

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»
Институт инженерно-педагогического образования
Кафедра электрооборудования и энергоснабжения

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:

Заведующая кафедрой ЭС

_____ А.О. Прокубовская

«_____» _____ 2017 г.

РАСЧЕТ И ВЫБОР ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКОГО ЦЕХА

Выпускная квалификационная работа бакалавра
направление подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)
профиль подготовки «Энергетика»
профилизация «Энергохозяйство предприятий, организаций,
учреждений и энергосберегающие технологии»

Идентификационный код ВКР: 636

Исполнитель:

студент группы ЗЭС-403С _____ А.С. Яранцев

Руководитель:

ст.преподаватель кафедры ЭС _____ И.М. Морозова

Нормоконтролер:

ст.преподаватель кафедры ЭС _____ Т.В. Лискова

Екатеринбург 2017

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 80 страницах, содержит 65 страниц машинописного текста, 12 рисунков, 11 таблиц, 23 источника информации, 3 приложения на 14 страницах, графическую часть на 4 листах формата А1.

Ключевые слова: ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ, ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СЕТЬ, ТРАНСФОРМАТОР, АППАРАТ ЗАЩИТЫ, ТОК КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ, ЗАЗЕМЛЕНИЕ.

В выпускной квалификационной работе будет произведен расчет электрических нагрузок цеха, выбраны трансформатор и устройство компенсации реактивной мощности цеховой трансформаторной подстанции. Произведен выбор проводов, кабельных линий, шинопроводов и аппаратов защиты сетей напряжением до 1000В цеха. В вопросах мер безопасности будет произведен расчет защитного заземления цеха, а также расчет и выбор молниезащиты цеха.

Объектом исследования работы является механический цех тяжелого машиностроения промышленного предприятия.

Предметом исследования работы является электрооборудование механического цеха тяжелого машиностроения.

Цель выпускной квалификационной работы - спроектировать систему электроснабжения механического цеха тяжелого машиностроения.

Задачи работы:

- определить электрические нагрузки характерных групп электроприемников и узлов нагрузок, а также проектируемого цеха в целом;
- определить структуру системы электроснабжения цеха;
- выбрать способ транспорта электрической энергии системы распределения цеха;
- выбрать конструктивное исполнение электроустановок и типов электрооборудования.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ	6
2 КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЦЕХА	8
3 СХЕМА И РАЗВОДКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ	10
4 РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ЦЕХА	12
5 КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ	16
5.1 Общие сведения о компенсирующих устройствах	16
5.2 Расчет и выбор компенсирующего устройства	16
6 ВЫБОР СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ	18
6.1 Общие сведения о силовых трансформаторах	18
6.2 Расчет и выбор трансформаторов	19
7 ЗАЩИТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ	21
7.1 Виды защитной аппаратуры	21
7.2 Расчет и выбор предохранителей	22
7.3 Расчет и выбор автоматических выключателей	26
8 РАСЧЕТ И ВЫБОР ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ	29
8.1 Общие сведения о линиях электроснабжения	29
8.2 Выбор сечения проводников	29
9 РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ	34
9.1 Виды коротких замыканий	34
9.2 Расчет токов короткого замыкания	35
9.3 Проверка правильности выбора защитной аппаратуры	40
10 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ	42
11 РАЗРАБОТКА ИНСТРУКЦИИ ПО МОНТАЖУ АВТОМАТИЧЕСКИХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ	47
11.1 Монтаж автоматических выключателей ВА88-32	47
11.1.1 Общие указания по монтажу ВА88-32	47
11.1.2 Монтаж ВА88-32 в НКУ	53

11.2 Охрана труда при монтаже ВА88-32	53
12 РАСЧЕТ ЗАЗЕМЛЕНИЯ И МОЛНИЕЗАЩИТЫ	55
12.1 Расчет заземляющего устройства	55
12.2 Расчет молниезащитного заземления	57
13 МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ	58
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	62
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	63
Приложение А	66
Приложение Б	73
Приложение В	75

ВВЕДЕНИЕ

Системой электроснабжения называют совокупность взаимосвязанных электроустановок, предназначенных для обеспечения потребителей электрической энергией.

Проект системы электроснабжения – это изображение (модель) будущей системы, представленное в схемах, чертежах, таблицах и описаниях, созданное в результате логического анализа исходных данных на основе расчетов и составлений вариантов.

Проектирование системы электроснабжения любого объекта является определяющим фактором, обуславливающим его хозяйственную деятельность, нормальные условия функционирования и развитие на долгосрочную перспективу. Такими объектами народного хозяйства могут служить промышленные предприятия любой направленности, а также объекты городского и сельского хозяйства.

Объектом исследования является механический цех тяжелого машиностроения промышленного предприятия.

Предметом исследования является электрооборудование механического цеха тяжелого машиностроения.

Цель работы - спроектировать систему электроснабжения механического цеха тяжелого машиностроения.

Задачи работы:

- определить электрические нагрузки характерных групп электроприемников и узлов нагрузок, а также проектируемого цеха в целом;
- определить структуру системы электроснабжения цеха;
- выбрать способ транспорта электрической энергии системы распределения цеха;
- выбрать конструктивное исполнение электроустановок и типов электрооборудования.

1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

В выпускной квалификационной работе требуется разработать систему электроснабжения механического цеха тяжелого машиностроения (МЦТМ) промышленного предприятия.

МЦТМ получает электроснабжение (ЭСН) от главной понизительной подстанции (ГПП) завода. Расстояние от ГПП до цеховой трансформаторной подстанции (ТП) - 1,2км. Напряжение 10кВ.

Потребители цеха относятся ко 2 и 3 категории надежности ЭСН, работают в нормальной окружающей среде. Количество рабочих смен – 2.

Грунт в районе цеха - песок с температурой t плюс 20^0 С.

Каркас здания МЦТМ смонтирован из блоков - секций длиной 6 метров каждый. Размеры цеха А*В*Н= 48*30*9 метров. Вспомогательные, бытовые и служебные помещения – двухэтажные, высотой 4м.

Перечень электрооборудования цеха представлен в таблице 1. Мощность электропотребления (Рэп) указана для одного электроприемника.

Расположение основного оборудования показано на плане, представленном на рисунке 1.

Таблица 1 - Перечень электрооборудования МЦТМ

№ на плане	Наименование электрооборудования	Кол-во п, шт.	Рэп, кВт
1...5	Шлифовальные станки	5	88,5
6, 16, 18...20	Обдирочные станки типа РТ-341	5	45
17	Кран мостовой	1	60 кВА
21...23, 29...31	Обдирочные станки типа РТ-250	6	35
24...28, 34...36	Анодно-механические станки типа МЭ-31	8	18,4
7...15	Анодно-механические станки типа МЭ-12	9	10
32	Вентилятор вытяжной	1	28
33	Вентилятор приточный	1	30

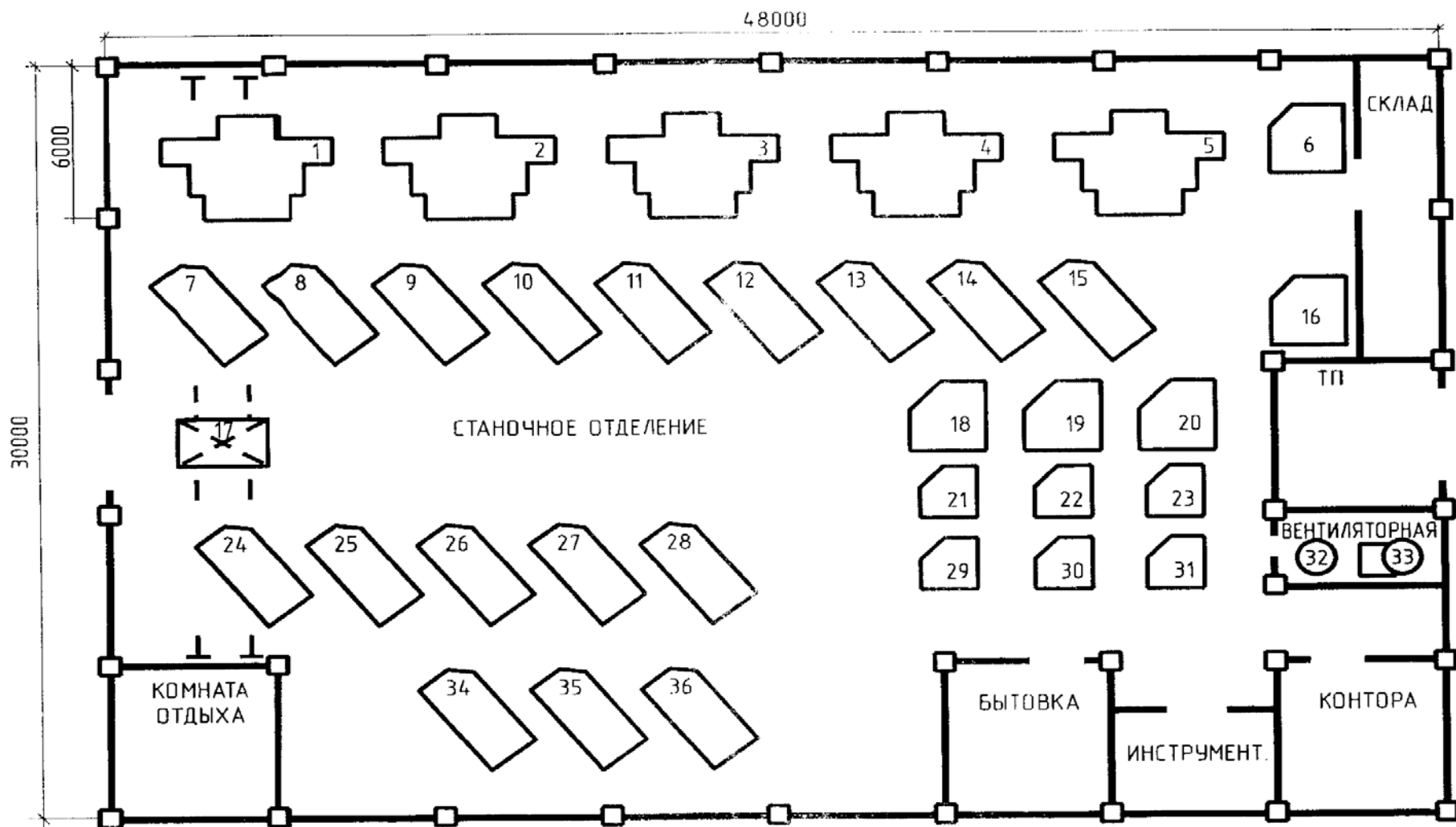


Рисунок 1 – Расположение основного оборудования цеха

2 КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЦЕХА

МЦТМ предназначен для серийного производства изделий. Он является крупным вспомогательным цехом завода машиностроения и выполняет заказы основных цехов. Станочное отделение выполняет подготовительные операции (обдирку) изделий, для дальнейшей обработки их на анодно-механических станках.

Для этой цели в цехе установлено основное оборудование: обдирочные, шлифовальные, анодно-механические станки и др.

Все электроприёмники цеха относятся к потребителям 2 и 3 категории надежности по электроснабжению.

Электроприёмники 2 категории - электроприемники, перерыв электроснабжения которых приводит к массовому недоотпуску продукции, массовым простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта, нарушению нормальной деятельности значительного количества городских и сельских жителей.

Электроприёмники 3 категории - все остальные электроприемники, не подходящие под определения 1 и 2 категорий.

Классифицируют электроприёмники по напряжению, роду тока, мощности, режиму работы.

По напряжению электроприёмники различают на низковольтные и высоковольтные. Низковольтные – напряжение их составляет до 1000В, и высоковольтные – напряжением более 1000В.

Всё электрооборудование в МЦТМ относится к потребителям низкого напряжения, так как все установки работают от сети 220/380В.

По роду тока различают электроприёмники, работающие от:

- а) сети переменного тока промышленной частоты 50Гц;
- б) сети переменного тока повышенной или пониженной частоты;
- в) сети постоянного тока.

В МЦТМ все электроприёмники работают от сети переменного тока промышленной частоты 50Гц.

По мощности электроприёмники различают: малой мощности – до 10кВт; средней мощности – до 100кВт, большой мощности – свыше 100кВт.

В цехе всё электрооборудование является электроприёмниками средней мощности.

По режиму работы электроприёмники делят на три группы:

а) длительный режим – это режим, в котором электрические машины работают длительное время, при этом не перегреваясь;

б) повторно-кратковременный режим – это режим, в котором рабочие периоды работы чередуются с периодами пауз, а длительность всего цикла не превышает десяти минут;

в) кратковременный режим – это режим, в котором рабочий период не столько длителен, чтобы температуры отдельных частей машины могли достигнуть установившегося значения, период же остановки машины настолько длителен, что машина успевает охладиться до температуры окружающей среды.

В МЦТМ все электроустановки работают только в длительном режиме.

3 СХЕМА И РАЗВОДКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

Вид схемы электроснабжения зависит от расположения электроприемников:

а) Если электроприемники расположены упорядоченно, то выбирается магистральная схема, которая выполняется шинопроводами. Количество трансформаторов зависит от категории электроприемников:

1) первая категория – $n \geq 2$;

2) вторая категория – $n \leq 2$;

3) третья категория – $n = 1$.

Если подстанция двухтрансформаторная, то нагрузка на трансформаторы должна быть равномерной.

б) Если электроприемники расположены неупорядоченно, то выбирается радиальная схема, которая выполняется кабелями, идущими от распределительных пунктов.

в) Также существует смешанная схема – это когда часть электроприемников запитывается от распределительных пунктов, а другая часть – от шинопровода.

Так как в МЦТМ электроприемники расположены упорядочено, то для проектирования выбираем магистральную схему ЭСН.

Электроприемники МЦТМ относятся ко 2 и 3 категории надежности, следовательно, для проектирования выбираем однострансформаторную цеховую ТП с вводом резерва на секцию шин низкого напряжения (НН) от цеховой ТП другого цеха.

Принципиальная схема электрической сети цеха представлена на рисунке 2.

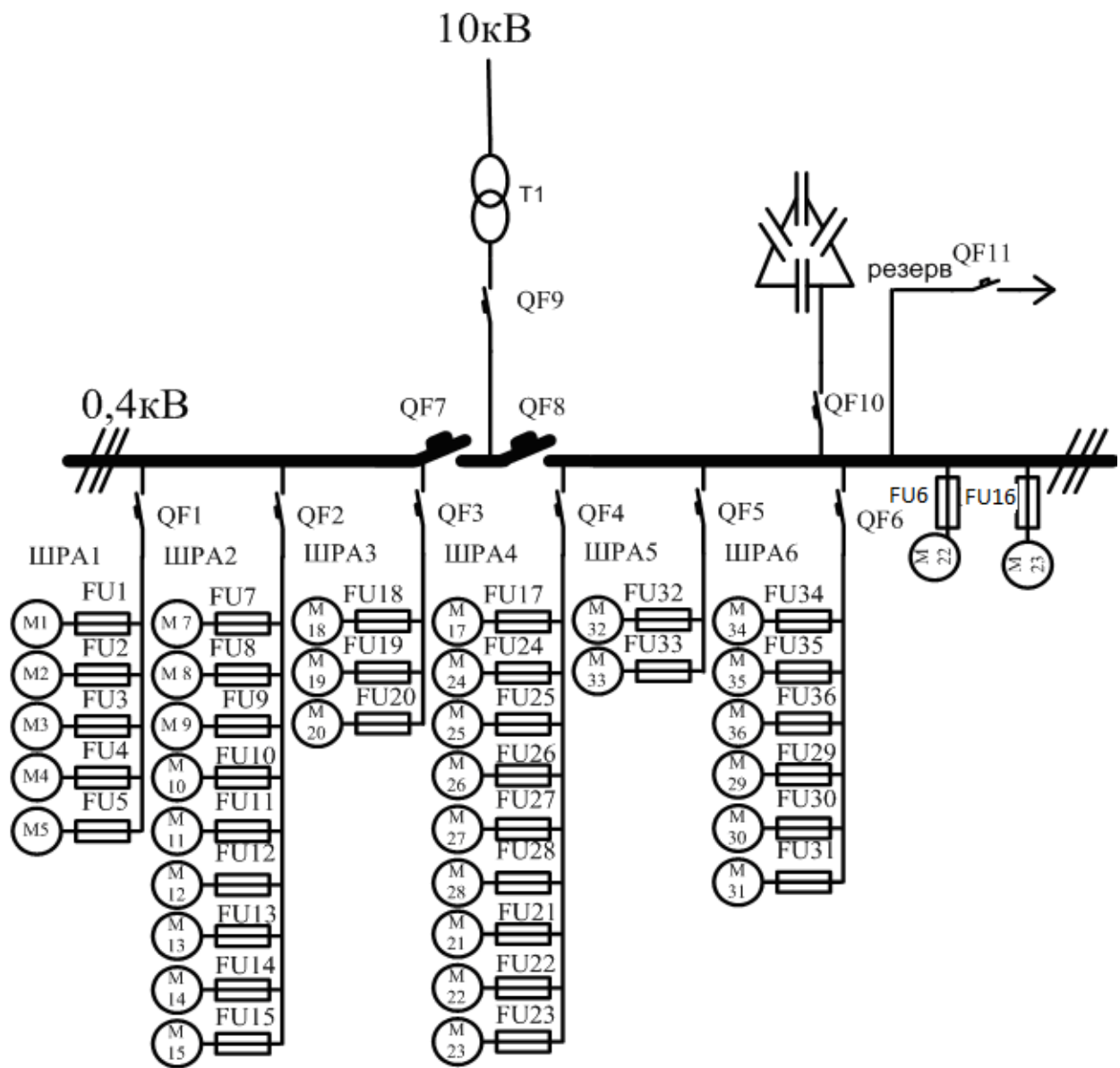


Рисунок 2 – Принципиальная схема электрической сети

4 РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ЦЕХА

Расчет электрических нагрузок ведется по уровням проектирования.

Первый уровень - расчет нагрузок по каждому распределительному пункту или шинопроводу.

Второй уровень - расчет нагрузок на шинах НН ТП.

Третий уровень - расчет нагрузок на шинах НН ГПП.

Четвертый уровень - определение мощности, генерируемой в данном районе.

Расчет электрических нагрузок в цехе ведется методом коэффициента максимума. Это основной метод расчета электрических нагрузок, который сводится к определению максимальных (P_m , Q_m , S_m) расчетных нагрузок группы электроприемников.

$$P_m = K_m P_{см}, \quad (1)$$

$$Q_m = K'_m Q_{см}, \quad (2)$$

$$S_m = \sqrt{P_m^2 + Q_m^2}, \quad (3)$$

где P_m - максимальная активная нагрузка, кВт;

Q_m - максимальная реактивная нагрузка, квар;

S_m - максимальная полная нагрузка, кВА;

K_m - коэффициент максимума активной нагрузки;

K'_m - коэффициент максимума реактивной нагрузки;

$P_{см}$ - средняя активная мощность за наиболее нагруженную смену, кВт;

$Q_{см}$ - средняя реактивная мощность за наиболее нагруженную смену, квар.

$$P_{см} = K_u P_n, \quad (4)$$

$$Q_{см} = P_{см} \operatorname{tg} \varphi, \quad (5)$$

где K_u - коэффициент использования электроприемников, определяется на основании опыта эксплуатации по [17, табл. 1.5.1];

P_n - номинальная активная групповая мощность, приведенная к длительному режиму, без учета резервных электроприемников, кВт;
 $tg\varphi$ - коэффициент реактивной мощности.

Коэффициент максимума активной нагрузки определяется по таблицам (графикам) [17, табл. 1.5.3] либо определяется по формуле (7)

$$K_M = F(K_u, n_\varepsilon), \quad (6)$$

$$K_M = 1 + \frac{1,5}{\sqrt{n_\varepsilon}} \cdot \sqrt{\frac{1 - K_{u,sp}}{K_{u,sp}}}, \quad (7)$$

где n_ε - эффективное число электроприемников, которое может быть определено по упрощенным вариантам [17, табл. 1.5.2]

$$n_\varepsilon = F(n, m, K_{u,sp}, P_n), \quad (8)$$

где $K_{u,sp}$ - средний коэффициент использования группы электроприемников

$$K_{sp} = \frac{P_{см.Σ}}{P_{н.Σ}} \quad (9)$$

n - фактическое число электроприемников в группе;

m - показатель силовой сборки в группе.

$$m = \frac{P_{н.нб}}{P_{н.нм}} \quad (10)$$

где $P_{н.нб}, P_{н.нм}$ - номинальные, приведенные к длительному режиму, активные мощности электроприемников наибольшего и наименьшего в группе, кВт.

Коэффициент максимума реактивной нагрузки в соответствии с практикой проектирования принимается [17, стр. 23]:

$$K'_M = 1,1 \text{ при } n_\varepsilon \leq 10; K'_M = 1 \text{ при } n_\varepsilon > 10.$$

Максимальный расчетный ток группы электроприемников:

$$I_M = \frac{S_M}{\sqrt{3} \cdot U_{ном.}} \quad (11)$$

Расчеты по формулам (1...11) сведены в таблицу 2.

Таблица 2 - Сводная ведомость нагрузок по механическому цеху тяжелого машиностроения

Наименование РУ и электроприёмников	Нагрузка установленная							Нагрузка средняя за смену						Нагрузка максимальная			
	P _н , кВт	n	P _{н.Σ} , кВт	K _н	cos φ	tg φ	m	P _{см.} , кВт	Q _{см.} , квар	S _{см.} , кВА	n _э	K _м	K _м ¹	P _{м.} , кВт	Q _{м.} , квар	S _{м.} , кВА	I _{м.} , А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
ШРА1																	
Шлифовальный станок №1...№5	88,5	5	442,5	0,14	0,5	1,73		61,95	107,3	123,9							
ВСЕГО по ШРА1	88,5	5	442,5	0,14	0,5	1,73	<3	61,95	107,3	123,9	5	2,94	1,1	182,13	118,03	217,03	330,14
ШРА2																	
Анодно-механические станки типа МЭ-12 №7...№15	10	9	90	0,14	0,5	1,73		12,6	21,82	25,2							
ВСЕГО по ШРА2	10	9	90	0,14	0,5	1,73	<3	12,6	21,82	25,2	9	2,27	1,1	28,6	24	37,34	56,8
ШРА3																	
Обдирочные станки типа РТ-341 №18...№20	45	3	135	0,17	0,65	1,17		22,95	26,83	35,31							
ВСЕГО по ШРА3	45	3	135	0,17	0,65	1,17	<3	22,95	26,83	35,31	3	2,94	1,1	67,47	29,51	73,64	112,02
ШРА4																	
Анодно-механические станки типа МЭ-31 №24...№28	18,4	5	92	0,14	0,5	1,73		12,88	22,31								
Обдирочные станки типа РТ-250 №21...№23	35	3	105	0,17	0,65	1,17		17,85	20,87								
Кран мостовой № 17	60	1	60	0,1	0,5	1,73		6	10,39								
ВСЕГО по ШРА4	---	9	257	0,14	0,57	1,46	>3	36,73	53,57	64,95	8	2,39	1,1	87,78	58,93	105,73	160,83
ШРА5																	
Вентилятор вытяжной	28	1	28	0,6	0,8	0,75		16,8	12,6								
Вентилятор приточный	30	1	30	0,6	0,8	0,75		18	13,5								
ВСЕГО по ШРА5	---	2	58	0,6	0,8	0,75	<3	34,8	26,1	43,5	2	1,33	1,1	46,28	28,71	54,46	82,84
ШРА6																	
Обдирочные станки типа РТ-250 №29...№31	35	3	105	0,17	0,65	1,17		17,85	20,87								
Анодно-механические станки типа МЭ-31 №34...№36	18,4	3	55,2	0,14	0,5	1,73		7,73	13,39								
ВСЕГО по ШРА6	---	6	160,2	0,16	0,6	1,34	<3	25,58	34,25	42,74	6	2,56	1,1	65,48	37,68	75,55	114,92

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
ШРА																	
Обдирочные станки типа РТ-341 №6, №16	45	2	90	0,17	0,65	1,17		15,3	17,89	23,54							
ВСЕГО по ШРА	45	2	90	0,17	0,65	1,17	<3	15,3	17,89	23,54	2	4,78	1,1	73,13	19,68	75,73	115,19
ВСЕГО на ШНН		36			0,59	1,37		209,91	287,77	356,14				550,87	316,54	635,34	

5 КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

5.1 Общие сведения о компенсирующих устройствах

Компенсирующие устройства (КУ) предназначены для компенсации реактивной мощности и реактивных параметров передачи в электрических сетях.

На промышленных предприятиях применяют следующие КУ:

- для компенсации реактивной мощности – синхронные двигатели и параллельно включаемые батареи силовых конденсаторов;
- для компенсации реактивных параметров передачи – батареи силовых конденсаторов последовательного включения.

В силу своей простоты эксплуатации, простоты монтажных работ вследствие малой массы, а также малыми потерями активной мощности на выработку реактивной на промышленных предприятиях для компенсации реактивной мощности широкое применение нашли конденсаторы, а также составленные из них батареи и конденсаторные установки.

5.2 Расчет и выбор компенсирующего устройства

Компенсация реактивной мощности (КРМ) является неотъемлемой частью задачи электроснабжения. КРМ не только улучшает качество электроэнергии в сетях, но и является одним из основных способов сокращения электроэнергии.

Расчетная реактивная мощность компенсирующего устройства определяется из соотношения

$$Q_{к.у.} = P_{см} \cdot (tg\varphi - tg\varphi_k), \quad (12)$$

где $P_{см}$ – средняя нагрузка за смену, кВт;

$tg\varphi$, $tg\varphi_k$ – коэффициенты реактивной мощности до и после компенсации.

Компенсацию реактивной мощности по опыту эксплуатации производят до получения $\cos\varphi_k = 0,92\dots 0,95$.

Принимаем $\cos\varphi_k = 0,95$, откуда $\operatorname{tg}\varphi_k = 0,33$.

Значения $P_{см}$, $\operatorname{tg}\varphi$ определяются по таблице 2.

По формуле (12) определяем расчетную реактивную мощность компенсирующего устройства

$$Q_{к.у.} = 209,91 \cdot (1,37 - 0,33) = 218,3 \text{ квар}$$

По полученному значению $Q_{ку}$ в качестве компенсирующего устройства по [18, стр. 123, табл. 6.1.1] выбираем комплектную конденсаторную установку типа УКЛ(П)Н-0,38-216-108УЗ, откуда стандартное значение мощности компенсирующего устройства:

$$Q_{к.ст} = 1 \times 216 = 216 \text{ квар}$$

Фактические значения $\operatorname{tg}\varphi_\phi$ и $\cos\varphi_\phi$ после компенсации реактивной мощности определяются по формулам

$$\operatorname{tg}\varphi_\phi = \frac{Q_{см} - Q_{к.ст}}{P_{см}}, \quad (13)$$

$$\cos\varphi_\phi = \cos(\operatorname{arctg}\varphi_\phi). \quad (14)$$

Определяем фактические значения $\operatorname{tg}\varphi_\phi$ и $\cos\varphi_\phi$ по формулам (13), (14)

$$\operatorname{tg}\varphi_\phi = \frac{287,77 - 216}{209,91} = 0,34,$$

$$\cos\varphi_\phi = \cos(\operatorname{arctg}0,34) = 0,94.$$

6 ВЫБОР СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

6.1 Общие сведения о силовых трансформаторах

Трансформатор – электрический аппарат, имеющий две или более индуктивно связанные обмотки и предназначенный для преобразования посредством электромагнитной индукции одной или нескольких систем переменного тока в одну или несколько других систем переменного тока.

Силовые трансформаторы являются основным электрическим оборудованием электроэнергетических систем, обеспечивающим передачу и распределение электроэнергии на переменном трехфазном токе от электрических станций к потребителям. С помощью трансформаторов напряжение повышается от генераторного до значений, необходимых для электропередач системы (35...750кВ), а также многократное ступенчатое понижение напряжения до значений, применяемых непосредственно в приемниках электроэнергии (0,22...0,66кВ).

Силовые трансформаторы классифицируют:

- по условиям работы – на трансформаторы, предназначенные для работы в нормальных и специальных условиях;
- по виду изолирующей охлаждающей среды – на масляные, сухие, заполненные жидким негорючим диэлектриком и с литой изоляцией;
- по типам, характеризующим назначение и основное конструктивное исполнение (однофазные или трехфазные), наличие и способ регулирования напряжения и т.д.

Силовые трансформаторы имеют следующие основные параметры:

- номинальная мощность;
- номинальные напряжения обмоток;
- условные обозначения схем и групп соединения обмоток;
- вид переключения ответвлений (РПН – переключение под нагрузкой, ПБВ – переключение без возбуждения);

- потери холостого хода (XX) и короткого замыкания (КЗ);
- напряжение КЗ;
- ток XX на основном ответвлении.

6.2 Расчет и выбор трансформаторов

На основании расчетов, произведенных в главах 4 и 5, для выбора трансформаторов составляем таблицу 3.

Таблица 3 – Сводная ведомость нагрузок

Параметр	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$	$P_{м.}, \text{ кВт}$	$Q_{м.}, \text{ квар}$	$S_{м.}, \text{ кВА}$
Всего на ШНН без КУ	0,59	1,37	550,87	316,54	635,34
КУ				1x216	
Всего на ШНН с КУ	0,94	0,34	550,87	100,54	560
Потери			11,2	56	57,11
Всего ВН с КУ			562,07	156,54	583,46

Как было установлено в главе 2, в соответствии с категорией ЭСН цеховая ТП является однострансформаторной.

Определяем потери мощности в трансформаторе в соответствии с соотношениями [17, стр. 23]:

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot S_{м(нн)}, \quad (15)$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot S_{м(нн)}, \quad (16)$$

$$\Delta S_T = \sqrt{\Delta P_T^2 + \Delta Q_T^2}. \quad (17)$$

Производим расчет по формулам (15...17), данные заносим в таблицу 3

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot 560 = 11,2 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot 560 = 56 \text{ квар};$$

$$\Delta S_T = \sqrt{11,2^2 + 56^2} = 57,11 \text{ кВА}.$$

Максимальные активная, реактивная и полная мощности цеха со стороны высокого напряжения:

$$P_{м(вн)} = P_{м(нн)} + \Delta P_T; \quad (18)$$

$$Q_{M(ен)} = Q_{M(нн)} + \Delta Q_T ; \quad (19)$$

$$S_{M(ен)} = \sqrt{P_{M(ен)}^2 + \Delta Q_{M(ен)}^2} . \quad (20)$$

Производим расчет по формулам (18...20), данные заносим в таблицу 3

$$P_{M(ен)} = 550,87 + 11,2 = 562,07 \text{ кВт}$$

$$Q_{M(ен)} = 100,54 + 56 = 156,54 \text{ квар}$$

$$S_{M(ен)} = \sqrt{562,07^2 + 156,54^2} = 583,46 \text{ кВА}$$

Определяем расчетную мощность трансформатора с учетом потерь и с компенсацией реактивной мощности

$$S_T \geq S_p = S_{M(ен)} = 583,46 \text{ кВА}$$

На основании приведенного расчета по [18, стр. 106, табл.5.1.1] выбираем для установки на цеховой ТП трансформатор ТМ-630/10/0,4.

Коэффициент загрузки трансформаторов определяется по формуле [17, стр.35]:

$$K_3 = \frac{S_{M(нн)}}{n \cdot S_T}, \quad (21)$$

где n - количество трансформаторов.

Определим коэффициент загрузки трансформатора, установленного на цеховой ТП, по формуле (21)

$$K_3 = \frac{560}{1 \cdot 630} = 0,89$$

Для однитрансформаторных цеховых ТП коэффициент загрузки трансформатора составляет $K_3 = 0,9-0,95$ [9, стр. 15], следовательно, для проектируемой цеховой ТП трансформатор выбран верно.

7 ЗАЩИТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

7.1 Виды защитной аппаратуры

При эксплуатации электросетей длительные перегрузки проводов и кабелей, короткие замыкания, вызывают повышение температуры токопроводящих жил больше допустимой. Это приводит к преждевременному износу их изоляции, следствием чего может быть пожар, взрыв во взрывоопасных помещениях, поражение персонала.

Для предотвращения этого линия электроснабжения имеет аппарат защиты, отключающий поврежденный участок.

Аппаратами защиты являются: автоматические выключатели, предохранители с плавкими вставками (плавкие предохранители) и тепловые реле, встраиваемые в магнитные пускатели.

Плавкий предохранитель - это коммутационный аппарат, который вследствие расплавления одного или более специально спроектированных и калиброванных элементов размыкает цепь, в которую он включен, и отключает ток, когда он превышает заданную величину в течение достаточного времени.

Предохранители с плавкими вставками являются наиболее простыми и дешевыми аппаратами защиты, требующими малой затраты материалов на изготовление. Основное их назначение – защита от токов КЗ.

Плавкие предохранители наряду с простотой устройства и малой стоимостью имеют ряд существенных недостатков:

- не могут защищать линию от перегрузки, так как допускают длительную перегрузку до момента плавления;
- не всегда обеспечивают избирательную защиту в сети вследствие разброса их характеристик;
- при КЗ в трехфазной линии возможно перегорание одного из трех предохранителей и линия остается в работе на двух фазах.

Автоматический выключатель - это механический коммутационный аппарат, способный включать, пропускать и отключать токи при нормальном состоянии цепи, а также включать, выдерживать в течение заданного времени и автоматически отключать токи в аномальном состоянии цепи, то есть автоматические выключатели – это аппараты защиты, срабатывающие при перегрузках и токах КЗ в защищаемой линии.

Чувствительными элементами автоматических выключателей являются расцепители. В общем виде расцепитель - это устройство, механически связанное с автоматическим выключателем (или встроенное в него), которое освобождает удерживающее устройство в механизме автоматического выключателя и вызывает автоматическое срабатывание выключателя.

Расцепители бывают тепловые, электромагнитные и полупроводниковые. Тепловые срабатывают при перегрузках, электромагнитные – при КЗ, полупроводниковые – как при перегрузках, так и при КЗ.

На основании всего изложенного в выпускной квалификационной работе принимаем решение: для защиты электроприемников цеха применить предохранители с плавкими вставками, для защиты шинопроводов и секционного оборудования ТП – автоматические выключатели (см. рисунок 2).

7.2 Расчет и выбор предохранителей

В сетях напряжением до 1кВ широко распространены предохранители типов ПР-2, ПН-2, НПН.

ПР-2 – предохранитель трубчатый, разборный, с закрытым фибровым корпусом без наполнения. Гашение дуги в среде газа, выделяемого фиброй при высокой температуре. Разрывная способность небольшая.

ПН-2 – предохранитель насыпной разборный, заполнен кварцевым песком, который способствует гашению дуги.

НПН – предохранитель насыпной неразборный, аналогичен по своим характеристикам ПН-2.

В промышленности широкое применение нашли предохранители типа ПН-2, и, исходя из этого, в выпускной квалификационной работе для защиты электроприемников цеха принимаем к установке предохранители данного типа.

Расчет и выбор предохранителей производится по току его плавкой вставки [17, стр. 43].

Для линии без электродвигателей (ЭД)

$$I_{вс} \geq I_{дл}, \quad (22)$$

где $I_{вс}$ – ток плавкой вставки, А;

$I_{дл}$ – длительный ток в линии, А.

Для линии с ЭД

$$I_{вс} \geq \frac{I_n}{\alpha}, \quad (23)$$

где I_n – пусковой ток ЭД, А;

α – коэффициент тяжести пуска.

$\alpha = 1,6$ – для линии с ЭД и тяжелым пуском,

$\alpha = 2,5$ – для линии с ЭД и легким пуском.

Пусковой ток ЭД

$$I_n = K_n \cdot I_{н.д}, \quad (24)$$

где K_n – коэффициент кратности пускового тока ЭД;

$I_{н.д}$ – номинальный ток ЭД, А.

Коэффициент кратности пускового тока принимается равным:

$K_n = 5 \dots 7$ – для асинхронных ЭД;

$K_n = 2 \dots 3$ – для синхронных ЭД и машин постоянного тока.

Номинальный ток ЭД:

$$I_{н.д} = \frac{P_\delta}{\sqrt{3} \cdot U_{н.д} \cdot \cos \varphi_\delta}, \quad (25)$$

где P_δ – мощность ЭД, кВт;

$U_{н.д}$ – номинальное напряжение ЭД, кВ.

Для линии к сварочному аппарату

$$I_{вс} \geq 1,2 \cdot I_{св} \cdot \sqrt{ПВ}, \quad (26)$$

где $I_{св}$ – ток сварочного аппарата, А;

ПВ – продолжительность включения, %.

Для линии к распределительным устройствам (распределительным пунктам или шинопроводам)

$$I_{вс} \geq \frac{I_n + I_{дл}}{2,5}, \quad (27)$$

где I_n – пусковой ток наибольшего по мощности ЭД в группе электроприемников, А;

$I_{дл}$ – длительный ток в остальных линиях, А.

Исходя из расчета тока плавких вставок выбираются предохранители

$$I_{н.п} \geq I_{вс}, \quad (28)$$

где $I_{н.п}$ – номинальный ток предохранителя, А.

Выбранные предохранители проверяются по селективности срабатывания защиты и надежности.

Селективность характеризуется предельным током. Предельный ток селективности - это предельное значение тока, ниже которого при наличии двух последовательно соединенных аппаратов защиты от сверхтоков аппарат со стороны нагрузки успевает завершить процесс отключения до того, как его начнет второй аппарат, установленный со стороны питания.

Проверка на надежность в режиме КЗ:

$$I_{кз} \geq 3 \cdot I_{н.п}, \quad (29)$$

где $I_{кз}$ – ток КЗ в защищаемой линии, А.

Произведем расчет по формулам (22...28) и выполним выбор предохранителей для схемы, представленной на рисунке 2 по справочному пособию В.П. Шеховцова [18, стр. 48, табл. 2.4]. Данные сведем в таблицу 4.

Таблица 4 – Выбор предохранителей

Обозначение аппарата защиты	Наименование электроприемника	$P_{ном},$ кВт	$\cos\varphi$	$I_{ном},$ А	$K_{п}$	$I_{п},$ А	α	$I_{п}/\alpha,$ А	Марка предохранителя	$I_{откл.},$ кА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
FU1 ÷ FU5	Шлифовальный станок №1...№5	88,5	0,5	269,24	5	1346,2	2,5	538,48	ПН-2 600/600	25
FU6, FU16	Обдирочный станок типа РТ-341 №6, №16	45	0,65	105,31	5	526,55	2,5	210,62	ПН-2 400/250	40
FU7 ÷ FU15	Анодно-механический станок типа МЭ-12 №7...№15	10	0,5	30,42	5	152,1	2,5	60,84	ПН-2 100/80	10
FU17	Кран мостовой №17	60	0,5	182,54	5	912,7	1,6	570,44	ПН-2 600/600	25
FU18 ÷ FU20	Обдирочный станок типа РТ-341 №18... №20	45	0,65	105,31	5	526,55	2,5	210,62	ПН-2 400/250	40
FU21 ÷ FU23	Обдирочный станок типа РТ-250 №21...№23	35	0,65	81,91	5	409,53	2,5	163,82	ПН-2 200/200	10
FU24 ÷ FU28	Анодно-механический станок типа МЭ-31 №24...№28	18,4	0,5	55,98	5	279,89	2,5	111,96	ПН-2 200/125	10
FU29 ÷ FU31	Обдирочный станок типа РТ-250 №29...№31	35	0,65	81,91	5	409,53	2,5	163,82	ПН-2 200/200	10
FU32	Вентилятор вытяжной №32	28	0,8	53,24	5	266,2	1,6	166,38	ПН-2 200/200	10
FU33	Вентилятор приточный №33	30	0,8	57,04	5	285,21	1,6	178,26	ПН-2 200/200	10
FU34 ÷ FU36	Анодно-механический станок типа МЭ-31 №34...№36	18,4	0,5	55,98	5	279,89	2,5	111,96	ПН-2 200/125	10

7.3 Расчет и выбор автоматических выключателей

Автоматические выключатели являются наиболее совершенными аппаратами защиты, надежными, срабатывающими при перегрузках и КЗ в защищаемой линии.

Наиболее современными автоматическими выключателями являются выключатели серии «ВА». Они предназначены для замены устаревших АЗ7, АЕ, АВМ, «Электрон» и имеют уменьшенные габариты, более совершенные конструктивные узлы и элементы.

В связи с выше изложенным, в выпускной квалификационной работе принимаем к установке автоматические выключатели серии ВА88. Данные автоматические выключатели предназначены для проведения тока в нормальном режиме и отключения тока при КЗ, перегрузках, недопустимых снижениях напряжения в трехфазных электрических сетях переменного тока напряжением 400В и частотой 50Гц.

Для выбора автоматического выключателя нужно знать ток в линии, где он установлен. В выпускной квалификационной работе автоматические выключатели установлены для защиты секционного оборудования ТП, защиты шинопроводов и компенсирующего устройства (см. рисунок 2).

Ток сразу после трансформатора [17, стр. 42]

$$I_T = \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot U_{H.T}}, \quad (30)$$

где S_T – номинальная мощность трансформатора, кВА;

$U_{H.T}$ – номинальное напряжение трансформатора, кВ.

Принимается $U_{H.T} = 0,4$ кВ.

Ток в линии к распределительному устройству (РУ) (РП или шинопроводу):

$$I_{M.PY} = \frac{S_{M.PY}}{\sqrt{3} \cdot U_{H.PY}}, \quad (31)$$

где $S_{M.PY}$ – максимальная расчетная мощность РУ, кВА;

$U_{н.РУ}$ – номинальное напряжение РУ, кВ.

Принимается $U_{н.РУ} = 0,38$ кВ.

Выбор автоматических выключателей производится по тепловому и электромагнитному расцепителям.

По тепловому расцепителю автоматические выключатели выбираются согласно условиям [17, стр. 42]:

$$U_{н.а} \geq U_c, \quad (32)$$

$$I_{н.а} \geq I_{н.р}, \quad (33)$$

$$I_{н.р} \geq 1,1 \cdot I_m, \quad (34)$$

где $U_{н.а}$ – номинальное напряжение автомата, В;

U_c – номинальное напряжение сети, В;

$I_{н.а}$ – номинальный ток автомата, А;

$I_{н.р}$ – номинальный ток расцепителя, А;

I_m – максимальный ток в линии, А.

По электромагнитному расцепителю автоматические выключатели выбираются согласно току отсечки [5, стр. 43]:

$$I_o \geq 1,25 \cdot I_{пик}, \quad (35)$$

где $I_{пик}$ – пиковый ток, А.

$$I_{пик} = I_{н.нб} + I_m - I_{н.нб}, \quad (36)$$

где $I_{н.нб}$ – пусковой ток наибольшего по мощности ЭД, А;

I_m – максимальный ток на группу, А;

$I_{н.нб}$ – номинальный ток наибольшего в группе ЭД, А.

При выборе автоматических выключателей, устанавливаемых в линиях с КУ, должно выполняться условие [17, стр. 184]:

$$I_o \geq 1,3 \cdot \frac{Q_{к.у}}{\sqrt{3} \cdot U_l}, \quad (37)$$

где $Q_{к.у}$ – мощность конденсаторной установки, квар;

U_l – напряжение в линии, кВ.

Произведем расчет по формулам (30...37). Результаты расчета и выбор

автоматических выключателей по каталогу ИЭК [20, стр. 5] для рисунка 2 представлены в таблице 5 и на рисунке 3.

Таблица 5 – Выбор автоматических выключателей

Обозначение аппарата защиты	Наименование защищаемой цепи	S_M , кВА	I_M , А	$1,1 \cdot I_M$, А	$I_{н.р.}$, А	$I_{н.а.}$, А	Тип автоматического выключателя
1	2	3	4	5	6	7	8
QF7, QF8, QF9, QF11	Секция шин НН ТП	630	910,4	1001	1250	1600	ВА88-43
QF1	ШРА1	217,03	330,14	363,15	400	400	ВА88-37
QF2	ШРА2	37,34	56,8	62,48	63	125	ВА88-32
QF3	ШРА3	73,64	112,02	123,22	125	160	ВА88-33
QF4	ШРА4	105,73	160,83	176,91	200	250	ВА88-35
QF5	ШРА5	54,46	82,84	91,12	100	125	ВА88-32
QF6	ШРА6	75,55	114,92	126,41	160	160	ВА88-33
QF10	КУ	216квар	---	427,14	500	800	ВА88-40

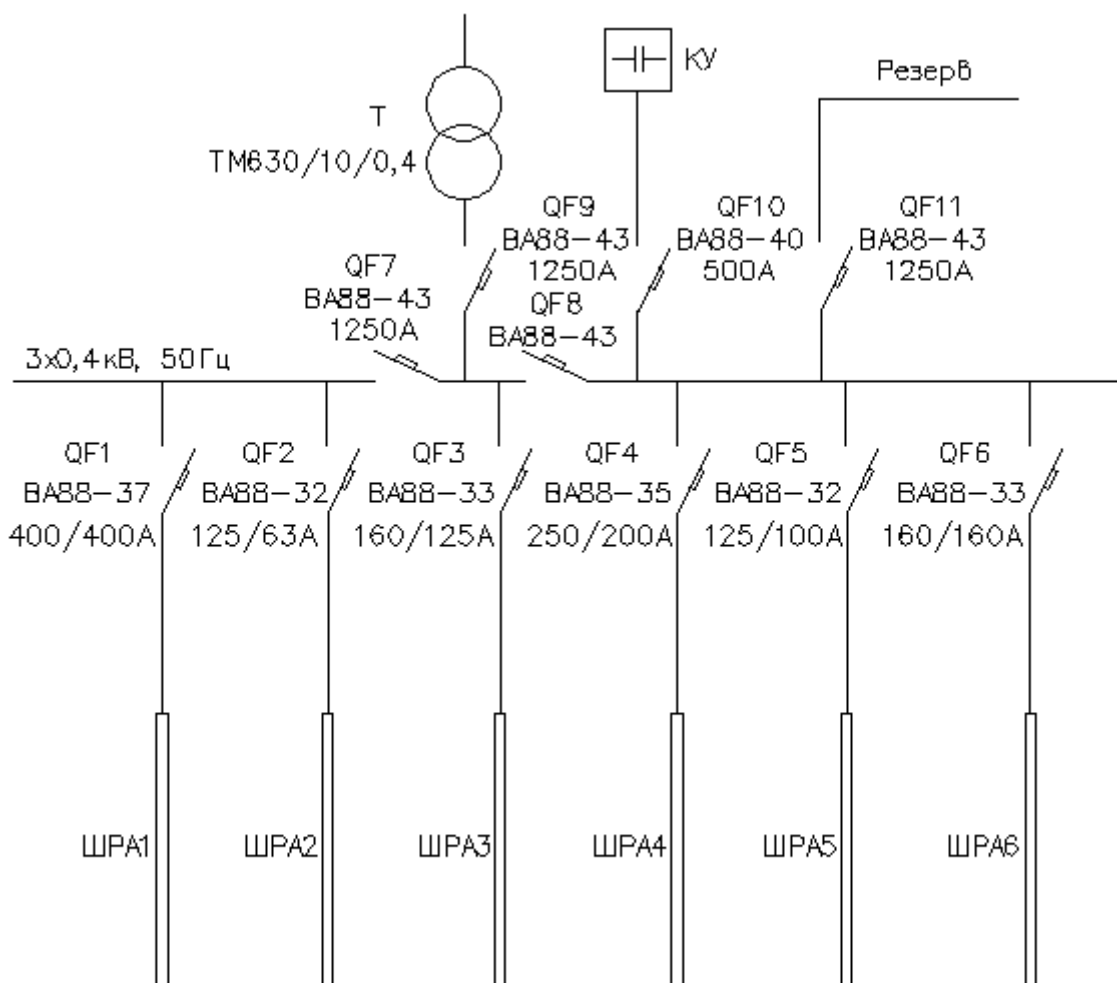


Рисунок 3 – Выбор автоматических выключателей

8 РАСЧЕТ И ВЫБОР ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

8.1 Общие сведения о линиях электроснабжения

Силовые линии электроснабжения цеха подразделяются на провода, кабельные линии (кабели) и шинопроводы.

Провода классифицируются по материалу, из которого они изготовлены, сечению, виду изоляции, механической прочности и так далее. В электротехнике применяют главным образом провода из меди и алюминия, реже из латуни и бронзы.

Кабели подразделяют по материалу, из которого изготовлены их токопроводящие жилы (медь, алюминий), изоляции и материалов, из которых она изготовлена, степени герметичности и защищенности кабелей от механических повреждений и так далее.

Шинопроводы подразделяют на магистральные (ШМА) и распределительные (ШРА). Шинопроводы предназначены для распределения электроэнергии напряжением до 1кВ внутри производственных помещений; магистральные рассчитаны на токи более 1000А, распределительные – на токи менее 1000А.

8.2 Выбор сечения проводников

Проводники для линий электроснабжения выбираются с учетом соответствия аппарату защиты.

Для линии, защищенной автоматом с комбинированным расцепителем, условие выбора проводника [17, стр. 43]:

$$I_{доп} \geq K_{зщ} \cdot I_{у(П)} = K_{зщ} \cdot K_{у(ТР)} \cdot I_{н.р.}, \quad (38)$$

где $I_{доп}$ - допустимый ток проводника, А;

$K_{зщ}$ - коэффициент защиты;

$K_{y(TP)}$ - кратность уставки теплового расцепителя;

$I_{н.р.}$ - номинальный ток расцепителя автоматического выключателя, А.

Для линии, защищенной предохранителем:

$$I_{доп} \geq K_{зщ} \cdot I_{вс}, \quad (39)$$

где $I_{вс}$ - ток плавкой вставки предохранителя, А.

Коэффициент защиты $K_{зщ}$ принимается равным [17, стр. 43]:

а) для взрыво- и пожароопасных помещений $K_{зщ} = 1,25$;

б) для нормальных (неопасных) помещений $K_{зщ} = 1$;

в) для предохранителей без тепловых реле в линии $K_{зщ} = 0,33$.

Помещения проектируемого механического цеха являются сухими помещениями с нормальной зоной опасности и отсутствием механических повреждений, в связи с чем в выпускной квалификационной работе принимаются следующие решения:

а) для электроснабжения шинопроводов и КУ использовать кабель марки АВВГ, способ прокладки – в воздухе, коэффициент защиты $K_{зщ} = 1$;

б) для электроснабжения электроприемников цеха использовать провод марки АПВ, способ прокладки – скрыто, в стальных трубах, коэффициент защиты $K_{зщ} = 0,33$.

Выбор сечения проводников производится на основании расчета по формулам (38), (39) и согласно ПУЭ [10, табл. 1.3.5, 1.3.7]. Произведем расчет и выбор проводников для схем электроснабжения, представленных на рисунках 2 и 3. Данные сведем в таблицу 6.

Таблица 6 – Выбор проводников

Трасса прокладки линии	$K_{y(TP)}$	$I_{доп.расч.},$ А	Марка кабеля (провода) и сечение жил	$I_{доп},$ А
1	2	3	4	5
QF1 – ШРА1	1,25	500	3хАВВГ 4х120	552
QF2 – ШРА2	1,25	78,75	АВВГ 4х35	82,8
QF3 – ШРА3	1,25	156,25	АВВГ 4х95	156,4
QF4 – ШРА4	1,25	250	2хАВВГ 4х70	257,6
QF5 – ШРА5	1,25	125	АВВГ 4х70	128,8

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5
QF6 – ШРА6	1,25	200	ABBГ 4x150	216,2
QF10 – КУ	1,25	625	3xABBГ 3x150	705
ШРА1 (FU1÷FU5) – шлифовальный станок №1...№5	---	198	4xАПВ (1x120)	200
FU6 - обдирочный станок типа РТ-341 №6	---	82,5	4xАПВ (1x35)	85
ШРА2 (FU7÷FU15) – анодно-механический станок типа МЭ-12 №7...№15	---	26,4	4xАПВ (1x6)	30
FU16 - обдирочный станок типа РТ-341 №16	---	82,5	4xАПВ (1x35)	85
ШРА3 (FU18÷FU20)– обдирочный станок типа РТ-341 №18... №20	---	82,5	4xАПВ (1x35)	85
ШРА4 (FU17) - кран мостовой №17	---	198	4xАПВ (1x120)	200
ШРА4 (FU21÷FU23)– обдирочный станок типа РТ-250 №21...№23	---	66	4xАПВ (1x25)	70
ШРА4 (FU24÷FU28)– анодно-механический станок типа МЭ-31 №24...№28	---	41,25	4xАПВ (1x16)	55
ШРА5 (FU32) - вентилятор вытяжной №32	---	66	4xАПВ (1x25)	70
ШРА5 (FU33) - вентилятор приточный №33	---	66	4xАПВ (1x25)	70
ШРА6 (FU29÷FU31)– обдирочный станок типа РТ-250 №29...№31	---	66	4xАПВ (1x25)	70
ШРА6 (FU34÷FU36)– анодно-механический станок типа МЭ-31 №34...№36	---	41,25	4xАПВ (1x16)	55

Расчет шинопроводов производится с учетом одновременности работы всех электроприемников, подключенных к данному шинопроводу, откуда формула для расчета имеет вид:

$$I_{p.ш.} = \frac{P_{н.Σ}}{\sqrt{3} \cdot U_c \cdot \cos \phi}, \quad (40)$$

где $I_{p.ш.}$ – расчетный ток шинпровода, А;

$P_{н.Σ}$ – суммарная активная мощность всех электроприемников, кВт;

U_c – напряжение сети, кВ, $U_c = 0,38$ кВ;

$\cos \phi$ – коэффициент мощности на шинпроводе.

Производим расчет по формуле (40) и выбираем шинпроводы по справочному пособию В.П. Шеховцова [18, табл. 4.2.1, 4.2.2]. Данные для расчета берем из таблицы 2. Результаты расчета и выбор шинпроводов для схем, представленных на рисунках 2 и 3, сводим в таблицу 7.

Таблица 7 – Выбор шинпроводов

Обозначение шинпровода	$P_{н.Σ}$, кВт	$\cos \phi$	$I_{p.ш.}$, А	Тип шинпровода	$I_{доп}$, А
ШРА1	442,5	0,5	1346,2	ШМА 4-1600-44-У3	1600
ШРА2	90	0,5	273,8	ШРА 4-400-32-У3	400
ШРА3	135	0,65	315,9	ШРА 4-400-32-У3	400
ШРА4	257	0,57	685,8	ШМА 4-1250-44-У3	1250
ШРА5	58	0,8	110,3	ШРА 4-250-32-У3	250
ШРА6	160,2	0,6	406,15	ШРА 4-630-32-У3	630

Выбор силовых кабелей и шинпроводов для системы ЭСН проектируемого механического цеха представлен на рисунке 4 и в приложении А.

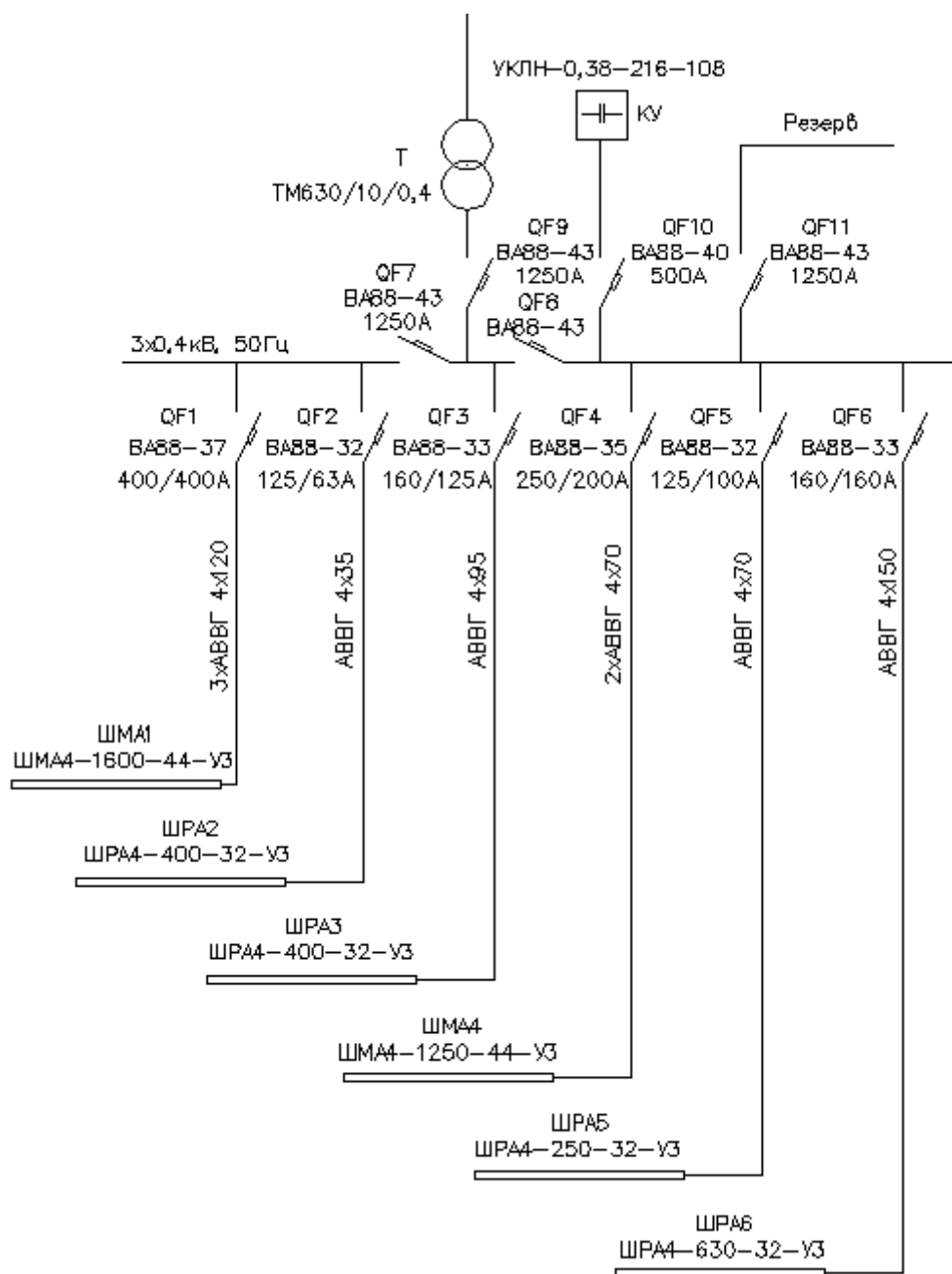


Рисунок 4 – Выбор проводников системы электроснабжения цеха

9 РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

9.1 Виды коротких замыканий

Коротким замыканием (КЗ) называют всякое случайное или преднамеренное, не предусмотренное нормальным режимом работы, электрическое соединение различных точек электроустановки, при которых токи в ветвях электроустановки резко возрастают, превышая наибольший допустимый ток продолжительного режима.

В системе трехфазного переменного тока могут быть замыкания между тремя фазами (трехфазные КЗ), между двумя фазами (двухфазные КЗ) и однофазные КЗ.

Трехфазные КЗ являются симметричными, так как в этом случае все фазы находятся в одинаковых условиях. Все остальные КЗ являются несимметричными, поскольку при каждом из них фазы находятся не в одинаковых условиях и значения токов и напряжений в той или иной мере искажаются.

Наиболее распространенным видом КЗ являются однофазные КЗ в сетях с глухо- и эффективно заземленной нейтралью. Значительно реже возникают двойные замыкания на землю, то есть одновременное замыкание на землю разных фаз в различных точках сети, работающей с изолированной нейтралью.

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

9.2 Расчет токов короткого замыкания

Расчет токов короткого замыкания производится для наиболее мощных и удаленных электроприемников. Исходя из плана расположения электрооборудования (см. рисунок 1) определяем, что наиболее мощным и удаленным от цеховой ТП электроприемником является шлифовальный станок № 1, и, соответственно, для него и производим расчет токов КЗ.

Для составления схемы электроснабжения шлифовального станка № 1 исходя из размеров цеха определяем длины проводников линий электроснабжения станка:

- длина линии QF1 – ШМА1, кабель 3хАВВГ 4х120: $l_1 = 5\text{м}$;
- длина шинопровода ШМА1: $l_{\text{ш}} = 54\text{м}$;
- длина линии ШМА1 – шлифовальный станок № 1: $l_2 = 10\text{м}$.

Составляем схему электроснабжения шлифовального станка № 1 и определяем точки КЗ: K_1 – секция шин НН цеховой ТП, K_2 – наиболее удаленная точка шинопровода ШМА1, K_3 – электродвигатель шлифовального станка № 1 (см. рисунок 5).

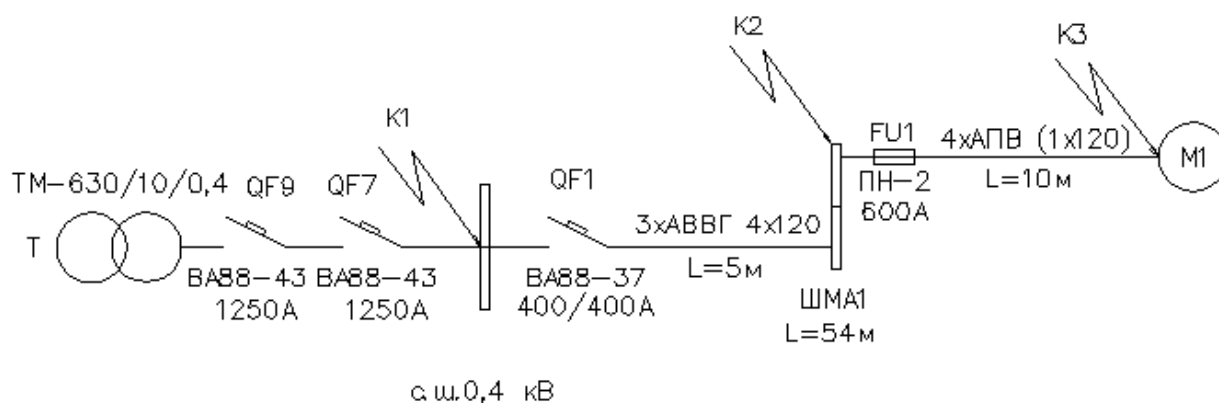


Рисунок 5 - Расчетная схема электроснабжения

На основании расчетной схемы (рисунок 5) составляем эквивалентную схему замещения (рисунок 6).

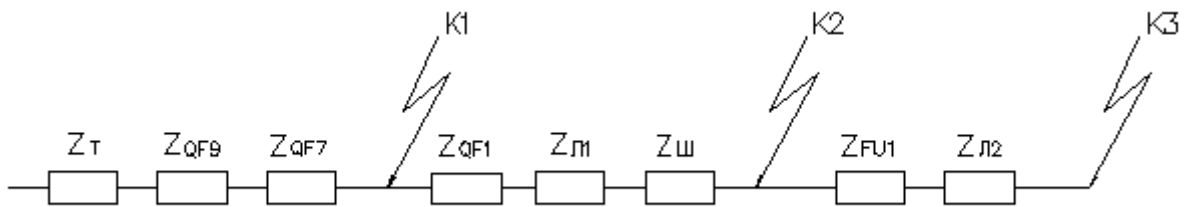


Рисунок 6 - Эквивалентная схема замещения электроснабжения

Сопротивления схемы замещения.

- сопротивления трансформатора ТМ-630/10/0,4 [14, табл. 2.9]:

$$R_T = 3,1 \text{ мОм}; \quad X_T = 13,6 \text{ мОм}; \quad Z_T = 14,0 \text{ мОм}; \quad Z_T^{(1)} = 128,0 \text{ мОм};$$

- сопротивления автоматических выключателей [14, табл. 2.18]:

$$QF9 - 1250 \text{ А}; \quad R_{QF9} = 0,14 \text{ мОм}; \quad X_{QF9} = 0,08 \text{ мОм}; \quad Z_{QF9} = \sqrt{R_{QF9}^2 + X_{QF9}^2} = 0,16 \text{ мОм}$$

$$QF7 - 1250 \text{ А}; \quad R_{QF7} = 0,14 \text{ мОм}; \quad X_{QF7} = 0,08 \text{ мОм}; \quad Z_{QF7} = \sqrt{R_{QF7}^2 + X_{QF7}^2} = 0,16 \text{ мОм}$$

$$QF1 - 400 \text{ А}; \quad R_{QF1} = 0,65 \text{ мОм}; \quad X_{QF1} = 0,17 \text{ мОм}; \quad Z_{QF1} = \sqrt{R_{QF1}^2 + X_{QF1}^2} = 0,67 \text{ мОм};$$

- сопротивления линии l_1 (QF1 – ШМА1), кабель 3хАВВГ 4х120 [14, табл. 2.15]:

$$r_{0,l1} = 0,28 \text{ мОм/м}; \quad x_{0,l1} = 0,08 \text{ мОм/м}; \quad R_{l1} = 3 \cdot r_{0,l1} \cdot l_1 = 3 \cdot 0,28 \cdot 5 = 4,2 \text{ мОм};$$

$$X_{l1} = 3 \cdot x_{0,l1} \cdot l_1 = 3 \cdot 0,08 \cdot 5 = 1,2 \text{ мОм}; \quad Z_{l1} = \sqrt{R_{l1}^2 + X_{l1}^2} = 4,37 \text{ мОм};$$

- сопротивления шинпровода ШМА1 типа ШМА 4-1600 [14, табл. 2.10]:

$$r_{0,ш} = 0,03 \text{ мОм/м}; \quad x_{0,ш} = 0,014 \text{ мОм/м}; \quad R_{ш} = r_{0,ш} \cdot l_{ш} = 0,03 \cdot 54 = 1,62 \text{ мОм}$$

$$X_{ш} = x_{0,ш} \cdot l_{ш} = 0,014 \cdot 54 = 0,76 \text{ мОм}; \quad Z_{ш} = \sqrt{R_{ш}^2 + X_{ш}^2} = 1,79 \text{ мОм};$$

- сопротивление предохранителя FU1 на ток 600А [14, табл. 2.18]:

$$R_{FU1} = 0,15 \text{ мОм};$$

- сопротивления линии l_2 (FU1 – шлифовальный станок № 1), провод в трубе 4хАПВ (1х120) [14, табл. 2.15]:

$$r_{0,l2} = 0,28 \text{ мОм/м}; \quad x_{0,l2} = 0,08 \text{ мОм/м}; \quad R_{l2} = r_{0,l2} \cdot l_2 = 0,28 \cdot 10 = 2,8 \text{ мОм};$$

$$X_{l2} = x_{0,l2} \cdot l_2 = 0,08 \cdot 10 = 0,8 \text{ мОм}; \quad Z_{l2} = \sqrt{R_{l2}^2 + X_{l2}^2} = 2,91 \text{ мОм}.$$

Расчет токов трехфазного короткого замыкания.

а) Вычисляем сопротивления до точки короткого замыкания K_1

$$R_{K1} = R_T + R_{QF9} + R_{QF7} = 3,1 + 0,14 + 0,14 = 3,38 \text{ мОм};$$

$$X_{K1} = X_T + X_{QF9} + X_{QF7} = 13,6 + 0,08 + 0,08 = 13,76 \text{ мОм};$$

$$Z_{K1} = \sqrt{R_{K1}^2 + X_{K1}^2} = \sqrt{3,38^2 + 13,76^2} = 14,17 \text{ мОм};$$

б) Вычисляем сопротивления до точки короткого замыкания K_2

$$R_{K2} = R_{K1} + R_{QF1} + R_{Л1} + R_{Ш} = 3,38 + 0,65 + 4,2 + 1,62 = 9,85 \text{ мОм};$$

$$X_{K2} = X_{K1} + X_{QF1} + X_{Л1} + X_{Ш} = 13,76 + 0,17 + 1,2 + 0,76 = 15,89 \text{ мОм};$$

$$Z_{K2} = \sqrt{R_{K2}^2 + X_{K2}^2} = \sqrt{9,85^2 + 15,89^2} = 18,69 \text{ мОм};$$

в) Вычисляем сопротивления до точки короткого замыкания K_3

$$R_{K3} = R_{K2} + R_{FU1} + R_{Л2} = 9,85 + 0,15 + 2,8 = 12,8 \text{ мОм};$$

$$X_{K3} = X_{K2} + X_{Л2} = 15,89 + 2,91 = 18,8 \text{ мОм};$$

$$Z_{K3} = \sqrt{R_{K3}^2 + X_{K3}^2} = \sqrt{12,8^2 + 18,8^2} = 22,74 \text{ мОм};$$

г) Вычисляем токи трехфазного КЗ в точках K_1 , K_2 , K_3

$$I_{K1}^{(3)} = \frac{U_K}{\sqrt{3} \cdot Z_{K1}} = \frac{0,4 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 14,17} = 16,32 \text{ кА};$$

$$I_{K2}^{(3)} = \frac{U_K}{\sqrt{3} \cdot Z_{K2}} = \frac{0,38 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 18,69} = 11,75 \text{ кА};$$

$$I_{K3}^{(3)} = \frac{U_K}{\sqrt{3} \cdot Z_{K3}} = \frac{0,38 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 22,74} = 9,66 \text{ кА}.$$

Расчет токов двухфазного короткого замыкания

Произведем расчет токов двухфазного КЗ в точках K_1 , K_2 , K_3

$$I_{K1}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{K1}^{(3)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 16,32 = 14,12 \text{ кА};$$

$$I_{K2}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{K2}^{(3)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 11,75 = 10,16 \text{ кА};$$

$$I_{K3}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{K3}^{(3)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 9,66 = 8,36 \text{ кА}.$$

Расчет токов однофазного короткого замыкания.

а) Сопротивление петли «фаза-нуль» в точке К₁

$$Z_{\Pi 1} = Z_T + Z_{QF9} + Z_{QF7} = 14,0 + 0,16 + 0,16 = 14,32 \text{ мОм}$$

б) Сопротивление петли «фаза-нуль» в точке К₂

1) активное, реактивное и полное сопротивление линии l_1

$$R_{\Pi 1}^1 = 2 \cdot R_{\pi 1} = 2 \cdot 4,2 = 8,4 \text{ мОм}; \quad X_{\Pi 1}^1 = 2 \cdot X_{\pi 1} = 2 \cdot 1,2 = 2,4 \text{ мОм};$$

$$Z_{\Pi 1}^1 = \sqrt{R_{\Pi 1}^{12} + X_{\Pi 1}^{12}} = \sqrt{8,4^2 + 2,4^2} = 8,74 \text{ мОм};$$

2) активное, реактивное и полное сопротивление шинпровода

$$R_{\Pi 1}^1 = 2 \cdot R_{\Pi 1} = 2 \cdot 1,62 = 3,24 \text{ мОм}; \quad X_{\Pi 1}^1 = 2 \cdot X_{\Pi 1} = 2 \cdot 0,76 = 1,52 \text{ мОм};$$

$$Z_{\Pi 1}^1 = \sqrt{R_{\Pi 1}^{12} + X_{\Pi 1}^{12}} = \sqrt{3,24^2 + 1,52^2} = 3,58 \text{ мОм};$$

3) полное сопротивление в точке К₂

$$Z_{\Pi 2} = Z_{\Pi 1} + Z_{\Pi 1}^1 + Z_{\Pi 1}^1 = 14,32 + 8,74 + 3,58 = 26,64 \text{ мОм}$$

в) Сопротивление петли «фаза-нуль» в точке К₃

1) активное, реактивное и полное сопротивление линии l_2

$$R_{\Pi 2}^1 = R_{FU1} + 2 \cdot R_{\pi 2} = 0,15 + 2 \cdot 2,8 = 5,75 \text{ мОм}; \quad X_{\Pi 2}^1 = 2 \cdot X_{\pi 2} = 2 \cdot 0,8 = 1,6 \text{ мОм};$$

$$Z_{\Pi 2}^1 = \sqrt{R_{\Pi 2}^{12} + X_{\Pi 2}^{12}} = \sqrt{5,75^2 + 1,6^2} = 5,97 \text{ мОм};$$

2) полное сопротивление в точке К₃

$$Z_{\Pi 3} = Z_{\Pi 2} + Z_{\Pi 2}^1 = 26,64 + 5,97 = 32,61 \text{ мОм}$$

г) Вычисляем токи однофазного КЗ в точках К₁, К₂, К₃

$$I_{K1}^{(1)} = \frac{U_K}{Z_{\Pi 1} + \frac{Z_T^{(1)}}{3}} = \frac{0,23 \cdot 10^3}{14,32 + \frac{128}{3}} = 4,04 \text{ кА};$$

$$I_{K2}^{(1)} = \frac{U_K}{Z_{\Pi 2} + \frac{Z_T^{(1)}}{3}} = \frac{0,22 \cdot 10^3}{26,64 + \frac{128}{3}} = 3,17 \text{ кА};$$

$$I_{K3}^{(1)} = \frac{U_K}{Z_{\Pi 3} + \frac{Z_T^{(1)}}{3}} = \frac{0,22 \cdot 10^3}{32,61 + \frac{128}{3}} = 2,92 \text{ кА}.$$

Расчет ударных токов короткого замыкания.

Для расчета ударных токов КЗ необходимо определить ударные коэффициенты. Согласно пособию В.П. Шеховцова [17], ударные коэффициенты определяются по графику [17, стр. 59, рис. 1.9.1] как функция [17, стр. 58]:

$$k_y = F\left(\frac{R_K}{X_K}\right), \quad (41)$$

где k_y - ударный коэффициент.

Определяем ударные коэффициенты в точках K_1, K_2, K_3

$$\frac{R_{K1}}{X_{K1}} = \frac{3,38}{13,76} = 0,25; \quad k_{y1} = F(0,25) = 1,4;$$

$$\frac{R_{K2}}{X_{K2}} = \frac{9,85}{15,89} = 0,62; \quad k_{y2} = F(0,62) = 1,15;$$

$$\frac{R_{K3}}{X_{K3}} = \frac{12,8}{18,8} = 0,68; \quad k_{y3} = F(0,68) = 1,1.$$

Ударные токи КЗ определяются по формуле [17, стр. 58]:

$$i_{y\theta} = \sqrt{2} \cdot I_K^{(3)} \cdot k_y, \quad (42)$$

где $I_K^{(3)}$ - ток трехфазного КЗ, кА;

$i_{y\theta}$ - ударный ток КЗ, кА.

Определим ударные токи КЗ в точках K_1, K_2, K_3 по формуле (42)

$$i_{y\theta.1} = \sqrt{2} \cdot I_{K1}^{(3)} \cdot k_{y1} = \sqrt{2} \cdot 16,32 \cdot 1,4 = 32,31 \text{ кА};$$

$$i_{y\theta.2} = \sqrt{2} \cdot I_{K2}^{(3)} \cdot k_{y2} = \sqrt{2} \cdot 11,75 \cdot 1,15 = 19,11 \text{ кА};$$

$$i_{y\theta.3} = \sqrt{2} \cdot I_{K3}^{(3)} \cdot k_{y3} = \sqrt{2} \cdot 9,66 \cdot 1,1 = 15,03 \text{ кА}.$$

9.3 Проверка правильности выбора защитной аппаратуры

Выполним проверку правильности выбора автоматических выключателей, установленных на цеховой ТП, и предохранителей, установленных на ШМА1 (см. рисунок 5). Для этого сведем рассчитанные токи короткого замыкания в таблицу 8.

Таблица 8 – Сводная ведомость токов КЗ

Точка КЗ	R_K , МОм	X_K , МОм	Z_K , МОм	$I_K^{(3)}$, кА	$I_K^{(2)}$, кА	$i_{уд.}$, кА	$Z_{П.}$, МОм	$I_K^{(1)}$, кА
К1	3,38	13,76	14,17	16,32	14,12	32,31	14,32	4,04
К2	9,85	15,89	18,69	11,75	10,16	19,11	26,64	3,17
К3	12,8	18,8	22,74	9,66	8,36	15,03	32,61	2,92

Правильность выбора предохранителей определяется согласно условию (29):

$$I_{K3}^{(3)} \geq 3 \cdot I_{н.п.}; I_{K3}^{(2)} \geq 3 \cdot I_{н.п.}; I_{K3}^{(1)} \geq 3 \cdot I_{н.п.}.$$

Производим проверку выбранных к установке на ШМА1 предохранителей типа ПН-2 600/600А:

$$I_{K3}^{(3)} = 9,66 \text{ кА} > 3 \cdot I_{н.п.} = 3 \cdot 600 = 1800 \text{ А} = 1,8 \text{ кА};$$

$$I_{K3}^{(2)} = 8,36 \text{ кА} > 3 \cdot I_{н.п.} = 3 \cdot 600 = 1800 \text{ А} = 1,8 \text{ кА};$$

$$I_{K3}^{(1)} = 2,92 \text{ кА} > 3 \cdot I_{н.п.} = 3 \cdot 600 = 1800 \text{ А} = 1,8 \text{ кА}.$$

Правильность выбора автоматических выключателей выполняется по условиям:

$$I_{откл.авт.} \geq I_K^{(3)}; I_{откл.авт.} \geq I_K^{(2)}; I_{откл.авт.} \geq i_{уд.}; I_K^{(1)} \geq 3 \cdot I_{н.п.}$$

Производим проверку выбранных к установке на цеховой ТП автоматических выключателей:

а) автоматический выключатель QF1 типа ВА88-37 400/400А на линию l_1 и шинопровод ШМА1:

$$I_{откл.(QF1)} = 35 \text{ кА} > I_{K2}^{(3)} = 11,75 \text{ кА};$$

$$I_{откл.(QF1)} = 35 \text{ кА} > I_{K2}^{(2)} = 10,16 \text{ кА};$$

$$I_{откл.(QF1)} = 35кА > i_{уд.2} = 19,11кА ;$$

$$I_{K2}^{(1)} = 3,17кА = 3170А > 3 \cdot I_{н.р.} = 3 \cdot 400 = 1200А ;$$

автоматический выключатель выбран верно;

б) автоматические выключатели QF7, QF9 типа ВА88-43 1600/1250А на секцию шин НН цеховой ТП:

$$I_{откл.(QF7,QF9)} = 50кА > I_{K1}^{(3)} = 16,32кА ;$$

$$I_{откл.(QF7,QF9)} = 50кА > I_{K1}^{(2)} = 14,12кА ;$$

$$I_{откл.(QF7,QF9)} = 50кА > i_{уд.1} = 32,31кА ;$$

$$I_{K1}^{(1)} = 4,04кА = 4040А > 3 \cdot I_{н.р.} = 3 \cdot 1250 = 3750А ;$$

Автоматические выключатели выбраны верно.

10 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

В технико-экономическом расчете необходимо сравнить два варианта развития цеховой сети электроснабжения механического цеха. Вариант А представлен на рисунке 7, вариант Б – на рисунке 8.

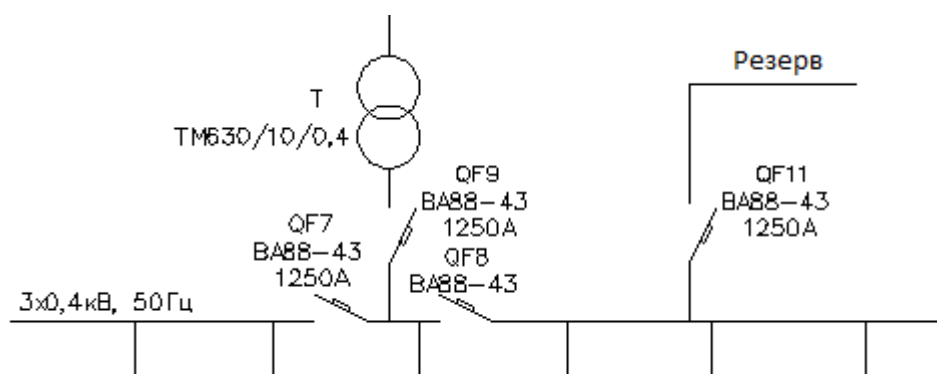


Рисунок 7 – Вариант А развития сети электроснабжения цеха

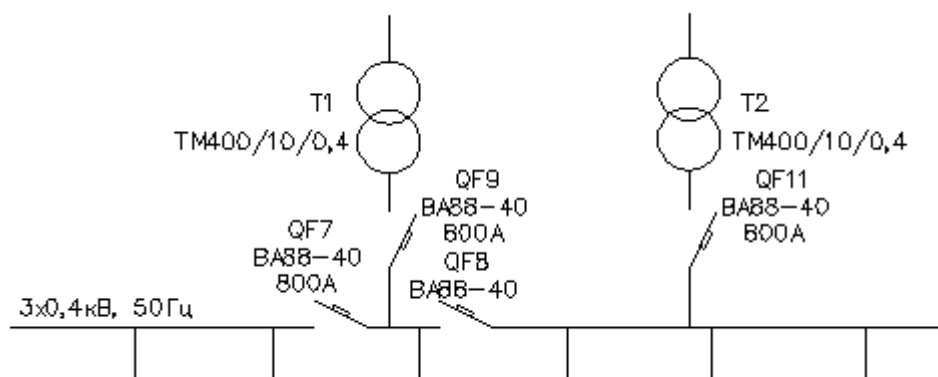


Рисунок 8 – Вариант Б развития сети электроснабжения цеха

Сопоставление вариантов производится в результате расчетов сравнительной экономической эффективности капитальных затрат. Экономическим критерием, по которому определяется наиболее выгодный вариант, является минимум приведенных затрат, который определяется по формуле [19, стр. 111]:

$$Z = r \cdot K + I = (E_n + p) \cdot K + I = (E_n + p_a + p_{\text{э.р.}}) \cdot K + I, \quad (43)$$

где Z - минимум приведенных затрат, руб.;

E_n - нормативный коэффициент сравнительной эффективности капитальных вложений, $E_n = 0,125$ (1/год);

p - суммарный коэффициент отчислений от капитальных вложений;

K - капитальные вложения, руб.;

I - ежегодные эксплуатационные расходы, руб.

Капитальные вложения определяются:

$$K = \sum K_{ПС}, \quad (44)$$

где $\sum K_{ПС}$ – сумма капитальных вложений на сооружение подстанции, руб.

Ежегодные эксплуатационные расходы определяются [19, стр. 107]:

$$I = I_a + I_\varepsilon + I_m, \quad (45)$$

где I_a - издержки на амортизацию, руб.;

I_ε - издержки на возмещение потерь электроэнергии, руб.;

I_m - издержки на ремонт и обслуживание, руб.

Амортизационные отчисления находят по нормам амортизации в долях единицы от капиталовложений [19, стр. 107]:

$$I_a = p_a \cdot K, \quad (46)$$

где p_a – норма амортизации, определяется с учетом срока полезного использования объекта;

$$p_a = \frac{1}{T_{mn}}, \quad (47)$$

где T_{mn} – срок полезного использования объекта, лет.

Для силовых электрических трансформаторов срок полезного использования составляет $T_{mn} = 3 \div 5$ лет, для низковольтной электрической аппаратуры (до 1000В) $T_{mn} = 7 \div 10$ лет [19, стр. 108, табл. 6.1]. В выпускной квалификационной работе для расчетов принимаем:

- для силовых трансформаторов $T_{mn} = 5$ лет;

- для автоматических выключателей до 1000В $T_{mn} = 8$ лет;

Издержки на возмещение потерь электроэнергии в трансформаторах определяются:

$$I_{\text{э}} = \beta_0 \cdot (\tau \cdot \Delta P_T + 8760 \cdot n \cdot \Delta P_{\text{xx}}), \quad (48)$$

где β_0 - коэффициент стоимости потерь активной энергии,

$\beta_0 = 1,5$ руб./кВт·ч (в ценах 2009 г.);

τ – число часов максимальных потерь, ч.;

ΔP_T – суммарные переменные потери мощности в трансформаторах, кВт;

n – число трансформаторов;

ΔP_{xx} - потери мощности холостого хода в трансформаторах, кВт.

Число часов максимальных потерь определится:

$$\tau = \left(0,124 + \frac{T_{\text{max}}}{10^4} \right)^2 \cdot 8760, \quad (49)$$

где T_{max} – число часов использования максимальной активной нагрузки в год, ч.

Проектируемый механический цех работает в две смены (исходные данные), вследствие чего число часов использования максимальной активной нагрузки в год составляет $T_{\text{max}} = 2500 \div 4000$ часов [19, стр. 109]. Для расчетов принимаем $T_{\text{max}} = 3900$ часов.

Суммарные переменные потери мощности в трансформаторах определяются:

$$\Delta P_T = \frac{R_T}{n} \cdot I_T^2, \quad (50)$$

где R_T – активное сопротивление трансформатора, Ом;

n – число трансформаторов;

I_T – ток сразу после трансформатора, А.

Издержки на ремонт и эксплуатацию определяются по нормативным отчислениям в долях единицы от капиталовложений [19, стр. 111]:

$$I_m = p_{\text{э.р.}} \cdot K, \quad (51)$$

где $p_{\text{э.р.}}$ – норма отчислений, %.

Норма отчислений для силового электротехнического оборудования и распределительных устройств составляет $p_{\text{э.р.}} = 5,9\%$ [19, стр. 112, табл. 6.2].

Расчет капитальных вложений.

Произведем расчет капитальных вложений для схемы варианта А развития сети (см. рисунок 7) и для схемы варианта Б (см. рисунок 8).

Затраты на монтаж автоматических выключателей серии ВА88 определяем в размере 5% от стоимости затрат на приобретение автоматических выключателей [8, стр. 12].

Расчет капитальных вложений для схемы варианта А представлен в таблице 9.

Таблица 9 – Капитальные вложения для схемы А

Наименование оборудования и работ	Единица измерения	Стоимость, руб./единица	Количество	К, руб.
Трансформатор силовой ТМ-630/10/0,4	шт.	315000	1	315000
Автоматический выключатель ВА88-43 на ток 1250А	шт.	57124	4	228496
Монтаж трансформатора ТМ-630/10/0,4	шт.	24700	1	24700
Пуско-наладочные работы на трансформаторе ТМ-630/10/0,4	шт.	10400	1	10400
Монтаж автоматических выключателей ВА88-43 на ток 1250А	шт.	2856	4	11424
ИТОГО				590020

Расчет капитальных вложений для схемы варианта Б представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Капитальные вложения для схемы Б

Наименование оборудования и работ	Единица измерения	Стоимость, руб./единица	Количество	К, руб.
1	2	3	4	5
Трансформатор силовой ТМ-400/10/0,4	шт.	199000	2	398000
Автоматический выключатель ВА88-40 на ток 800А	шт.	31133	4	124532
Монтаж трансформатора ТМ-400/10/0,4	шт.	24700	2	49400

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5
Пуско-наладочные работы на трансформаторе ТМ-400/10/0,4	шт.	6500	2	13000
Монтаж автоматических выключателей ВА88-40 на ток 800А	шт.	1557	4	6228
ИТОГО				591160

Расчет эксплуатационных расходов.

Произведем расчет ежегодных эксплуатационных расходов по формулам (44...51) для схем вариантов А и Б развития сети электроснабжения цеха. Результат расчета сводим в таблицу 11.

Таблица 11 – Ежегодные эксплуатационные расходы для схем А и Б

Вариант развития сети	К, руб.	p_a	I_a , руб.	ΔP_T , кВт	ΔP_{xx} , кВт	I_{Σ} , руб.	$p_{\Sigma.p.}$	I_m , руб.	И, руб.
А	590020	0,325	191757	0,0028	1,31	17223	0,059	34811	243791
Б	591160	0,325	192127	0,0016	0,95	24972	0,059	34878	251977

Технико-экономическое сравнение вариантов.

Произведем расчет приведенных затрат по формуле (43) для схем А и Б вариантов развития сети электроснабжения цеха.

Для схемы варианта А:

$$Z = (E_n + p_a + p_{\Sigma.p.}) \cdot K + I = (0,125 + 0,325 + 0,059) \cdot 590020 + 243791 = 544111,2 \text{ руб.}$$

Для схемы варианта Б:

$$Z = (E_n + p_a + p_{\Sigma.p.}) \cdot K + I = (0,125 + 0,325 + 0,059) \cdot 591160 + 251977 = 552877,4 \text{ руб.}$$

На основании расчета определяем, что общие затраты для схемы А составили 544111,2 руб., а для схемы Б - 552877,4 руб. По технико-экономическому сравнению получилось, что вариант А развития сети электроснабжения цеха более экономичен.

Исходя из этого в выпускной квалификационной работе окончательно принимаем для проектирования вариант А развития сети.

11 РАЗРАБОТКА ИНСТРУКЦИИ ПО МОНТАЖУ АВТОМАТИЧЕСКИХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ

11.1 Монтаж автоматических выключателей ВА88-32

Инструкция по монтажу автоматических выключателей серии ВА88 базового габарита 32 (ВА88-32) в низковольтные комплектные устройства (НКУ) предназначена для использования работниками электромонтажных предприятий и организаций для обеспечения правильной сборки распределительных устройств.

Инструкция содержит сведения для организации монтажных работ по сборке НКУ, в состав которых входит ВА88-32.

При монтаже ВА88-32 в НКУ необходимо соблюдать требования следующих документов:

- Правил устройства электроустановок (ПУЭ, издание 7).
- Свода правил «Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий» (СПЗ1-110-2003).
- Строительных норм и правил «Электротехнические устройства» (СНиП 3.05.06-85).
- «Методических указаний по допуску в эксплуатацию новых и реконструированных электрических и тепловых энергоустановок».

11.1.1 Общие указания по монтажу выключателей ВА88-32

Условия монтажа:

- диапазон температур: от минус 15 до плюс 30°С;
- относительная влажность 90% при плюс 20°С;
- тип атмосферы – II ГОСТ 15150;
- высота над уровнем моря – до 2000 м.

ВА88-32 может быть преобразован во втычное исполнение с передним и задним резьбовым присоединением проводников при помощи панелей ПМ1/П-32, ПМ1/Р-32.

Для ВА88-32 предусмотрены следующие дополнительные устройства, устанавливаемые под крышкой выключателя:

- независимый расцепитель – РН-32/33;
- расцепитель минимального напряжения – РМ-32/33;
- дополнительный контакт – ДК-32/33;
- аварийный контакт – АК-32/33.

Для дистанционного включения и отключения ВА88-32 предназначен электропривод ЭП-32/33, который допускает возможность перехода на ручное управление выключателем при отсутствии напряжения в цепи управления.

Для оперирования ВА88-32, установленного за панелью или дверью, предназначен ручной поворотный привод ПРП-32.

При помощи специальной скобы ВС5-1 ВА88-32 можно монтировать на рейку ТН35-15 ГОСТ Р МЭК 60715.

Все применяемые с ВА88-32 дополнительные устройства после монтажа не ухудшают его технические и эксплуатационные характеристики.

Габаритные, установочные и присоединительные размеры ВА88-32 приведены на рисунке 9.

Габаритные, установочные и присоединительные размеры ВА88-32 при преобразовании его во втычное исполнение с помощью панели ПМ1/П-32 с передним (фронтальным) присоединением внешних проводников приведены на рисунке 10.

Габаритные, установочные и присоединительные размеры ВА88-32 при преобразовании его во втычное исполнение с помощью панели ПМ1/Р-32 с задним резьбовым присоединением внешних проводников приведены на рисунке 11.

Габаритные размеры ВА88-32, электрическая схема ВА88- и схема электрическая принципиальная подключения электропривода приведены в приложении В.

Минимальные расстояния от боковых стенок оболочки до корпуса ВА88-32 и двумя вертикально установленными выключателями должны соответствовать указанным в приложении В.

Минимальные расстояния между осями Y-Y двух горизонтально установленных выключателей – 90мм для трехполюсного исполнения и 120мм для четырехполюсного. При использовании ручного поворотного привода данные расстояния должны быть не менее 105мм и 135 мм соответственно.

При установке выключателя на монтажную панель в распределительном щите момент затяжки установочных крепежных элементов выключателя должен составлять $(3\pm 1) Н*м$.

Выводы для внешних проводников ВА88-32 допускают подключение как медных, так и алюминиевых проводников. Оси подхода проводников к выводам показаны на рисунках 9, 10, 11. Сечение подключаемых к выводам проводников необходимо выбирать согласно ПУЭ по критерию допустимого нагрева.

Разборное контактное соединение жил проводов и кабелей с гнездовыми выводами ВА88-32 должно быть выполнено после оконцевания жил штифтовыми наконечниками из меди или её сплавов, медно-алюминиевыми или из твердого алюминиевого сплава, после сплавления алюминиевых жил в монолит с добавлением легирующих присадок из твердого алюминиевого сплава в соответствии с требованиями ВСН 139-83. Допускается присоединение непосредственно к выводу жесткого одножильного проводника (алюминиевого или медного) без оконцевания штифтовым наконечником. Допускается присоединение к выводу двух проводников, сечение которых отличается не более чем на две ступени (при этом присоединяемые жилы проводов и кабелей должны быть

предварительно одинаково подготовлены (например: оконцованы штифтовыми наконечниками из одинакового материала)). Не допускается присоединять к гнездовому выводу два проводника при сечении одного из них более 25мм^2 включительно.

Для присоединения к выводу жил проводов и кабелей (как алюминиевых, так и медных) рекомендуется использовать наконечники-переходники, поставляемые в комплекте. Размер опрессовываемой (обжимаемой) с помощью наконечника жилы следует подбирать с учетом размера D1 (рисунок 9) и требований ВСН 139-83.

При использовании наконечника-переходника для ВА88-32 с номинальным током 125А вывод преобразуется из гнездового в плоский. Присоединение жил к выводу допускается одним из способов, изображенных на рисунке 9.

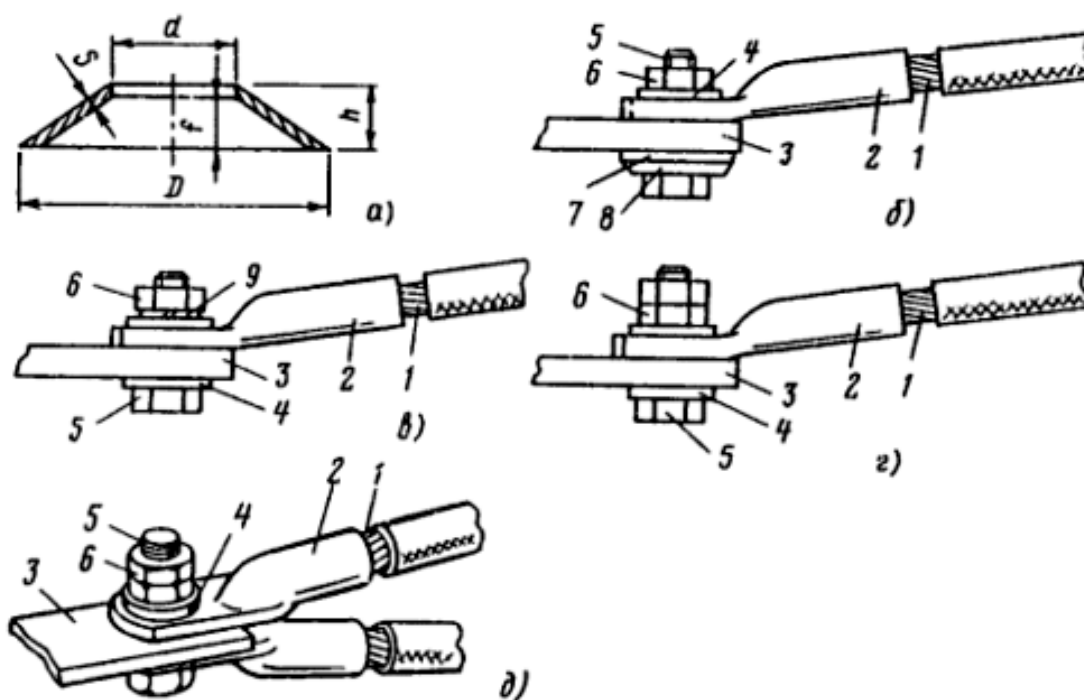


Рисунок 9 – Способы присоединения жил проводов и кабелей к наконечнику-переходнику ВА88-32 с номинальным током 125 А:

1 – жила, 2 – наконечник, 3 – плоский вывод (наконечник-переходник), 4 – шайба, 5 – болт, 6 – гайка, 7 – увеличенная шайба, 8 – тарельчатая пружина, 9 – пружинная шайба.

Минимальная толщина шин, присоединяемых к задним резьбовым выводам автоматического выключателя, составляет 1,5мм. При подборе максимальной толщины шины необходимо учитывать, что после затяжки гайки вывода на болте (шпильке, штыре) должно остаться не менее двух ниток свободной резьбы.

Подключение кабелей к задним резьбовым выводам допускается любым из способов, указанных на рисунке 10. При этом должны выполняться требования ВСН.

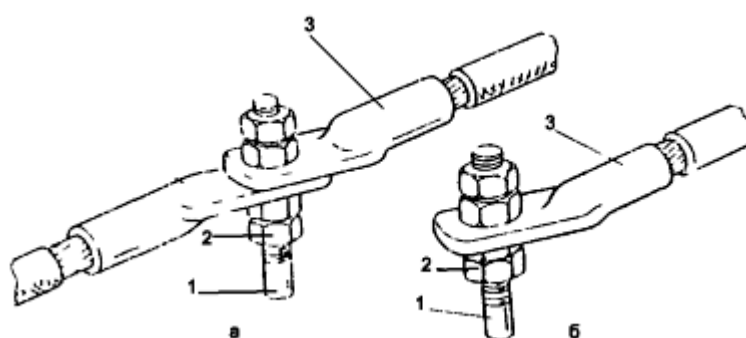


Рисунок 10 – Подключение кабелей к задним резьбовым выводам:
1 – вывод; 2 – гайка; 3 – наконечник

Подключение шин к задним резьбовым выводам должно осуществляться в соответствии с рисунком 11.

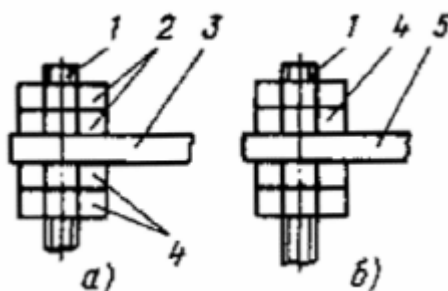


Рисунок 11 – Варианты соединения шин:
1 – вывод из меди или ее сплава; 2 – стальная гайка; 3 – медная шина, шина из алюминиевого сплава или стали; 4 – гайка из меди или ее сплавов; 5 – шина алюминиевая или из алюминиевого сплава.

Крутящий момент при затягивании болтового соединения следует выбирать согласно ГОСТ 10434. Рекомендуемый момент затяжки болтового соединения М6 – $10,5 \pm 1,0$ Н*м; для болтового соединения М8 – $22,0 \pm 1,5$ Н*м. Рекомендуемый момент затяжки винта гнездового вывода ВА88-32 – $2,5 \pm 0,5$ Н*м при помощи отвертки.

Перед соединением жилы (наконечника) с выводом или наконечником-переходником поверхности, не имеющей защитного металлического покрытия, её зачищают до металлического блеска стальной щеткой или шлифовальной шкуркой. Контактные поверхности, имеющие защитное покрытие, очищают бензином, ацетоном, уайт-спиритом или другим растворителем.

11.1.2 Монтаж ВА88-32 в НКУ

Монтаж ВА88-32 в НКУ должен осуществляться в следующей последовательности:

1) Извлеките ВА88-32 из транспортной тары и проверьте комплектность поставки в соответствии с паспортом. Если ВА88-32 будет монтироваться совместно с дополнительными устройствами или преобразовываться во втычное или выдвижное исполнение, то извлеките устройства из упаковки и проверьте их комплектность.

2) Произведите разметку отверстий внутри НКУ на конструктивных элементах для установки ВА88-32 согласно рисунку 9. При установке ВА88-32 на панели ПМ1/П-32 или ПМ1/Р-32 руководствуйтесь рисунками 2 или 3 в зависимости от типоразмера панели. Рабочее положение ВА88-32 вертикальное (см. рисунок 9) с возможным отклонением в любую сторону на угол $\pm 90^\circ$. Выполните установочные отверстия.

3) Установите ВА88-32 в НКУ. При этом проведите контроль размеров, указанных на рисунке 11. При установке выключателя на монтажную панель

НКУ момент затяжки крепежных элементов выключателя к панели должен составлять $(3\pm 1) N^*m$.

4) Присоедините внешние проводники к выводам ВА88-32. ВА88-32 допускает подвод питающих проводников как к зажимам 1, 3, 5, так и к зажимам 2, 4, 6 (см. Приложение В). При присоединении внешних проводников к расцепителям и контактам необходимо руководствоваться требованиями ВСН 139-83. Для присоединения необходимо использовать медные многожильные проводники сечением не менее $1,5\text{мм}^2$. Проведите контроль размеров, указанных на рисунке 20.

5) Проверьте надежность крепления ВА88-32 в НКУ. Проверьте правильность присоединения внешних проводников в соответствии с проектом (электрической схемой).

Включение ВА88-32 производится переводом рукоятки управления в положение «ВКЛ».

При монтаже ВА88-32 не требуется проведения настроечных и регулировочных операций.

11.2 Охрана труда при монтаже ВА88-32

Требования к монтирующему персоналу:

- монтаж ВА88-32 и дополнительных устройств имеют право производить лица, прошедшие обучение и аттестацию для работы в электроустановках до 1000В;

- к проведению монтажных работ должен допускаться персонал, прошедший инструктаж по технике безопасности.

Все работы по монтажу необходимо проводить, обесточив установку и убедившись в том, что она обесточена.

При монтаже ВА88-32 необходимо соблюдать следующие меры предосторожности:

- при монтаже ВА88-32 и дополнительных устройств помните, что они обладают достаточной массой, чтобы при падении причинить вред здоровью;
- при монтаже ВА88-32 используйте только исправный инструмент;
- не производите монтаж ВА88-32, электроприводов и дополнительных устройств в установку при поданном на них напряжении питания;
- при монтаже внешних проводников, имеющих изоляцию, убедитесь в отсутствии ее нарушений.

При монтаже ВА88-32 соблюдайте требования следующих нормативных документов:

- 1) «Правил безопасности при строительстве линий электропередачи и производстве электромонтажных работ» (РД 34.03.285-97).
- 2) «Правил техники безопасности при электромонтажных и наладочных работах».
- 3) «Правил безопасности при работе с инструментом и приспособлениями».
- 4) «Технического регламента о требованиях пожарной безопасности» (№123-ФЗ).
- 5) Различных типовых инструкций по охране труда электромонтеров (например: ТИ РМ-073-2002, ТИ РМ-074-2002, ТИ РО-051-2003 и прочих необходимых инструкций по охране труда).

12 РАСЧЕТ ЗАЗЕМЛЕНИЯ И МОЛНИЕЗАЩИТЫ

12.1 Расчет заземляющего устройства

Под расчетом заземляющего устройства (ЗУ) понимают определение типа заземлителя, количества вертикальных заземлителей, места размещения и сечения заземляющих проводников. Расчет производится для необходимого сопротивления заземляющего устройства в соответствии с требованиями ПУЭ.

Произведем расчёт ЗУ механического цеха. Для расчета используем методику, представленную в методическом пособии В.П. Шеховцова [17, стр. 88-91].

Для расчета ЗУ используем следующие данные:

- используем только искусственные заземлители;
- тип ЗУ – рядное, вдоль стены здания цеха на расстоянии 1м от стены здания;
- грунт – песок (исходные данные), $\rho = 800 \text{ Ом*м}$;
- климатическая зона – III;
- вертикальный заземлитель – стальной уголок 50x50x5мм, $L=2\text{м}$;
- горизонтальный заземлитель – стальная полоса 40x4мм;
- глубина заложения ЗУ в грунт $t = 0,5\text{м}$.

Устанавливаем необходимое по ПУЭ допустимое сопротивление заземляющего устройства.

Согласно ПУЭ [10, п. 1.7.101], сопротивление заземляющего устройства в любое время года должно быть не более 40Ом при линейном напряжении 380В источника трехфазного тока; однако, согласно тому же пункту ПУЭ, при удельном сопротивлении грунта ρ более 100Ом*м допускается увеличивать указанную норму в $0,01\rho$ раз, но не более десятикратного значения. Десятикратным значением указанной нормы является значение 40Ом. При увеличении нормы 40Ом в $0,01\rho$ раз имеем:

$$R_{II} = 4 \cdot 0,01 \cdot \rho = 4 \cdot 0,01 \cdot 800 = 32 \text{ Ом}.$$

Окончательно принимаем допустимое значение сопротивления заземляющего устройства:

$$R_{II} = 32 \text{ Ом}.$$

Определяем расчётное удельное сопротивление грунта с учётом коэффициента сезонности $K_{сез} = 1,5$ [17, табл. 1.13.2]:

$$\rho_p = K_{сез} \cdot \rho = 1,5 \cdot 800 = 1200 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Определяем расчетное сопротивление одного вертикального электрода:

$$r_e = 0,3 \cdot \rho_p = 0,3 \cdot 1200 = 360 \text{ Ом}.$$

Определяем расчетное количество вертикальных электродов:

а) без учета экранирования

$$N_{e.p.}^1 = \frac{r_e}{R_{II}} = \frac{360}{32} = 11,25,$$

принимаем предварительное количество электродов $N_{e.p.}^1 = 12$;

б) с учетом экранирования: предварительно выбираем отношение $a/L = 2$, откуда по [17, табл. 1.13.5] для $N_{e.p.}^1 = 12$ определяем коэффициент использования вертикальных электродов $\eta_e = 0,74$

$$N_{e.p.} = \frac{N_{e.p.}^1}{\eta_e} = \frac{12}{0,74} = 16,22.$$

Окончательно принимаем количество вертикальных электродов $N_e = 17$.

Определяем длину горизонтального заземлителя (полосы).

Так как отношение $a/L = 2$, то расстояние между вертикальными электродами $a = 2 \times L = 2 \times 2 = 4 \text{ м}$, откуда длина полосы для рядного ЗУ

$$L_{II} = a \cdot (N_e - 1) = 4 \cdot (17 - 1) = 64 \text{ м}.$$

Определяем коэффициент использования горизонтального заземлителя: для рядного ЗУ при $N_e = 17$ и $a/L = 2$ $\eta_r = 0,62$ [17, табл. 1.13.5].

Определяем коэффициент сезонности для горизонтального заземлителя: для климатической зоны III $K_{сез.г.} = 2,3$ [17, табл. 1.13.2].

Определяем сопротивления электродов:

- сопротивление вертикальных электродов

$$R_B = \frac{r_6}{N_6 \cdot \eta_6} = \frac{360}{17 \cdot 0,74} = 28,62 \text{ Ом}$$

- сопротивление горизонтального заземлителя (полосы)

$$R_{\Gamma} = \frac{0,4}{L_{\Pi} \eta_{\Gamma}} \cdot \rho \cdot K_{\text{ces.z.}} \cdot \lg \frac{2 \cdot L_{\Pi}^2}{bt} = \frac{0,4}{64 \cdot 0,62} \cdot 800 \cdot 2,3 \cdot \lg \frac{2 \cdot 64^2}{40 \cdot 10^{-3} \cdot 0,5} = 104,09 \text{ Ом},$$

где b – ширина горизонтального заземлителя (полосы), м;

t – глубина заложения заземлителя, м.

Определяем фактическое значение контура заземления:

$$R_{3V} = \frac{R_B R_{\Gamma}}{R_B + R_{\Gamma}} = \frac{28,62 \cdot 104,09}{28,62 + 104,09} = 22,45 \text{ Ом};$$

$$R_{3V} = 22,45 \text{ Ом} < R_{\Pi} = 32 \text{ Ом}.$$

12.2 Расчет молниезащитного заземления

Молниезащита зданий и сооружений - это система, состоящая из комплекса устройств и сооружений, предназначенных для защиты объектов от грозового электричества, позволяющая снизить последствия попадания молнии в защищаемый объект или вторичных ее проявлений.

Основным нормативным документом, регламентирующим устройство молниезащиты, является «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций» [13]. «Инструкцией...» предусматривается применение внешней и внутренней молниезащиты.

Внешняя молниезащита является классической, она представляет собой молниеотвод, состоящий из токоприемника, спуска и системы заземления.

Под внутренней молниезащитой понимают ряд мероприятий, которые способствуют защите от перенапряжений в силовой сети.

В выпускной квалификационной работе принята к установке система внешней молниезащиты, поэтому в дальнейшем рассматриваем только этот вид молниезащиты.

По типу молниезащита может быть следующей [17, стр. 97]:

- одностержневой;
- двухстержневой одинаковой или разной высоты;
- многократной стержневой;
- одиночной тросовой;
- многократной тросовой.

По «Инструкции...» [13, табл. 2.1] определяем, что проектируемый механический цех по классификации зданий и сооружений по устройству молниезащиты относится к обычным объектам.

По «Инструкции...» [13, табл. 2.2] определяем уровень защиты проектируемого цеха от прямых ударов молнии (ПУМ) – III, при этом надёжность защиты R_z от прямых ударов молнии – $R_z = 0,90$.

Для проектируемого цеха в качестве внешней молниезащиты принимаем к установке одиночный тросовый молниеотвод (см. рисунок 12), заземлителем которого является заземляющее устройство цеха (см. приложение Б).

Произведем расчет зоны защиты принятого к установке одиночного тросового молниеотвода. Для расчета воспользуемся формулами для объекта при высоте молниеотвода до 150м [13, табл. 3.5].

Исходя из размеров цеха $A \times B \times H = 48 \times 30 \times 9$ м (исходные данные), определяем:

- длина пролета $a = A = 48$ м;
- высота защищаемого сооружения $h_x = H = 9$ м;
- высота опор молниеотводов для подвеса троса $h_{оп.} = 23$ м.

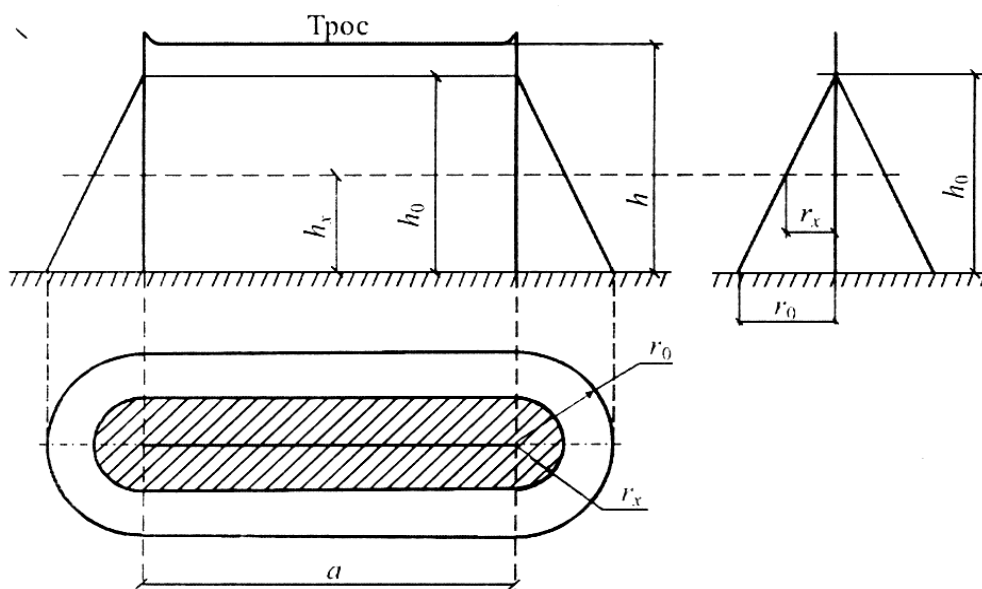


Рисунок 12 – Зона действия одиночного тросового молниеотвода

Высота подвеса троса h в середине пролета при $a \leq 120\text{м}$ определяется по формуле [17, стр. 97]:

$$h = h_{он.} - 2 = 23 - 2 = 21\text{м}$$

Определяем высоту вершины конуса молниеотвода h_0 :

$$h_0 = 0,87 \cdot h = 0,87 \cdot 21 = 18,27\text{м}$$

Определяем радиус защиты на уровне земли r_0 :

$$r_0 = 1,5 \cdot h = 1,5 \cdot 21 = 31,5\text{м}$$

Определяем радиус защиты на уровне высоты цеха r_x :

$$r_x = \frac{r_0 \cdot (h_0 - h_x)}{h_0} = \frac{31,5 \cdot (18,27 - 9)}{18,27} = 15,98\text{м},$$

Определяем ширину зоны защиты на уровне высоты здания цеха:

$$b = 2 \cdot r_x = 2 \cdot 15,98 = 31,96\text{м}$$

На основании проведенного расчета определяем, что выбранная одиночная тросовая молниезащита по всем параметрам удовлетворяет защищаемый объект (механический цех тяжелого машиностроения).

13 МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ

Мероприятия по энергосбережению могут быть разными. Один из самых действенных способов увеличения эффективности использования энергии – применение современных технологий энергосбережения.

Доля затрат на электроэнергию в России составляет 30-40% себестоимости продукции, поэтому энергосбережение предприятий – одно из приоритетных направлений их политики. Технологии энергосбережения не только дают значительное уменьшение расходов на энергетические затраты, но и имеют очевидные экологические плюсы.

К сожалению, энергосбережение на предприятиях в России, как правило, оставляет желать лучшего. На большинстве фабрик и заводов установлены высокомошные электродвигатели, расходующие до 60% больше энергии, чем это необходимо. Для оптимизации процесса применяются электроприводы со встроенными функциями снижения энергопотребления. Благодаря гибкому изменению частоты их вращения в зависимости от нагрузки, при помощи частотных преобразователей, энергосбережение может составить 30-50%.

Энергосбережение особенно актуально для разного рода механизмов, часто работающих с пониженной нагрузкой: насосов, вентиляторов, конвейеров и т.д. Такие технологии энергосбережения, как использование электроприводов и средств автоматизации, могут быть внедрены в сфере ЖКХ. Энергосбережение предприятий также может быть обеспечено благодаря принятию этих мер. Речь идет об их автоматизации и повышению эффективности работы устаревшего оборудования (лифтов, вентиляционных установок и т.д.).

Отлично налаженная энергосистема конкретного предприятия не разделяет функции надежности и энергоэффективности. В этом нет необходимости, так как они являются составляющими нормальной работы предприятия, и существовать долгое время друг без друга не могут.

При нерационально подобранных режимах и постоянных утечках возникает сбой в работе, так как ненадежная система сама по себе не может быть эффективной. Для того, чтобы каждый работник мог эффективно реализовывать все возможности используемого оборудования и процессов для решения поставленных производственных задач, используя энергетические ресурсы, необходим энергоменеджмент – определенный раздел управления. Управление энергетическим хозяйством предприятия – проблемный и довольно сложный процесс, требующий умения проводить тщательный анализ и принимать правильные решения для того, чтобы обеспечить эффективное энергосбережение на предприятии.

При правильной эксплуатации, своевременном проведении поверки и технического обслуживания автоматизированных систем, которые позволяют производить учет электроэнергии и организации диспетчерского управления процессом потребления электроэнергии должны решаться такие задачи:

- значительное уменьшение суммы платежей за электроэнергию при обоснованном снижении заявленного ранее максимума нагрузки;
- соответствие электропотребления технологических и прочих цехов определенным суточным лимитам;
- сведение к минимуму финансовых и материальных потерь, возникающих от производимых системой ограничений объектов потребления;
- постепенное снижение потерь электроэнергии и активной мощности при правильном выборе состава используемого силового оборудования.

Не менее важной задачей для того чтобы обеспечить энергосбережение на предприятии, является установка автоматизированных систем, которые производят точный учет потребления тепловой энергии, газа, питьевой воды, пара и т.п.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе разработана система электропитания механического цеха тяжелого машиностроения машиностроительного завода. В ходе работы рассчитаны электрические нагрузки цеха, на основании которых произведен расчет и выбор силового трансформатора и устройства компенсации реактивной мощности цеховой ТП.

Произведен расчет и выбор аппаратов защиты, установленных на цеховой ТП и шинопроводах цеха. Выполнен расчет и выбор кабельных линий, шинопроводов и проводов системы электропитания цеха.

Произведен расчет токов короткого замыкания на линиях электропитания цеха, на основании которого выполнена проверка правильности выбора защитной аппаратуры.

Рассмотрен вопрос по монтажу одного из узлов электрооборудования цеха, а именно автоматического выключателя ВА88-32, устанавливаемого на цеховой ТП. Рассмотрены меры безопасности, касающиеся монтажа данного узла.

В вопросах мер электробезопасности работающего персонала цеха произведен выбор и расчет заземляющих устройств: контура заземления и молниезащиты.

Таким образом цели и задачи, поставленные в выпускной квалификационной работе, выполнены. Разработанная система электропитания механического цеха выполнена с учетом требований действующих норм и правил и соответствует им.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. АГИЕ 501.00.00.000 ИМ. Инструкция по монтажу автоматических выключателей серии ВА88 базового габарита 32 в низковольтные комплектные устройства. – Москва: изд-во ООО «ИНТЕРЭЛЕКТРОКОМПЛЕКТ», 2010. – 27 с.

2. ГОСТ 2.601-2013. Эксплуатационные документы. Единая система конструкторской документации. – Введ. 01.06.2014. – Москва: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации; Москва: Изд-во Стандартиформ, 2014

3. ГОСТ 28249-93 (2003). Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ. – Введ. 01.01.95, переиздан 08.2003. – Минск: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации; Москва: Изд-во стандартов, 1993

4. ГОСТ 7.82-2001. Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов. Общие требования и правила составления. – Введ. 30.06.2002. – Минск: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации; ИПК изд-во стандартов, 2001

5. Кабышев А.В., Обухов С.Г. Расчет и проектирование систем электроснабжения объектов и установок: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – 248 с.

6. Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов: Учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования. – Москва: Изд-во «Мастерство», 2002. – 320 с., ил.

7. Мельников М.А. Электроснабжение промышленных предприятий: Учеб. пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2000. – 144 с.

8. Методические указания к выполнению экономической части дипломных проектов. (ГОС-2000) для студентов всех форм обучения специальности 050501.65 (030500.19) – Профессиональное обучение,

специализации 030503.19 – Электротехника, электротехнологии и технологический менеджмент. – Екатеринбург: РГПШУ, 2005. – 16 с.

9. Пособие по дипломному проектированию: комплекс учебно-методических материалов / Вагин Г.Я., Соснина Е.Н., Мамонов А.М., Бородин Е.В. – Нижний Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева, 2009. – 172 с.

10. Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. – Новосибирск, Сиб.унив.изд-во, 2010. – 464 с., ил.

11. Расчет заземляющего устройства: метод. указания к выполнению контрольной работы / сост. Петухов С.В., Бутаков С.В., Радюшин В.В. – Архангельск: Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, 2011. - 22 с., ил.

12. РД 153-34.0-20.527-98. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования. – Утвержд. 23.03.1998. – Москва: РАО «ЕЭС России»; Москва: «Издательство НЦ ЭНАС», 2002. – 152 с.

13. СО-153-34.21.122-2003. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. – Введ. 30.06.2003. – Москва: Минэнерго России, приказ № 380 от 30.06.2003

14. Техническая коллекция Schneider Electric. Выпуск № 11 «Проектирование электроустановок квартир с улучшенной планировкой и коттеджей». Компания «Schneider Electric». – октябрь, 2007. – 240с., ил.

15. Федоров А.А., Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий: Учеб.пособие для вузов. – Москва: Энергоатомиздат, 1987. – 368 с., ил.

16. Шевченко Н.Ю., Бахтиаров К.Н. Проектирование системы электроснабжения цеха: Учеб. пособие по выполнению курсового проекта. – Волгоград: ИУНЛ ВолгГТУ, 2015. – 104 с.

17. Шеховцов В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования. – Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2004. – 214 с., ил.

18. Шеховцов В.П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению. – 2-е изд. – Москва: ФОРУМ, 2011. – 136с.

19. Электроснабжение. Электронный учебно-методический комплекс: Учеб. пособие по курсовому проектированию. – Красноярск: ИПК СФУ, 2008.

20. Группа компаний ИЕК // автоматические выключатели серии ВА88 [электронный ресурс]. – Режим доступа: [http:// www.iek.ru /](http://www.iek.ru/) (Дата обращения 23.01.2017).

21. Интернет-магазин электрооборудования «ЭлектроМир» // каталог автоматических выключателей [электронный ресурс]. – Режим доступа: [http:// www.rubilink.ru /](http://www.rubilink.ru/) (Дата обращения 23.01.2017).

22. Красноармейский энергоремонтный завод «Виток» // прайс-лист на монтаж силового электрооборудования [электронный ресурс]. – Режим доступа: [http:// www.vitok-energo.ru /](http://www.vitok-energo.ru/) (Дата обращения 23.01.2017).

23. Производственно-коммерческая группа «РусТранс» // прайс-лист на силовые трансформаторы [электронный ресурс]. – Режим доступа: [http:// www.trans-ktr.ru /](http://www.trans-ktr.ru/) (Дата обращения 23.01.2017).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

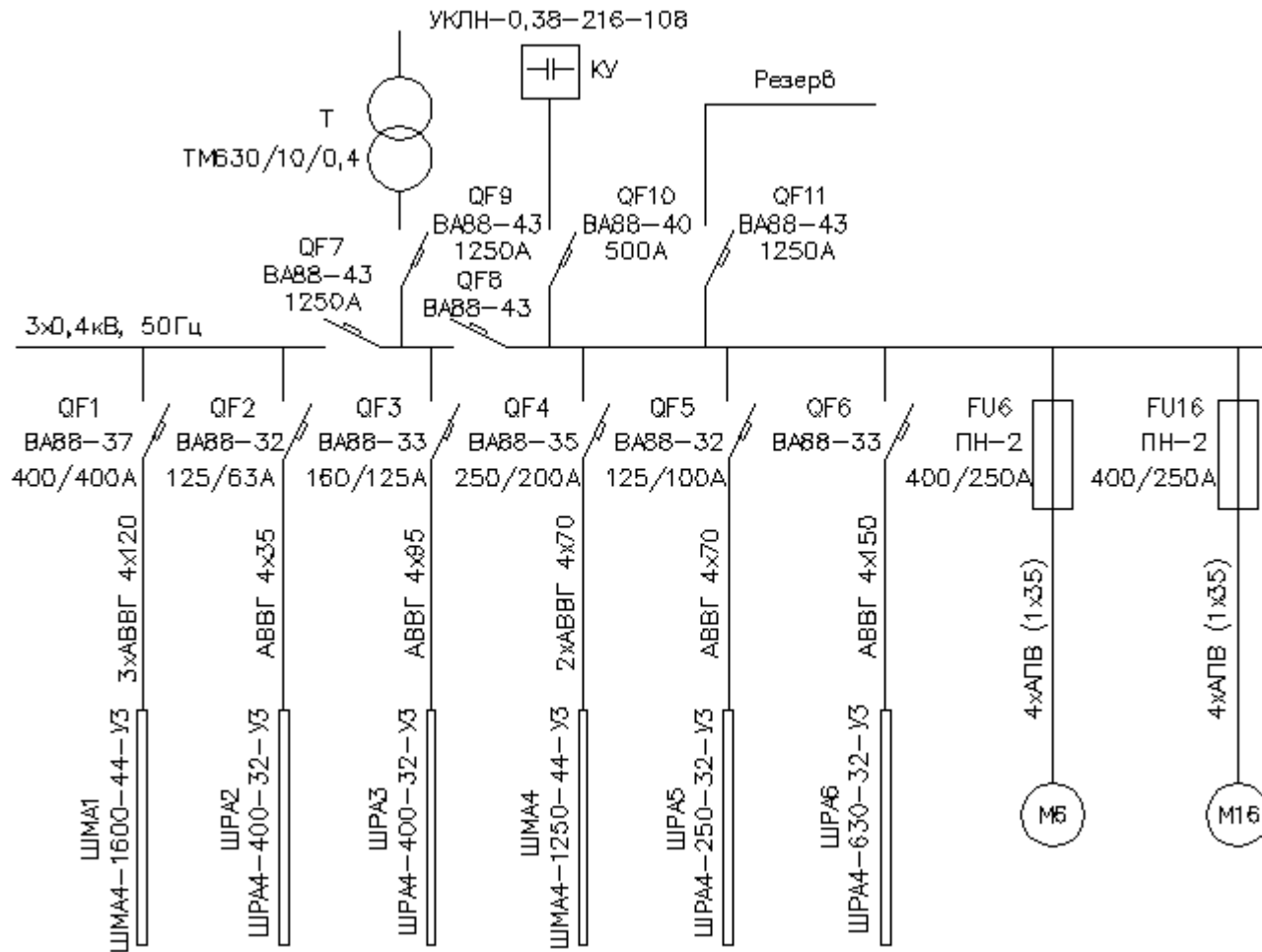


Рисунок А.1 – Однолинейная схема электроснабжения цеха

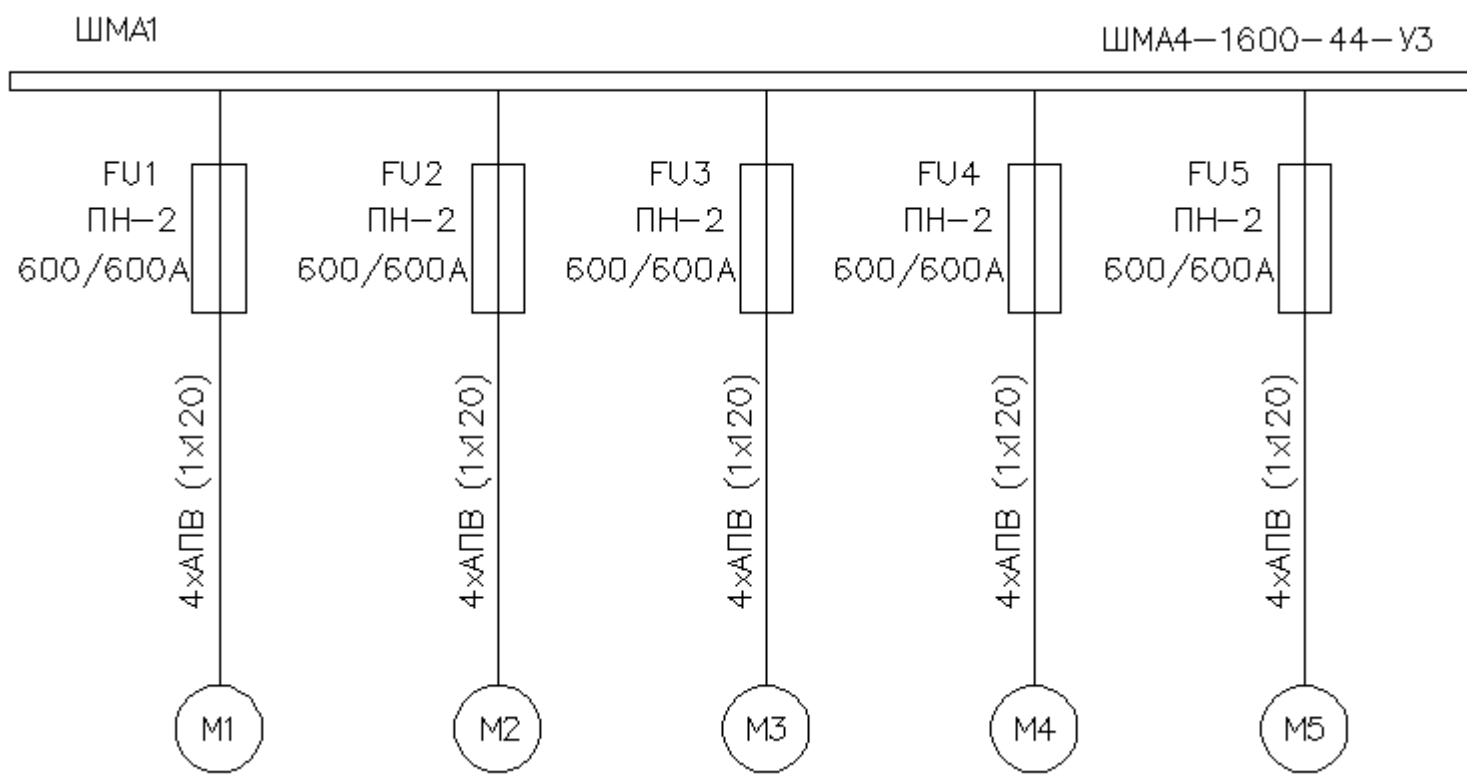


Рисунок А.2 – Однолинейная схема электроснабжения ШМА1

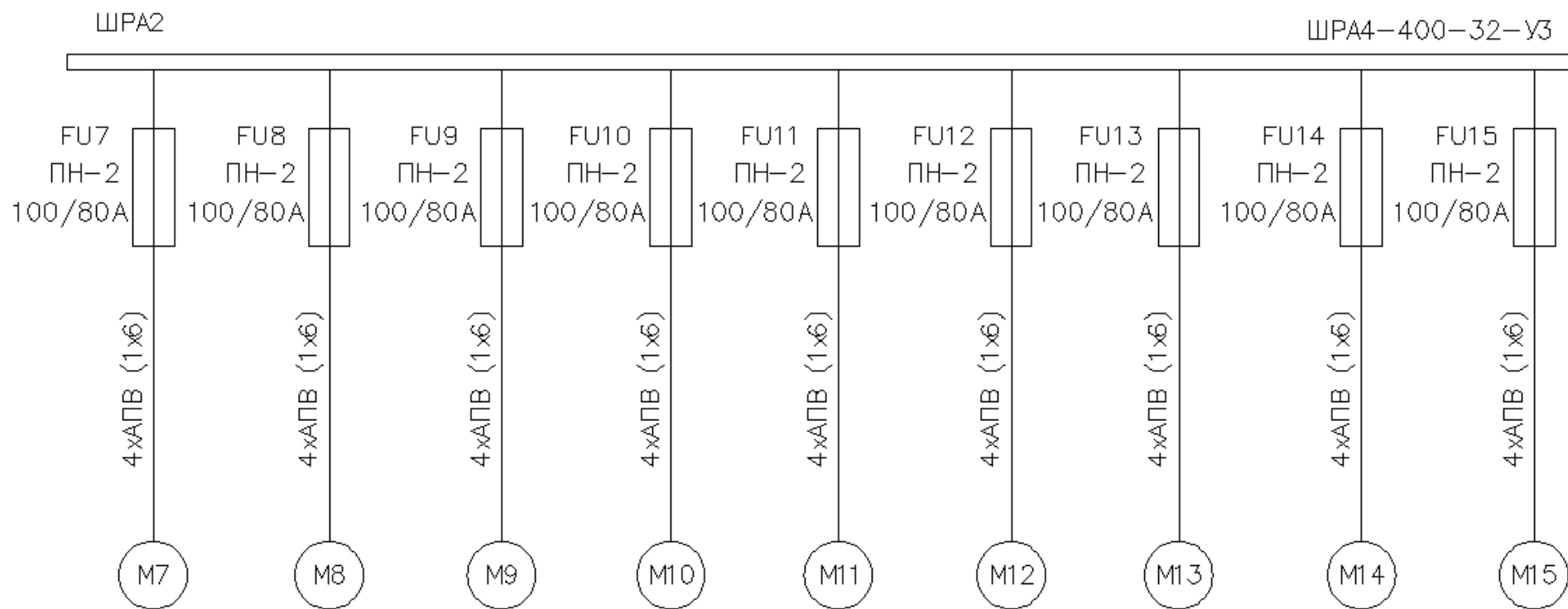


Рисунок А.3 – Однолинейная схема электроснабжения ШРА2

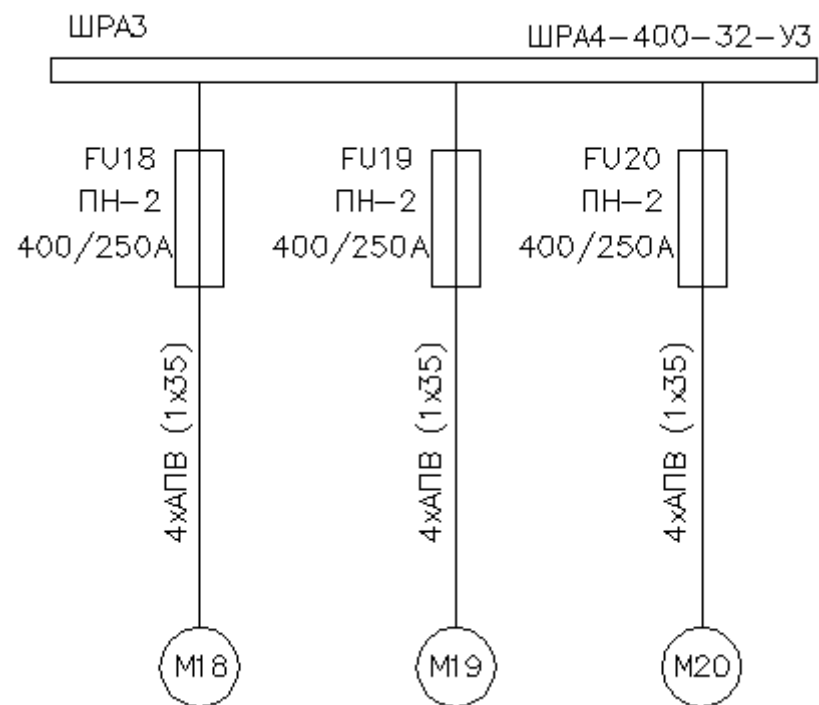


Рисунок А.4 – Однолинейная схема электроснабжения ШРА3

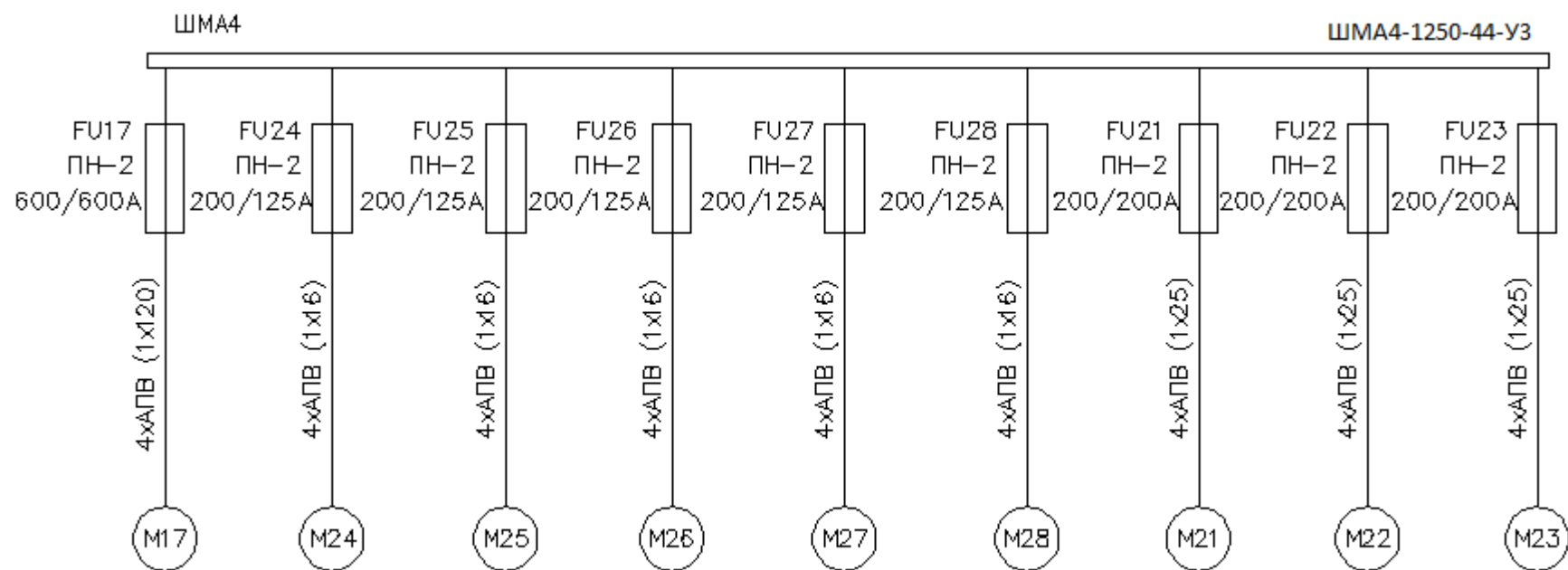


Рисунок А.5 – Однолинейная схема электроснабжения ШМА4

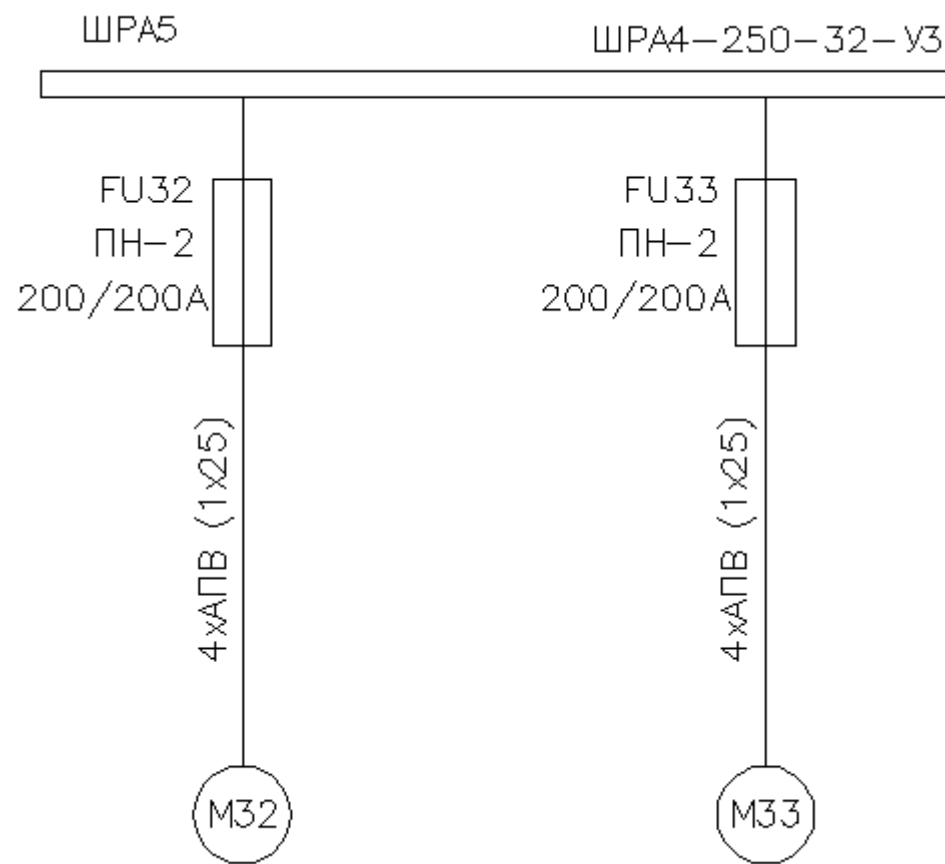


Рисунок А.6 – Однолинейная схема электроснабжения ШРА5

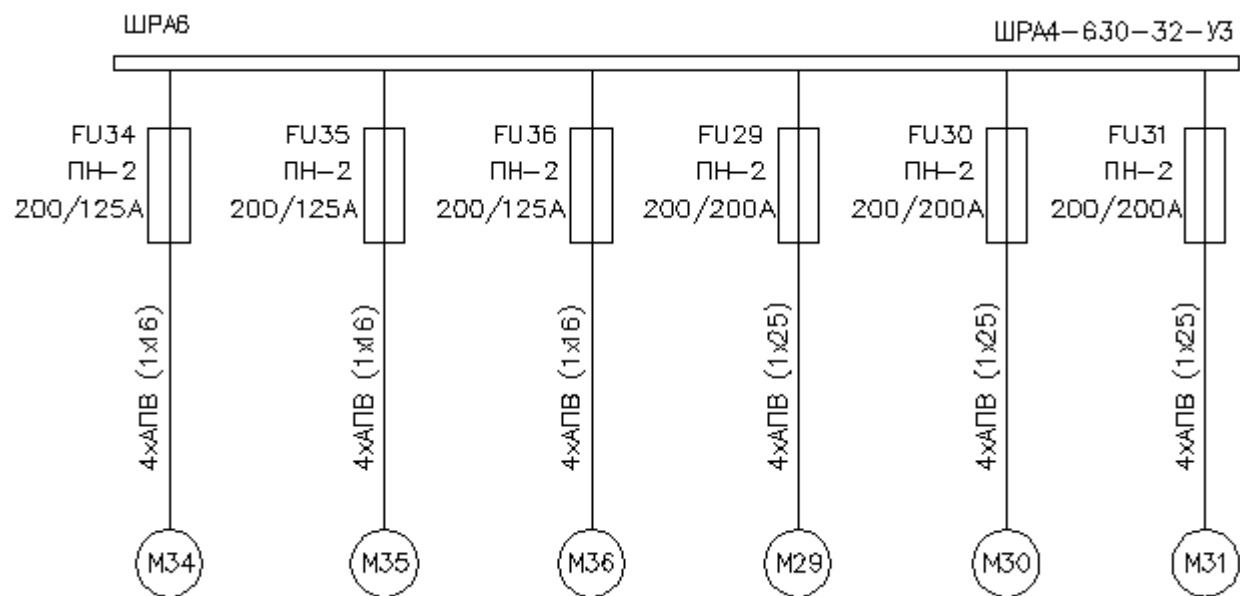


Рисунок А.7 – Однолинейная схема электроснабжения ЩРА6

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

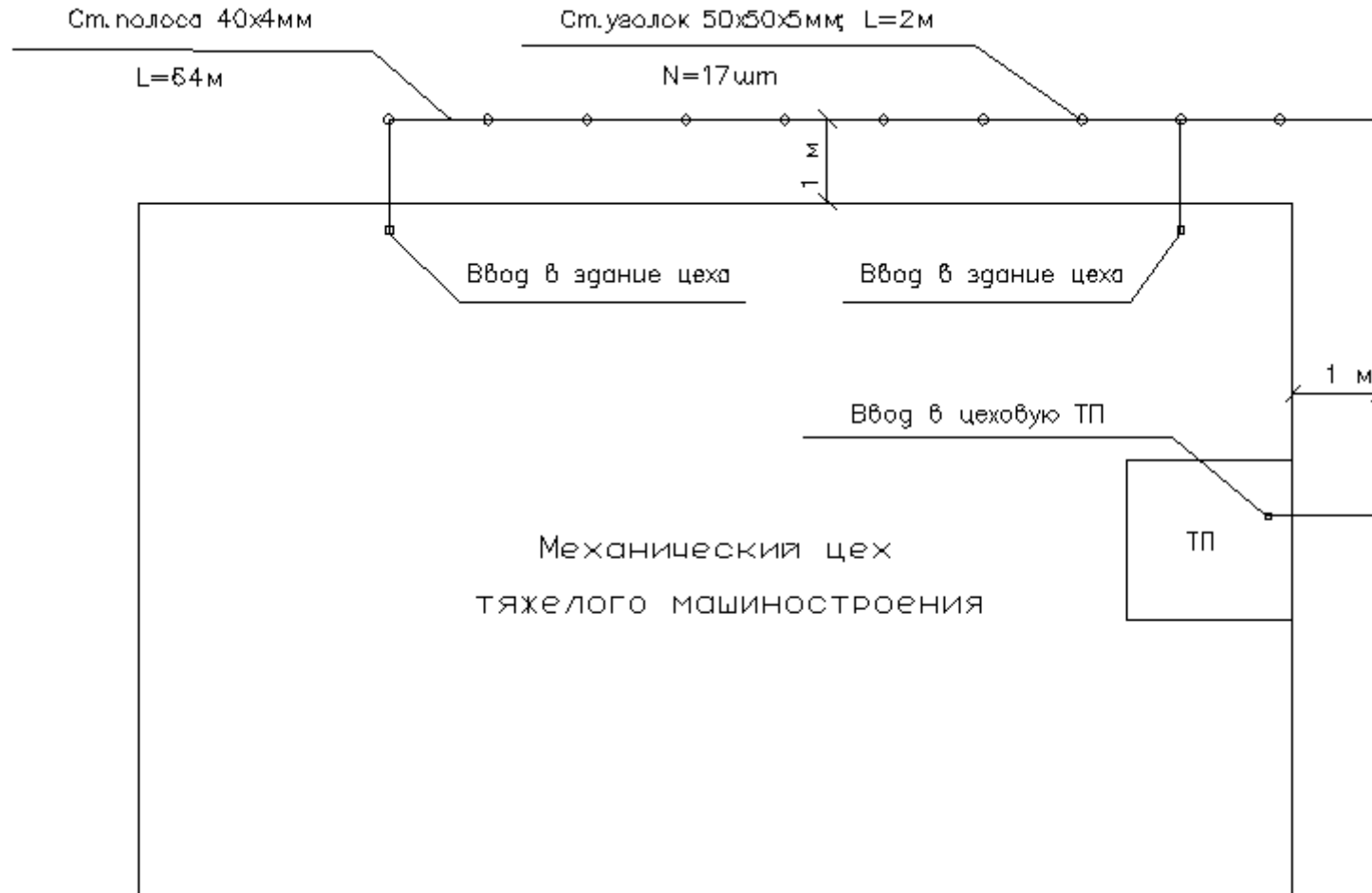


Рисунок Б.1 – Схема заземляющего устройства цеха

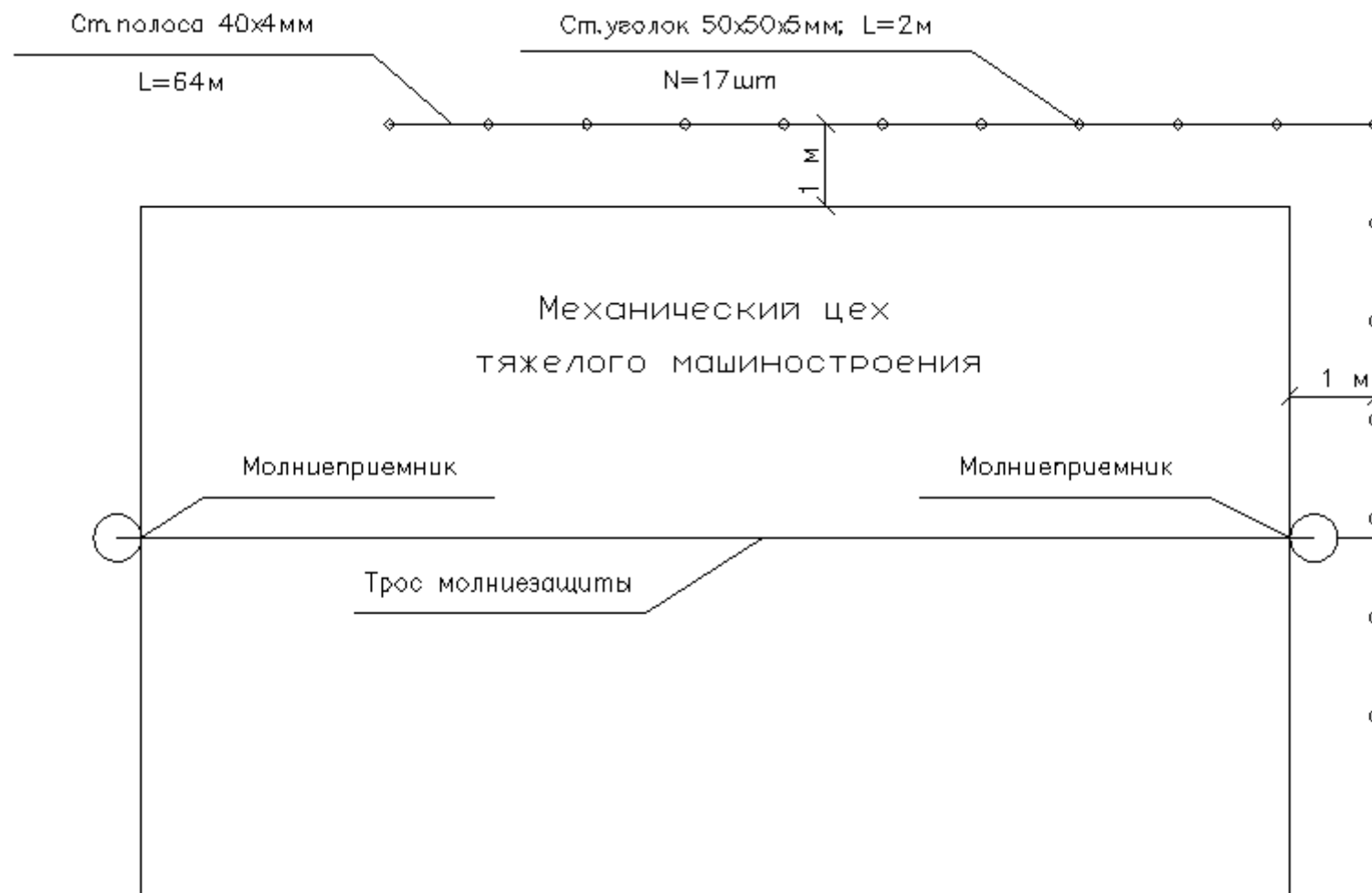


Рисунок Б.2 – Схема молниезащитного заземления цеха

ПРИЛОЖЕНИЕ В

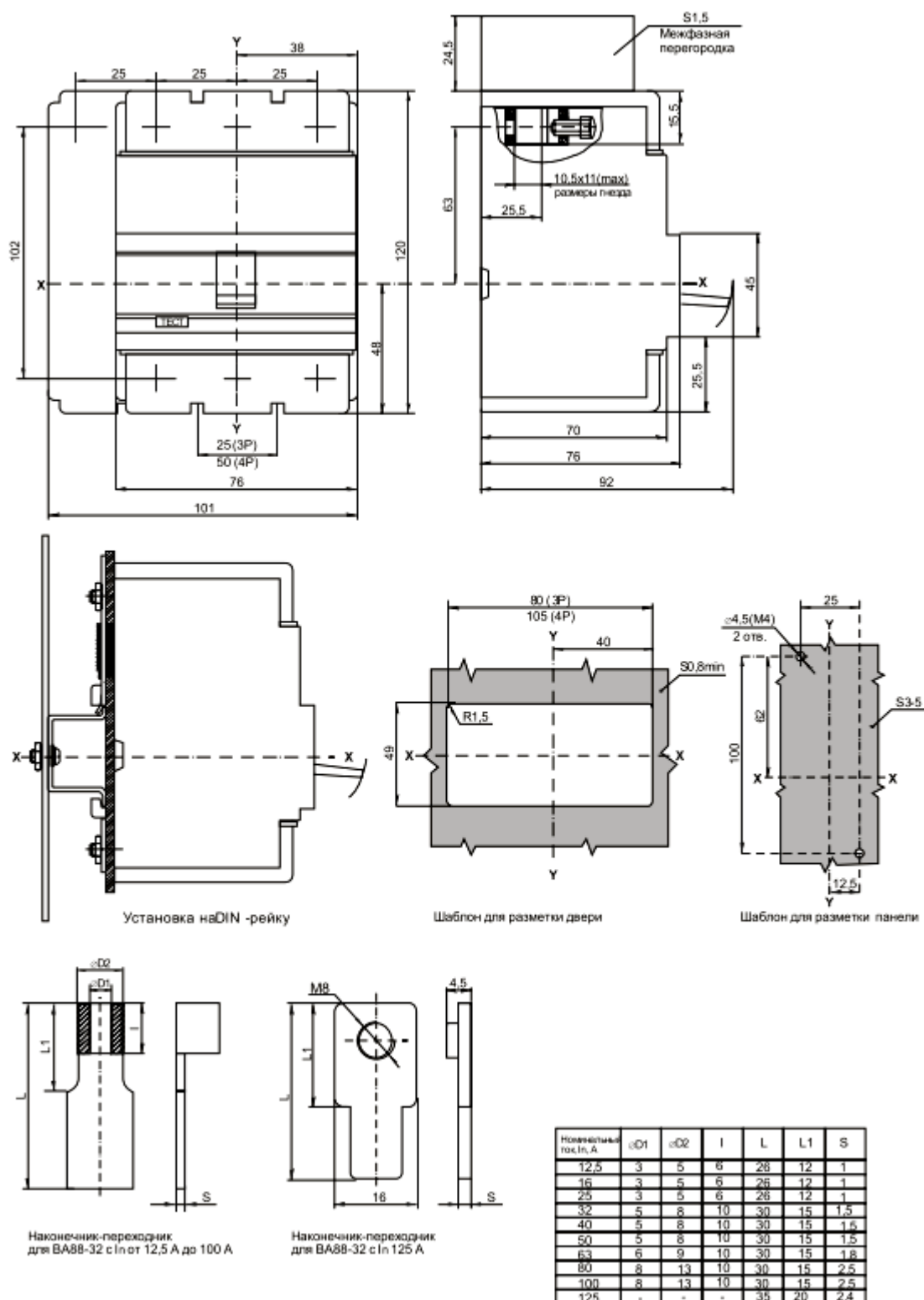


Рисунок В.1 – Габаритные, установочные и присоединительные размеры выключателя ВА88-32

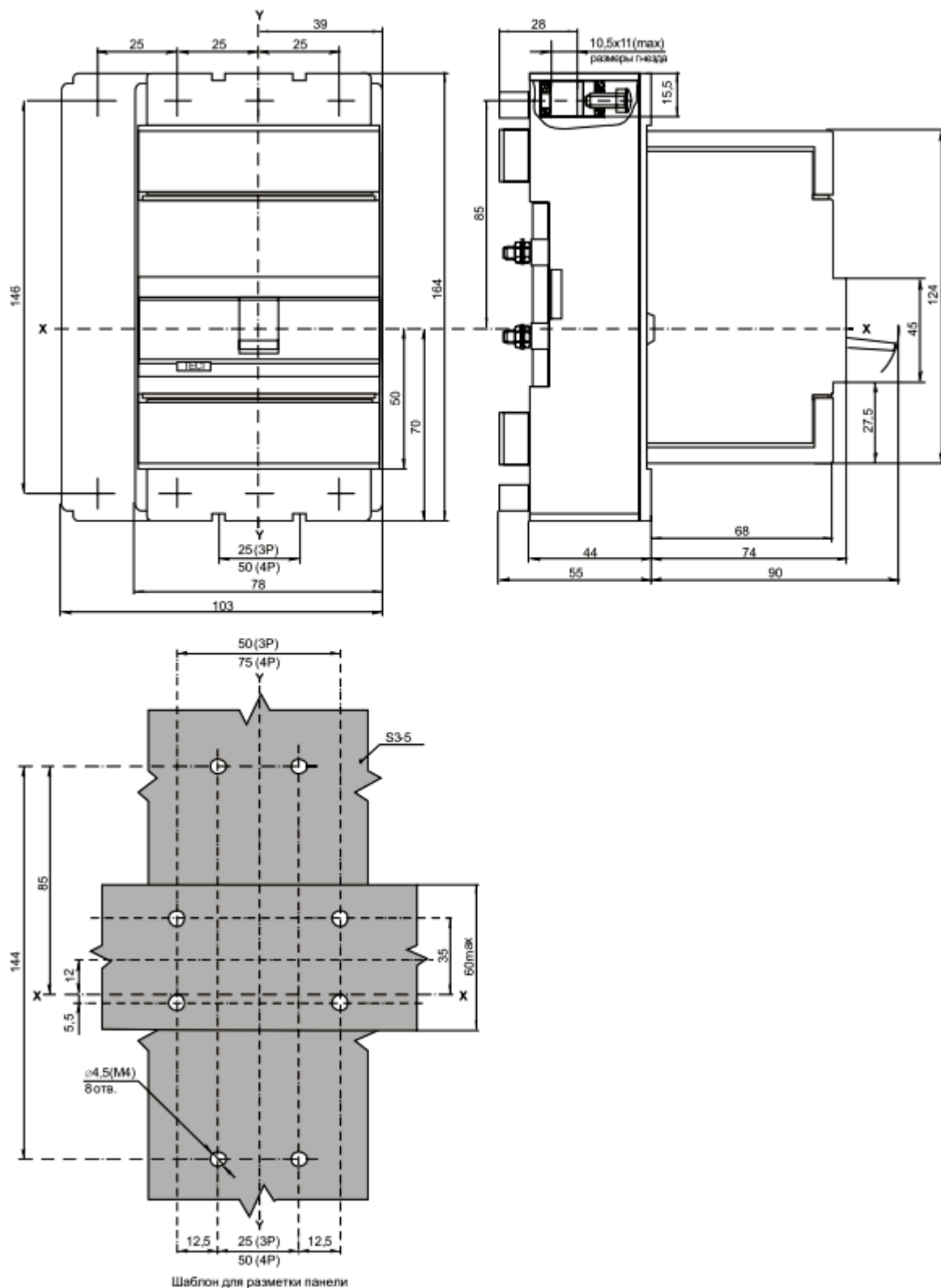


Рисунок В.2 – Габаритные, установочные и присоединительные размеры выключателя ВА88-32 при преобразовании его во втычное исполнение с помощью ПМ1/П-32 с передним присоединением внешних проводников

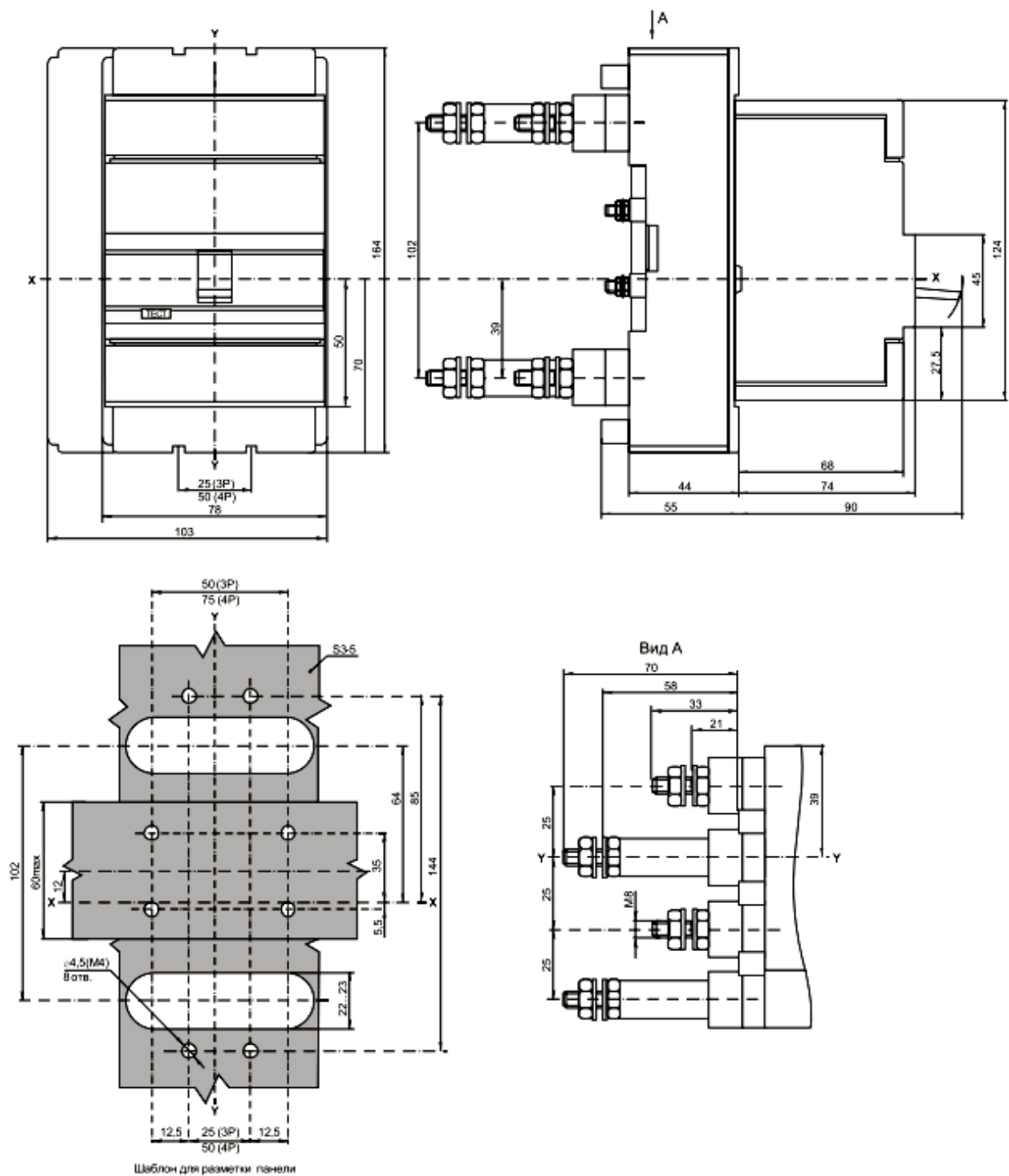


Рисунок В.3 – Габаритные, установочные и присоединительные размеры выключателя ВА88-32 при преобразовании его во втычное исполнение с помощью ПМ1/Р-32 с задним резьбовым присоединением внешних проводников

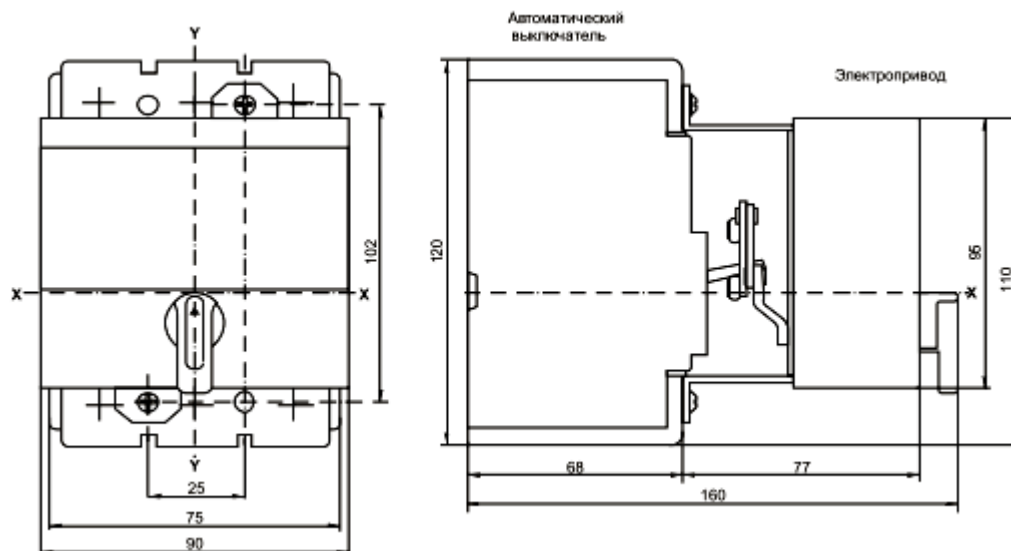


Рисунок В.4 – Габаритные размеры выключателя ВА88-32 с электроприводом ЭП-32/33

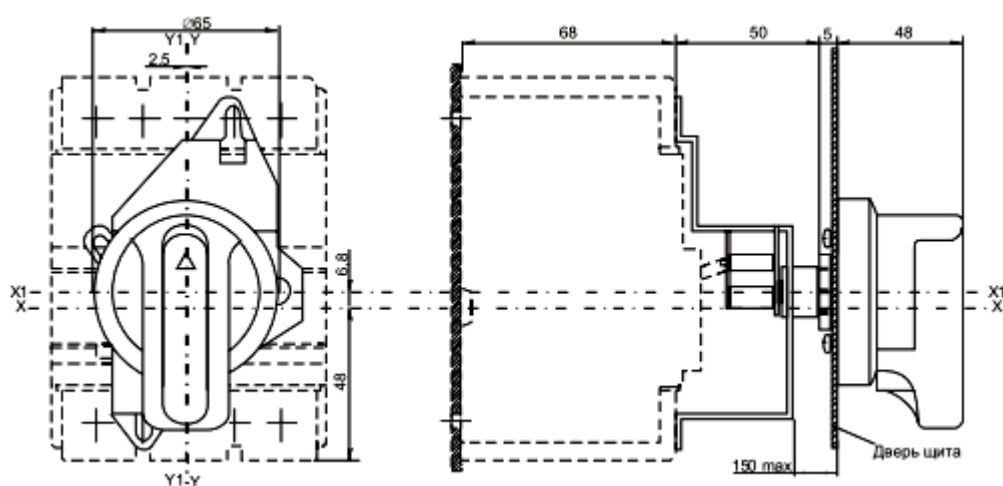


Рисунок В.5 – Габаритные размеры выключателя ВА88-32 с ручным поворотным приводом ПРП-32

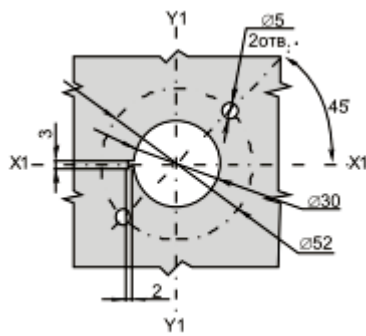


Рисунок В.6 – Шаблон для сверления отверстий в двери для установки привода ПРП-32

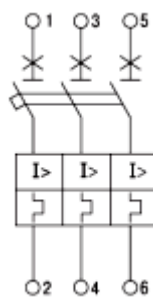


Рисунок В.7 – Электрическая схема выключателя



Рисунок В.8 – Электрические схемы дополнительного и аварийного контактов

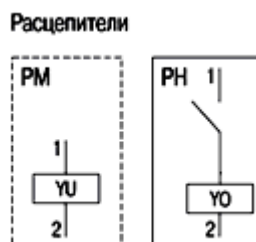


Рисунок В.9 – Электрические схемы расцепителей

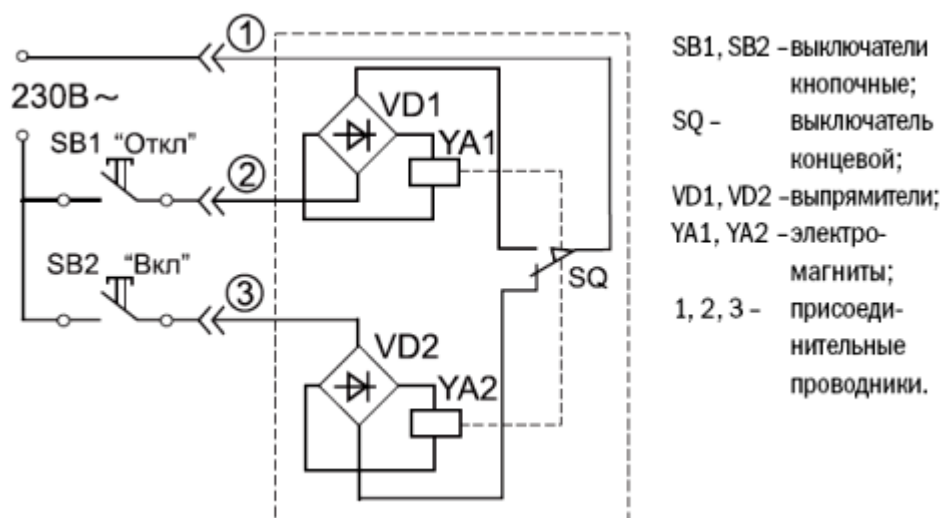
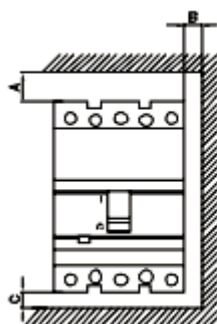
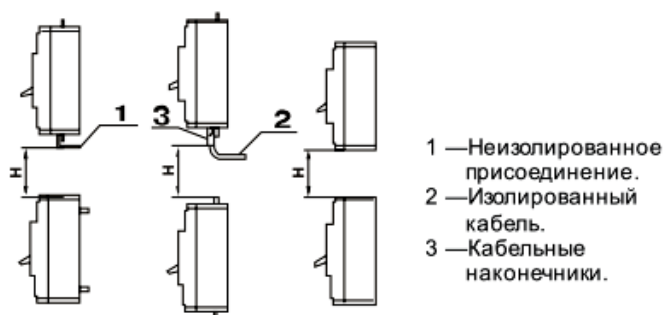


Рисунок В.10 – Схема электрическая принципиальная подключения электропривода



Тип выключателя	Установка в металлическом заземленном щите			Установка в изолированном щите		
	А, мм	В, мм	С, мм	А, мм	В, мм	С, мм
BA88-32	25	20	20	25	0	20

Рисунок В.11 – Минимальные расстояния



Тип выключателя	Расстояние Н, мм
BA88-32	90

Рисунок В.12 – Минимальные расстояния между двумя вертикально установленными выключателями