

Содержание

Введение

1 ПМ01 Организация технологического обслуживания и ремонта электрического и электромеханического оборудования

1 РАСЧЁТНАЯ ЧАСТЬ:

1.1 Выбор напряжения силовой и осветительной цепи

1.2 Расчёт мощности на электроосвещение цеха

1.3 Выбор пусковой и защитной аппаратуры для пролёта с подробной планировкой

1.4 Расчёт электрических нагрузок

1.5 Мероприятия по повышению $\cos \varphi$

1.6 Выбор схемы электроснабжения, числа и мощности трансформаторов цеховой ТП

1.7 Расчёт и выбор питающей сети цеха и распределительной сети участка $U = 0,4$ кВ

1.8 Выбор аппаратов защиты сети $U = 0,4$ кВ

1.9 Расчёт токов короткого замыкания и построения карты селективности ступеней МТЗ

1.10 Расчёт и выбор высоковольтного кабеля

1.11 Выбор ячейки на РП. Расчёт и проверка выбора высоковольтного выключателя

1.12 Расчёт заземления цеха

2 ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Монтаж цеховых трансформаторных подстанций

2.2 Техническое обслуживание цеховых КТП

3 ПМ03 Организация деятельности производственного подразделения

3.1 Расчет себестоимости ремонтов электрооборудования станка

3.2 Определение годовых затрат на техническое обслуживание электрооборудования

4 ОХРАНА ТРУДА

4.1 Охрана труда и техника безопасности в электроустановках

4.2 Противопожарные мероприятия

Список литературы

					ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Краюхин Д.В			Пояснительная записка	Лит.	Лист
Провер.		Погодина К.В					7
							74
Н. Контр.		Четверова М.В				ГБПОУ ЗАМТ	
Утв.							

Введение

В современном мире энергетика является основой развития базовых отраслей промышленности, определяющих прогресс общественного. Во всех промышленно развитых странах темпы развития энергетики опережали темпы развития других отраслей.

Специфической особенностью электроэнергетики является то, что ее продукция не может накапливаться для последующего и пользования, поэтому потребление соответствует производству электроэнергии и по размерам (разумеется, с учетом потерь) и во времени.

Представить себе жизнь без электрической энергии уже невозможно. Электроэнергетика вторглась во все сферы деятельности человека: промышленность и сельское хозяйство, науку и космос, наш быт. Столь широкое распространение объясняется ее специфическими свойствами: возможностью превращаться практически во все другие виды энергии (тепловую, механическую, звуковую, световую и т.п.); способностью относительно просто передаваться на значительные расстояния в больших количествах; огромными скоростями протекания электромагнитных процессы способностью к дроблению энергии и образованию ее параметр (изменение напряжения, частоты).

В промышленности электрическая энергия применяется как для приведения в действие различных механизмов, так и непосредственно в технологических процессах. Работа современных средств связи основана на применении электроэнергии. Без нее невозможно было бы развитие кибернетики, вычислительной техники, космической техники.

В системе цехового распределения электрической энергии широко используют комплексные РУ, ТП, силовые осветительные и распределительные токопроводы, современные системы защиты и автоматики. Это создаёт гибкую и надёжную систему распределения, в результате чего экономится большое число проводов и кабелей.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023					Лист
										9
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						

Целью данного дипломного проекта является проектирование электроснабжения деревоотделочного цеха. Цех располагается во II климатической зоне. Среда в цехе нормальная. Электропотребители расположены в цехе по бесперебойности электроснабжения относятся к II, III категориям, согласно ПУЭ.

[illegible]

1 ПМ.01 Организация технического обслуживания и ремонта электрического и электромеханического оборудования

РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

1.1 Выбор напряжения силовой и осветительной сети

Основными потребителями электрической энергии в деревоотделочном цехе являются деревообрабатывающие станки, краны, вентиляторы и насосы. Согласно заданию, среда в цехе нормальная. Цех расположен во второй климатической зоне. Основные потребители электрической энергии по бесперебойности электроснабжения относятся ко второй и третьей категориям.

Величина напряжения является очень важным электрическим показателем. Чем больше величина напряжения, тем меньше ток в проводах, кабелях, шинопроводах, тем меньше их сечение, тем меньше потери мощности и энергии.

Наибольшее распространение на предприятиях деревообрабатывающей промышленности получила система питания силовых и осветительных потребителей от общих трансформаторов. В этом случае для цеховых систем принимается система трехфазного тока с напряжением $U=380/220В$ с глухозаземленной нейтралью. Силовая нагрузка питается на напряжение 380В, а осветительная на напряжение 220В.

При наличии значительного числа силовых приемников с большими и частыми нагрузками (например - сварочное оборудование) их нужно подключить к одному из трансформаторов двух трансформаторной подстанции, а более симметричную нагрузку к другому трансформатору. В этом случае рабочее освещение следует запитывать от трансформатора с симметричной нагрузкой, а аварийное освещение от трансформатора с несимметричной нагрузкой с тем, чтобы обеспечить качество рабочего освещения.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023

1.2. Расчет мощности на электроосвещение цеха

Рациональное освещение производственных участков является одним из важнейших факторов предупреждения травматизма и профессиональных заболеваний. Правильно организованное освещение создаёт благоприятные условия труда, повышает работоспособность и производительность труда.

Для цеха принимаем систему комбинированного освещения, состоящую из общего равномерного и местного освещения.

Норму освещенности для производственных помещений цеха принимаем $E_{нор}=300$ Лк.

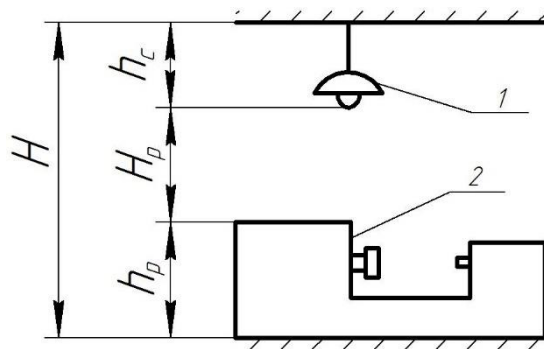
Нормированная освещенность выбирается из таблиц. Выбор освещенности осуществляется в зависимости от размера, контраста объекта с фоном и коэффициента отражения рабочей поверхности. В данном цехе бетонный потолок, светлые стены, грязные помещения.

Расчет ведем методом коэффициента использования. Суть этого метода в том, что установленная мощность светильников зависит от нормируемой освещенности цеха, высоты подвеса светильника, площади освещаемой поверхности, коэффициента отражения потолка, рабочей поверхности и стен.

На основании того, что электроприёмники в помещении цеха расположены равномерно и на рабочих местах необходимо создать достаточный уровень освещённости, принимается система комбинированного освещения, состоящая из общего и местного освещения.

Для освещения помещений выбираем светодиодные светильники. Светодиодные светильники обеспечивают наиболее энергоэффективное освещение производственных помещений промышленных предприятий, и в отличие от светильников с традиционными источниками света, которые требуют постоянной замены и периодического ремонта, не нуждаются на протяжении всего срока эксплуатации в каком-либо дополнительном обслуживании.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата						
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023					Лист
										12



1-светильник 2-рабочее место

Рисунок 1. Схема подвеса светильников [2]

$$H_p = H - h_c - h_p \quad (1)$$

где H_p высота помещения цеха, м;

h_c -расстояние светильников от перекрытия, м;

h_p -высота рабочей поверхности от перекрытия, м;

$H=5$ м (по заданию);

$h_c=0,8$ м;

$h_p=0,7$ м

$$H_p = 5 - 0,8 - 0,7 = 3,5 \text{ м}$$

Площадь освещаемой поверхности одного пролета $S_{пр}$, м:

$$S_{пр} = B \times A \quad (2)$$

где B - ширина пролета, м;

A - длина пролета, м.

$B=18$ м (по заданию);

$L=72$ м (по заданию).

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023				Лист
				13

$$S_{\text{пр}} = 18 \times 72 = 1296 \text{ м}^2$$

Расчет оптимального расстояния между светильниками L (по кривой света)

$$L = \frac{1,2}{1,7} \times H_p \quad (3)$$

$$L = 1,5 \times 3,5 = 5,25 \text{ м}$$

Расстояние от края светильника до стены по длине определяется по формуле

$$L_{\text{д}} = \frac{B \times A}{h \times (B + A)}, \text{ м} \quad (4)$$

$$L_{\text{д}} = \frac{18 \times 72}{5 \times (18 + 72)} = 2,88 \text{ м}$$

Расстояние от светильника до стены по ширине:

$$L_{\text{ш}} = 0,5 \times L, \text{ м} \quad (5)$$

$$L_{\text{ш}} = 0,5 \times 5,25 = 2,625 \text{ м}$$

Количество светильников в ряду:

$$N_A = \frac{(A - 2 \times L_{\text{д}})}{L_{\text{д}}}, \text{ м} \quad (6)$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата					
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023				
									Лист
									14

$$N_A = \frac{(72 - 2 \times 2,88)}{2,88} = 23 \text{ шт}$$

Определяем количество рядов:

$$N_B = \frac{(B - 2 \times L_{ш})}{L_{ш}}, \text{ ряд} \quad (7)$$

$$N_B = \frac{(18 - 2 \times 2,625)}{2,625} + 1 = 6 \text{ ряд}$$

Общее количество светильников:

$$N = N_A \times N_B, \text{ шт} \quad (8)$$

$$N = 23 \times 6 = 138 \text{ шт}$$

Определяем индекс помещения.

Для определения коэффициента использования η_i находим индекс помещения

$$i = \frac{B \times A}{H_p \times (B + A)} \quad (9)$$

$$i = \frac{18 \times 72}{3,5 \times (18 + 72)} = 4,11$$

Определяем коэффициент отражения стен и потолка и коэффициент использования η_i . В цехе белый потолок, светлые стены, темный пол, соответственно, выбираем кривую 2

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата						
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023					Лист
										15

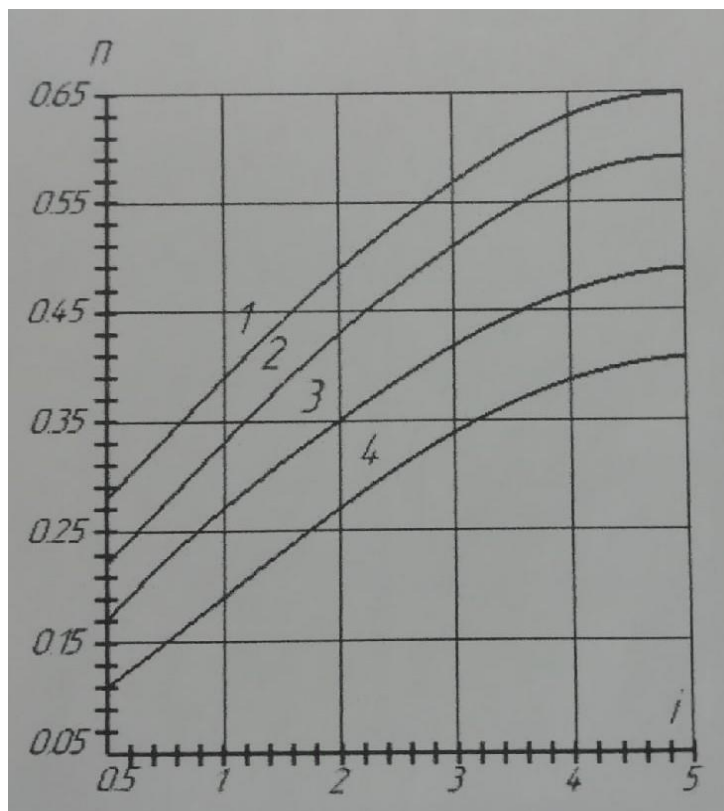


Рисунок 2. Коэффициент использования светового потока

Следовательно, из имеющихся данных, выбираем коэффициент использования равный $\eta = 0,57$

Определяем световой поток каждого светильника:

$$F = \frac{E_n \times S \times Z \times K_3}{N \times \eta}, \text{ Лм} \quad (10)$$

где световой поток одной лампы, Лм;

E_n – нормированная освещенность, лк;

K_3 – коэффициент запаса, о.е.;

S – освещаемая площадь, м^2 ;

Z – коэффициент минимальной освещенности;

N – число светильников, шт.;

η – коэффициент использования светового потока, о.е.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023

Лист
16

$$F = \frac{300 \times 1296 \times 1,1 \times 1,8}{138 \times 0,57} = 9786,7 \text{ Лм}$$

По световому потоку выбираем промышленный светодиодный светильник: webstar – 100 – W80 – 220 VAC [4]

Мощность: 100 Вт

Световой поток: 10000 Лм

Срок службы: 50000 ч

Степень защиты: IP65

Климатическое исполнение: УХЛ1

Проверим, способен ли данный светильник обеспечить необходимую мощность:

$$E = \frac{F \times N \times \eta \mu}{S \times Z \times K3}, \text{Лк} \quad (11)$$

где E-освещенность, Лк;

F-световой поток одной лампы, Лм;

K3 – коэффициент запаса, о.е.;

S – освещаемая площадь, м²;

Z – коэффициент минимальной освещенности;

N – число светильников, шт.;

ημ – коэффициент использования светового потока, о.е.

$$E = \frac{9786,7 \times 138 \times 0,57}{1296 \times 1,1 \times 1,8} = 300 \text{ Лк}$$

$$E_{\text{св}} = 300 \text{ Лк} \geq E_{\text{н}} = 300 \text{ Лк}$$

Мощность освещения одного пролета Рр.о.пр, кВт:

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата						Лист
										17
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023					

где E-освещенность, Лк;

F-световой поток одной лампы, Лм;

КЗ – коэффициент запаса, о.е.;

S – освещаемая площадь, м²;

Z – коэффициент минимальной освещенности;

N – число светильников, шт.;

ηи – коэффициент использования светового потока, о.е.

$$E = \frac{9786,7 \times 138 \times 0,57}{1296 \times 1,1 \times 1,8} = 300 \text{ Лк}$$
$$E_{св} = 300\text{Лк} \geq E_{н} = 300\text{Лк}$$

Мощность освещения одного пролета Рр.о.пр, кВт:

$$P_{P.O.ЛП} = P_{CB} \times N, \text{ кВт} \quad (12)$$

где - N – число светильников, шт.;

P_{CB} – мощность светильника, кВт;

$$P_{P.O.ЛП} = 0,1 \times 138 = 13,8 \text{ кВт}$$

Определяем полную мощность осветительной сети. Согласно требованиям ПУЭ коэффициент мощности $\cos \varphi = 0,95$ [3]

Находим $\tan \varphi$:

$$\tan \varphi = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi}}{\cos \varphi} \quad (13)$$

$$\tan \varphi = \frac{\sqrt{1 - 0,95^2}}{0,95} = 0,33$$

Реактивная мощность определяется по формуле:

$$Q = P_{P.O.ЛП} \times \tan \varphi, \text{ кВар} \quad (14)$$

$$Q = 13,8 \times 0,33 = 4,55 \text{ кВар}$$

Полная мощность осветительной сети:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}, \text{ кВА} \quad (15)$$

где - P – мощность освещения одного пролета, кВт;

Инт. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата
Изм Лист № докум. Подп. Дата ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023 Лист 18				

Q – реактивная мощность, кВар

$$S = \sqrt{13,8^2 + 4,55^2} = 14,5 \text{ кВА}$$

Мощность рабочего освещения производственных помещений цеха $P_{p.o}$ кВт:

$$P_{p.o.} = P_{CB} \times N \times i, \text{ кВт} \quad (16)$$

где i – число пролетов в цехе (по заданию)

N – число светильников, шт;

P_{CB} – мощность светильника, кВт

$$P_{p.o.} = 100 \times 138 \times 3 = 41,4 \text{ кВт}$$

Для аварийного освещения, в случае исчезновения рабочего напряжения на светильниках, необходимо предусмотреть 10% от всех светильников (110 шт):

$$P_{AB} = 0,1 \times P_{p.o.}, \text{ кВт} \quad (17)$$

$$P_{AB} = 0,1 \times 41,4 = 4,14 \text{ кВт}$$

Определяем общую мощность электроосвещения цеха:

$$P_{OБЩ} = P_{p.o.} + P_{AB}, \text{ кВт} \quad (18)$$

$$P_{OБЩ} = 41,4 + 4,14 = 45,54 \text{ кВт}$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023	Лист
											19

1.3. Выбор пусковой и защитной аппаратуры для пролёта с подробной планировкой

Выбор электрического оборудования производится в зависимости от условий окружающей среды, условий работы, особенностей технологического процесса, заданных параметров приемников.

Для приемников – деревообрабатывающие станки выбираем асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором серии 4А. [6]

В качестве аппаратов защиты принимаем установочные автоматы типа ВА, установленных в ответвительных коробках КАШ распределительных шинопроводов ШРА.

В качестве пусковых аппаратов принимаем магнитные пускатели типа ПМЛ.

Защита троллейной линии для питания двигателей кранов осуществляется устройством плавного пуска ДМС2.

Примеры выбора защитной и пусковой аппаратуры:

а) Электродвигатель типа 4А160S6У3 [6]

$P_n = 11 \text{ кВт}; I_{н.дв} = 22,6 \text{ А}; I_{пуск} = 135,6 \text{ А}; U_{н.дв} = 380 \text{ В}$

Для защиты принимаем автомат ВА 51-25 $\frac{25}{25K}$; $I_{н.эл.магн.} = 250 \text{ А};$

$U_{н.авт.} = 380 \text{ В}$

Условия выбора автомата:

1) $I_{н.ав} \geq I_{н.дв}; I_{н.ав} = 25 \text{ А} > I_{н.дв} = 22,6 \text{ А};$

2) $U_{н.ав} \geq U_{н.дв}; U_{н.ав} = 380 \text{ В} = U_{н.дв} = 380 \text{ В};$

Номинальный ток комбинированного расцепителя автомата выбирается по условиям:

1) $I_{н.теп.р} \geq I_{н.дв}; I_{н.теп.р} = 25 \text{ А} > I_{н.дв} = 22,6 \text{ А};$

2) $I_{н.эл.маг} \geq 1,25 \times I_{пуск}; I_{н.эл.маг} = 250 \text{ А} > 1,25 \times 135,6 = 169,5 \text{ А};$

В качестве пусковой аппаратуры для двигателя принимаем магнитный пускатель типа ПМЛ 2624 с тепловым реле типа РТЛ 25 [6]

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023					Лист
										20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						

Условия выбора магнитного пускателя:

$$1) I_{\text{н.магн.пуск}} > I_{\text{н.дв}}; \quad I_{\text{н.магн.пуск}} = 25 \text{ A} > I_{\text{н.дв}} = 22,6 \text{ A};$$

$$2) U_{\text{н.магн.пуск}} > U_{\text{уст}} \quad U_{\text{н.магн.пуск}} = 380 \text{ В} = U_{\text{уст}} = 380 \text{ В};$$

б) Троллейная линия питает электродвигатели крана(19,5А;7,2А;28,5А)

Номинальная токовая нагрузка линии $I_{\text{н.дв,А}}$,определяется как сумма токов всех электродвигателей крана

$$I_{\text{н.дв}} = 19,5 + 7,2 + 28,5 = 55,2 \text{ A}$$

Для крана выбираем пусковой аппарат ДМС2 исходя из условий;

$$P_{\text{ном. крана}} \leq P_{\text{ном. ДМС}}$$

$$P_{\text{ном. крана}} = 11 \text{ кВт} \leq P_{\text{ном. ДМС}} = 11 \text{ кВт}$$

Для данного крана выбираем ДМС2 – 0 15Н [7]

Аналогично выбираем пусковую и защитную аппаратуру для всех электроприёмников.

Данные выбора оборудования заносим в таблицу 1.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата						
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023					Лист
										21

Таблица 1 Расчёт пусковой и защитной аппаратуры

Установленная мощность электроприёмников по пролёту	Технические данные электрооборудования						Аппараты защиты		Пусковые аппараты				
	Рн, кВт ПВ=100%	Un, В	Ин, А	Ипуск, А	$\frac{I_{пуск}}{I_n}$	η , %	$\cos \varphi$	Тип	$\frac{I_n}{I_p}$ или $\frac{I_n}{I_{лев}}$	Тип	Ин, А	Тепловое реле	
Станки дереобрабатывающие	11	380	22,6	135,6	6	86	0,86	ВА51-25	25/25к	ПМЛ2624	25	РТЛ-25	25
	7,5		16,5	115,5	7	85,5	0,81	ВА51-25	25/20к	ПМЛ2624	25	РТЛ-25	25
	5,5		12,3	86,1	7	85	0,8	ВА51-25	25/16к	ПМЛ2624	25	РТЛ-25	25
Вентиляторы и насосы	4	380	9,1	54,6	6	82	0,81	ВА51-25	25/10к	ПМЛ1624	10	РТЛ-25	25
Кран G=5Т (7,5+2,2+11) кВт ПВ=25%	7,5	380	19,5	78	4	75,5	0,77				ДМС2 – 0 15Н ДМС2 – 0 15Н ДМС2 – 0 15Н		
	2,2	380	7,2	22	3,05	67	0,69						
	11	380	28,5	130	4,6	77,5	0,76						

1.4. Расчет электрических нагрузок

Расчет электрических нагрузок ведем для пролета АВ с подробной планировкой, затем для остальных пролетов по аналогии. [8]

Расчет ведем методом коэффициента максимума. В каждом пролете устанавливается по одному или два ШРА на стойках вдоль электроприемников.

Сущность метода заключается в следующем:

1. Все электрические приемники, присоединенные к ШРА, разбиваем на характерные группы электроприемников по режиму работы.

2. Все эл. приемники, работающие в ПКР, приводятся к длительному режиму работы, т.е. к ПВ=100% (продолжительность включения)

а) Станки деревообрабатывающие, вентиляторы и насосы

$$P_{н. пв} = 100\%, = P_n$$

б) Электродвигатели кранов $G = 5$ т

$$P_{н1} = 7,5 \text{ кВт}; P_{н2} = 2,2 \text{ кВт}; \quad P_{н3} = 11 \text{ кВт}; \quad ПВ = 25\%(0,25)$$

$$P_{н. пв} = 100\%, = P_n \sqrt{ПВ} \quad (19)$$

где P_n - номинальная суммарная мощность всех электродвигателей крана, кВт

$$P_n = P_1 + P_2 + P_3 = 7,5 + 2,2 + 11 = 20,7 \text{ кВт}$$

$$P_{н. пв} = 100\%, = 20,7 \times \sqrt{0,25} = 10,35 \text{ кВт}$$

3. Определяем среднюю активную и среднюю реактивную мощности;

$$P_{см} = K_{и} \times P_n \quad (20)$$

где $K_{и}$ – коэффициент использования [7];

P_n – номинальная мощность (по заданию)

$$P_{см} = 77,2 \times 0,2 = 15,5 \text{ кВт}$$

$$Q_{см} = P_{см} \times \operatorname{tg} \varphi \quad (21)$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023					Лист
					Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	23

$$Q_{\text{см}} = 15,5 \times 1,17 = 18,1 \text{ кВАр}$$

4. Определяем суммарную активную и реактивную мощности всех эл. приемников, подключенных к данному распределительному устройству.

$$P_{\text{см}} = \sum_{n=1}^n P_{\text{сс}} \quad (22)$$

$$P_{\text{см}} = 15,5 + 5,2 = 20,7 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{см}} = \sum_{n=1}^n Q_{\text{сс}} \quad (23)$$

$$Q_{\text{см}} = 18,1 + 3,6 = 21,7 \text{ кВАр}$$

5. Определяем показатель силовой сборки для группы приёмников, m

$$m = \frac{P_{\text{н. макс}}}{P_{\text{н. мин}}} \quad (24)$$

где $P_{\text{н. макс}}$ - номинальная мощность наибольшего электроприёмника в группе, кВт;

$P_{\text{н. мин}}$ - номинальная мощность наименьшего электроприёмника в группе, кВт;

Для деревообрабатывающих станков $P_{\text{н. макс}} = 11 \text{ кВт}$; $P_{\text{н. мин}} = 5,5 \text{ кВт}$;

$$m = \frac{11}{5,5} = 2;$$

Для насосов и вентиляторов $P_{\text{н. макс}} = 4 \text{ кВт}$; $P_{\text{н. мин}} = 4 \text{ кВт}$;

$$m = \frac{4}{4} = 1$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата						
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023					Лист
										24

6. Определяем $\text{tg}\varphi$ для данной группы эл. приемников.

$$\text{tg}\varphi = \frac{\sum Q_{cc}}{\sum P_{cc}} \quad (25)$$

$$\text{tg}\varphi = \frac{21,7}{20,7} = 1,05$$

7. Находим K_{II} для группы эл. приемников.

$$K_{II} = \frac{\sum P_{cc}}{\sum P_H} \quad (26)$$

$$K_{II} = \frac{20,7}{85,5} = 0,24$$

8. Определяем эффективное (приведенное) число эл. приемников.

$$n_{\Sigma} = n_{\Sigma}^* \times n \quad (27)$$

где n_{Σ} n – относительное эффективное число электроприемников [8];

n – общее кол-во приемников, подключенных к силовому проводу

$$n_{\Sigma} = 0,89 \times 11 = 9,79 = 10 \text{ шт}$$

9. Определяем эффективное (приведенное) относительное число эл. приемников.

$$n_{\Sigma} = \int (n^* ; P^*) \quad (28)$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата						
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023					Лист
										25

где n^* – относительное число наибольших по мощности электроприемников [8];

P^* – относительная мощность электроприемников [8]

$$n^* = \frac{n_1}{n} \quad (29)$$

$$n^* = \frac{10}{11} = 0,89$$

$$P^* = \frac{P_{n1}}{P_n} \quad (30)$$

$$P^* = \frac{77,5}{85,5} = 0,9$$

$$P_n \geq 50\% P_{n.макс.} \quad (31)$$

где n_1 , P_{n1} – число и мощность наибольших приемников данной группы
10. По табл. или кривым определяем K_m как функцию [8]

$$K_m = f(K_{и}; n_э) \quad (32)$$

11. Определяем максимальную активную, реактивную и полную мощности, а также максимальный ток. [8]

$$P_M = K_M \times P_{см} \quad (33)$$

$$P_M = 1,84 \times 20,7 = 38 \text{ кВт}$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023				Лист
				26

$$Q_M = K_M \times Q_{см} \quad (34)$$

$$Q_M = 21,7 \times 1,1 = 23,9 \text{ кВар}$$

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2} \quad (35)$$

$$S_M = \sqrt{38^2 + 23,9^2} = 44,9 \text{ кВА}$$

$$I_M = \frac{S_M}{\sqrt{3} \times U_H} \quad (36)$$

$$I_M = \frac{44.9}{\sqrt{3} \times 0,38} = 68,2 \text{ А}$$

Данные расчета заносим в таблицу 2.

Итоговая нагрузка всех силовых пунктов определяется по вышеперечисленным формулам согласно методу коэффициента максимума.

По аналогии ведем расчет для других пролетов.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Данные расчета заносим в таблицу 2.					
					Итоговая нагрузка всех силовых пунктов определяется по вышеперечисленным формулам согласно методу коэффициента максимума.					
					По аналогии ведем расчет для других пролетов.					
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023					Лист
										27

Таблица 2 Расчёт электрических нагрузок

Наименование узлов питания и групп электроприёмников	Количество приёмников	Установленная мощность приведённая к ПВ = 100%		$m = \frac{P_{\text{max}}}{P_{\text{min}}}$	КИ	$\frac{\cos \varphi}{\text{tg} \varphi}$	Средняя нагрузка		п.ч. шт	P _{п.ч.} кВт	P _{п.ч.}	п.1	п.3	K _н	Максимальная расчётная нагрузка				
		P _н , кВт	ΣP _н , кВт				P _{ср} , кВт	Q _{ср} кВт							P _н кВт	Q _н кВ АР	S _н кВ А	I _н А	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Пролёт АВ 1ШРА																			
1) Станки деревообрабатыва ющие 8,9,10,11/11 кВт 1,6,7/ 7,5 кВт 4,5/ 5,5 кВт	9	11- 5,5	44 22,5 11	2	0,2	$\frac{0,65}{1,17}$	15,5	18,1											
2) Вентиляторы и насосы 2,3 / 4 кВт	2	4	8	1	0,65	$\frac{0,82}{0,7}$	5,2	3,6											
Итого на 1ШРА 1	11	11-4	85,5	2,75	0,24	$\frac{0,69}{1,05}$	20,7	21,7	9	77,5	0,9	0,8	0,89	9,79	1,84	38	23,9	44,9	68,2
2ШРА																			
1) Станки деревообрабатыва ющие 12/7,5 кВт 13,14,15,19,20/5,5 кВт	6	7,5- 5,5	7,5 27,5	1,36	0,2	$\frac{0,65}{1,17}$	7	8,2											
2) Вентиляторы и насосы 16,17,18,21 / 4 кВт	4	4	16	1	0,65	$\frac{0,82}{0,7}$	10,4	7,3											

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
2)Вентиляторы и насосы 3 × 7,5 кВт 7 × 4 кВт	10	7,5-4	22,5 28	1,875	0,65	$\frac{0,82}{0,7}$	32,8	23											
3)Кран G = 5Т с ПВ = 25% (7,5+2,2+11)	1	10,35	10,35	1	0,05	$\frac{0,5}{1,73}$	0,52	0,9											
Итого по пролёту ДЖ	39	11-4	249,8 5	2,75	0,28	$\frac{0,72}{0,96}$	71,1	68,1	22	181,8	0,73	0,56	0,82	32	1,24	88,1	68,1	111,3	169
Итого по цеху без освещением	90	18,5-4	632,7	4,625	0,29	$\frac{0,73}{0,94}$	186,1	175,7	24	277,7	0,44	0,26	0,78	70,2	1,12	208,4	175,7	272,6	414,2
Освещение	-	-	45,54	-	0,94	$\frac{0,94}{0,34}$	43,26	15,02											
Итого по цеху с освещением	90	18,5-4	678,24	4,625	0,83	$\frac{0,77}{0,83}$	229,36	190,72	24	277,7	0,41	0,26	0,78	70,2	1,02	238,9	209,8	301,8	458,3
ИПМА1 (ИПРА1 + ДЖ)	50	11-4	335,3	2,75	0,27	$\frac{0,71}{0,98}$	91,8	89,8	31	259,3	0,77	0,62	0,87	43,5	1,19	109,2	89,8	141,4	215,3
ИПМА2 (ИПРА2 + ВД)	40	18,5-4	297,3	4,625	0,32	$\frac{0,74}{0,91}$	94,3	85,9	15	179,3	0,6	0,37	0,76	30,4	1,24	116,9	85,9	145	220,3

1.5 Мероприятия по повышению $\cos\varphi$

Компенсация реактивной мощности или повышение $\cos\varphi$ электроустановок имеет большое значение при выборе комплексного компенсирующего устройства. Подтверждается необходимость их комплексного использования, как для поддержания напряжения сети, так и для компенсации реактивной мощности.

Коэффициент мощности по расчетным нагрузкам $\cos\varphi=0,72$ (т.2), а согласно задания нормативный допустимый для данных предприятий $\cos\varphi=0,95$

Для повышения $\cos\varphi$ принимается групповая компенсация с размещением батарей статических конденсаторов на магистральных шинопроводах 380В.

1) Мощность компенсирующей установки $Q_{кку}$, кВАр определяется по формуле:

$$Q_{кку} = P_{см} \times (\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_2) \quad (37)$$

ШМА1: $P_{см\ ШМА1}=109,2\text{кВт}$;

$\operatorname{tg}\varphi_1=0,98$ (таблица 2);

$\operatorname{tg}\varphi_2=0,33$ (находим по $\cos\varphi_2=0,95$)

$$Q_{кку\ ШМА1} = 109,2 \times (0,98 - 0,33) = 71 \text{ кВАр}$$

ШМА2: $P_{см\ ШМА2}=116,9\text{кВт}$;

$\operatorname{tg}\varphi_1=0,91$ (таблица 2);

$\operatorname{tg}\varphi_2=0,33$ (находим по $\cos\varphi_2=0,95$)

$$Q_{кку\ ШМА2} = 116,9 \times (0,91 - 0,33) = 67,8\text{кВАр}$$

Инт. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата					
					Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
					ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023				
					Лист 31				

2) Принимаем к установке две комплектные конденсаторные установки типа УК – 0,38 – 75, присоединяемая к ШМА1,2 одним проводом марки ВВГ-3×35 мм². [6]

3) Определяем фактическое значение $\cos \varphi$

где $\operatorname{tg} \varphi_1$ - фактический tg угла, соответствующий действующей расчётной нагрузке;

$\operatorname{tg} \varphi_2$ - tg угла соответствующий согласно заданию после компенсации

$$\operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg} \varphi_1 - \frac{Q_{KKV}}{P_{cm}} \quad (38)$$

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \operatorname{tg} \varphi_1 - \frac{Q_{KKV}}{P_{cm}} = 0,98 - \frac{75}{109,2} = 0,29$$

$$\operatorname{tg} \varphi_2 = \operatorname{tg} \varphi_2 - \frac{Q_{KKV}}{P_{cm}} = 0,91 - \frac{75}{116,9} = 0,268$$

где Q_{KKV} - стандартное значение мощности выбранного ККУ, кВар.

По $\operatorname{tg} \varphi$ определяем $\cos \varphi$

$$\cos \varphi_1 = \cos(\operatorname{arctg} \varphi) = 0.96$$

$$\cos \varphi_2 = \cos(\operatorname{arctg} \varphi) = 0.966$$

4) Определяем ток комплектного компенсирующего устройства:

$$I_M = \frac{Q_{KKV}}{\sqrt{3} \times U_{1,2}} \quad (39)$$

$$I_{M1,2} = \frac{Q_{KKV1,2}}{\sqrt{3} \times U_{1,2}} = \frac{75}{\sqrt{3} \times 0,38} = 114 \text{ А}$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023				Лист
				32

5) Рассчитываем оптимальное место размещения комплектных конденсаторных установок

$$L_{\text{опт}} = L_0 + \left(1 - \frac{Q_{\text{ккв}}}{2 \times Q}\right) \times L \quad (40)$$

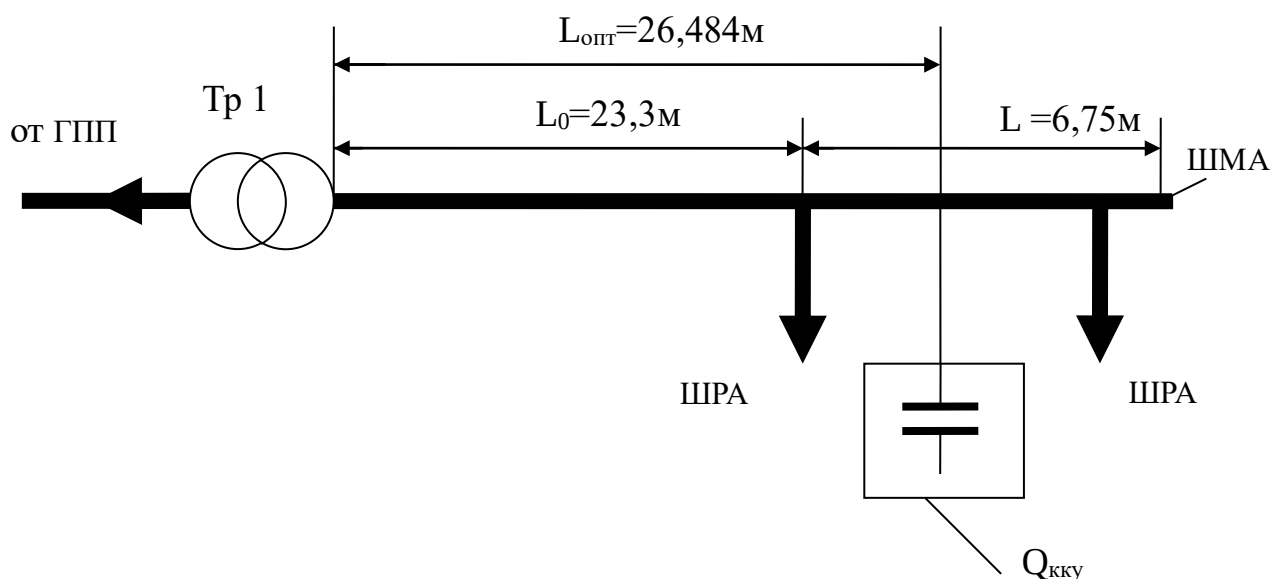
где L_0 и L –соответственно длина магистральной и распределительной части шинпровода, м.

Q – суммарная мощность шинпровода, кВАр.

На ШМА-1 $L_{\text{опт}} = 23,3 + \left(1 - \frac{75}{2 \times 71}\right) \times 6,75 = 26,484 \text{ м}$

На ШМА-2 $L_{\text{опт}} = 5,3 + \left(1 - \frac{75}{2 \times 67,8}\right) \times 11,25 = 10,327 \text{ м}$

На ШМА-1



Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023

Лист 33

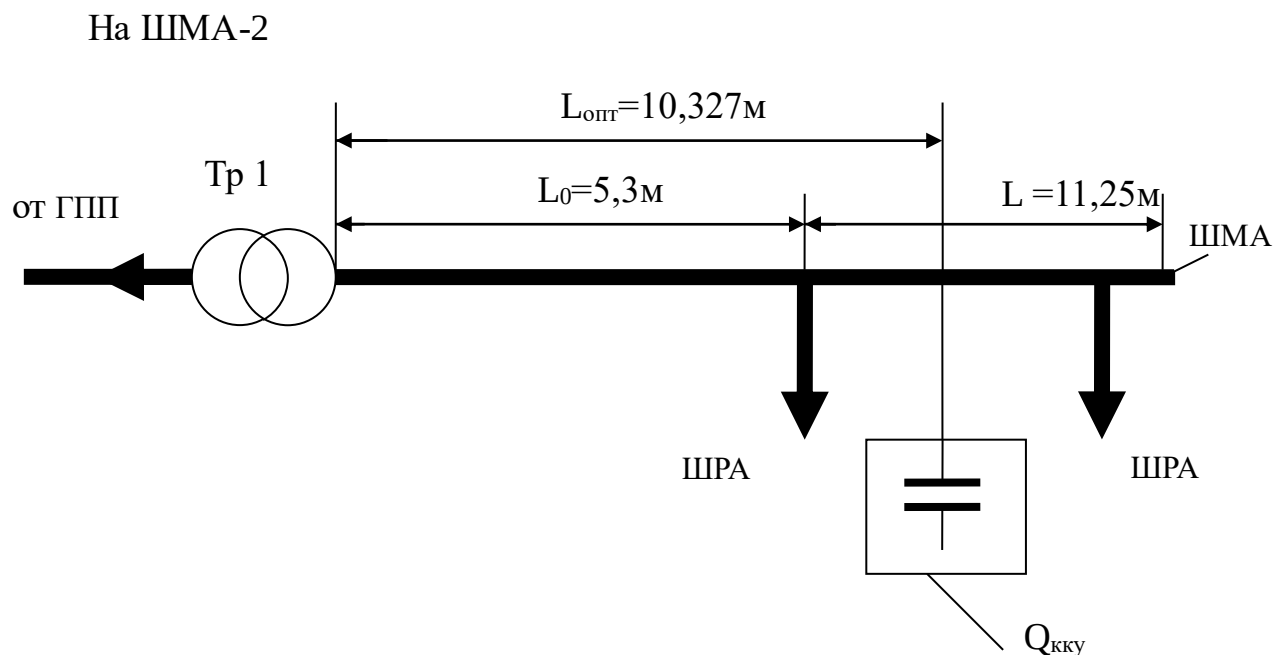


Рисунок 3. Схема подключения ККУ для ШМА

6) Условие выбора аппарата защиты:

В качестве защитной аппаратуры применяем автоматы ВА 51-33 $\frac{160}{125}$

$$I_{\text{н.ав1,2}} \geq I_{\text{м1,2}} \quad 160 \geq 114 \text{ А}$$

$$I_{\text{н.р1,2}} \geq I_{\text{м1,2}} \quad 125 \geq 114 \text{ А}$$

1.6 Выбор схемы, числа и мощности трансформаторов цеховой ТП

В настоящее время широкое применение получили комплектные трансформаторные подстанции КТП, КНТП. Применение КТП позволяет значительно сократить монтажные и ремонтные работы, обеспечивает безопасность и надежность в эксплуатации.

Расчетная мощность нагрузки с учетом компенсации $S_{\text{м}}$, кВА определяется по формуле:

$$S'_{\text{м}} = \sqrt{P_{\text{м}}^2 + (Q_{\text{м}} - Q_{\text{кку}})^2} = \sqrt{238,9^2 + (209,8 - 150)^2} = 246,3 \text{ кВА} \quad (41)$$

где $P_{\text{м}}$ – активная мощность, кВт;

$Q_{\text{м}}$ – реактивная мощность, кВар;

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023				
				Лист
				34

Qккy – стандартное значение мощности выбранного ККУ, кВар

Исходя из расчетной мощности и учитывая, что потребители электроэнергии цеха относятся ко II и III категориям по бесперебойности в электроснабжении принимаем к установке внутрицеховую КТП с 2я трансформаторами типа ТСЗ $\frac{250}{10}$ [9]

Таблица 3 Технические данные трансформатора

Тип	S _H , кВА	BH, кВ	HH, кВ	U _K , %	I _{ХХ} , %	P _{ХХ} , кВт	P _{кз} , кВт
ТСЗ $\frac{250}{10}$	250	10	0,4	4,5	2,3	740	3700

Коэффициент загрузки трансформатора выразим в %:

$$K_3 = \frac{S'_M}{2 \times S_H} \times 100\% \quad (42)$$

$$K_3 = \frac{246,3}{2 \times 250} \times 100\% = 49,26\%$$

Для приемников 2 и 3 категории находится в допустимых пределах [8]

В аварийном режиме загрузка одного трансформатора K_{з.ав.}, % составляет:

$$K_3 = \frac{S_M}{S_{HT}} \times 100\% \quad (43)$$

$$K_3 = \frac{246,3}{250} \times 100\% = 98,5\%$$

Нормальная перегрузка для внутрицеховых трансформаторов в аварийном режиме может составить до 30% при K_з = 98,5 %.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата						Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023					35

Для выбранной КТП ТСЗ $\frac{250}{10}$ имеется большой трансформаторный резерв, что обеспечит дальнейший рост нагрузки цеха без замены трансформатора на большую мощность. Во вторую смену предлагается отключить один трансформатор для экономии реактивной мощности.

1.7 Расчет и выбор питающей сети цеха и распределительной сети участка U=0,4кВ

Выбор схемы цеховой сети зависит от многих факторов:

-мощность отдельных потребителей;

-расположения потребителей;

-площади цеха;

-технологического процесса цеха, определяющего категорию электроприемников по бесперебойности питания.

Для передачи и распределения электроэнергии к цеховым потребителям применяется более совершенная схема блока «трансформатор-магистраль», что удешевляет и упрощает сооружение цеховой подстанции.

Электроснабжение выполняется магистральными шинопроводами, к которым присоединяются распределительные шинопроводы, и от них радиальными линиями осуществляется питание всех электроприемников. Ответвления к отдельным приемникам выполняются проводом, проложенным в тонкостенных трубах.

1.7.1 Выбор магистральных шинопроводов ШМА

Магистральный шинопровод выбирается по номинальному току трансформатора.

Номинальный ток трансформатора $I_{нт}$, А:

$$I_{нт} = \frac{S_{нт}}{\sqrt{3} \times U} \quad (44)$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата						
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023					Лист
										36

$$I_{HT} = \frac{250}{\sqrt{3} \times 0,38} = 379,8 \text{ А}$$

$$I_{H.ШМА} = 1250\text{А} > I_{HT} = 379,8 \text{ А}$$

Принимаем к установке два магистральных шинопровода типа ШМА-4-1250-44-УЗ. [6]

Таблица 4 Технические данные шинопровода

Тип	$I_{HT,расп}, \text{ А}$	$I_{ном}, \text{ А}$	Динамическая стойкость, кА	Сечение раб. шины, мм
ШМА-4	379,8	1250	70	1(8 x 140)

1.7.2 Выбор распределительных шинопроводов ШРА

Принимаем к установке четырех полюсные распределительные шинопроводы типа ШРА-4, выбираем их по максимальному расчетному току (таблица 2). [6]

$$I_{H.ШРА} \geq I_M$$

Данные выбора приведены в таблице 5.

Таблица 5 Данные выбора ШРА

№ ШРА	$I_M, \text{ А}$	Тип ШРА	$I_{доп}, \text{ А}$	Сечение шин, мм
M1 - 1ШРА	68,2	ШРА-4-250-32-УЗ	250	A4 (5 × 35)
M2 - 2ШРА	49,5	ШРА-4-250-32-УЗ	250	A4 (5 × 35)
M2 - 3ШРА	182,3	ШРА-4-250-32-УЗ	250	A4 (5 × 35)
M1 - 4ШРА	169,1	ШРА-4-250-32-УЗ	250	A4 (5 × 35)

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата						Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023					37

1.7.3 Выбор ответвлений от ШМА к ШРА

Ответвления от ШМА к ШРА выполняем проводом марки ВВГ в тонкостенных трубах. Сечение проводов выбираем по номинальному току ШРА с учетом дальнейшего роста нагрузки.

$$I_{\text{доп.пров.}} \geq I_{\text{доп.ШРА}}$$

Для получения нулевой шины ШРА предусматривается дополнительный провод. Его проводимость должна составлять 50% проводимости фазного.

Ответвление от ШМА к ШРА-4-250 выполняем проводом ВВГ(3х95) [6]

$$I_d=250\text{A Проверка: } 261>250\text{A}$$

1.7.4 Выбор ответвлений от ШРА к отдельным электроприемникам

Ответвления от ШРА к отдельным электроприемникам выполняются проводом марки ВВГ в тонкостенных трубах.

$$I_{\text{доп.пров.}} \geq I_{\text{расч.}}$$

Выбор сечения проводов производим по расчетному току.

Выбор ответвлений к электроприемникам сводим в таблицу 6

Таблица 6 Данные выбора ответвлений к электроприёмникам

Наименование электроприемника	P_n , кВт	Количество	I , А	Марка и сечение провода	$I_{\text{доп.}}$, А
1. Станки деревооб.	11	4	22,6	ВВГ _{нг} (3 × 2,5 + 1 × 1,5)	27
2. Станки деревооб.	7,5	4	16,5	ВВГ _{нг} (3 × 2,5 + 1 × 1,5)	27
3. Станки деревооб.	5,5	7	12,3	ВВГ _{нг} (3 × 2,5 + 1 × 1,5)	27
4. Вентиляторы	4	6	9,1	ВВГ _{нг} (3 × 2,5 + 1 × 1,5)	27

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023					Лист
										38
					Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	

1.8 Выбор аппаратов защиты сети 0,4кВ

В качестве защиты в сети 0,4кВ принимаем автоматические воздушные выключатели серии ВА и предохранители.

1.8.1 Выбор вводного автомата 0,4кВ на КТП

В качестве вводного автомата на КТП принимаем автоматы серии ВА с селективной защитой, выкатной. [6]

Расчетный ток трансформатора с учетом перегрузки I_M , А

$$I_M = \frac{S_M}{\sqrt{3} \times U} \quad (45)$$

$$I_M = \frac{246,3}{\sqrt{3} \times 0,38} = 374,2 \text{ А}$$

$I_{н.ав.}=630\text{А}; I_{н.расц.}=500\text{А} > I_M=374,2\text{А}; I_{н.p}=500\text{А}$

$I_{н.расц.эл.магн.} = 630 \times 3 = 1890\text{А}$

Принимаем в качестве вводных автоматы типа ВА55-39 $\frac{630}{500}$

1.8.2 Выбор защиты распределительных шинопроводов ШРА

На ответвлениях от ШМА к ШРА устанавливаем автоматы типа ВА с полупроводниковым расцепителем. Номинальный ток расцепителя выбираем по условиям:

1) по условию нагрева

$$I_{н.расцеп.эл.магн.или токоогран} \geq I_M.$$

2) по условию перегрузки пусковыми токами

$$I_{н.расцеп.эл.магн.или токоогран} \geq 1,25 \times I_{пик}$$

Пример расчёта:

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023					Лист
										39
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						

Выбор защиты для 1 ШРА – 4 автомат ВА 51 – 31 $\frac{100}{100}$

а) $I_{н.авт} = 100 \text{ А} \geq I_m = 68,2 \text{ А}$

б) $U_{н.авт} = 660 \text{ В} \geq U_{н.уст} = 380 \text{ В}$

в) $I_{н.расц.пр.} = 100 \text{ А} > I_{ном.} = 68,2 \text{ А}$

г) $I_{н.расц.эл.магн.} = 100 \times 5 = 500 \text{ А} > 1,25 \times I_{пик} = 1,25 \times 295,7 = 369,6 \text{ А}$

Для остальных ШРА выбор производим аналогично.

Данные выбора заносим в таблицу 7

Таблица 7 Данные выбора защиты распределительных шинопроводов ШРА

№ ШРА	Тип ШРА	$I_m, \text{ А}$	Тип автомата
1 ШРА	ШРА - 4	68,2	ВА 51–31 $\frac{100}{100}$
2 ШРА	ШРА - 4	49,5	ВА 51–31 $\frac{100}{50}$
3 ШРА	ШРА - 4	182,3	ВА 51–35 $\frac{250}{200}$
4 ШРА	ШРА - 4	169,1	ВА 51–35 $\frac{250}{200}$

1.9 Расчет токов короткого замыкания и построение карты селективности ступеней МТЗ

Расчет токов короткого замыкания производим при выражении элементов схемы в именованных единицах. Для заданной точки КЗ построена расчетная схема установки и схема замещения. За базисное напряжение принимаем напряжение шинопроводов КТП, равное 0,4 кВ. Определяется сопротивление по схеме замещения относительно точки КЗ. [8]

Проверку селективности защиты проводим путем сопоставления защитных характеристик аппаратов защиты наносимых на карту селективности.

Инв. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023

Лист

40

$$x_{BВГ1} = x_0 \times \ell_1 \times \frac{U_6^2}{U_{CP, ЛЭП}^2} = 0,000107 \times 7,5 \times \frac{0,4^2}{0,4^2} = 0,0008 \text{ Ом}$$

$$r_{ШРА} = 0,21 \times 0,0362 = 0,0076 \text{ Ом}$$

$$x_{ШРА} = 0,21 \times 0,0362 \times \frac{0,4^2}{0,4^2} = 0,0076 \text{ Ом}$$

$$r_{BВГ2} = \frac{0,000195}{2} \times 10 = 0,000975 \text{ Ом}$$

$$x_{BВГ2} = \frac{0,000081}{2} \times 10 \times \frac{0,4^2}{0,4^2} = 0,00040 \text{ Ом}$$

$$r_{ШМА} = 0,0338 \times 0,0133 = 0,000449 \text{ Ом}$$

$$x_{ШМА} = 0,0163 \times 0,0133 \times \frac{0,4^2}{0,4^2} = 0,000216 \text{ Ом}$$

$$r_{Tp} = 9,4 \text{ мОм} = 0,0094 \text{ Ом}$$

$$x_{Tp} = 27,2 \text{ мОм} = 0,0272 \text{ Ом}$$

Результирующее сопротивление в цепи короткого замыкания в точке КЗ₁

$$Z_{кз1} = \sqrt{(x_{BВГ1} + x_{ШРА} + x_{BВГ2} + x_{ШМА} + x_{mp})^2 + (r_{BВГ1} + r_{ШРА} + r_{BВГ2} + r_{ШМА} + r_{mp})^2} =$$

$$\sqrt{(0,0008 + 0,0076 + 0,00040 + 0,000216 + 0,0272)^2 + (0,034725 + 0,0076 + 0,000975 + 0,000449 + 0,0094)^2} = 0,064 \text{ Ом}$$

Ток короткого замыкания в точке I_{кз1}, А

$$I_{кз1} = \frac{U}{\sqrt{3} \times Z_{кз1}} \quad (46)$$

где U - напряжение в точке КЗ₁, кВ;

Z_{кз1} - полное сопротивление в точке КЗ₁, Ом

$$I_{кз1} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \times 0,064} = 3,6 \text{ кА}$$

Результирующее сопротивление и ток цепи короткого замыкания в точке

КЗ₂

Изн. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023					Лист
										42
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						

$$Z_{K32} = \sqrt{(x_{ШПА} + x_{БВГ2} + x_{ШМА} + x_{mp})^2 + (r_{ШПА} + r_{БВГ2} + r_{ШМА} + r_{mp})^2} =$$

$$\sqrt{(0,0076 + 0,00040 + 0,000216 + 0,0272)^2 + (0,0076 + 0,000975 + 0,000449 + 0,0094)^2} =$$

$$= 0,0399 \text{ Ом}$$

$$I_{K32} = \frac{U}{\sqrt{3} \times Z_{K32}} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \times 0,0399} = 5,78 \text{ кА}$$

Результирующее сопротивление и ток короткого замыкания в точке КЗ₃,

$$Z_{K33} = \sqrt{(x_{ШМА} + x_{mp})^2 + (r_{ШМА} + r_{mp})^2} = \sqrt{(0,000216 + 0,0272)^2 + (0,000449 + 0,0094)^2} = 0,029 \text{ Ом}$$

$$I_{K33} = \frac{U}{\sqrt{3} \times Z_{K33}} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \times 0,029} = 7,96 \text{ кА}$$

Проверку селективности защиты проводим путем сопоставления защитных характеристик аппаратов защиты наносимых на карту селективности.

Строим карту селективности, для этого чертим сетку в логарифмическом масштабе и наносим на неё защитные характеристики аппаратов защиты ВА 55-39 $\frac{630}{500}$; ВА 51-31 $\frac{100}{100}$; ВА 51-25 $\frac{25}{25}$ с указанием их типов, рабочих и пиковых токов. Наносим на карту селективности рассчитанные КЗ₁, КЗ₂, КЗ₃. В точках короткого замыкания восстанавливаем перпендикуляры и определяем время срабатывания. Для различных аппаратов, на определенных ступенях и во всех зонах проверяем селективность действия защиты.

1.10 Расчёт и выбор высоковольтного кабеля

Для питания трансформаторов цеховой КТП от РУ-10 кВ выбираем два кабеля марки СБ, прокладываемые в земляной траншее. [11]

Согласно ПУЭ выбираем кабели по 4 условиям:

- 1) по напряжению $U_{н.к} = 10 \text{ кВ}$
- 2) по нагреву в аварийном режиме $I_{доп. к} \geq I_{ав}$

Ток в аварийном режиме $I_{ав}$ определяем по формуле:

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023					Лист
										43
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						

$$I_{AB} = \frac{1,3 \times S_{н.тр}}{\sqrt{3} \times 10} \quad (47)$$

$$I_{AB} = \frac{1,3 \times 250}{\sqrt{3} \times 10} = 18,7 \text{ A}$$

$$I_{дон} = 92 \text{ A} \geq I_{ав} = 18,7 \text{ A}$$

Принимаем кабель СБ-10-1 (3 х 16) $I_{дон} = 92 \text{ A}$

3) по экономической плотности тока $S_{каб} \geq S_{эк}$

Экономически целесообразное сечение $S_{эк}$, определяют по формуле:

$$S_{эк} = \frac{I_{раб}}{j_{эк}} \quad (48)$$

где $I_{н.1}$ - расчетный ток линии, А

$j_{эк}$ - экономическая плотность, $\frac{\text{A}}{\text{мм}^2}$

$$I_p = \frac{S_{н.тр.}}{\sqrt{3} \times U_1} \quad (49)$$

$$I_{раб} = \frac{S_{н.тр.}}{\sqrt{3} \times U_1} = \frac{250}{\sqrt{3} \times 10} = 14,4 \text{ A}$$

$$j_{эк} = 1,4 \frac{\text{A}}{\text{мм}^2} = j_{эк} = \frac{14,4}{1,4} = 10,3 \text{ мм}^2$$

$$S = 16 \text{ мм}^2 > S_{эк} = 10,3 \text{ мм}^2$$

Применяем кабель СБ-10-1 (3 х 16мм²); $I_{дон} = 92 \text{ A}$ [11]

4) по термически устойчивого к действию ТКЗ

$$S \geq S_{мин}$$

Минимальное сечение кабеля $S_{мин}$, мм

Интв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Интв. № дубл.	Подп. и дата
Изм Лист № докум. Подп. Дата ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023 Лист 44				

$$S_{мин} = \frac{I_{\infty} \times \sqrt{t_{\phi}}}{C} \quad (50)$$

где I_{∞} - действующее значение тока короткого замыкания, А;
 t_{ϕ} – фиктивное время протекания тока короткого замыкания, с;
 C - коэффициент, соответствующий разности выделенной теплоты в проводнике до и после короткого замыкания.

$$I_{\infty} = 11500 \text{ А} = 11,5 \text{ кА (согласно задания)}$$

$$t_{\phi} = t_{\phi.n} + t_{\phi.a} \quad (51)$$

где $t_{\phi.n}$ - фиктивное время периодической составляющей $I_{кз}$, с;

$t_{\phi.a}$ - фиктивное время аperiodической составляющей $I_{кз}$, с;

Время протекания $I_{кз}$ $t = t_{защ} + t_{откл} = 0,15 + 0,08 = 0,23 \text{ с}$

Величину $t_{\phi.n}$ находят по кривым зависимости $t_{\phi.n} = f(\beta''; t)$ [8]

$$\beta'' = \frac{I''}{I_{\infty}} = \frac{12}{11,5} = 1,04 \quad (52)$$

где I'' - сверх переходное значение тока К.З., А

$I'' = 12000 = 12 \text{ кА (согласно задания)}$

Время аperiodической составляющей $I_{к.з}$ равно:

$$t_{\phi.a} = 0,05 \times \beta^2 = 0,05 \times 1,04^2 = 0,054 \text{ с}$$

$$t_{\phi} = 0,2 + 0,054 = 0,254 \text{ с}$$

$C = 90$ [8]

$$S_{min} = \frac{11500 \times \sqrt{0,254}}{90} = 64,4 \text{ мм}^2$$

$$S = 70 \text{ мм}^2 > S_{min} = 64,4 \text{ мм}^2$$

По термической устойчивости выбираем кабель

СБ-10-1(3 × 70) $I_{доп} = 212 \text{ А}$ [11]

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023		
					Лист		
					45		

Выбираем окончательно, исходя из всех условий, кабель

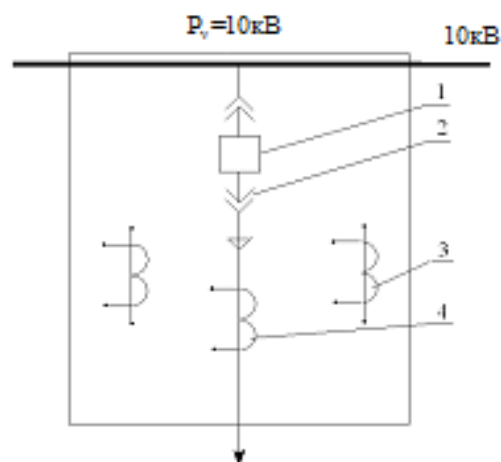
СБ-10-1(3 × 70) $I_{don} = 212 \text{ A}$ [11]

1.11 Выбор ячейки на РП. Расчет и проверка выбора высоковольтного выключателя

1.11.1 Выбор ячейки на РП

Принимаем к установке на РП ячейки типа КРУ2-10-Э с выключателем ВЭМ – 10Э с электромагнитным приводом ПЭ – 11 [12]

Схема 1



1. Выключатель ВЭМ
2. Привод электромагнитный ПЭ-11
3. Трансформатор ТПЛ-10 $\frac{150}{5}$
4. Трансформатор ТЗЛ-0,5

Рисунок 5. Ячейка РП

1.11.2 Схема заполнения ячейки КРУ-2-10Э

В ячейке установлены два ТТ ТПЛ-10. Для питания земляной защиты применяется трансформатор тока ТЗЛ

1.11.3 Выбор и поверки оборудования ячейки;

1.11.3.1 Выбор высоковольтного выключателя;

Выбор высоковольтного выключателя производится по следующим условиям:

Исходные данные:

$I'' = 12 \text{ кА}$; $I_{\infty} = 11,5 \text{ кА}$; $U_{н.уст} = 10 \text{ кВ}$;

$I_{раб} = 24 \text{ А}$; $I_{ав} = 31,2 \text{ А}$; $t_{\phi} = 0,254 \text{ с}$

По исходным данным выбираем выключатель

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023				Лист
				46

Таблица 8 Технические данные выключателя

Тип	U_n , кВ	I_n , А	i , кА	$I^2 t$ кА ² с	$I t =$ кА с	$I_{по}$, кА	$S_{по}$, МВА
ВЭМ-10Э	10	1000	52	1960	14	20	350
Расч.данные	10	24	30,6	33,6	11,5	12	207,8

Проверяем выбор высоковольтного выключателя по следующим условиям:

1) по электрической прочности

$$U_{н.уст} \leq U_{н.вых} \quad U_{н.уст} = 10 \text{ кВ} = U_{н.вык} = 10 \text{ кВ}$$

2) по нагреву в длительном режиме $I_{раб} \leq I_n$.

$$I_{раб} = 24 \text{ А} < I_n = 1000 \text{ А}$$

3) на динамическую устойчивость $i_y \leq i_{мах}$,

где i_y , $i_{мах}$ - мгновенное и максимальное значение ударного тока короткого замыкания, Ка

$$i_y = 2,55 \times I'' = 2,55 \times 12 = 30,6 \text{ кА}$$

$$i_y = 30,6 \text{ кА} < i_{вык.} = 52 \text{ кА}$$

4) проверка на отключающую способность $S'' \leq S_{по}$ ($I'' \leq I_{по}$),

где S'' , $S_{по}$ - мощность КЗ и мощность предохранительного отключателя, МВА

$$S'' = \sqrt{3} \times U \times I'' = \sqrt{3} \times 10 \times 12 = 207,8 \text{ МВА}$$

$$S'' = 207,8 \text{ МВА} \leq S_{по.} = 350 \text{ МВА}$$

$$I'' = 12 \text{ кА} < I_{по} = 20 \text{ кА}$$

5) проверка на термическую устойчивость $I^2_{\infty} \times t_{\phi} \leq I t^2 \times t$

Инт. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023				Лист
									47
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					

$$I_{\infty}^2 \times t_{\phi} = 11,5^2 \times 0,254 = 33,6 \text{ кА}^2 \text{ с} < I_t^2 \times t = 14^2 \times 10 = 1960 \text{ кА}^2 \text{ с}$$

1.12 Расчет заземления цеха

Применяем к установке заземление по периметру цеха на расстояние 1,5 метра от стен. Длина контура заземления $L=252\text{м}$. Принимаем заземлители из прутков $l=2,5\text{м}$, $d=12\text{мм}$. Расстояние между заземлителями $a=4\text{м}$.

В качестве соединительной полосы принимаем стальную полосу (40х4мм)

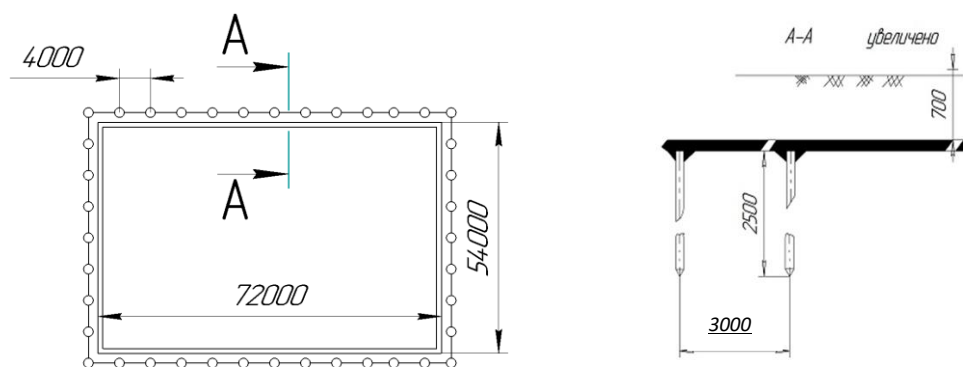


Рисунок 6. Защитное заземление цеха

1) $r_{\text{зaz}} \leq 4 \text{ Ом}$ - для сети 0,4 кВ

2) $r_{\text{зaz}} < \frac{125}{I_{\text{кз}}}$ - при условии заземления для сетей 0,4 кВ и 6 – 10 кВ,

где $I_{\text{кз}}$ - ток однофазного короткого замыкания, А

$$I_{\text{кз1}} = \frac{U \times l_{\kappa}}{10}, \quad (53)$$

где l_{κ} - длина электрически связанных кабелей сети предприятия напряжением 10 кВ

$U = 10 \text{ кВ}$; $l_{\kappa} = 36 \text{ км}$;

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023

Лист

48

$$I_{кз1} = \frac{10 \times 36}{10} = 36 \text{ А}$$

$$r_{зaz} = \frac{125}{36} = 3,47 \text{ Ом}$$

Принимаем окончательное условие:

$$r_{зaz} < 4 \text{ Ом}$$

Сопротивление заземления стержневого заземлителя $r_{o.нр}$, Ом×м

$$R_{опр} = 0,00227 \times \rho_{расч} \quad (54)$$

где $\rho_{расч}$ - расчетное значение удельного сопротивления грунта в месте устройства заземления, Ом× м

$$\rho_{расч} = K_{мах} \times \rho \quad (55)$$

где $K_{мах}$ - коэффициент сезонности для второй климатической зоны;

ρ – сопротивление грунта, Ом× см;

$K_{мах}=1,4$ для второй климатической зоны (по заданию).

$$\rho_{расч} 6 \times 10^4 \text{ Ом} \times \text{см}$$

$$R_{опр} = 0,00227 \times 6 \times 10^4 = 136,2 \text{ Ом}$$

Число прутков в контуре заземления n , шт:

$$n = \frac{L}{a} + 1 = \frac{264}{3} + 1 = 89 \text{ шт} \quad (56)$$

Сопротивление заземления соединительной полосы, Ом

$$R_{пол} = \frac{0,366 \times P_{расч}}{L} \times \lg \frac{2 \times L^2}{B \times tn} \quad (57)$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023	Лист
											49

где В - наружный диаметр стержня, м;

t - глубина заложения стержня, м.

В=0,04м; t=0,7м; L=264м

$$R_{пол} = \frac{0,366 \times 6 \times 10^4}{264} \times \lg \frac{2 \times 264^2}{0,04 \times 0,7} = 5,6 \text{ Ом}$$

С учетом взаимного экранирования стержневых и полосового заземлителей:

$$R_{пол*} = \frac{r_{пол}}{\eta_{пол}} = \frac{5,6}{0,26} = 21,5 \text{ Ом}$$

Полное сопротивление заземления:

$$R_{СТ} = \frac{r_{о.пр}}{n \times \eta_{ст}} = \frac{136,2}{89 \times 0,58} = 2,63 \text{ Ом} \quad (58)$$

$$R_{з*} = \frac{R_{ст} \times R_{*пол}}{R_{ст} + R_{*пол}} = \frac{2,63 \times 21,5}{2,63 + 21,5} = 2,34 \text{ Ом} \quad (59)$$

Сопротивление заземления удовлетворяет условию:

$$R_з = 2,34 \text{ Ом} < R_{з.доп} = 4 \text{ Ом}$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023	Лист
											50

2 ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Монтаж цеховых трансформаторных подстанций

Монтаж трансформаторов, особенно мощных силовых и специального назначения, является сложной трудоемкой работой, которая требует предварительной подготовки и организации работ. Трансформаторы мощностью до 1600 кВА отправляются с заводов изготовителей полностью собранными и залитыми маслом; при мощности 2500 кВА и выше в зависимости от габаритных размеров и массы трансформаторы транспортируются с демонтированными узлами и деталями, а наиболее мощные — без масла.

Некоторые трансформаторы мощностью 63 МВА и выше классов напряжения 110 кВ и более имеют бак с верхним разъемом и надставкой, демонтируемой на время транспортирования. Бак закрывают плоской крышкой, которая заменяется во время монтажа. Трансформаторы транспортируют в основном на железнодорожном транспорте. Поэтому для возможно более полного соблюдения железнодорожного габаритного размера боковой поверхности мощных трансформаторов придают форму, приближающуюся к очертаниям железнодорожного габарита.

До начала работ по монтажу необходимо подготовить фундамент под трансформатор, помещение трансформаторно-масляного хозяйства, баки для хранения масла со всеми коммуникациями маслопроводов, монтажные механизмы, аппараты, приспособления и инвентарь; трансформаторное масло в количестве, необходимом для заливки и доливки трансформатора и для технологических нужд в процессе монтажа (масло должно быть высушено и залито в баки, оборудованные масломерным устройством, средства пожаротушения и противопожарный пост на время прогрева и сушки трансформатора.

На электростанциях и подстанциях 35...750 кВ применяется, как правило, открытая установка трансформаторов.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023					Лист
										51
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						

Закрытую установку используют только в районах интенсивного загрязнения атмосферы и районах жилой застройки для ограничения шума. При открытой установке в районе усиленного загрязнения рекомендуется применять трансформаторы со специальными кабельными вводами на стороне 110...220 кВ и шинными выводами в закрытых коробах на стороне 6...10 кВ.

Трансформаторы массой до 2 т могут устанавливаться непосредственно на фундамент, в остальных случаях фундамент оснащается направляющими для катков трансформатора с упорами, устанавливаемыми по обе стороны трансформатора после его закатывания на фундамент.

Трансформатор устанавливается на фундамент таким образом, чтобы его крышка имела уклон 1...1,5%, обеспечивающий беспрепятственное поступление газа из трансформатора в маслопровод, идущий к газовому реле. Уклон создается обычно установкой подкладок под катки или непосредственно под дно бака (при отсутствии катков).

Для закрытой установки трансформаторов используется либо отдельное здание, предназначенное для размещения только трансформаторов и их вспомогательного оборудования (систем охлаждения, вентиляции, пожаротушения), либо трансформаторные камеры — помещения в общем здании энергетического объекта. Каждая трансформаторная камера снабжается индивидуальной вентиляционной системой, не связанной с другими вентиляционными системами здания. Система рассчитывается на отвод тепла, выделяемого при работе трансформатора с номинальной нагрузкой, и проектируется таким образом, чтобы разность температур на входе и выходе из помещения не превышала 15°C. Конструкция вентиляционных шахт должна предотвращать попадание через них влаги на трансформатор.

В случае нарушения условий транспортировки или хранения трансформатора дополнительно проверяют влагосодержание образцов изоляции, которые закладываются в трансформаторы мощностью более 80 МВА.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023

Влагосодержание образца изоляции толщиной 3 мм должно быть не более 1%. Результаты предварительной оценки состояния изоляции учитываются при решении вопроса о включении трансформатора под напряжение без сушки.

Монтаж составных частей трансформатора производится без ревизии активной части и без подъема съемной части, если не нарушались условия выгрузки, транспортировки и хранения или другие, которые могли бы привести к повреждениям внутри бака трансформатора. При наличии таких повреждений перед установкой комплектующих изделий необходимо произвести ревизию трансформатора. Вскрытие трансформатора для установки составных частей (вводов, встроенных трансформаторов тока и т.д.) следует производить в ясную сухую погоду. После вскрытия трансформатора изоляция обмоток предохраняется от увлажнения за счет продувки бака в течение всего времени разгерметизации сухим воздухом.

Допускается разгерметизировать трансформаторы напряжением 110... 500 кВ и мощностью до 400 МВ·А без подачи в бак сухого воздуха, если температура его активной части не менее 10°C и превышает точку росы окружающего воздуха не менее чем на 10°C, относительная влажность — не более 85%, а продолжительность разгерметизации не превышает 16 ч.

После монтажа составных частей трансформаторов, транспортируемых без масла, остатки трансформаторного масла сливают через донную пробку, бак герметизируют для последующего вакуумирования и заливки или доливки масла. Для трансформаторов, имеющих азотную или пленочную защиту, заливка масла производится через дегазационную установку. Монтаж охлаждающей системы. При монтаже охлаждающей системы типа Д (охлаждение масляное с дутьем) на баке устанавливают кронштейны, на которых размещают электродвигатели с вентиляторами, монтируют электрическую их схему питания; после установки радиаторов открывают радиаторные краны.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023

Система охлаждения поставляется в навесном или выносном исполнении. При навесном исполнении все детали и узлы трубопроводов свариваются и полностью подготавливаются на заводе. На месте монтажа охладители навешивают на бак трансформатора и соединяют с баком трубами. При выносном исполнении охладители устанавливают на отдельных фундаментах и соединяют с трансформатором трубами, узлы которых подгоняются и свариваются на месте установки.

Одновременно с монтажом системы охлаждения производится монтаж остальных деталей и частей трансформатора: установка термосифонных фильтров, расширителя, выхлопной трубы, присоединение воздухоосушителя к расширителю, установка газового реле и сигнальных манометрических термометров. Расширитель, транспортируемый отдельно от трансформатора, должен быть тщательно проверен и осмотрен. В случае выявления ржавчины на его внутренней поверхности необходимо принять меры по ее устранению или замене расширителя на новый. Маслоуказатель расширителя, транспортируемый в разобранном виде, устанавливают при монтаже со стороны, предусмотренной заводом-изготовителем.

Для защиты трансформаторов от утечки масла из расширителя на фланце лна расширителя устанавливают реле уровня масла.

После установки маслоуказателя и реле уровня масла расширитель испытывают на герметичность, заполнив его сухим трансформаторным маслом, с выдержкой в течение 3 ч. После окончания монтажа охлаждающей системы и других частей трансформатора доливают масло в бак трансформатора и заливают маслом охлаждающую систему.

Проверка состояния изоляции обмоток. Окончив монтаж трансформатора, производят измерение сопротивления изоляции обмоток и определяют коэффициент абсорбции, ит.д. Сопротивление изоляции необходимо сравнить со значением, измеренным в заводских условиях.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Техническое обслуживание трансформаторов включает: профилактический контроль состояния изоляции и контактной системы, а также устройств охлаждения, регулирования и пожаротушения, выполняемый вне комплекса планово - предупредительного ремонта; работы по поддержанию надлежащего состояния изоляционного масла в трансформаторе, в баке устройства переключения под нагрузкой и во вводах, в том числе работы по восстановлению качества масла (сушка, регенерация) и его доливке; смазка и уход за доступными вращающимися и трущимися узлами, подшипниками устройств регулирования напряжения и охлаждения; периодическое опробование резервного вспомогательного оборудования, настройка, проверки и ремонты вторичных цепей и устройств защиты, автоматики, сигнализации и управления.

Для заливки трансформатора рекомендуется применять масло определенной марки. Однако допускается при соблюдении ряда условий производить заливку трансформаторов смесью масел.

Каждая партия масла, применяемая для заливки и доливки, должна иметь сертификат предприятия - поставщика, подтверждающий соответствие масла стандарту. Для масла, прибывшего вместе с трансформатором, соответствие стандарту подтверждается записью в паспорте трансформатора.

Состояние трансформаторного масла оценивается по результатам испытаний, которые в зависимости от объема делятся на три вида: испытание на электрическую прочность, включающее определение пробивного напряжения, качественное определение наличия воды, визуальное определение содержания механических примесей; сокращенный анализ, температуры вспышки и цвета масла; испытания в объеме полного анализа, включающие все испытания в объеме сокращенного анализа, натровой пробы, стабильности против окисления, а также количественное определение влагосодержания и механических примесей.

Пробу для испытания отбирают в сухие чистые стеклянные банки притертыми пробками, на которых укрепляют этикетки с указанием оборудования, даты, причины отбора пробы, а также фамилии лица, отобравшего пробу. Как правило, проба отбирается из нижних слоев масла. Методика испытания масла, оговорена соответствующими стандартами.

Качество масла, заливаемого в трансформаторы напряжением до 220 кВ, оценивается по следующим показателям: Пробивное напряжение масла в эксплуатации должно быть не менее 35 кВ/мм для трансформаторов классов напряжения 60... 220 кВ, не менее 25 кВ/мм — для классов напряжения 20... 35 кВ.

Периодичность испытаний масла должна быть такой, чтобы своевременно выявить недопустимое ухудшение характеристик масла, вызванное воздействием температуры.

Рекомендуются следующие объем и периодичность испытаний масла: перед первым включением трансформатора в работу проводится проверка масла в объеме сокращенного анализа для трансформаторов напряжением до 35

Инв. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023	Лист
						56

кВ включительно и в объеме сокращенного анализа и влагосодержания масла — для трансформаторов напряжением 110 кВ и выше; для трансформаторов с азотной или пленочной защитой дополнительно контролируются газосодержащие масла и состав газов в над масляном пространстве; в приработочный период, а именно через 10 дней и через месяц для трансформаторов 110...220 кВ, а для трансформаторов 330 кВ и выше также и через три месяца, проводятся испытания в том же объеме, как перед включением: кроме того, через трое суток после включения и далее через 14 суток, один, три и шесть месяцев у всех трансформаторов напряжением 110 кВ и выше производится хроматографический анализ газов, растворенных в масле.

При дальнейшей эксплуатации испытания масла производят в соответствии с периодичностью текущих ремонтов. Непосредственный контакт масла трансформатора или маслонаполненного ввода с атмосферным воздухом приводит к постепенному насыщению масла кислородом и увлажнению как масла, так и твердой изоляции. В результате увлажнения масла снижается его электрическая прочность, а насыщение кислородом приводит к ускоренному развитию окислительных процессов (старению).

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023					Лист
										57
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						

3 ПМ03 Организация деятельности производственного подразделения

Продольно-строгальные станки предназначены для четырехстороннего строгания в размер по толщине и ширине паркетной фриззы и профилирования продольных кромок штучного паркета. Может быть использован, для обработки различных брусковых деталей.

В продольно-строгальных станках главным движением является возвратно-поступательное движение стола, с установленной на нем заготовкой, а движением подачи - периодическое перемещение резца в поперечном направлении.

Все работы по плановому техническому обслуживанию и ремонту выполняются в определенной последовательности, образуя повторяющиеся циклы.

Ремонтный цикл – повторяющаяся совокупность различных видов шагового ремонта, выполняемых в предусмотренной последовательности через установленные равные числа часов оперативного времени работы оборудования, называемые межремонтными периодами.

Ремонтный цикл завершается капитальным ремонтом и определяется структурой и продолжительностью.

Структура ремонтного цикла – перечень ремонтов, входящих в его состав и расположенных в последовательности их выполнения.

Продолжительность ремонтного цикла – это число часов оперативного времени работы оборудования, на протяжении которого производятся все ремонты, входящие в состав цикла. Простои оборудования, связанные с выполнением плановых и неплановых ремонтов и технического обслуживания, в продолжительность ремонтного цикла не входят.

Межремонтный период – это период оперативного времени работы оборудования между двумя последовательно выполняемыми плановыми ремонтами.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023					Лист
										58
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						

Продолжительность межремонтного периода равна продолжительности ремонтного цикла, деленной на число внутрицикловых ремонтов плюс один.

Таблица 9 - Структуры ремонтного цикла

Оборудование			Структура ремонтного цикла	Число ремонтов в цикле		Число плановых осмотров в межремонтном периоде
Модель станка	Класс точности	Категория (в тоннах)				
ПАРК-7	С	3,3	КР-ТР-ТР-СР-ТР-ТР-СР-ТР-ТР-КР	2	6	1
			КР-ТР-ТР-ТР-ТР-ТР-ТР-ТР-ТР-КР	-	8	1

Далее определяем эмпирические формулы для расчета продолжительности ремонтного цикла, межремонтного периода. Результаты представим в таблице 10.

Таблица 10 - Эмпирические формулы для расчета продолжительности ремонтного цикла и межремонтного периода

Оборудование				Продолжительность оперативного времени, часы, отработанные оборудованием	
Модель станка	Класс точности	Структура ремонтного цикла	Категория (в тоннах)	Ремонтного цикла	Межремонтного периода
ПАРК-7	С	Двувидовая	3,3	$T_{\text{ур}} = 16800 \times K_{\text{ми}} \times K_{\text{тс}} \times K_{\text{кс}} \times K_{\text{в}} \times K_{\text{д}}$	$T_{\text{м.р}} = \frac{T_{\text{ц.р}}}{9}$

$K_{\text{о.м}}$ - коэффициент обработки материала;

$K_{\text{о.м}} = 0,75$ [13]

$K_{\text{м.и}}$ - коэффициент материала, применяемого инструмента;

Инв. № подл.	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата					
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023			
					Лист 59			

$$K_{\text{м.и}} = 1,0 [13]$$

$K_{\text{т.с}}$ - коэффициент класса точности оборудования;

$$K_{\text{т.с}} = 2,0 [13]$$

$K_{\text{в}}$ - коэффициент возраста;

$$K_{\text{в}} = 0,7 [13]$$

$K_{\text{к.с}}$ - коэффициент категории массы;

$$K_{\text{к.с}} = 1,0 [13]$$

$K_{\text{д}}$ - коэффициент долговечности;

$$K_{\text{д}} = 1,0 [13]$$

$$T_{\text{ц.р}} = 16800 \cdot K_{\text{о.м}} \cdot K_{\text{м.и}} \cdot K_{\text{т.с}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{к.с}} \cdot K_{\text{д}} \quad (60)$$

$$T_{\text{м.р}} = \frac{T_{\text{ц.р}}}{9} \quad (61)$$

$$T_{\text{ц.р}} = 16800 \times 0,75 \times 0,1 \times 2,0 \times 0,7 \times 1,0 \times 1,0 = 17640 \text{ час}$$

$$T_{\text{м.р}} = \frac{17640}{9} = 1960 \text{ час}$$

3.1 Расчет себестоимости ремонтов электрооборудования станка

Себестоимость ремонтов складывается из следующих групп затрат:

а) Основная заработная плата по тарифу ЗП.руб.;

б) Дополнительная заработная плата (премия) П.руб. ;

в) Материальные затраты (затраты на основные материалы, покупные полуфабрикаты и комплектующие изделия) См.руб.;

г) Цеховые расходы Сц.руб.;

д) Общезаводские расходы Сз.руб..

Себестоимость ремонтов С.руб. можно представить формулой :

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата
Изм Лист № докум. Подп. Дата ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023 Лист 60				

$$C = 3П + П + C_m + C_3 + C_{\text{ц}} \quad (62)$$

Основная заработная плата по тарифу 3П.руб. определяется произведением часовой тарифной ставки ТС.руб. на трудоемкость ремонта электрооборудования станка :

$$3П = ТС \times Т \quad (63)$$

$$3П = 86,40 \times 168 = 14515,20 \text{руб.}$$

где Т- трудоемкость ремонта электрооборудования станка.

а) При капитальном ремонте:

$$Т_k = \tau_k \cdot R_{\text{э}} \quad (64)$$

$$Т_k = 12,5 \times 12 = 150 \text{ час}$$

б) При текущем ремонте:

$$Т_T = \tau_T \cdot R_{\text{э}} , \quad (65)$$

$$Т_T = 1,5 \times 12 = 18 \text{час}$$

где τ_k ; τ_T - нормы трудоемкости капитального и текущего ремонта электрооборудования в час на 1Чэ :

$$\tau_k = 12,5 \text{ часа на 1Чэ ; [14]}$$

$$\tau_T = 1,5 \text{ часа на 1Чэ ; [14]}$$

где ТС - среднечасовая тарифная ставка.

$$Т = Т_k + Т_T \quad (66)$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата
Изм Лист № докум. Подп. Дата ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023 Лист 61				

$$T = 150 \times 18 = 168 \text{ час}$$

Размер премии Π руб. определяется в соответствии с положением о премировании на данном предприятии:

$$\Pi = \frac{a_{\Pi}}{100} \times 3\Pi \quad (67)$$

$$\Pi = \frac{30}{100} \times 14515,2 = 4354,56 \text{ руб.}$$

где a_{Π} - процент премии,

$$a_{\Pi} = 30\% \text{ (согласно задания).}$$

Материальные затраты на капитальный ремонт $C_{\text{МК}}$ руб. рассчитывают по формуле:

$$C_{\text{МК}} = C_{\text{д}} \times R_{\text{д}} + C_{\text{а}} \times R_{\text{а}}, \quad (68)$$

$$C_{\text{МК}} = 75 \times 8 + 150 \times 4 = 1200 \text{ руб.}$$

где $C_{\text{д}}$; $C_{\text{а}}$ - нормы материальных затрат на электродвигатели, электрические аппараты и проводку.

$$C_{\text{д}} = 75 \text{ руб на 1 Чэ (согласно задания);}$$

$$C_{\text{а}} = 115 \text{ руб на 1 Чэ (согласно задания);}$$

$R_{\text{д}}$; $R_{\text{а}}$ - ремонтосложность электродвигателей, электрических аппаратов и проводки

$$R_{\text{д}} = 8 [13]$$

$$R_{\text{а}} = 4 [13]$$

Материальные затраты на текущий ремонт $C_{\text{МТ}}$ руб. определяют по формуле :

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата						
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023					Лист
										62

$$C_{MT} = C_d \times K_{Td} \times R_d + C_a \times K_{Ta} \times R_a \quad (69)$$

$$C_{MT} = 75 \times 0,13 \times 8 + 150 \times 0,42 \times 4 = 330 \text{руб.}$$

где K_{Td} , K_{Ta} – коэффициенты отношения материальных расходов на текущий ремонт к расходам на капитальный ремонт.

$$K_{Td} = 0,13 \text{ [14]}$$

$$K_{Ta} = 0,42 \text{ [14]}$$

Материальные затраты C_M руб.(затраты на основные материалы, покупные полуфабрикаты и комплектующие изделия) на капитальный и текущий ремонт рассчитываются по формуле:

$$C_M = C_{MK} + C_{MT} \quad (70)$$

$$C_M = 1200 + 330 = 1530 \text{руб.}$$

Косвенные расходы (цеховые общезаводские) определяются заданным процентом к заработной плате по тарифу. Процент косвенных расходов определяет плановый отдел предприятия. Расходы на текущий ремонт являются частью цеховых расходов. Поэтому себестоимость ремонтных работ в цеховые расходы не включается.

Общезаводские расходы C_3 .руб. определяются по формуле:

$$C_3 = 3П \cdot \%C_3 \quad (71)$$

$$C_3 = 14515,2 \times 0,4 = 5806,08 \text{руб.}$$

Цеховые расходы $C_{Ц}$.руб. определяются по формуле:

$$C_{Ц} = 3П \times \%C_{Ц} \quad (72)$$

$$C_{Ц} = 14515,2 \times 0,6 = 8709,12 \text{руб.}$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата					
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023				
					Лист				
					63				

$$C = 3П + П + C_m + C_3 + C_{ц}$$

$$C = 14515,2 + 4354,56 + 1530 + 5806,08 + 8709,12 = 34914,96 \text{руб.}$$

Себестоимость ремонтов электрооборудования станка ПАРК-7 составит 34914,96руб рублей.

3.2 Определение годовых затрат на техническое обслуживание электрооборудования станка

$$C_{то} = 3П + П + C_m + 0,15 \times 3П + C_3 \quad (73)$$

где 3П - основная заработная плата обслуживающего персонала по тарифу в рублях;

П - премия в рублях;

C_m -материальные затраты (затраты на материалы, запчасти, комплектующие изделия) в рублях;

$0,15 \times 3П$ - дополнительная заработная плата в рублях;

C_3 -общезаводские расходы, включающие в себестоимость технического обслуживания в рублях.

Основная заработная плата обслуживающего персонала 3П руб. рассчитывается по формуле:

$$3П = TC \times T_{оэ} \quad , \quad (74)$$

$$3П = 86,40 \times 59,8 = 5166,72 \text{руб.}$$

где TC - среднечасовая тарифная ставка на техническое обслуживание электрооборудования в рублях;

Определяется по среднему тарифному разряду:

$$TC = 86,40 \text{руб. (согласно задания)};$$

$T_{о.э}$ - трудоемкость технического обслуживания электрической части станков, час.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата						
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023					Лист
										64

$$T_{O.Э} = \tau_{O.Э} \times \frac{R_Э \times T_{P.П}}{1000} + \tau_{O.Э.Т} \times R_{Т.Э} + \tau_{O.Э.К} \times R_{К.Э} ,$$

$$T_{O.Э} = 1,32 \times \frac{12 \times 3588,48}{1000} + 0,2 \times 12 + 0,25 \times 2,16 = 59,8 \text{ час}$$

$$R_{К.Э} = \frac{18}{100} \times R_Э$$

$$R_{К.Э} = \frac{18}{100} \times 12 = 2,16$$

где $\tau_{O.Э.Т}$; $\tau_{O.Э.К}$ - нормы времени планового осмотра передвнутрицикловым ремонтом и осмотром перед капитальным ремонтом в часах;

$$\tau_{O.Э.Т} = 0,2 \text{ час на 1 ЧЭ}; \tau_{O.Э.К} = 0,25 \text{ час на 1 ЧЭ}; [13]$$

$\tau_{O.Э}$ - норма обслуживания электрического оборудования станка электриками

$$\tau_{O.Э} = 1,32 \text{ час на 1 ЧЭ}; [13]$$

$\sum R_Э$ - суммарная ремонтосложность электротехнической части станков;

$\sum R_{Т.Э}$ - суммарная ремонтосложность электрической части оборудования, которому ежегодно проводится капитальный ремонт;

$\sum R_{К.Э}$ - суммарная ремонтосложность электрической части оборудования, которому ежегодно проводится капитальный ремонт;

$T_{P.П}$ - оперативное время работы на плановый ремонт в часах рассчитывается по формуле:

$$T_{P.П} = 252 \times 8 \times K_{с.м} \times K_3 \times K_{о.в} ,$$

$$T_{P.П} = 252 \times 8 \times 2,0 \times 1,0 \times 0,89 = 3588,48 \text{ час}$$

где 252 - число рабочих дней в году;

8 - продолжительность рабочей смены в часах;

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023					Лист	
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						65	

$K_{с.м}$ - коэффициент сменности работы оборудования при 2-х сменной работе;

$$K_{с.м} = 2,0 \text{ (согласно задания);}$$

K_3 - коэффициент внутрисистемной загрузки при отсутствии плановых внутрисистемных простоев;

$$K_3 = 1,0 \text{ (согласно задания);}$$

$K_{о.в}$ – коэффициент доли оперативного времени при работе без переналадок

$$K_{о.в} = 0,89 \text{ [14]}$$

Размер премии определяется в соответствии с положением о премировании на данном предприятии определяется по формуле:

$$П = \frac{a_{п}}{100} \times 3П, \quad (75)$$

$$П = \frac{a_{п}}{100} \times 5166,72 = 2066,68 \text{руб.}$$

где $a_{п}$ - процент премии ;

$$a_{п} = 40\% \text{ (согласно задания)}$$

Материальные затраты См.руб. рассчитываются по формуле:

$$C_{м} = (C_{д} \times R_{д} + K_{т.д} \times C_{д} \times R_{д}) \cdot K_{о.д} + (C_{а} \times R_{а} + K_{т.а} \times R_{а} \times C_{а}) \times K_{о.}, \quad (76)$$

$$C_{м} = (75 \times 8 + 0,13 \times 75 \times 8) \times 0,58 + (150 \times 4 + 0,42 \times 4 \times 150) \times 0,13 = 504 \text{руб.}$$

где $C_{д}; C_{а}$ - нормы материальных затрат на электродвигатели и электроаппараты

$$C_{д} = 75 \text{руб на 1Чэ (согласно задания);}$$

$$C_{а} = 150 \text{руб на 1Чэ (согласно задания);}$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023				Лист
				66

$K_{o,д}$; $K_{o,а}$ - коэффициенты отношения годового расхода на техническое обслуживание к суммарному расходу на капитальный и текущий ремонт определяются по справочнику:

$$K_{o,д} = 0,58 [14]$$

$$K_{o,а} = 0,13 [14]$$

$$K_{т,д} = 0,13 [14]$$

$$K_{т,а} = 0,42 [14]$$

Общезаводские расходы $C_з$ руб. определяют процентом к основной заработной плате обслуживающего персонала, который устанавливает плановый отдел данного предприятия.

$$C_з = \frac{a_з}{100} \times 3П, \quad (77)$$

$$C = \frac{450}{100} \times 5166,72 = 23250,24 \text{руб}$$

где $a_з$ - процент общезаводских расходов:

$$a_з = 450\% \text{ (согласно задания)}$$

$$C_{то} = 3П + П + C_m + 0,15 \times 3П + C_з$$

$$C_{то} = 5166,7 + 2066,7 + 504 + 0,15 \times 5166,7 + 23250,2 = 31762,64 \text{руб.}$$

Годовых затрат на техническое обслуживание электрооборудования станка составят 31762,64 рублей

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.					
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023					Лист
										67

4. Охрана труд

4.1 Охрана труда и техника безопасности в электроустановках.

Работы в действующих электроустановках должны проводиться: по заданию на производство работы, оформленному на специальном бланке установленной формы и определяющему содержание, место работы, время ее начала и окончания, условия безопасного проведения, состав бригады и работников, ответственных за безопасное выполнение работы.

Не допускается самовольное проведение работ в действующих электроустановках, а также расширение рабочих мест и объема задания, определенных нарядом, распоряжением или утвержденным работодателем перечнем работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации.

Выполнение работ в месте проведения работ по другому наряду должно согласовываться с работником, выдавшим первый наряд (ответственным руководителем или производителем работ). Согласование оформляется до начала подготовки рабочего места по второму наряду записью "Согласовано" на лицевой стороне второго наряда, располагаемой в левом нижнем поле документа с подписями работников, согласующих документ.

Капитальный ремонт электрооборудования напряжением выше 1000 В, работа на токоведущих частях без снятия напряжения в электроустановках напряжением выше 1000 В, а также ремонт ВЛ независимо от напряжения, должны выполняться по технологическим картам или проекту производства работ, утвержденным руководителем организации. Работы на линиях под наведенным напряжением (отключенных ВЛ, воздушных линиях связи, на линиях для передачи электроэнергии, состоящих из участков в воздушном и кабельном исполнении, соединенных между собой, которые проходят по всей длине линии или на отдельных участках вблизи ВЛ напряжением 6 кВ и выше или вблизи контактной сети электрифицированной железной дороги, находящихся под рабочим напряжением.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата
начала подготовки рабочего места по второму наряду записью «Согласовано» на лицевой стороне второго наряда, располагаемой в левом нижнем поле документа с подписями работников, согласующих документ. Капитальный ремонт электрооборудования напряжением выше 1000 В, работа на токоведущих частях без снятия напряжения в электроустановках напряжением выше 1000 В, а также ремонт ВЛ независимо от напряжения, должны выполняться по технологическим картам или проекту производства работ, утвержденным руководителем организации. Работы на линиях под наведенным напряжением (отключенных ВЛ, воздушных линиях связи, на линиях для передачи электроэнергии, состоящих из участков в воздушном и кабельном исполнении, соединенных между собой, которые проходят по всей длине линии или на отдельных участках вблизи ВЛ напряжением 6 кВ и выше или вблизи контактной сети электрифицированной железной дороги, находящихся под рабочим напряжением.				
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023				Лист 68

В электроустановках напряжением до 1000В при работе под напряжением необходимо: снять напряжение с расположенных вблизи рабочего места других токоведущих частей, находящихся под напряжением, к которым возможно случайное прикосновение, или оградить их; работать в диэлектрических галошах или стоя на изолирующей подставке либо на резиновом диэлектрическом ковре; применять изолированный инструмент (у отверток должен быть изолирован стержень) или пользоваться диэлектрическими перчатками.

Не допускается работать в одежде с короткими или засученными рукавами, а также использовать ножовки, напильники, металлические метры.

Не допускается при работе около неогражденных токоведущих частей располагаться так, чтобы эти части находились сзади работника или по обеим сторонам от него.

Не допускается прикасаться без применения электрозащитных средств к изоляторам, изолирующим частям оборудования, находящегося под напряжением.

В пролетах пересечения в ОРУ и на ВЛ при замене проводов (тросов) и относящихся к ним изоляторов и арматуры, расположенных ниже проводов, находящихся под напряжением, через заменяемые провода в целях предупреждения подсечки расположенных выше проводов должны быть перекинuty канаты из растительных или синтетических волокон. Канаты следует перекидывать в двух местах - по обе стороны от места пересечения, закрепляя их концы за якоря, конструкции. Подъем провода должен осуществляться медленно и плавно.

Работы в ОРУ на проводах и относящихся к ним изоляторах, арматуре, расположенных выше проводов, тросов, находящихся под напряжением, необходимо проводить в соответствии с ППР, утвержденным руководителем организации или обособленного подразделения. В ППР должны быть предусмотрены меры для предотвращения опускания проводов и для защиты от

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023

наведенного напряжения. Не допускается замена проводов при этих работах без снятия напряжения с пересекаемых проводов.

Работникам следует помнить, что после исчезновения напряжения на электроустановке оно может быть подано вновь без предупреждения.

Не допускаются работы в неосвещенных местах. Освещенность участков работ, рабочих мест, проездов и подходов к ним должна быть равномерной, без слепящего действия осветительных устройств на работников.

При приближении грозы должны быть прекращены все работы на ВЛ, ВЛС, ОРУ, на вводах и коммутационных аппаратах ЗРУ, непосредственно подключенных к ВЛ, на линиях для передачи электроэнергии или отдельных импульсов ее, состоящих из одного или нескольких параллельных кабелей с соединительными, стопорными и концевыми муфтами (заделками) и крепежными деталями, а для маслonaполненных кабельных линий, кроме того, с подпитывающими аппаратами и системой сигнализации давления масла подключенных к участкам ВЛ.

Работники, работающие в помещениях с электрооборудованием, в ЗРУ и ОРУ, в подземных сооружениях, колодцах, туннелях, траншеях и котлованах, а также участвующие в обслуживании и ремонте ВЛ, должны пользоваться защитными касками.

На ВЛ независимо от класса напряжения допускается перемещение работников по проводам сечением не менее 240 кв. мм и по тросам сечением не менее 70 кв. мм при условии, что провода и тросы находятся в нормальном техническом состоянии, не имеют повреждений, вызванных вибрацией, коррозией. При перемещении по расщепленным проводам и тросам строп предохранительного пояса следует закреплять за них, а в случае использования специальной тележки - за тележку.

Техническое обслуживание осветительных устройств, расположенных на потолке машинных залов и цехов, с тележки мостового крана должны производить по наряду не менее двух работников, один из которых должен

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023	Лист 70
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

иметь группу III и выполнять соответствующую работу. Второй работник должен находиться вблизи работающего и контролировать соблюдение им необходимых мер безопасности.

Устройство временных подмостей, лестниц на тележке мостового крана не допускается. Работать следует непосредственно с настила тележки или с установленных на настиле стационарных подмостей.

С троллейных проводов перед подъемом на тележку мостового крана должно быть снято напряжение. При работе следует соблюдать правила по охране труда при работе на высоте.

Передвигать мост или тележку мостового крана крановщик должен только по команде производителя работ. При передвижении мостового крана работники должны размещаться в кабине мостового крана или на настиле моста. Когда работники находятся на тележке мостового крана, передвижение моста и тележки запрещается.

При проведении земляных работ необходимо соблюдать требования строительных норм и правил.

4.2 Противопожарные мероприятия.

Для того, чтобы обеспечить всем работникам промышленного предприятия должные условия труда, защиту здоровья и жизни, необходимо выполнить несколько целей и задач:

- утвердить службу, помогающую организовать работу по обеспечению пожарной безопасности на производстве;
- провести подробный инструктаж для сотрудников, чтобы они усвоили правила пожарной безопасности;
- соблюдать правила пожарной безопасности;
- разделить обязанности между работниками и руководителем;
- обеспечить помещения предприятия средствами тушения возгораний, а также системами предупреждения пожара.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	строительных норм и правил.
					4.2 Противопожарные мероприятия.
					Для того, чтобы обеспечить всем работникам промышленного предприятия должные условия труда, защиту здоровья и жизни, необходимо выполнить несколько целей и задач:
					• утвердить службу, помогающую организовать работу по обеспечению пожарной безопасности на производстве;
					• провести подробный инструктаж для сотрудников, чтобы они усвоили правила пожарной безопасности;
					• соблюдать правила пожарной безопасности;
					• разделить обязанности между работниками и руководителем;
					• обеспечить помещения предприятия средствами тушения возгораний, а также системами предупреждения пожара.
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023
					Лист
					71

Меры по обеспечению безопасности

Для обеспечения сотрудникам безопасности на предприятии, предлагается осуществить ряд мер:

- на каждой двери служебного либо складского помещения следует разместить таблички, оповещающие об уровне пожароопасности;
- все противопожарные системы и установки с автоматическим управлением (противопожарные сигнализации, механические двери, системы подачи воды и т.д.) необходимо содержать в исправности, регулярно проводить проверки, ремонт и замену по необходимости;
- специальные наружные пожарные лестницы и защитные ограждения на крыше должны проверяться специалистами как минимум два раза в год. Обязательно составление заключения;
- в каждом помещении должны на видных местах располагаться информационные таблички с указанным на них номером службы спасения;
- специальная одежда и оборудование (защитные костюмы, маски, перчатки и сапоги) должны находиться в аккуратно сложенном или подвешенном виде в железных шкафах, расположенных в отдельных помещениях;
- после каждой рабочей смены помещения и оборудование необходимо осматривать, проверять, убирать и чистить. Необходимо отключать от электросети аппараты (исключение составляют те, которые должны работать по назначению круглые сутки);
- также необходимо разработать и развесить на видных местах каждого цеха планы эвакуации при пожаре;
- запрещается вносить такие изменения в планировке здания, внешней территории и цехов, которые затрудняют эвакуацию при пожаре, ограничивают диапазон действия сигнализаций и систем по тушению возгорания;
- нельзя демонтировать пожарные выходы, предусмотренные планом, а также устранению элементов, препятствующих распространению огня по

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023					Лист
										72
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						

зданию (лестничные клетки, фойе, коридоры, двери и стены); организовать специальные места для курения, расположить урны для окурков.

Такие меры обеспечат безопасную деятельность, а также спокойной эвакуации в случае возгорания.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата						Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023					73

Список литературы

1. ГОСТ Р 55710-2013 НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ОСВЕЩЕНИЕ РАБОЧИХ МЕСТ ВНУТРИ ЗДАНИЙ

2. Размещение светильников в помещении [Электронный ресурс]URL: <http://electricalschool.info/main/lighting/1333-razmeshhenie-svetilnikov-v-pomeshhenii.html>

3. Кюрринг Г.М. Справочник по проектированию электрического освещения. – М.: Энергия.

4. Светильник webstar – 100 – W80 – 220 VAC, IP65[Электронный ресурс]URL:https://www.fsenergo.com/industrial_LED_lighting/svetiodiodnyy_svetilnik_webstar-100-w80-220vac-ip65/

5. ПУЭ «Правила устройства электроустановок. Издание 7

6. Шеховцов Д.И. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению. - М.: Инфа. 2015

7. Софт – стартер серии ДМС-2 [Электронный ресурс] URL:<https://indelta.ru/elektrooborudovanie/ustroystva-plavnogo-puska/vesper-avtomatika-upp/soft-startery-serii-vesper-dms2-czmmvc.html>

8. Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. - М.: Высшая школа.

9. Трансформатор ТСЗ 250/10/0,4 [Электронный ресурс] URL:<https://cheb-transformator.com/catalog/tsz250>

10.Расчет электрических нагрузок. Активные и реактивные сопротивления. [Электронный ресурс]URL:https://websor.ru/elektrosnabzhenie/raschet-nagruzok/aktivnye_i_induktivnye_soprotivleniya/

11.Кабель типа СБ [Электронный ресурс] URL:<https://k-ps.ru/spravochnik/kabeli-silovye/s-bumajnoi-izolyaciei/sb-1kv/>

Имп. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Имп. № дубл.
Подп. и дата	

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023	Лист
						74

12.КРУ-2-10Э [Электронный ресурс] URL <http://www.zvo.ru/kru/605-kru2-10.html>

13. В.И. Клягин, Ф.С. Сабиров. «Типовая система технологического обслуживания и ремонта металло-и деревообрабатывающего оборудования».

14. Методическое пособие для выполнения курсовой работы по специальности 13.02.11 2018г

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ВКР 13.02.11 ЭО-19 2023					Лист
										75
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						