автоматические выключатели ВА-52-39/630;
- трансформаторы тока ТШЛ-0,66 - 600/5.

Силовые трансформаторов монтируются после размещения КТПН на месте установки» [11].

3.2 Выбор кабелей и аппаратов защиты

«Рабочий ток КЛ 10 кВ:

$$I_p = \frac{S'_p}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot n}, \quad (18)$$

где S'_p – расчетная мощность ТП с учетом потерь в трансформаторах, кВА;

U_n – напряжение КЛ, кВ;

n – число цепей, шт» [18].

$$I_p = \frac{772,9}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 2} = 22,311 \text{ А.}$$

«Экономическое сечение жил:

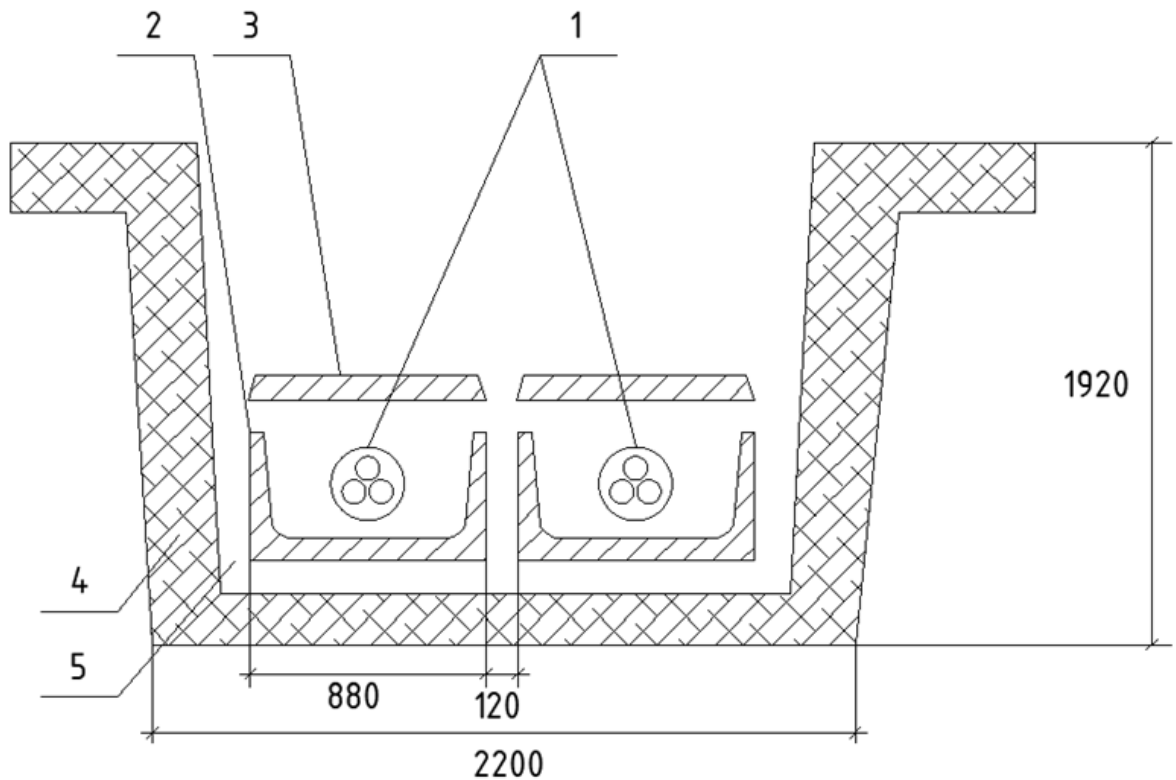
$$F_{\text{эк}} = \frac{I_p}{j_{\text{эк}}}, \quad (19)$$

где $j_{\text{эк}}$ – экономическая плотность тока, А/мм²» [6].

$$F_{\text{эк}} = \frac{22,311}{1,4} = 15,9 \text{ мм}^2.$$

Принимаем кабель АПвП-3×16 мм².

Схема прокладки КЛ – на рисунке 3.



1 - Силовой кабель; 2 - Лоток железобетонный; 3 - Плита железобетонная;
4 - Песчано-гравийная смесь; 5 - Песчаная подготовка

Рисунок 3 – Схема прокладки КЛ

Ток аварийного режима, по (18):

$$I_{ав} = \frac{772,9}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 1} = 44,6 \text{ А.}$$

«Допустимый ток кабеля с учетом условий прокладки:

$$I'_{дон} = I_{дон} \cdot K_{нов} \cdot K_{ср} \cdot K_{пон}, \quad (20)$$

где $I_{дон}$ – паспортный допустимый ток кабеля, А;

$K_{нов}$, $K_{ср}$, $K_{пон}$ – коэффициенты недогруженности КЛ, среды и групповой прокладки» [3].

$$I'_{дон} = 75 \cdot 1,25 \cdot 1,08 \cdot 0,93 = 94,163 \text{ A} > I_{ав}.$$

«Потери напряжения в КЛ:

$$\Delta U_{л} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_p \cdot L \cdot 100}{U_n} (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi), \quad (21)$$

где I_p – расчетный ток КЛ, А;

L – длина КЛ, км;

r_0, x_0 – удельные сопротивления кабеля, Ом/км» [8].

$$\Delta U_{л} = \frac{\sqrt{3} \cdot 44,6 \cdot 0,805 \cdot 100}{10} (1,94 \cdot 0,906 + 0,102 \cdot 0,423) = 0,28 \% < 5 \%$$

Расчет низковольтной сети.

«Необходимо обеспечить возможность индивидуального отключения ЭП для удобства обслуживания и вывода оборудования в ремонт, обеспечения надежной и селективной работы аппаратов защиты линий. Таким образом, для распределительной сети выбирается радиальная схема, каждый ЭП запитывается от РП по отдельной КЛ. КЛ на 0,4 кВ и 0,23 кВ выполняются кабелями АВВГнг-LS, ВВГнг-LS и КГ (подвижные тали). Кабели прокладываются в коробах и в защитной гофре» [12]. План силовой сети – на листе 1 графической части.

Расчет для КЛ до ЭП №1. «Наибольший ток линии:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n} \quad (22)$$

где S_p – расчетная мощность ЭП, кВА;

U_n – напряжение КЛ, кВ» [8].

$$I_p = \frac{62}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 89,5 \text{ А}$$

Выбирается кабель АВВГнг-LS-3×25+1×16, «допустимый ток 97,75 А, с учетом поправочного коэффициента 0,85 на групповую прокладку кабелей» [18].

«При расчете потерь напряжения в сети до 1 кВ индуктивным сопротивлением проводов можно пренебречь» [15]. Потери напряжения в КЛ, по (21):

$$\Delta U_{\%} = \frac{\sqrt{3} \cdot 89,5 \cdot 11,49 \cdot 100}{0,38} (0,0124 \cdot 0,35 + 0 \cdot 0,613) = 0,2 \% < 5 \%$$

Выбор кабелей – в таблице 5.

Таблица 5 – Выбор кабелей силовой сети

Участок	Ip, А	Кабель АВВГнг-LS, сечение	Iдоп, А	ΔU, %
1	2	3	4	5
РП-1	-	-	-	-
1	89,5	3×25+1×16	97,75	0,20
2	54,1	4×10	55,25	0,85
3	89,5	3×25+1×16	97,75	0,47
4				0,61
5				0,75
9				0,56
10				0,47
11				121,2
12	89,5	3×25+1×16	97,75	0,59
37	55,2	4×10	55,25	0,13
38				0,30
39				0,44

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5
∑РП-1	967,3	4×(3×185+1×95)	1191	0,29
РП-2	-	-	-	-
6	111,9	3×35+1×25	114,75	0,10
7	89,5	3×25+1×16	97,75	0,26
8				0,36
13				0,58
14				0,47
15				0,37
16				0,18
21	117,5	3×50+1×25	140,25	0,83
22				0,59
34	8,7	ВВГнг-LS-5×2,5	24,5	1,41
35	22,3	КГ-4×2,5	26	2,88
∑РП-2	914,8	4×(3×185+1×95)	1191	0,19
РП-3	-	-	-	-
17	89,5	3×25+1×16	97,75	0,79
18				0,65
19				0,58
20				0,69
23	82,5			0,64
24	78,4			0,79
25				1,09
26				1,36
27	72,2	4×16	76,5	2,27
28	96,2	3×25+1×16	97,75	1,28
29				1,02
36	66,2	КГ-4×10	71,25	2,55
∑РП-3	1006,3	4×(3×185+1×95)	1191	0,53
РП-4	-	-	-	-
30	76,2	4×16	76,5	0,36
31	31,4	ВВГнг-LS-5×4	37,5	1,14
32	11,5	ВВГнг-LS-5×2,5	24,5	0,47
33	8,7			0,84
40	591,8	2×(3×185+1×95)	595,5	0,22

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5
ΣРП-4	719,6	2×(3×240+1×120)	750,5	1,13

«Выбор автоматических выключателей (АВ) для защиты КЛ до 1 кВ производится по условиям:

- по напряжению:

$$U_{ном} > U_c, \quad (23)$$

- по току теплового расцепителя (ТР)» [8]:

$$I_{m.p.} > 1,1 \cdot I_p, \quad (24)$$

Для КЛ к ЭП №1, по (24):

$$I_{m.p.} > 1,1 \cdot 89,5 = 98,4 \text{ А.}$$

Выбирается ВА-51-35/100, выбор АВ – в таблице 6.

Таблица 6 – Выбор автоматов

Участок	1,1·I _p ,А	Автомат	I _{ном} ,А
1	2	3	4
РП-1	-	-	-
1	98,4	ВА-51-35	100
2	59,5		63
3	98,4		100
4			
5			

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	
9	98,4	ВА-51-35	100	
10				
11	133,3	ВА-51-39	160	
12	98,4	ВА-51-35	100	
37	60,7	ВА-51-25	63	
38				
39				
Участок	1,1·Iр,А	Выключатель	Iном,А	
∑РП-1	1064	Э16	1250	
РП-2	-	-	-	
6	123	ВА-51-39	160	
7	98,4	ВА-51-35	100	
8				
13				
14				
15				
16				
21				
22	129,3		160	
34	9,5	ВА-51-25	10	
35	24,5		25	
∑РП-2	1006	Э16	1250	
РП-3	-	-	-	
17	98,4	ВА-51-35	100	
18				
19				
20				
23	90,7			
24	86,2			
25				
26				
27	79,4			80
28	105,8			160
29				
36	72,8	80		
∑РП-3	1106	Э16	1250	

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4
РП-4	-	-	-
30	83,9	ВА-51-35	100
31	34,6	ВА-51-25	40
32	12,7		13
33	9,5		10
40	651,0	ВА-52-39	1000
ΣРП-4	791,6	Э16	

КЛ 10 кВ будет защищаться терминалами Сириус-2Л-02, внешний вид – на рисунке 4.



Рисунок 4 – Терминал Сириус-2Л-02

«Токовая отсечка (ТО):

$$I_{C3} \geq K_{отс} \cdot I_{НОМ.Т} , \quad (25)$$

где $K_{отс}$ – коэффициент отстройки» [1].

$$I_{C3} \geq 5 \cdot 0,02231 = 0,112 \text{ кА}$$

«МТЗ:

$$I_{C3} \geq \frac{K_H \cdot K_{C3}}{K_B} \cdot I_{р.макс} , \quad (26)$$

где $I_{р.макс}$ – расчетный ток КЛ, А» [1].

$$I_{C3} \geq \frac{1,1 \cdot 1,18}{0,935} \cdot 22,311 = 30,973 \text{ А}$$

«Ток срабатывания реле:

$$I_{CP} = I_{C3} \cdot \frac{k_{cx}}{n_T} , \quad (27)$$

где $k_{cx} = 1$ – коэффициент схемы подключения ТТ;

n_T – коэффициент трансформации ТТ» [1].

$$I_{CP} = 30,973 \cdot \frac{1}{50/5} = 3,097 \text{ А}$$

Чувствительность:

$$k_q = \frac{I_K^{(2)}}{I_{C3}}, \quad (28)$$

$$k_q = \frac{1570}{30,973} = 50,69 \geq 1,5$$

Защита от замыканий на землю.

«Ток срабатывания:

$$I_{C.3.} \geq k_{отс} \cdot k_B \cdot I_C, \quad (29)$$

где $k_{отс}$ – коэффициент отстройки;

k_B – коэффициент броска ёмкостного тока;

I_C – ёмкостный ток присоединения, А.

$$I_C = I_{CO} \cdot L, \quad (30)$$

где I_{CO} – удельный ёмкостный ток кабеля, А/км;

L – длина линии, км» [1].

$$I_C = 0,55 \cdot 0,8 = 0,44 \text{ А}$$

$$I_{C.3.} \geq 1,2 \cdot 2,5 \cdot 0,44 = 1,32 \text{ А}$$

АВР 0,4 кВ.

«АВР предназначен для автоматического переключения питания ответственных потребителей на резервный источник при пропадании либо несоответствии норм показателей качества питания с основного источника.

Схема АВР 0,4 кВ – на рисунке 5» [9].

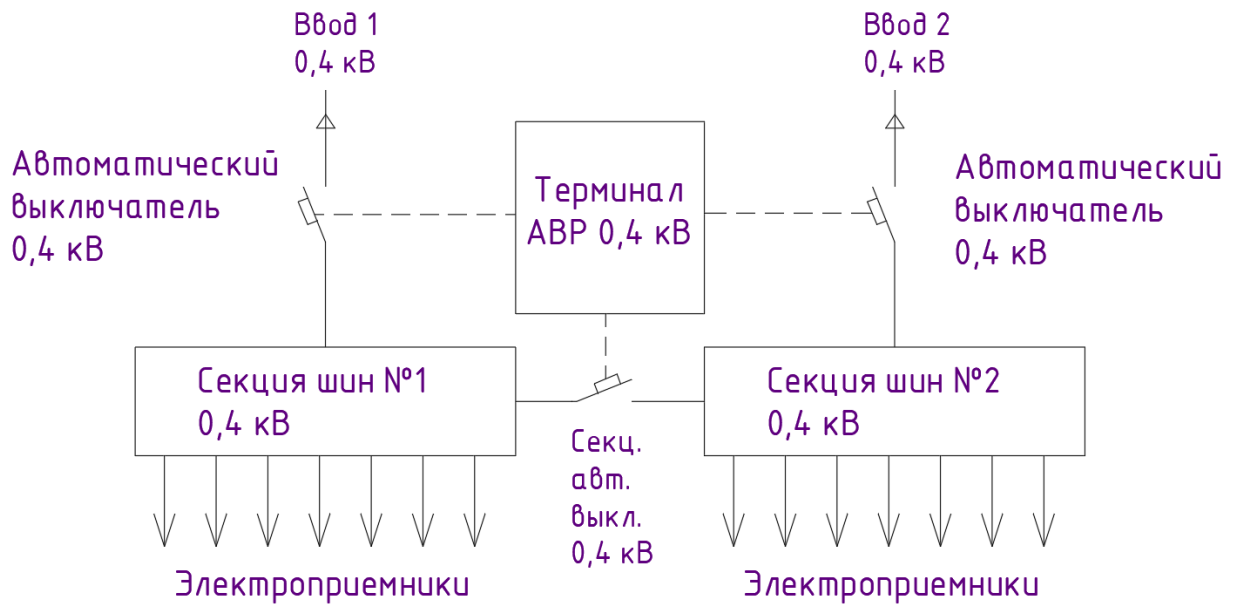


Рисунок 5 – Схема АВР 0,4 кВ

Электрическая схема АВР – на рисунке 6.

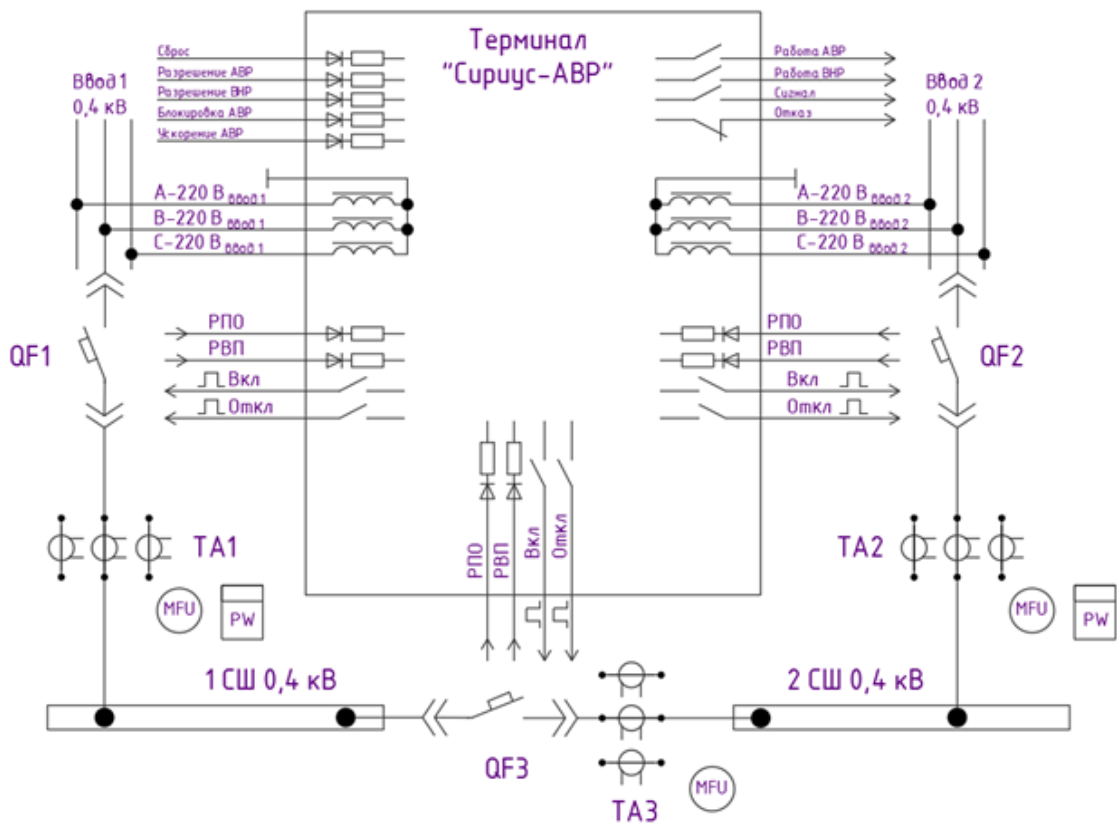


Рисунок 6 – Электрическая схема АВР

«Терминал Сириус-АВР обеспечивает автоматический ввод резервного источника при пропадании напряжения на одном из питающих вводов и автоматическое восстановление схемы нормального режима питания. В нормальном режиме работы питание подается на оба ввода 0,4 кВ, секционный выключатель отключен. При пропадании напряжения на одном из вводов, АВР отключает выключатель этого ввода (QF1 или QF2) и включает секционный выключатель (QF3). После проведения ремонтно-восстановительных работ АВР восстанавливает схему нормального режима питания» [9].

3.3 Расчет токов короткого замыкания

Расчетные схемы – на рисунке 7.

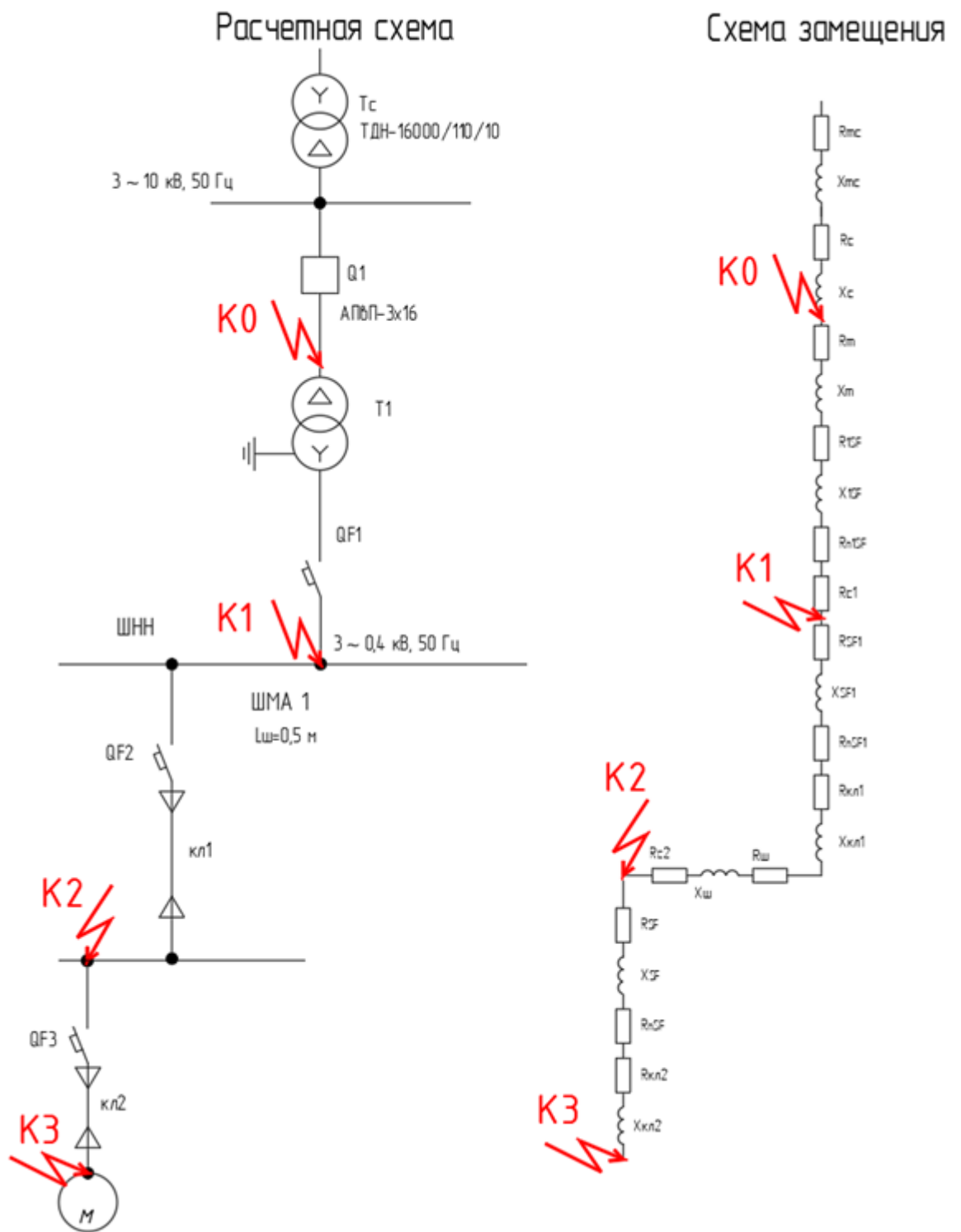


Рисунок 7 – Расчетные схемы

Расчет токов КЗ для точки КЗ (ввод ЭП №1).

«Полное сопротивление трансформатора ПС энергосистемы 110/10 кВ:

$$Z'_{mc} = \frac{u_k \cdot U_{вн}^2}{100 \cdot S_n}, \quad (31)$$

где u_k – напряжение КЗ трансформатора, %;

$U_{вн}$ – напряжение обмотки ВН, кВ;

S_n – номинальная мощность трансформатора, МВА» [14].

$$Z'_{mc} = \frac{10,5 \cdot 110^2}{100 \cdot 16} = 79,4 \text{ Ом.}$$

«Активное и индуктивное сопротивления трансформатора ПС энергосистемы:

$$R'_{mc} = \frac{P_k \cdot U_{вн}^2}{S_n^2}, \quad (32)$$

где P_k – потери КЗ, Вт;

S_n – номинальная мощность трансформатора, кВА» [14].

$$R'_{mc} = \frac{85000 \cdot 110^2}{16000^2} = 4,018 \text{ Ом.}$$

$$X'_{mc} = \sqrt{Z_{mc}^2 - Q_{mc}^2}, \quad (33)$$

$$X'_{mc} = \sqrt{79,4^2 - 4,018^2} = 79,29 \text{ Ом.}$$

Сопротивления КЛ 10 кВ:

$$X'_c = x_0 \cdot L_c, \quad (34)$$

где L_c – длина КЛ, км.

$$X'_c = 0,102 \cdot 0,8 = 0,082 \text{ Ом.}$$

$$R'_c = r_0 \cdot L_c, \quad (35)$$

$$R'_c = 1,94 \cdot 0,8 = 1,552 \text{ Ом.}$$

$$R_{mc} = R'_{mc} \cdot \frac{U_{нн}^2}{U_{вн}^2}, \quad (36)$$

$$R_{mc} = 4,018 \cdot \frac{0,4^2}{10^2} = 6,429 \text{ мОм;}$$

$$X_{mc} = X'_{mc} \cdot \frac{U_{нн}^2}{U_{вн}^2}, \quad (37)$$

$$X_{mc} = 79,29 \cdot \frac{0,4^2}{10^2} = 126,864 \text{ мОм;}$$

$$R_c = R'_c \cdot \frac{U_{нн}^2}{U_{вн}^2}, \quad (38)$$

$$R_c = 1,552 \cdot \frac{0,4^2}{10^2} = 2,48 \text{ мОм;}$$

$$X_c = X'_c \cdot \frac{U_{нн}^2}{U_{вн}^2}, \quad (39)$$

$$X_c = 0,082 \cdot \frac{0,4^2}{10^2} = 0,131 \text{ мОм.}$$

«Сопровитвления трансформатора ТП, автоматов и шинопровода принимаются по справочным данным» [19].

Сопровитвления КЛ до РП:

$$R_{кл1} = r_0 \cdot L_{кл1}, \quad (40)$$

$$R_{кл1} = 0,109 \cdot 56,28 = 6,124 \text{ мОм.}$$

$$X_{кл1} = x_0 \cdot L_{кл1}, \quad (41)$$

$$X_{кл1} = 0,0413 \cdot 56,28 = 2,326 \text{ мОм.}$$

Сопrotивления КЛ до ЭП №1, по (34,35):

$$R_{кл2} = 8,65 \cdot 4,63 = 40,0545 \text{ мОм};$$

$$X_{кл2} = 0,637 \cdot 4,63 = 2,95 \text{ мОм}.$$

«Сопrotивления шинопровода ШРА 630 по справочным данным:
 $r_0 = 0,1 \text{ мОм/м}$; $x_0 = 0,13 \text{ мОм/м}$. Удельные сопротивление петли фаза-ноль:
 $r_{0п} = 0,2 \text{ мОм/м}$; $x_{0п} = 0,26 \text{ мОм/м}$ » [19].

$$R_{uu} = r_0 \cdot L_{uu}, \quad (42)$$

$$R_{uu} = 0,1 \cdot 0,5 = 0,05 \text{ мОм};$$

$$X_{uu} = x_0 \cdot L_{uu}, \quad (43)$$

$$R_{uu} = 0,13 \cdot 0,5 = 0,065 \text{ мОм}.$$

«Для ступеней распределения, переходные сопротивление:
 $R_{c1} = 15 \text{ мОм}$; $R_{c2} = 20 \text{ мОм}$ » [14].

Сопrotивления цепи на участках между точками КЗ:

$$R_{\text{э}0} = R_{mc} + R_c, \quad (44)$$

$$R_{\text{э}0} = 6,429 + 2,48 = 8,91 \text{ мОм};$$

$$X_{\text{э}0} = X_{mc} + X_c, \quad (45)$$

$$X_{\text{э}0} = 126,864 + 0,131 = 126,995 \text{ мОм};$$

$$R_{\text{э}1} = R_m + R_{QF1} + R_{nQF1} + R_{c1}, \quad (46)$$

$$R_{\text{э}1} = 9,4 + 0,06 + 0,07 + 15 = 24,53 \text{ мОм};$$

$$X_{\text{э}1} = X_m + X_{QF1}, \quad (47)$$

$$X_{\text{э}1} = 27,2 + 0,07 = 27,27 \text{ мОм};$$

$$R_{\text{э}2} = R_{QF2} + R_{nQF2} + R_{кл1} + R_{uu} + R_{c2}, \quad (48)$$

$$R_{\rho 2} = 0,112 + 0,25 + 6,124 + 0,05 + 20 = 26,536 \text{ мОм};$$

$$X_{\rho 2} = X_{QF2} + X_{\kappa 1} + X_{\text{ш}}, \quad (49)$$

$$X_{\rho 2} = 0,13 + 2,326 + 0,065 = 2,521 \text{ мОм};$$

$$R_{\rho 3} = R_{QF3} + R_{nQF3} + R_{\kappa 2}, \quad (50)$$

$$R_{\rho 3} = 1,3 + 0,75 + 40,0545 = 42,1045 \text{ мОм};$$

$$X_{\rho 3} = X_{QF3} + X_{\kappa 2}, \quad (51)$$

$$X_{\rho 3} = 1,2 + 2,95 = 4,15 \text{ мОм}.$$

Сопротивления до точек КЗ:

$$R_{\kappa 0} = R_{\rho 0} = 8,91 \text{ мОм};$$

$$X_{\kappa 0} = X_{\rho 0} = 126,995 \text{ мОм};$$

$$Z_{\kappa 0} = \sqrt{R_{\kappa 0}^2 + X_{\kappa 0}^2}, \quad (52)$$

$$Z_{\kappa 0} = \sqrt{8,91^2 + 126,995^2} = 127,307 \text{ мОм};$$

$$R_{\kappa 1} = R_{\rho 0} + R_{\rho 1}, \quad (53)$$

$$R_{\kappa 1} = 8,91 + 24,53 = 33,44 \text{ мОм};$$

$$X_{\kappa 1} = X_{\rho 0} + X_{\rho 1}, \quad (54)$$

$$X_{\kappa 1} = 126,995 + 27,27 = 154,265 \text{ мОм};$$

$$Z_{\kappa 1} = \sqrt{33,44^2 + 154,265^2} = 157,848 \text{ мОм};$$

$$R_{\kappa 2} = R_{\rho 0} + R_{\rho 1} + R_{\rho 2}, \quad (55)$$

$$R_{\kappa 2} = 8,91 + 24,53 + 26,536 = 59,98 \text{ мОм};$$

$$X_{\kappa 2} = X_{\rho 0} + X_{\rho 1} + X_{\rho 2}, \quad (56)$$

$$X_{\kappa 2} = 126,995 + 27,27 + 2,521 = 156,785 \text{ мОм};$$

$$Z_{\kappa 2} = \sqrt{59,98^2 + 156,785^2} = 167,87 \text{ мОм};$$

$$R_{\kappa 3} = R_{\kappa 2} + R_{\rho 1}, \quad (57)$$

$$R_{к3} = 59,98 + 42,1045 = 102,082 \text{ мОм};$$

$$X_{к3} = X_{к2} + X_{з3}, \quad (58)$$

$$X_{к3} = 156,785 + 4,15 = 160,935 \text{ мОм};$$

$$Z_{к3} = \sqrt{102,082^2 + 160,935^2} = 190,58 \text{ мОм}.$$

«Определяются токи КЗ:

$$I_{к}^{(3)} = \frac{U_{к}}{\sqrt{3} \cdot Z_{к}}, \quad (59)$$

где $U_{к}$ – напряжение КЗ, кВ;

$Z_{к}$ – сопротивление цепи до точки КЗ, мОм.

$$i_y = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{к}^{(3)}, \quad (60)$$

где K_y – ударный коэффициент» [14].

$$I_{к}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{к}^{(3)}, \quad (61)$$

$$I_{к}^{(1)} = 0,55 \cdot I_{к}^{(3)}, \quad (62)$$

В точке К0, по (59-61):

$$I_{к0}^{(3)} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 127,307} = 1,81 \text{ кА}.$$

$$i_y = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 1,81 = 4,62 \text{ кА}.$$

$$I_{к}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 1,81 = 1,57 \text{ кА}.$$

Результаты расчетов – в таблице 7.

Таблица 7– Токи КЗ

Точка КЗ	$I_k^{(3)}$, кА	i_y , кА	$I_k^{(2)}$, кА	$I_k^{(1)}$, кА
К0	1,81	4,62	1,57	-
К1	1,46	2,69	1,27	0,80
К2	1,31	2,40	1,13	0,72
К3	1,15	2,12	1,0	0,63

3.4 Обеспечение безопасности жизнедеятельности

«Охрана труда (ОТ) и техника безопасности (ТБ) при монтаже, эксплуатации, обслуживании, ремонте СЭС обеспечиваются согласно ГОСТ 12.0.004-2015» [5].

«ОТ обеспечивается организационными и техническими мероприятиями, за которые отвечает специальная служба охраны труда (СОТ), являющаяся самостоятельным структурным подразделением. Персонал СОТ включает штат специалистов по ОТ во главе с руководителем службы» [10].

«Для обеспечения безопасности технологического процесса в первую очередь необходимо проводить инструктажи и проверки по работе с оборудованием и использованию СИЗ. На всех производственных участках предусмотрена установка плакатов по ТБ, ОТ и СИЗ, пример плаката приведен на рисунке 8» [10].



Рисунок 8 – Использование СИЗ

Плакат по электробезопасности – на рисунке 9.



Рисунок 9 – Плакат по электробезопасности

Расчет заземляющего устройства (ЗУ).

«Удельное сопротивление грунта для электродов:

$$\rho_p = \rho \cdot K_c, \quad (63)$$

где ρ – удельное сопротивление грунта, Ом · м;

K_c – коэффициент сезонности» [11].

$$\rho_{pe} = 2000 \cdot 1,1 = 2200 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$$\rho_{pe} = 2000 \cdot 1,4 = 2800 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

«Для вертикальных электродов (ВЭ) используем угловую сталь 50х50 мм, для горизонтального электрода (ГЭ) используем полосовую сталь 50х5 мм» [11].

«Сопротивление растеканию для одного ВЭ:

$$R_{овэ} = \frac{\rho_{pe}}{2 \cdot \pi \cdot l} \left[\ln \left(\frac{2 \cdot l}{d} \right) + 0,5 \cdot \ln \left(\frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l} \right) \right] \quad (64)$$

где l – длина ВЭ, м;

d – приведенный диаметр ВЭ, м;

t – расстояние от поверхности до центра ВЭ, м.

$$d = 0,95 \cdot b, \quad (65)$$

где b – ширина уголка, м» [11].

Для одного ВЭ, по (64,65):

$$d = 0,95 \cdot 0,05 = 0,0475 \text{ м}$$

$$t = 3/2 + 0,8 = 2,3 \text{ м}$$

$$R_{\text{огэ}} = \frac{2200}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \left[\ln \left(\frac{2 \cdot 3}{0,0475} \right) + 0,5 \cdot \ln \left(\frac{4 \cdot 2,3 + 3}{4 \cdot 2,3 - 3} \right) \right] = 60,962 \text{ Ом}$$

«Расчетное число ВЭ:

$$n' = R_{\text{огэ}} / R_n \quad (66)$$

где R_n – максимально допустимое сопротивление ЗУ, Ом» [11].

$$n' = 60,962 / 4 = 15,2 \approx 16 \text{ шт}$$

«Длина ГЭ:

$$l_2 = 1,05 \cdot a \cdot n' \quad (67)$$

где a – расстояние между ВЭ, м.

$$a = l_{\text{пер}} / n' \quad (68)$$

где $l_{\text{пер}}$ – периметр здания, м» [11].

$$l_{\text{пер}} = 2 \cdot (144 + 66) = 420 \text{ м}$$

$$a = 420 / 16 = 26,25 \text{ м}$$

$$l_2 = 1,05 \cdot 26,25 \cdot 16 = 441 \text{ м}$$

«Сопротивление растеканию ГЭ:

$$R_{23} = \frac{\rho_{p2}}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \ln \left(\frac{l^2}{d \cdot t} \right) \quad (69)$$

где l – длина ГЭ, м;

d – расчетный диаметр ГЭ, м;

t – расстояние от поверхности до центра ГЭ, м.

$$d = 0,5 \cdot b, \quad (70)$$

где b – ширина полосы, м» [11].

Для ГЭ, по (69,70):

$$d = 0,5 \cdot 0,05 = 0,025 \text{ м}$$

$$t = 0,05 / 2 + 0,8 = 0,825 \text{ м}$$

$$R_{\text{зэ}} = \frac{2800}{2 \cdot 3,14 \cdot 441} \cdot \ln \left(\frac{441^2}{0,025 \cdot 0,825} \right) = 2,757 \text{ Ом}$$

«Сопrotивление ЗУ:

$$R_{\text{зр}} = \frac{R_{\text{обэ}} \cdot R_{\text{зэ}}}{R_{\text{обэ}} \cdot \eta_6 \cdot n + R_{\text{зэ}} \cdot \eta_2} \quad (71)$$

где η_6 – коэффициент использования ВЭ;

η_2 – коэффициент использования ГЭ» [11].

$$R_{\text{зр}} = \frac{60,962 \cdot 2,757}{60,962 \cdot 0,51 \cdot 16 + 2,757 \cdot 0,3} = 3,792 \text{ Ом} < 4 \text{ Ом}$$

Расчет молниезащиты.

«Исходя из большой относительной длины здания, принимаем тип молниезащиты: двойной тросовой молниеотвод (МО) на крыше. Разделив площадь защиты на 4 части по ширине и на 8 частей по длине, принимаем к установке 14 стержневых МО.

Так как стержневые МО будут установлены на крыше здания, то в данном случае достаточно рассчитать зону защиты на уровне крыши.

Рассчитаем защитную зону на крыше, высота несущих опор $h=16,5$ м при расстоянии между опорами $a=18$ м (по длине здания), $b=16,5$ м (по ширине здания). Радиус конуса защиты для одного МО:

$$r_0 = 1,5 \cdot h \quad (72)$$

где h – высота стержневого МО, м.

Высоту стержневого МО подбираем эмпирически, так, чтобы обеспечивалась защищенность объекта:

$$\sqrt{(A/4)^2 + (B/8)^2} < r_0 \quad (73)$$

где A, B – длина и ширина здания, м.

Радиус конуса защиты для одного МО, по (72)» [11]:

$$\begin{aligned} r_0 &= 1,5 \cdot 16,5 = 24,75 \text{ м} \\ \sqrt{(144/8)^2 + (66/4)^2} &< 24,75 \\ \sqrt{(18)^2 + (16,5)^2} &< 24,75 \\ 24,42 \text{ м} &< 24,75 \text{ м} \end{aligned}$$

Условие (73) соблюдается, защита обеспечивается.

План ЗУ и системы молниезащиты – на листе 5 графической части.

Выводы по разделу 3.

Разработаны предложения по электроснабжению предприятия. Выбраны установки КРМ, трансформаторная подстанция, кабели и аппараты защиты. Проведен расчет токов КЗ, ЗУ и системы молниезащиты, рассмотрено обеспечение БЖД.

Заключение

Проведена разработка СЭС малого предприятия по обработке металла. Выполнены задачи:

- определены электрические нагрузки оборудования и ожидаемое электропотребление предприятия в целом;
- разработана энергоэффективная светодиодная система освещения помещений;
- рассмотрена компенсация реактивной мощности, по результатам расчетов выбраны установки АУКРМ;
- выбрана КТПН 10/0,4 кВ с трансформаторами ТМГ12-630;
- согласно ожидаемым электрическим нагрузкам выбраны кабели для питания ТП и электроприемников;
- составлен план прокладки КЛ;
- составлен план системы освещения;
- рассчитаны токи КЗ;
- выбраны аппараты защиты;
- составлены однолинейная схема электроснабжения и схема релейной защиты КЛ 10 кВ;
- рассмотрено обеспечение БЖД;
- проведен расчет ЗУ и системы молниезащиты, составлена схема с расположением заземлителей и молниеотводов.

По результатам разработки СЭС, в дальнейшем планируется ее реализация на малом предприятии по обработке металла, что позволит ввести в эксплуатацию производственные линии и другое ЭО. Предложения по проекту СЭС будут учтены при монтаже и наладке оборудования СЭС. Современное ЭО обеспечит долговременную и надежную работу СЭС согласно нормативному производственному процессу предприятия.

Список используемых источников

1. Андреев М.В. Релейная защита электроэнергетических систем : Учебное пособие. – Томск: ТПУ, 2018. 167 с.
2. Анчарова Т. В. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2018. 416 с.
3. Гуревич Ю.Е. Особенности электроснабжения, ориентированного на бесперебойную работу промышленного потребителя. – Москва: Торус Пресс, 2019. 408 с.
4. ГОСТ 14209-85. Руководство по нагрузке силовых масляных трансформаторов. – М.: Энергия, 2021. 39 с.
5. ГОСТ 12.0.004-2015. Система стандартов безопасности труда. – М.: Энергия, 2021. 45 с.
6. Кудрин Б.И. Электроснабжение потребителей и режимы: Учебное пособие. – М.: МЭИ, 2018. 412 с.
7. Кудрин Б. И. Электроснабжение. – М.: Academia, 2019. 352 с.
8. Куско А. Сети электроснабжения. Методы и средства обеспечения качества энергии. – М.: Додэка XXI, 2018. 336 с.
9. Миллер Г. Р. Автоматизация в системах электроснабжения. – М.: Лань, 2018. 176 с.
10. Охрана труда в энергетике: Учебник для техникумов / под ред. Князевского Б.А. – М.: Лань, 2020. 376 с.
11. Полуянович Н. К. Монтаж и наладка систем электроснабжения. – М.: Лань, 2020. 400 с.
12. Проектная документация. Электроснабжение малого предприятия по обработке металла. 2022. 157 с.
13. ПУЭ, издание 7. – М.: Энергия, 2022. 648 с.
14. РД 153-34.0-20.527-98. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания – М.: Энергия, 2022. 69 с.

15. Сибикин Ю.Д. Электроснабжение промышленных предприятий: Учебное пособие. – М.: Форум, 2022. 367 с.
16. Фролов Ю. М. Основы электроснабжения. – М.: Лань, 2018. 480 с.
17. Хорольский В. Я. Надежность электроснабжения. – М.: Форум, 2019. 128 с.
18. Хорольский В. Я. Эксплуатация систем электроснабжения. – М.: Дрофа, 2018. 288 с.
19. Шеховцов В. П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. – М.: Форум, 2019. 216 с.
20. Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. [Электронный ресурс]. – <https://docs.cntd.ru/> (дата обращения: 03.10.2022).