

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

Институт энергетики и электротехники

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Электроснабжение
(направленность (профиль))

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Электроснабжение деревообрабатывающего комбината»

Студент(ка)

И.Э. Саломатин

(И.О. Фамилия)

_____ (личная подпись)

Руководитель

С.В. Шаповалов

(И.О. Фамилия)

_____ (личная подпись)

Консультанты

_____ (И.О. Фамилия)

_____ (личная подпись)

_____ (И.О. Фамилия)

_____ (личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор В.В. Вахнина _____

« ____ » _____ 2016 г.

Тольятти 2016

Аннотация

Бакалаврская работа включает в себя проектирование системы электроснабжения цеха предприятия.

В данной работе произведены расчеты ожидаемых электрических нагрузок, выбор числа и мощности трансформаторов цеховых трансформаторных подстанций с учетом компенсации реактивной мощности, выбор схемы и электрооборудования внутрицехового электроснабжения, расчет токов короткого замыкания, расчет молниезащиты и заземления

Бакалаврская работа состоит из пояснительной записки объемом 56 страниц, 14 таблиц, 8 рисунков и 6 листов графической части формата А1. На первом листе приводится генплан предприятия. На втором – схема подключения оборудования деревообрабатывающего цеха. На третьем – схема его рабочего и аварийного освещения. На четвертом – план-разрез трансформатора ТМГ 100/6/0.4. На пятом – главная электрическая схема КТП. На шестом – схема заземления цеха.

Содержание

Введение.....	4
1 Краткая характеристика деревообрабатывающего цеха.....	5
2 Расчет ожидаемых нагрузок.....	7
2.1 Расчет ожидаемых нагрузок без учета освещения	7
2.2 Расчет освещения	11
2.3 Итоговый расчет цеховой нагрузки	144
3 Выбор цеховых трансформаторов и расчет компенсации реактивной мощности на высокой и низкой сторонах	188
4 Выбор схемы внутрицехового электроснабжения	245
4.1 Радиальные схемы.....	255
4.2 Магистральные схемы	255
4.3 Смешанные схемы	266
5 Выбор внутрицехового оборудования и кабелей	278
5.1 Расчет электрических нагрузок для каждой ячейки РУНН.....	288
5.2 Выбор оборудования.....	312
6 Расчет токов короткого замыкания	377
7 Молниезащита	445
8 Расчет контурного защитного заземления деревообрабатывающего цеха.....	49
Заключение	533
Список использованных источников	54

Введение

Системы электроснабжения промышленных предприятий создаются для обеспечения питания электроэнергией промышленных электроприемников.

Важной особенностью систем электроснабжения является невозможность создания запасов основного используемого продукта - электроэнергии. Вся полученная электроэнергия немедленно потребляется. При непредвиденных колебаниях нагрузок необходима точная и немедленная реализация системы управления, компенсирующая возникший дефицит.

От надежного и бесперебойного электроснабжения зависит работа промышленного предприятия. Для эффективного функционирования предприятия, схема электроснабжения должна обеспечивать должный уровень надежности и безопасности.

По структуре или принципу работы, характеру установленного оборудования система электроснабжения предполагает применение автоматизации, что позволяет повысить уровень надежности и безопасности работы системы и обслуживания соответственно.

При разработке современных систем электроснабжения широко используются ЭВМ, которые позволяют более детально провести анализ работы системы в различных режимах и выбрать наиболее экономичный вариант при разработке схемы и выборе ее элементов.

Требуемый уровень надежности и безопасности схемы электроснабжения обеспечивается строгим соблюдением при выборе оборудования и элементов защиты норм и правил, изложенных в ПУЭ, СНиПах и ГОСТах.

1 Краткая характеристика деревообрабатывающего цеха

Деревообрабатывающий цех (ДЦ) предназначен для изготовления досок из цельных стволов дерева и их обработки. Данный цех является частью комбината, осуществляющего производство мебели.

Деревообрабатывающий цех имеет собственную комплектную трансформаторную подстанцию (КТП). Данная КТП – отдельностоящая. Это обусловлено тем, что деревообрабатывающий цех относится к категории В1 по пожарной опасности из-за большого количества древесной стружки и пыли. Расстояние от КТП до цеха – 11 метров. Питание КТП осуществляется от ГПП 110/6 через промежуточную ЦРП кабельными линиями. Расстояние от КТП22 до ЦРП1 завода – 45 метров. Расстояние от ЦРП1 до ГПП – 450 м.

Все потребители ДЦ по надежности электроснабжения являются потребителями 2 и 3 категории надежности.

Размеры цеха $A \times B \times H = 50 \times 30 \times 9$ м. Размеры склада готовой продукции $A \times B \times H = 15 \times 12,2 \times 6$ м. Все помещения, кроме станочных отделений №1 и 2, а также склада готовой продукции и сушильной камеры, двухэтажные высотой 4,2 м.

Перечень электрооборудования цеха приведен в таблице 1. Мощность электропотребления $P_{наст}$ указана для одного электроприемника. Расположение электрооборудования цеха показано на рисунке 1.1

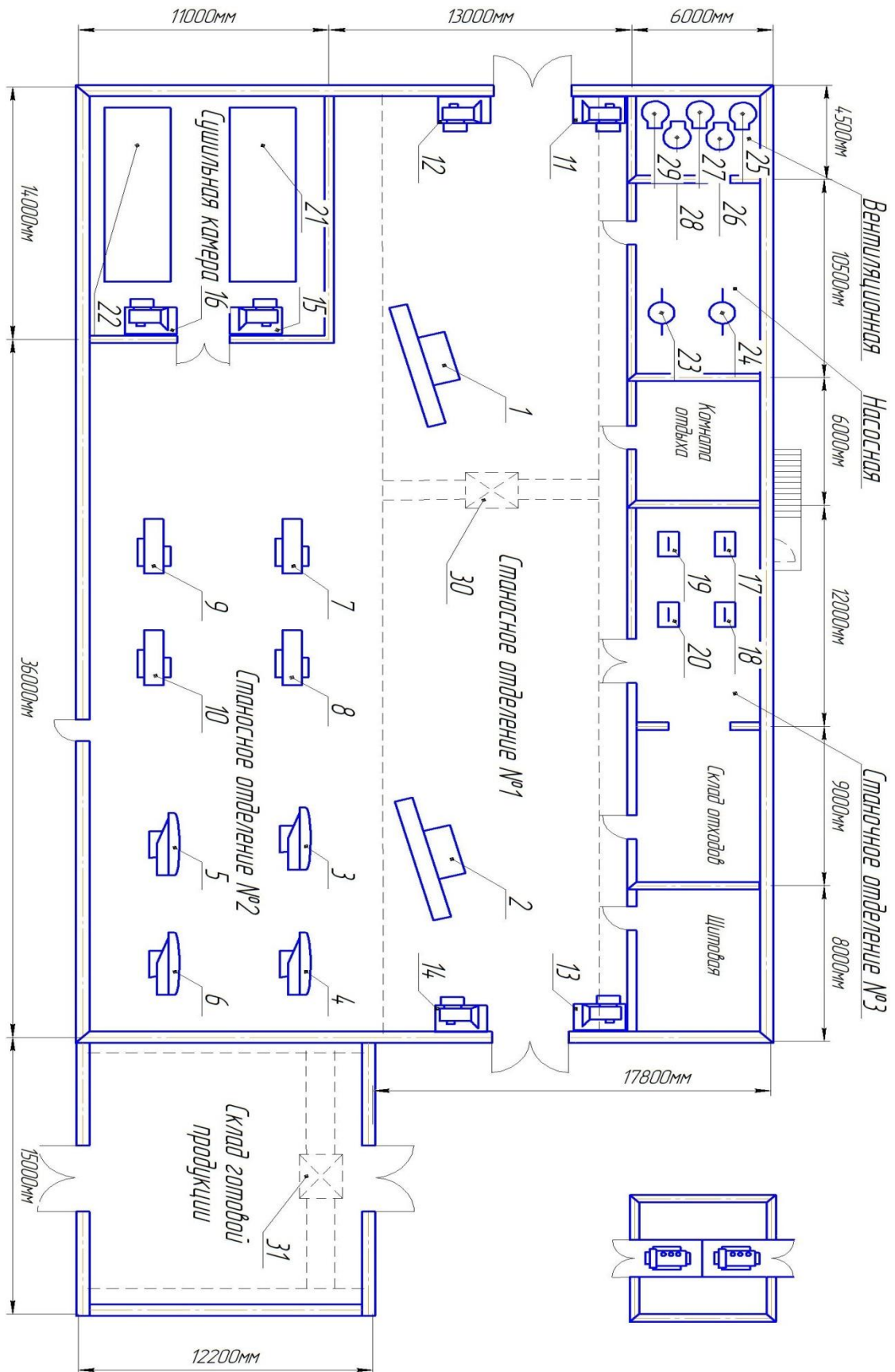


Рисунок 1.1 – Расположение электрооборудования цеха

2 Расчет ожидаемых нагрузок

2.1 Расчет ожидаемых нагрузок без учета освещения

Таблица 2.1 – Основное оборудование деревообрабатывающего цеха

№ на плане	Наименование электрооборудования	$P_{наcn}$, кВт	$U_{наcn}$, кВ
1..2	Пилорама ленточная с электроприводом ТАЙГА СМД-3	30	0,4
3..6	Станок циркулярный МЕТАВО TS 250	5,5	0,4
7..10	Ленточно-шлифовальный станок JET JBSM-150	4	0,4
11..16	Завеса тепловая КЭВ-230П7020W	2,1	
17..20	Кромкооблицовочный станок T-PF 190	2	0,4
21,22	Сушильный комплекс АВМ	20	0,4
23,24	Моноблочный насос HaNB 32-125.	0,75	0,4
25..29	Вентилятор	5	0,4
30,31	Таль электрическая ТЭ 100	2	0,4

Примечание 1: в станочном отделении №2 расположены ленточно-шлифовальные станки и циркулярные пилы. Данные типы ЭП должны быть снабжены вентиляционными системами, имеющими дистанционное включение

и выключение в соответствии с ГОСТом [17]. Вентиляционные системы являются препятствием для перемещения электрического тельфера. В связи с этим станочное отделение №2 не имеет электрического тельфера, однако имеет козловой мобильный кран. Станочное отделение №1 и склад готовой продукции снабжены электрическими Талями марки ТЭ 100.

Примечание 2: в связи с тем, что данный цех относится к категории В1 по пожарной безопасности, необходимо предусмотреть систему пожаротушения. Поскольку давление во внешней системе водоснабжения ниже необходимого для подачи воды во все сплинкерные системы пожаротушения, в цеху используются 2 насоса типа HaNB 32-125.

Проведем расчет цеховой нагрузки без учета освещения на примере ленточной пилорамы ТАЙГА СМД-3.

1. Найдем суммарную мощность:

$$P_{n\Sigma} = 30 + 30 = 60 \text{ кВт.}$$

Данные ЭП являются одними из основных во всем цеху, работа на них ведется с минимальными перерывами, поэтому их коэффициент использования $K_{II} = 0,6$; а коэффициент мощности $\cos \varphi = 0,5$; $\tan \varphi = 1,73$

2. Определим активную среднесменную мощность:

$$P_{см} = P_{n\Sigma} \cdot K_{II}, \quad (2.1)$$

$$P_{см} = 60 \cdot 0,6 = 36 \text{ кВт.}$$

3. Определим реактивную среднесменную мощность:

$$Q_{см} = P_{см} \cdot \tan \varphi, \quad (2.2)$$

$$Q_{см} = 36 \cdot 1,73 = 62,35 \text{ кВАр.}$$

Расчет нагрузок остальных ЭП без учета освещения производится аналогичным образом. Все полученные данные занесены в таблицу 2.3.

Рассчитаем групповой коэффициент использования:

$$K_{\text{игр}} = \frac{\Sigma P_{\text{см}}}{\Sigma P_{\text{н}\Sigma}}, \quad (2.3)$$
$$K_{\text{игр}} = \frac{108}{179,1} = 0,6.$$

Найдем отношение максимальной номинальной мощности ЭП P_{max} к минимальной номинальной мощности ЭП P_{min} :

$$m = \frac{P_{\text{max}}}{P_{\text{min}}}, \quad (2.4)$$
$$m = \frac{30}{2} = 15 > 3.$$

Рассчитаем групповой тангенс угла между током и напряжением $\tan \varphi_{\text{гр}}$:

$$\tan \varphi_{\text{гр}} = \frac{\Sigma Q_{\text{см}}}{\Sigma P_{\text{см}}}, \quad (2.5)$$
$$\tan \varphi_{\text{гр}} = \frac{176,98}{108,26} = 1,52$$

Определим эффективное число электроприемников $n_{\text{э}}$ для нашего случая.

$$n_{\text{э}} = \frac{179,1^2}{60^2 + 22^2 + 16^2 + 12,6^2 + 8^2 + 40^2 + 4^2 + 1,5^2 + 15^2} = \frac{32078}{6106} \approx 6$$

По таблице зависимости коэффициента максимума активной мощности K_M от эффективного числа электроприемников находим, что $K_M = 1,2$ при $K_{\text{И.Гр}} = 0,6$.

Определим расчетную активную мощность:

$$P_p = \Sigma P_{cm} \cdot K_M, \quad (2.6)$$
$$P_p = 1,2 \cdot 108,28 = 129,91 \text{ кВт.}$$

Определим расчетную реактивную мощность:

$$Q_p = \Sigma Q_{cm} = 176,98 \text{ кВАр.}$$

Определим полную расчетную мощность:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \quad (2.7)$$
$$S_p = \sqrt{16641 + 30976} = 219,54 \text{ кВА.}$$

Определим расчетный ток:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n}, \quad (2.8)$$
$$I_p = \frac{219,54}{1,73 \cdot 0,4} = 322,84 \text{ А.}$$

Все полученные данные при расчете занесем в таблицу 3.

2.2 Расчет освещения

Все освещение в цеху делится на:

1. Рабочее – должно обеспечивать условия работы в соответствии с СНиП [18].

2. Аварийное – должно включаться при аварийном отключении рабочего освещения с целью продолжения функционирования рабочих мест (предусматривается для объектов с потребителями I и II категории надежности электроснабжения)
3. Эвакуационное – должно включаться при аварийном отключении рабочего освещения с целью эвакуации персонала с территории цеха
4. Дежурное освещение – должно обеспечивать освещение цеха и прилегающей к нему территории в нерабочее время (в качестве дежурного освещения может применяться и рабочее освещение)

Для точного проектирования освещения в деревообрабатывающем цеху необходимо знать его длину, ширину, высоту цеха и отдельных помещений, степень загрязненности воздуха, коэффициенты отражения поверхностей, а также характер зрительной работы.

Данный цех состоит из 10 различных зон. В таблице 2.2 предоставлены характеристики данных зон, используемые для расчета освещения в программе DIALux.

Таблица 2.2 – Характеристики помещений

Название	Габариты (длина/ширина/высота) мм.	Коэффициенты отражения (потолок/стены/пол) %	Планируемое Ем	Ку

Вентиляционная	4500/6000/4200	70/50/20	300	0.8
Насосная	10500/6000/4200	70/50/20	300	0.8
Комната отдыха	6000/6000/4200	70/50/20	200	0.8
Станочное отделение №3	12000/6000/4200	70/50/20	300	0.6
Склад отходов	9000/6000/4200	70/50/20	160	0.8
Щитовая	8000/6000/4200	70/50/20	300	0.8
Станочное отделение №1	50000/12000/4200	78/40/20	300	0.6
Станочное отделение №2	36000/11000/4200	78/40/20	300	0.6
Сушильная камера	14000/11000/4200	78/40/20	220	0.8
Склад готовой продукции	15000/12200/4200	78/40/20	160	0.6
Офисные помещения 1..6 (2й этаж)	50000/6000/4200	70/50/20	250	0.8

При выборе светильников стоит учесть, что станочное отделение №1, станочное отделение №2, склад готовой продукции и сушильный отсек являются пылезагрязненными помещениями, и для их освещения светильник должен обладать степенью защиты от проникновения предметов к токоведущим частям IP 6. (Полная защита от прикосновения к токоведущим частям и от проникновения пыли).

На 2м этаже цеха расположены офисные помещения 1..6. Их площади равны площадям вентиляционной, насосной, комнаты отдыха, СО№3, склада отходов и щитовой соответственно. Для офисов общего назначения с использованием компьютеров норма освещенности равно 200-300 лк [18].

Таблица 2.3 – Итоги по расчетам освещения

№	Наименование помещения	Е _{ср} , люкс	P, кВт	cos φ	tg φ	Q, квар
1	Вентиляционная	280	0,35	0,96	0,29	0,10
2	Насосная	240	0,52	0,96	0,29	0,15
3	Комната отдыха	160	0,23	0,96	0,29	0,07
4	Станочное отделение №3	290	0,7	0,96	0,29	0,20
5	Склад отходов	130	0,23	0,96	0,29	0,07
6	Щитовая	290	0,52	0,96	0,29	0,15
7	Станочное отделение №1	300	9,6	0,85	0,62	5,95
8	Станочное отделение №2	300	6,4	0,85	0,62	3,97
9	Сушильный отсек	200	1,6	0,85	0,62	0,99
10	Склад готовой продукции	200	2,40	0,85	0,62	1,49
11	Офисные помещения	200	1,90	0,96	0,29	0,55
12	Итого		24,45			13,69

Рассчитаем полную мощность:

$$S_{ocв} = \sqrt{P_{\Sigma ocв}^2 + Q_{\Sigma ocв}^2}, \quad (2.9)$$

$$S_{ocв} = \sqrt{24,45^2 + 13,69^2} = 28,02 \text{ кВА.}$$

Рассчитаем ток:

$$I_{осв.} = \frac{S_{осв.}}{\sqrt{3} \cdot U_H}, \quad (2.10)$$

$$I_{осв} = \frac{28,02}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 41,2 \text{ A.}$$

2.3 Итоговый расчет цеховой нагрузки

Итоговая расчетная активная мощность определяется путем сложения активной мощности освещения и активной мощности внутрицеховых ЭП:

$$P_{P\Sigma} = P_P + P_{P.осв.}, \quad (2.11)$$

$$P_{P\Sigma} = 129 + 24,45 = 154,36 \text{ кВт.}$$

Итоговая расчетная реактивная мощность определяется путем сложения реактивной мощности освещения и реактивной мощности внутрицеховых ЭП:

$$Q_{P\Sigma} = Q_P + Q_{P.осв.}, \quad (2.12)$$

$$Q_{P\Sigma} = 176,98 + 13,69 = 190,67 \text{ кВАр.}$$

Определим полную расчетную мощность:

$$S_{P\Sigma} = \sqrt{P_{P\Sigma}^2 + Q_{P\Sigma}^2}, \quad (2.13)$$

$$S_{P\Sigma} = \sqrt{154,36^2 + 190,67^2} = 245,32 \text{ кВА.}$$

Определим расчетный ток:

$$I_{P\Sigma} = \frac{S_{P\Sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_H}, \quad (2.14)$$

$$I_{P\Sigma} = \frac{245,32}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 360,59 \text{ A.}$$

Таблица 2.4 – Ожидаемые электрические нагрузки

№	Наименование ЭП	P_H кВт	n	$P_{H\Sigma}$ кВт	K_H	$\cos\varphi$	$tg\varphi$	m	P_{CM} кВт	Q_{CM} квар	n_{Σ}	K_M	P_P кВт	Q_P квар	S_P кВА	I_P кА
1	Пилорама ленточная с электроприводом ТАЙГА СМД-3	30	2	60	0,6	0,5	1,73		48	83,14						
2	Кромкооблицовочный станок T-PF 190	5,5	4	22	0,5	0,6	1,33		15,84	21,12						
3	Ленточно-шлифовальный станок JET JBSM-150	4	4	16	0,6	0,5	1,73		11,52	19,95						
4	Завеса тепловая КЭВ-230П7020W	2,1	6	12,6	0,5	0,5	1,73		6,3	10,91						
5	Циркулярный станок МЕТАВО TS 250	2	4	8	0,7	0,5	1,73		5,6	9,70						
6	Сушильный комплекс АВМ	20	2	40	0,6	0,5	1,73		24	41,57						

Продолжение таблицы 2.4

№	Наименование ЭП	P_H кВт	n	$P_{H\Sigma}$ кВт	K_{II}	$\cos \varphi$	$tg \varphi$	m	P_{CM} кВт	Q_{CM} квар	$n_{\text{Э}}$	K_M	P_P кВт	Q_P квар	S_P	I_P кА
7	Таль электрическая ТЭ 100	2	2	4	0,4	0,6	1,33		1,6	2,13						
8	Моноблочный насос HaNB 32-125.	0,75	2	1,5	0,1	0,7	1,02		0,18	0,18						
9	Вентиляторы	3	5	15	0,9	0,6	1,33		13,5	18,00						
10	Итого по цеху без освещения	30/0,75	31	179	0,71		1,52	>3	126,5	206,71	6	1,2	129,91	176,98	219,54	322,84
11	Освещение												24,45	13,69	28,02	41,208
12	Итого по цеху с освещением												154,36	190,67	245,32	360,59

3 Выбор цеховых трансформаторов и расчет компенсации реактивной мощности на высокой и низкой сторонах

Все потребители цеха относятся к потребителям 2, 3 категориям надежности электроснабжения. В соответствии с ПУЭ 1.2.17, для обеспечения их надежного электроснабжения необходимы два независимых источника питания [5]. Для этого будут установлены либо 2 трансформатора, либо 1 трансформатор и резервный кабель от соседней ТП. Для выбора типа резерва произведен технико-экономический расчет.

Рассчитаем номинальную мощность трансформатора:

$$S_{номТ} = \frac{P_{P\Sigma}}{K_3 \cdot N_T}, \quad (3.1)$$

$$S_{номТ} = \frac{154,36}{0,7 \cdot 2} = 96,5 \text{ кВА} - \text{ для двух трансформаторов,}$$

$$S_{номТ} = \frac{154,36}{0,7 \cdot 1} = 210,95 \text{ кВА} - \text{ для одного трансформатора.}$$

где $P_{P\Sigma}$ - расчетная активная мощность с учетом освещения,

N_T - количество трансформаторов,

$K_3 = 0,7$ - коэффициент загрузки для 2 категории надежности электроснабжения.

Рассмотрим два случая: 1 случай - $S_{номТ1} = 100$ кВА , 2 случай - $S_{номТ2} = 250$ кВА.

При $S_{номТ1} = 100$ кВА выберем трансформатор ТМГ-100/6/0,4, при $S_{номТ2} = 250$ кВА выберем трансформатор ТМГ-250/6/0,4. Их технические параметры приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – технические параметры силовых трансформаторов, применяемых для комплектных трансформаторных подстанций

Тип	Потери, кВт		$U_{кз}, \%$	$i_0, \% I_H$	$\Delta P_T, \text{кВт}$	$\Delta Q_T, \text{квар}$
	P_{xx}	$P_{кз}$				
ТМГ-100/6	0,365	1,97	4,5	2,6	2,11	11,3
ТМГ-250/6	0,61	3,7	4,5	1,9	5,7	19,6

3.1 Расчет компенсации реактивной мощности для ТМГ-100

Потери активной ΔP_T и реактивной ΔQ_T мощности в двухобмоточном трансформаторе вычисляются по формулам:

$$\Delta P_T = \Delta P_{xx} + \Delta P_{кз} \cdot \beta_T^2, \quad (3.2)$$

$$\Delta Q_T = N_T \cdot (i_0 + K_3^2 \cdot U_{кз}). \quad (3.3)$$

Рассчитаем нагрузку трансформатор S_M :

$$S_m = \sqrt{P_p^2 + (Q_p - Q_k)^2}, \quad (3.4)$$

$$S_m = \sqrt{154,36^2 + (190,67 - 2 \cdot 112,5)^2} = 155,5 \text{ кВА.}$$

где P_p - расчетная активная нагрузка предприятия кВт,

Q_p - расчетная реактивная нагрузка предприятия кВар,

Q_k - мощность компенсирующих устройств на низкой стороне кВар.

Рассчитаем коэффициент загрузки трансформатора β_T :

$$\beta_T = \frac{S_M}{S_H}, \quad (3.5)$$

$$\beta_T = \frac{155,5}{100 \cdot 2} = 0,78.$$

где S_n - номинальная мощность трансформатора, кВА,

S_m - номинальная мощность трансформатора, кВА.

$$\Delta P = 0,365 + 1,97 \cdot 0,78^2 = 2,65 \text{ кВт},$$

$$\Delta Q_T = 2 \cdot (2,6 + 0,7^2 \cdot 4,5) = 9,61 \text{ кВАр}.$$

С учетом потерь в трансформаторах расчетная активная и реактивная нагрузка цеха:

$$P_p = P_{P\Sigma} + \Delta P_T \quad (3.6)$$

$$P_p = 154,36 + 2,65 = 157 \text{ кВт},$$

$$Q_p = Q_{P\Sigma} + \Delta Q_T, \quad (3.7)$$

$$Q_p = 190 + 9,61 = 199,61 \text{ кВАр}.$$

Реактивную мощность в часы минимума нагрузки определяется по типовому годовому графику электрических нагрузок для деревообрабатывающего производства:

$$Q_{min} = 0,5 \cdot Q_p, \quad (3.8)$$

$$Q_{min} = 0,5 \cdot 199,61 = 99,5 \text{ кВАр}.$$

Экономически обоснованные значения реактивной мощности в часы максимума энергосистемы (часы пониженного напряжения):

$$Q_{Э1} = \alpha \cdot P_p, \quad (3.8)$$

$$Q_{Э1} = 0,28 \cdot 157 = 43,96 \text{ квар},$$

где $\alpha = 0,28$; $Q_{CD} = 0$.

Суммарная мощность компенсирующих устройств:

$$Q_{ку.маx} = 1,1 \cdot Q_P - Q_{Э1}, \quad (3.9)$$

$$Q_{ку.маx} = 1,1 \cdot 199,61 - 43,96 = 174,6 \text{ кВАр}.$$

Реактивная мощность, которая должна быть передана из сети 6кВ в сеть напряжением до 1 кВ и не должна компенсироваться:

$$Q_{ЭН} = Q_{Э1} - (Q_P - Q_{P\Sigma}), \quad (3.10)$$

$$Q_{ЭН} = 43,96 - (199,61 - 190,67) = 34,41 \text{ кВАр}.$$

Определим реактивную мощность, которая может быть передана из сети 6/10 кВ в сеть напряжением до 1 кВ:

$$Q_T = \sqrt{(N_T \cdot K_3 \cdot S_{номТ})^2 - P_{P\Sigma}^2}, \quad (3.11)$$

$$Q_T = \sqrt{(2 \cdot 0,7 \cdot 100)^2 - 154,36^2} = 97,15 \text{ кВАр}.$$

Определим мощность КУ, устанавливаемых на стороне до 1 кВ:

$$Q_{КУ.н} = Q_{P\Sigma} - Q_T, \quad (3.12)$$

$$Q_{КУ.н} = 190 - 97,15 = 92,85 \text{ кВАр}.$$

Определим мощность КУ, которые могут быть установлены на стороне 6/10 кВ:

$$Q_{KV.B} = Q_{KV.max} - Q_{KV.H}, \quad (3.13)$$

$$Q_{KV.B} = Q_{KV.max} - Q_{KV.H} = 174 - 125 = 49 \text{ кВАр.}$$

Так как $Q_{KV.H} < 100$ кВАр а $Q_{KV.B} < 800$ кВАр, то установка БК на стороне до 1 кВ не целесообразна.

Определим суммарные затраты на установку 2КТП с трансформаторами ТМГ-100/6/0,4:

$$Z_{2КТП} = E \cdot K_{ТП} \cdot N_T + C \cdot \Delta P_T, \quad (3.14)$$

$$Z_{2КТП} = 0,233 \cdot 86,1 \cdot 2 + 2 \cdot 2,65 = 42,64 \text{ тыс.руб.}$$

Аналогичный расчет был произведен для трансформатора ТМГ-250/6. По результатам расчета $Z_{КТП}$ с учетом компенсации реактивной мощности составила 47 тыс.руб.

Исходя из расчетов, для установки были выбраны два трансформатора ТМГ-100/6.

3.4 Выбор комплектной трансформаторной подстанции КТП

Основными преимуществами КТП перед обычными ТП являются:

1. Простота расчетов и установки
2. Дешевизна
3. Удобство обслуживания
4. Полная заводская готовность к эксплуатации
5. Защита от несанкционированного доступа

Основные характеристики, влияющие на выбор КТП:

1. Питание приходит по кабельным линиям

2. Установка двух трансформаторов 100/6/0.4

Исходя из вышеперечисленных характеристик, была выбрана комплектная трансформаторная подстанция 2КТПК-Т-КК-100/6/0.4

Двухтрансформаторная комплектная подстанция серии и 2КТП-КК-100/10/0.4 состоят из двух отдельных секция, в каждой из которых установлен понижающий силовой трансформатор и вся необходимая аппаратура.

Данный тип подстанций используется для объектов с необходимостью наличия дополнительного резерва мощности и повышенной стабильности работы.

Современное оборудование, которое используется в подстанциях 2КТП-100/6/0.4 или позволяет управлять ими как в автоматическом, так и в ручном режиме.

В таблице 3.2 представлено основное оборудование для выбранной КТП, а в таблице 3.3 - характеристики 2КТП-Т-КК-100/6/0.4.

Таблица 3.2 – Оборудование 2КТП-Т-КК-100/6/0.4

Наименование	Тип оборудования
Силовой трансформатор	ТМГ-100/6/0,4
Разрядник 6 кВ	РВО-6У1
Выключатель нагрузки 6кВ	ВНП-10/630
Ограничитель перенапряжения 0,4 кВ	ОПН-П-0,4
Предохранители	ПКТ-101-6
Разъединитель наружной установки	РЛК-СЭЩ-1-П-6/630-УХЛ1
Разъединитель 0,4 кВ	РЕ19-35
Автоматические выключатели	ВА 51-31(3П;100) ВА 51-31(3П;75)
Трансформаторы тока	ТОП-0,66 УЗ 100/5 ТШП-0,66 УЗ 75/5

Таблица 3.3 – Основные характеристики 2КТП-Т-КК-100/6/0.4

НАИМЕНОВАНИЕ	ЗНАЧЕНИЕ
--------------	----------

Мощность силового трансформатора, кВА	2x100
Номинальное напряжение на стороне высокого напряжения (ВН), кВ	6
Номинальное напряжение на стороне низкого напряжения (НН), кВ	0,4
Ток электрической стойкости на стороне ВН, кА	51
Ток термической стойкости на стороне ВН, кА	20
Исполнение по вводу ВН	Кабельный
Исполнение по выводу НН	Кабельный
Степень защиты по ГОСТ 14254	Ip23
Количество отходящих линий (может быть увеличено)	5(10)*
Габаритные размеры, не более, мм в транспортном состоянии	4000x4800x2400
Масса, не более, кг (без трансформатора)	2x2400

4 Выбор схемы внутрицехового электроснабжения

В сетях внутрицехового электроснабжения выделяют три основных типа схем: магистральные, радиальные и смешанные.

4.1 Радиальные схемы

Радиальные схемы используются, если в цеху имеется большое количество маломощных потребителей. Радиальные схемы имеют наибольшую надежность по сравнению с магистральными и смешанными, т.к. при повреждении кабеля, обесточенным останется только один потребитель. Однако, данный тип электроснабжения является дорогостоящим из-за необходимости установки внутрицеховых распределительных щитов (РЩ). Пример радиальной схемы электроснабжения приведен на рисунке 4.1.

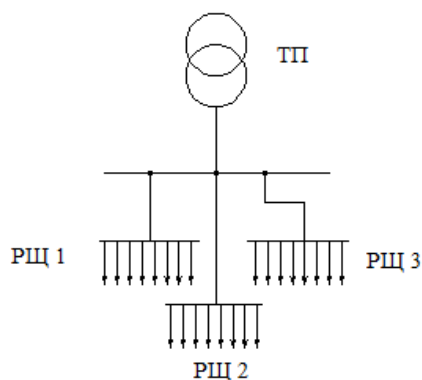


Рисунок 4.1 – Радиальная схема электроснабжения

4.2 Магистральные схемы

Магистральные схемы используются при равномерном расположении потребителей в цеху. Ненадежны, т.к. при повреждении магистрали, обесточенными остаются все потребители, запитанные от нее. Магистральные схемы в исполнении дешевле радиальных из-за отсутствия необходимости установки РЩ, в роли которого используется распределительный шинопровод (ШР). Пример магистральной схемы электроснабжения приведен на рисунке 4.2.

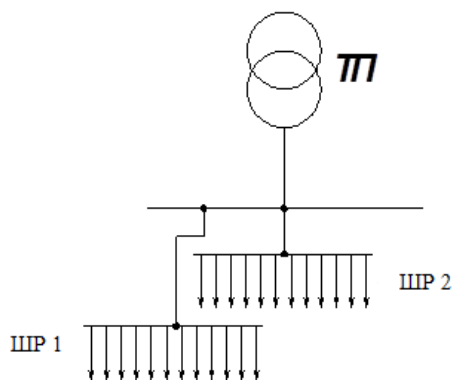


Рисунок 4.2 – Магистральная схема электроснабжения

4.3 Смешанные схемы

Смешанные схемы внутрицехового электроснабжения используются в тех случаях, когда применение магистральных или радиальных схем технически неосуществимо. Данный тип схем является комбинацией из двух вышеназванных вариантов и может включать в себя как ШР или ШМА, так и РЩ. Пример смешанной схемы электроснабжения приведен на рисунке 4.3.

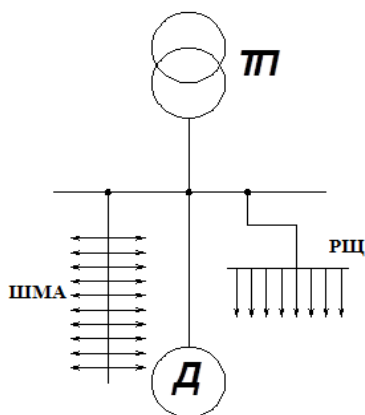


Рисунок 4.3 – Смешанная схема электроснабжения

Для деревообрабатывающего цеха был выбран радиальный тип электроснабжения с использованием распределительных щитов РЩ. Прокладка кабелей осуществляется в полу или стенах на глубине 15 сантиметров. Выбор обусловлен тем, что магистральную (ШМА+ШР) систему использовать

технически невозможно из-за сложной системы вентиляции над всеми деревообрабатывающими станками.

5 Выбор внутрицехового оборудования и кабелей

5.1 Расчет электрических нагрузок для каждой ячейки РУНН

Для осуществления выбора внутрицехового оборудования, необходимо рассчитать токи, проходящие по кабелям как отдельных электроприемников, так и по распределительным щитам. Используя данные и формулы из пункта 2, рассчитаем эти токи.

Результаты расчетов нагрузок для второй и восьмой ячеек приведены в таблицах 5.1 и 5.2 соответственно.

Исходя из данных, полученных из таблиц 5.1 и 5.2, рассчитаем суммарную мощность для каждой секции шин. В данной схеме внутрицехового электроснабжения наиболее мощные потребители (Пилорама ленточная ТАЙГА СМД-3 и Сушильный комплекс АВМ) запитаны напрямую от ячейки РУ в целях снижения затрат на установку дополнительных РЩ.

Суммарные мощности по секциям сборных шин РУ приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.1 – Результаты расчетов нагрузки по ЩР1

№	Наименование ЭП	P_H кВт	n	$P_{H\Sigma}$ кВт	K_{II}	$\cos \varphi$	$tg \varphi$	m	P_{CM} кВт	Q_{CM} квар	n_{Σ}	K_M	P_P кВт	Q_P квар	S_P	I_P кА
Ячейка 2 (РЩ1 и РЩ2)																
1	Кромкооблицовочный станок Т-РФ 190	5,5	4	22	0,5	0,6	1,33		11	14,67						
2	Завеса тепловая КЭВ-230П7020W	2,1	2	4,2	0,5	0,5	1,73		2,1	3,64						
3	Таль электрическая ТЭ 100	2	1	2	0,4	0,6	1,33		0,8	1,07						
4	Моноблочный насос HaNB 32-125.	0,8	2	1,5	0,12	0,7	1,02		0,18	0,18						
5	Вентиляторы	3	5	15	0,9	0,6	1,33		13,5	18,00						
6	Итого по ячейке 2		14	44,7	0,62			>3	27,6	37,55	3	1,5	41,4	37,55	55,8	82,1

Таблица 5.2 – Результаты расчетов нагрузки по ЩР2

№	Наименование ЭП	P_H кВт	n	$P_{H\Sigma}$ кВт	K_{II}	$\cos \varphi$	$tg \varphi$	m	P_{CM} кВт	Q_{CM} квар	$n_{\text{Э}}$	K_M	P_P кВт	Q_P квар	S_P	I_P кА
Ячейка 8 (РЩ 3 и РЩ 4)																
1	Циркулярный станок МЕТАВО TS 250	2	4	8	0,7	0,5	1,73		5,6	9,70						
2	Ленточно- шлифовальный станок JET JB5M-150	4	4	16	0,63	0,5	1,73		10,1	17,46						
3	Завеса тепловая КЭВ- 230П7020W	2,1	4	8,4	0,5	0,5	1,73		4,2	7,27						
4	Таль электрическая ТЭ 100	2	1	2	0,4	0,6	1,33		0,8	1,07						
5	Итого по ячейке 2		13	34,4	0,60			>3	20,7	35,50	3	1,5	31	35,50	47,1	69,3

Таблица 5.3 – Суммарная мощность по секциям шин

№ Ячейки	Наименование потребителя	$P_{см}$	P_{Σ}
1	Вводная ячейка	-	-
2	РЦ1 и РЦ2	41,37	91,37
3	Пилорама ленточная ТАЙГА СМД-3	30	
4	Сушильный комплекс АВМ	20	
5	АВР	-	-
6	Сушильный комплекс АВМ	20	81,02
7	Пилорама ленточная ТАЙГА СМД-3	30	
8	РЦ3 и РЦ4	31,02	
9	Вводная ячейка	-	-

Определим небаланс мощностей на секциях шин $\Delta P\%$:

$$\Delta P = 1 - \frac{P_{\Sigma 2}}{P_{\Sigma 1}} \cdot 100\%, \quad (5.1)$$

$$\Delta P = 1 - \frac{81,02}{91,37} \cdot 100\% = 9\%.$$

Исходя из того, что небаланс мощностей на секциях сборных шин не превышает 10%, делаем вывод, что распределение электроприемников по ячейкам РУ выполнено верно.

5.2 Выбор оборудования

Используя полученные в таблицах 5.1 и 5.2 значения токов, выберем электрооборудование схемы внутрицехового электроснабжения

деревообрабатывающего комбината. При выборе оборудования следует брать во внимание то, что данный цех является пожароопасным помещением с пылевым загрязнением.

РУ - Распределительный щит 1 ($I_p = 82,17A$, $P_p = 41кВт$):

Для установки выбран распределительный щит марки ЩР-100-Н-216-IP65

Трансформатор тока - ТОП-0,66 УЗ 100/5

Кабель: АВВГ 4x25 мм² ($l = 36м$)

Выключатель: ВА 51-31 $I_{н.а} = 100A$

РУ - Распределительный щит 3 ($I_p = 69,33A$, $P_p = 31кВт$)

Для установки выбран распределительный щит марки ЩР-100-Н-216-IP65

Трансформатор тока - ТШП-0,66 УЗ 75/5

Кабель: АВВГ 4x25 мм² ($l = 21м$)

Выключатель: ВА 51-31 $I_{н.а} = 100A$

Вводная ячейка 1 ($I_p = 233A$, $P_p = 91,37кВт$)

Трансформатор тока - ТШП-0,66 УЗ 75/5

Кабель: АВВГ 4x120 мм² ($l = 2м$)

Выключатель: ВА 51-35 $I_{н.а} = 250A$

Вводная ячейка 2 ($I_p = 219A$, $P_p = 81,02кВт$)

Трансформатор тока - ТШП-0,66 УЗ 75/5

Кабель: АВВГ 4x120 мм² ($l = 2м$)

Выключатель: ВА 51-35 $I_{н.а} = 250A$

Для выбора кабеля между РЩ1 и РЩ2 необходимо произвести расчет токов, протекающих по этому кабелю. Для этого от суммарного тока первой ячейки отнимем токи электроприемников, подключенных к РЩ1 (а именно: Кромкооблицовочный станок Т-РФ 190 х4 и Тельфер х1).

Рассчитаем токи в линии для группы Кромкооблицовочных станков Т-РФ 190 по формуле:

$$I_n = \frac{P_{см}}{\cos\varphi \cdot \sqrt{3} \cdot U_n}, \quad (5.2)$$

где P_n - номинальная мощность отдельного потребителя,
 $\cos\varphi$ - коэффициент мощности отдельного потребителя,
 U_n - номинальное напряжение отдельного потребителя.

$$I_n = \frac{11}{0,6 \cdot 1,73 \cdot 0,38} = 27,88 \text{ А.}$$

Рассчитаем токи в линии для Тельфера:

$$I_n = \frac{2}{0,6 \cdot 1,73 \cdot 0,38} = 5,07 \text{ А.}$$

Найдем ток в линии между РЩ1 и РЩ2:

$$I_{\text{РЩ1-РЩ2}} = 82,17 - 27,88 - 5,07 = 49,3 \text{ А.}$$

По полученному току выбираем кабель для линии между РЩ1 и РЩ2 АВВГ 4х20. Аналогичным образом рассчитываем ток в линии между РЩ3 и РЩ4 и выбираем кабель АВВГ 4х16 ($R_{уд} = 1,95$, $X_{уд} = 0,91$, $l = 17 \text{ м.}$)

Рассчитаем токи для отдельных электроприемников для выбора кабелей и автоматических выключателей:

$$I_n = \frac{P_n}{\cos\varphi \cdot \sqrt{3} \cdot U_n} \quad (5.3)$$

В качестве примера рассчитаем ток в кабеле, идущем от РУ до электроприемника «Пилорама ленточная ТАЙГА СМД-3»:

$$I_n = \frac{30}{0,5 \cdot 1,73 \cdot 0,38} = 91,2 \text{ A.}$$

Результаты расчета токов в линиях других электроприемников и выбранное по этому току оборудование занесены в таблицу 5.4.

Таблица 5.4 – Выбор кабелей и автоматических выключателей для электроприемников

№	Название ЭП	P_H кВт	$\cos \varphi$	I_H, A	Кабель			Автоматический выключатель типа ВА51-31		
					Тип	$r_{уд},$ МОм/м	$x_{уд},$ МОм/ м	I_{HKB}, A	$r_{KB},$ МОм	$x_{KB},$ МОм
1	Пилорама ленточная с электроприводом ТАЙГА СМД-3	30	0,5	91,27	АВВГ 4x25	2,97	1,241	100	2,15	1,2
2	Кромкооблицовочный станок Т-РФ 190	5,5	0,6	13,94	АВВГ 4x4	7,1	0,57	50	7	4,5
3	Ленточно-шлифовальный станок JET JBSM-150	4	0,5	12,17	АВВГ 4x4	7,1	0,57	50	7	4,5
4	Завеса тепловая КЭВ-230П7020W	2,1	0,5	6,39	АВВГ 4x2,5	10,5	0,92	50	7	4,5

Продолжение таблицы 5.4

№	Название ЭП	P_H кВт	$\cos \varphi$	I_H , А	Кабель			Автоматический выключатель типа ВА53-37		
					Тип	$r_{y\partial}$, МОм/м	$x_{y\partial}$, МОм/ м	I_{HKB} , А	r_{KB} , МОм	x_{KB} , МОм
5	МЕТАВО TS 250	2	0,5	6,08	АВВГ 4x2,5	10,5	0,92	50	7	4,5
6	Сушильный комплекс АВМ	20	0,5	60,85	АВВГ 4x20	2,97	1,241	100	2,15	1,2
7	Таль электрическая ТЭ 100	2	0,6	5,07	АВВГ 4x2,5	10,5	0,92	50	7	4,5
8	Моноблочный насос HaNB 32-125.	0,75	0,7	1,63	АВВГ 4x2,5	10,5	0,92	50	7	4,5
9	Вентиляторы	3	0,6	7,61	АВВГ 4x2,5	10,5	0,92	50	7	4,5

6 Расчет токов короткого замыкания

Короткое замыкание – наиболее частая причина вывода системы из нормального режима работы. Основной причиной короткого замыкания является нарушение изоляции между токоведущими частями. Следствие короткого замыкания – резкий скачек тока в цепи и падение напряжения, что ведет к еще большему повреждению изоляции и ненормальной работе электрического оборудования.

Для минимизации последствий КЗ требуется верно определить ток КЗ, выбрать защитную аппаратуру и средства ограничений тока КЗ.

Для определения тока КЗ необходимо произвести расчет суммарных сопротивлений всех элементов. Ниже представлен расчет КЗ в четырех различных точках: на распределительном устройстве трансформатора, на распределительном щите 3, на распределительном щите 4 и на самом мощном электроприемнике, запитанном от РЩ4. Схема для расчета короткого замыкания представлена на рисунке 6.1.

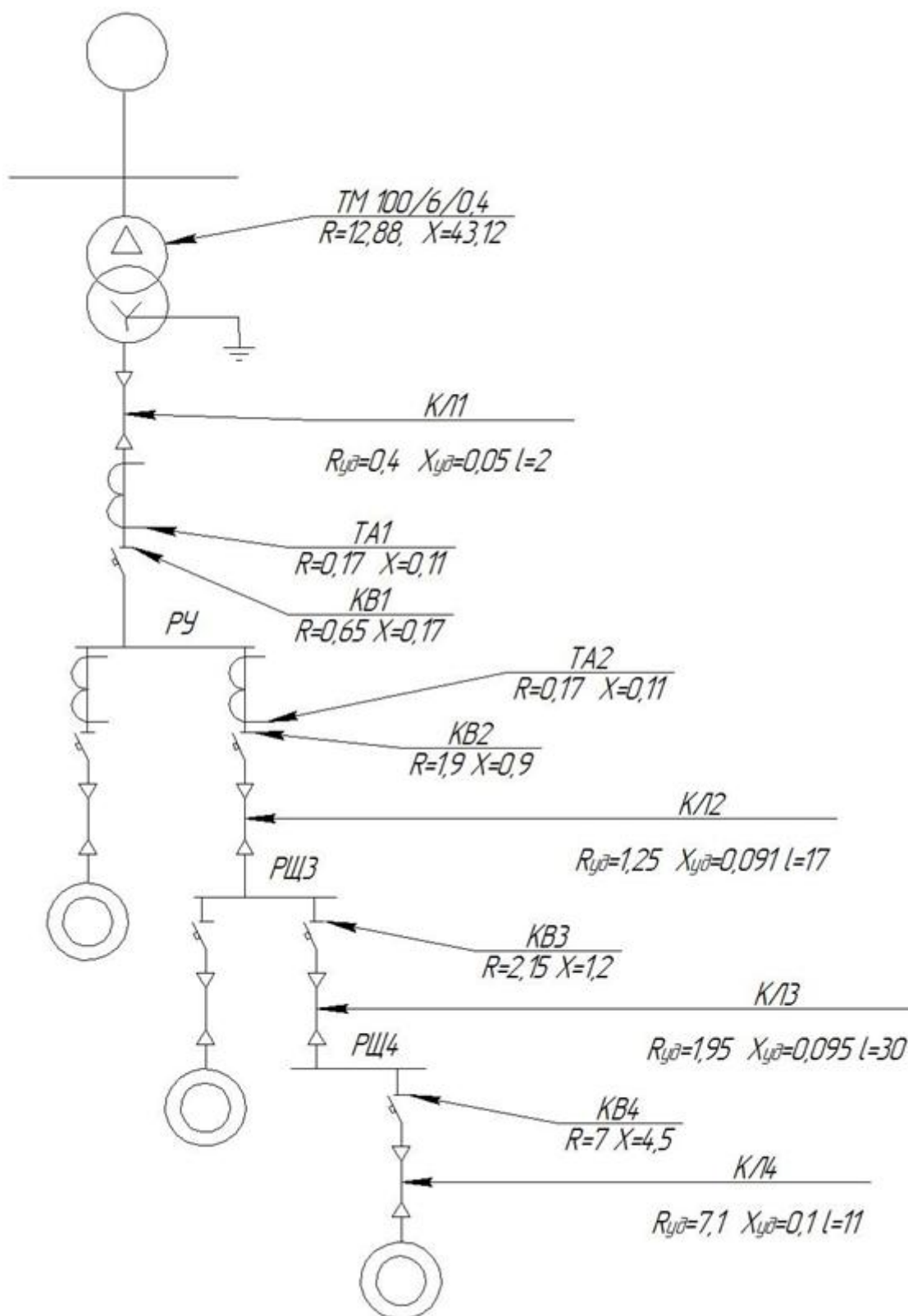


Рисунок 6.1 – Расчетная схема деревообрабатывающего цеха

При расчете КЗ все сопротивления приводим к $U_{БАЗ} = 0,4$ кВ.

В дальнейших расчетах сопротивление системы учитывается как индуктивное сопротивление $Z_c = X_c$ и рассчитывается по формуле:

$$X_c = \frac{U_{Н.НН}^2}{S_K} \cdot 10, \quad (6.1)$$

$$X_c = \frac{0,4^2}{100} \cdot 10^3 = 1,6 \text{ мОм.}$$

Расчет сопротивления КЛ производится по удельным сопротивлениям кабеля и его длине:

$$R_{КЛ} = R_{y\partial} \cdot l, \quad (6.3)$$

$$X_{КЛ} = X_{y\partial} \cdot l. \quad (6.4)$$

Где $R_{y\partial}$, $X_{y\partial}$ - удельные активное и реактивное сопротивления линии

l - длина кабеля

$$R_{КЛ1} = R_{y\partial1} \cdot l = 0,406 \cdot 2 = 0,8 \text{ мОм,}$$

$$X_{КЛ1} = X_{y\partial1} \cdot l = 0,05 \cdot 2 = 0,1 \text{ мОм,}$$

$$R_{КЛ2} = R_{y\partial2} \cdot l = 1,25 \cdot 17 = 21,25 \text{ мОм,}$$

$$X_{КЛ2} = X_{y\partial2} \cdot l = 0,091 \cdot 17 = 1,547 \text{ мОм,}$$

$$R_{КЛ3} = R_{y\partial3} \cdot l = 1,95 \cdot 30 = 58,5 \text{ мОм,}$$

$$X_{КЛ3} = X_{y\partial3} \cdot l = 0,095 \cdot 30 = 2,85 \text{ мОм,}$$

$$R_{КЛ4} = R_{y\partial4} \cdot l = 7,1 \cdot 11 = 78,1 \text{ мОм,}$$

$$X_{КЛ4} = X_{y\partial4} \cdot l = 0,1 \cdot 11 = 1,1 \text{ мОм.}$$

Рассчитаем полное сопротивление Z для каждой точки короткого замыкания в системе:

КЗ 1 (На распределительном устройстве):

$$R_{\Sigma 1} = R_T + R_{TA1} + R_{KB1} + R_{KJI1}, \quad (6.5)$$

$$R_{\Sigma 1} = 12,88 + 0,17 + 0,65 + 0,8 = 14,26 \text{ мОм},$$

$$X_{\Sigma 1} = X_C + X_T + X_{TA1} + X_{KB1} + X_{KJI1}, \quad (6.6)$$

$$= 1,6 + 43,12 + 0,11 + 0,17 + 0,1 = 46,3 \text{ мОм},$$

$$Z_{\Sigma 1}^{(3)} = \sqrt{R_{\Sigma 1}^2 + X_{\Sigma 1}^2}, \quad (6.7)$$

$$Z_{\Sigma 1}^{(3)} = \sqrt{14,26^2 + 46,3^2} = 46,27 \text{ мОм}.$$

КЗ 2 (На распределительном щите 3):

$$R_{\Sigma 2} = R_{\Sigma 1} + R_{KB2} + R_{KJI2} + R_{T2}, \quad (6.8)$$

$$R_{\Sigma 2} = 14,26 + 1,9 + 21,25 + 0,17 = 47,41 \text{ мОм},$$

$$X_{\Sigma 2} = X_{\Sigma 1} + X_{KB2} + X_{KJI2} + X_{T2}, \quad (6.9)$$

$$X_{\Sigma 2} = 46,3 + 15,47 + 0,9 + 0,11 = 63,5 \text{ мОм},$$

$$Z_{\Sigma 2}^{(3)} = \sqrt{R_{\Sigma 2}^2 + X_{\Sigma 2}^2}, \quad (6.10)$$

$$Z_{\Sigma 2}^{(3)} = \sqrt{47,41^2 + 63,5^2} = 75,84 \text{ мОм}.$$

КЗ 3 (На распределительном щите 4):

$$R_{\Sigma 3} = R_{\Sigma 2} + R_{KB3} + R_{KJI3}, \quad (6.11)$$

$$R_{\Sigma 3} = 47,41 + 58,5 + 2,15 = 109,6 \text{ мОм},$$

$$X_{\Sigma 3} = X_{\Sigma 2} + X_{KB3} + X_{KJI3}, \quad (6.12)$$

$$X_{\Sigma 3} = 63,5 + 2,85 + 1,2 = 66,45 \text{ мОм},$$

$$Z_{\Sigma 3}^{(3)} = \sqrt{R_{\Sigma 3}^2 + X_{\Sigma 3}^2}, \quad (6.13)$$

$$Z_{\Sigma 3}^{(3)} = \sqrt{109,6^2 + 66,45^2} = 128,2 \text{ мОм.}$$

КЗ 4 (На ленточно-шлифовальном станке JET JBSM-150):

$$R_{\Sigma 4} = R_{\Sigma 3} + R_{KB4} + R_{KЛ4}, \quad (6.14)$$

$$R_{\Sigma 4} = 109,4 + 78,1 + 7 = 194,5 \text{ мОм,}$$

$$X_{\Sigma 4} = X_{\Sigma 3} + X_{KB3} + X_{KЛ3}, \quad (6.15)$$

$$X_{\Sigma 4} = 66,45 + 1,1 + 4,5 = 72,05 \text{ мОм,}$$

$$Z_{\Sigma 4}^{(3)} = \sqrt{R_{\Sigma 4}^2 + X_{\Sigma 4}^2}, \quad (6.16)$$

$$Z_{\Sigma 4}^{(3)} = \sqrt{194,5^2 + 72^2} = 206,35 \text{ мОм.}$$

Рассчитаем ток металлического трехфазного короткого замыкания по формуле:

$$I_{KM}^{(3)} = \frac{U_{H.HH}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}^{(3)}}, \quad (6.17)$$

$$I_{KM1}^{(3)} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 46,27} = 4,29 \text{ кА,}$$

$$I_{KM2}^{(3)} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 75,84} = 3,1 \text{ кА,}$$

$$I_{KM3}^{(3)} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 128,2} = 1,76 \text{ кА,}$$

$$I_{KM4}^{(3)} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 206,35} = 1,2 \text{ кА.}$$

Ток трехфазного дугового КЗ определяется с помощью снижающего коэффициента, значения которого представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Значение снижающего коэффициента от сопротивления цепи

Момент дугового КЗ	КЗ 1: $Z_{\Sigma 1}^{(3)} = 52,27$ (МОм)	КЗ 2: $Z_{\Sigma 2}^{(3)} = 75,84$ (МОм)	КЗ 3: $Z_{\Sigma 3}^{(3)} = 128,2$ (МОм)	КЗ 4: $Z_{\Sigma 4}^{(3)} = 206,3$ (МОм)
Для начального момента КЗ (K_{C1})	0,78	0,81	0,82	0,83
Для установившегося КЗ (K_{C2})	0,71	0,73	0,74	0,75

Определим ток трехфазного дугового КЗ:

КЗ 1:

$$I_{КД1}^{(3)} = I_{КМ1}^{(3)} \cdot K_{C1} = 4,29 \cdot 0,78 = 3,34 \text{ кА},$$

$$I_{КД1}^{(3)} = I_{КМ1}^{(3)} \cdot K_{C2} = 4,29 \cdot 0,71 = 3,05 \text{ кА}.$$

КЗ 2:

$$I_{КД2}^{(3)} = I_{КМ2}^{(3)} \cdot K_{C1} = 3,1 \cdot 0,81 = 2,52 \text{ кА},$$

$$I_{КД2}^{(3)} = I_{КМ2}^{(3)} \cdot K_{C2} = 3,1 \cdot 0,73 = 2,27 \text{ кА}.$$

КЗ 3:

$$I_{КД3}^{(3)} = I_{КМ3}^{(3)} \cdot K_{C1} = 1,76 \cdot 0,82 = 1,5 \text{ кА},$$

$$I_{КД3}^{(3)} = I_{КМ3}^{(3)} \cdot K_{C2} = 1,76 \cdot 0,74 = 1,4 \text{ кА}.$$

КЗ 4:

$$I_{КД4}^{(3)} = I_{КМ4}^{(3)} \cdot K_{C1} = 1,2 \cdot 0,83 = 1,01 \text{ кА},$$

$$I_{КД4}^{(3)} = I_{КМ4}^{(3)} \cdot K_{C2} = 1,2 \cdot 0,75 = 0,9 \text{ кА}.$$

Определим отношение $\frac{X_{\Sigma 1}^{(3)}}{R_{\Sigma 1}^{(3)}}$ и ударный коэффициент для каждой точки

КЗ:

$$\text{КЗ 1: } \frac{X_{\Sigma 1}^{(3)}}{R_{\Sigma 1}^{(3)}} = \frac{46,3}{24,26} = 1,9 \Rightarrow K_{y\partial.1} = 1,2,$$

$$\text{КЗ 2: } \frac{X_{\Sigma 2}^{(3)}}{R_{\Sigma 2}^{(3)}} = \frac{63,5}{47,41} = 1,33 \Rightarrow K_{y\partial.2} = 1,1,$$

$$\text{КЗ 3: } \frac{X_{\Sigma 3}^{(3)}}{R_{\Sigma 3}^{(3)}} = \frac{66,45}{109,4} = 0,6 \Rightarrow K_{y\partial.3} = 1,05.$$

$$\text{КЗ 4: } \frac{X_{\Sigma 4}^{(3)}}{R_{\Sigma 4}^{(3)}} = \frac{72,05}{194,5} = 0,5 \Rightarrow K_{y\partial.3} = 1.$$

Определим ударный ток для каждой точки КЗ:

$$\text{КЗ 1: } i_{y\partial.1} = K_{y\partial.1} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{KM1}^{(3)} = 1,2 \cdot \sqrt{2} \cdot 4,29 = 7,25 \text{ кА,}$$

$$\text{КЗ 2: } i_{y\partial.2} = K_{y\partial.2} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{KM2}^{(3)} = 1,1 \cdot \sqrt{2} \cdot 3,1 = 4,8 \text{ кА,}$$

$$\text{КЗ 3: } i_{y\partial.3} = K_{y\partial.3} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{KM3}^{(3)} = 1,05 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,76 = 2,64 \text{ кА,}$$

$$\text{КЗ 4: } i_{y\partial.4} = K_{y\partial.4} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{KM4}^{(3)} = 1 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,2 = 1,69 \text{ кА.}$$

Предельная коммутационная способность автоматический выключатель АВ1 типа ВА53-37 $I_D = 20$ кА, а ток трехфазного КЗ $I_{KM1}^{(3)} = 4,29$ (кА).

Предельная коммутационная способность автоматический выключатель АВ2 типа ВА53-37 $I_D = 20$ кА, а ток трехфазного КЗ $I_{KM2}^{(3)} = 3,1$ (кА).

Предельная коммутационная способность автоматический выключатель АВ3 типа ВА51-33 $I_D = 12,5$ кА, а ток трехфазного КЗ $I_{KM3}^{(3)} = 1,76$ (кА).

Предельная коммутационная способность автоматический выключатель АВ4 типа ВА51-33 $I_D = 12,5$ кА, а ток трехфазного КЗ $I_{KM4}^{(3)} = 1,2$ (кА).

Исходя из полученных расчетов, можно сказать, что оборудование выдержит ток трехфазного короткого замыкания.

7 Молниезащита

Расчет защиты от прямых ударов молнии заключается в определении зон защиты, типов защиты и параметров.

По типу молниезащита была выбрана двустержневой. Дальнейший расчет проводился по методическим указаниям [15].

Высота молниеотвода $h = 26$ м., а высота защищаемого сооружения $h_x = 9$ м. Расстояние между стержневыми молниеотводами $L = 30$ м. Надежность защиты была выбрана равной 0,9. По таблице 7.1 определяем необходимые параметры.

Таблица 7.1 – Расчет зоны защиты двустержневого молниеотвода

Надежность защиты	Высота молниеотвода h, м	L_{max} , м	L_c , м
0.9	От 0 до 30	$5,75h$	$2,5h$
	От 30 до 100	$(5,75-3,57 \cdot 10^{-3}(h-30))h$	$2,5h$
	От 100 до 150	$5,5h$	$2,5h$
0,99	От 0 до 30	$4,75h$	$2,25h$
	От 30 до 100	$(4,75-3,57 \cdot 10^{-3}(h-30))h$	$(2,25-0,01007(h-30))h$
	От 100 до 150	$4,5h$	$1,5h$
0,999	От 0 до 30	$4,25h$	$2,25h$
	От 30 до 100	$(4,75-3,57 \cdot 10^{-3}(h-30))h$	$(2,25-0,01007(h-30))h$

Параметры молниезащиты:

$$L_{max} = 5,75 \cdot h, \quad (7.1)$$

$$L_{max} = 5,75 \cdot 26 = 149,5 \text{ м.}$$

$$L_c = 2,5 \cdot h, \quad (7.2)$$

$$L_c = 2,5 \cdot 26 = 65 \text{ м.}$$

где L_{max} - предельная величина расстояние между стержневыми молниеотводами,

L_c - величина расстояния между стержневыми молниеотводами, при которой не будет стрелы провеса.

Так как $L > L_c$, то стрела провеса равна:

$$h_c = \frac{L_{max} - L}{L_{max} - L_c} h_0, \quad (7.3)$$

$$h_c = \frac{149,5 - 30}{149,5 - 65} 22,1 = 10,8 \text{ м.}$$

По таблице 7.2 определим параметры молниезащиты.

Таблица 7.2 – Параметры молниезащиты

Надежность защиты	Высота молниеотвода h, м	Высота конуса h ₀ , м	Радиус конуса r ₀ , м
0,9	От 0 до 100	0,85h	1,2h
	От 100 до 150	0,85h	(1,2-10 ⁻³ (h-100))h
0,99	От 0 до 30	0,8h	0,8h
	От 30 до 100	0,8h	(0,8-1,43·10 ⁻³ (h-30))h
	От 100 до 150	(0,8-10 ⁻³ (h-100))h	0,7h
0,999	От 0 до 30	0,7h	0,6h
	От 30 до 100	(0,7-7,14·10 ⁻⁴ (h-30))h	(0,6-1,43·10 ⁻³ (h-30))h
	От 100 до 150	(0,65-10 ⁻³ (h-100))h	(0,5-2·10 ⁻³ (h-100))h

Параметры молниезащиты:

$$h_0 = 0,85 \cdot h, \quad (7.4)$$

$$h_0 = 0,85 \cdot 26 = 22,1 \text{ м,}$$

$$r_0 = 1,2 \cdot h, \quad (7.5)$$

$$r_0 = 1,2 \cdot 26 = 26,48 \text{ м,}$$

Радиус горизонтального сечения r_x определяется по формуле:

$$r_x = \frac{r_0 \cdot (h_0 - h_x)}{h_0}, \quad (7.6)$$

$$r_x = \frac{26,48 \cdot (22,1 - 9)}{22,1} = 15,69 \text{ м.}$$

Исходя из полученных данных, была построена зона двух защитных стержневых молниеотводов, изображенная на рисунках 7.1-7.3.

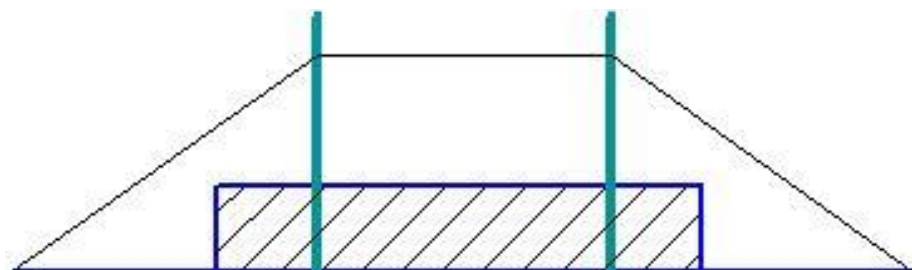


Рисунок 7.1 – Зона действия молниезащиты. Вид спереди

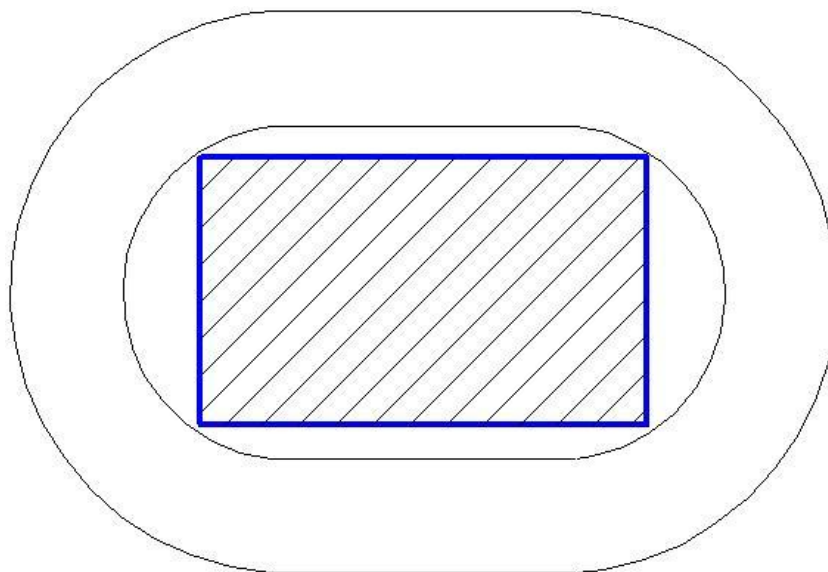


Рисунок 7.2 – Зона действия молниезащиты. Вид сверху

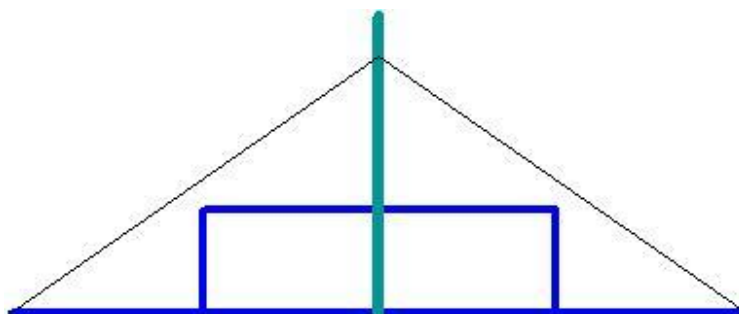


Рисунок 7.3 – Зона действия молниезащиты. Вид сбоку

8 Расчет контурного защитного заземления деревообрабатывающего цеха

Контурное защитное заземление состоит из вертикальных электродов и горизонтально расположенной соединительной полосой. Все части конструкции соединены между собой болтовыми соединениями.

Для уменьшения размеров и экономических затрат на сооружение УЗЗ рекомендуется использовать сопротивление естественных заземлителей, в качестве которых можно использовать:

1. Свинцовые оболочки кабелей;
2. Инженерные сооружения, проложенные в земле, кроме трубопроводов для горючих жидкостей;
3. Грозозащита опор линий электропередачи.

Расчет УЗЗ выполнен, исходя из допустимого, согласно ПУЭ, сопротивления заземлителя растеканию тока методом коэффициентов использования. Вертикальные заземлители выполнены омедненным резьбовым штырем $d = 30\text{мм}$, длиной $l_{\text{тр}} = 2\text{м} = 200\text{см}$. Горизонтальные заземлители исполняются в виде стальных полос $40 \times 5\text{ мм}$. Грунт – супесок с $\rho_{\text{сп}} = 300\text{ Ом}\cdot\text{м} = 300000\text{ Ом}\cdot\text{см}$.

Находим сопротивление растеканию тока через одиночный заземлитель с $d = 30\text{мм}$:

$$R_{\text{тр}} = \frac{0,9 \cdot \rho}{l_{\text{тр}}} \quad (8.1)$$

$$R_{\text{тр}} = \frac{0,9 \cdot 30000}{200} = 135\text{ Ом}$$

Примерное число заземлителей без учета коэффициента экранирования:

$$n = \frac{R_{\text{тр}}}{r} \quad (8.2)$$

$$n = \frac{135}{4} = 31,75 \approx 32$$

Где r – допустимое сопротивление заземляющего устройства, $r = 4$ Ом

Для уменьшения эффекта экранирования примем расстояние между соседними заземлителями равным – 4м. В данном случае длина заземляющего штыря $l_{\text{тр}} = 2$ м. Тогда отношение расстояния между заземлителями к длине заземляющего штыря равно 2.

По таблице 8.1 определим коэффициент экранирования заземлителей. Отношение расстояния к длине = $4/2 = 2$. Количество труб $n = 34 \approx 40$. Тогда $n_{\text{тр}} = 0,55..0,61$. Принимаем $n_{\text{тр}} = 0,6$.

Таблица 8.1 – Коэффициенты экранирования заземляющих штырей

Число труб	Отношение расстояния к длине	$\eta_{\text{тр}}$	Отношение расстояния к длине	$\eta_{\text{тр}}$
4	1	0,65...0,71	2	0,76...0,80
6	1	0,57...0,64	2	0,71...0,75
10	1	0,51...0,57	2	0,66...0,71
20	1	0,45...0,49	2	0,61...0,66
40	1	0,37...0,43	2	0,55...0,61
60	1	0,35...0,41	2	0,52...0,58

Количество заземляющих стержней с учетом коэффициента экранирования:

$$n_1 = \frac{n}{n_{\text{тр}}} \quad (8.3)$$

$$n_1 = \frac{32}{0,6} = 51,6 \approx 52$$

Зная количество заземлителей и расстояние между ними, можно определить длину заземляющей полосы:

$$l_n = n_1 \cdot a \quad (8.4)$$

$$l_n = 52 \cdot 4 = 208 \text{ м}$$

Где a – расстояние между заземлителями, $a=4\text{м}$.

А также длину заземляющей полосы можно определить исходя из периметра здания. Так как длинна цеха - 50м, ширина цеха – 30м, длина склада – 15, ширина склада – 12,2 периметр $P = 200,2\text{м}$. Длина заземляющей полсы $l_n = P + 5..10 = 210\text{м}$. Поправка в 5..10м вводится для учета того, что заземляющая полоса будет проложена по периметру дверей и окон.

Расчет длинны произведен верно, так как результаты совпадают. Сопротивление растеканию электрического тока через соединительную полосу:

$$R_n = \frac{\rho}{l_n} \cdot 2,1 \quad (8.5)$$

$$R_n = \frac{30000}{17200} \cdot 2,1 = 3,5 \text{ Ом}$$

Результат сопротивления растеканию:

$$R_3 = \frac{R_{тр} \cdot R_n}{n_n \cdot R_{тр} + n_{тр} \cdot R_n \cdot n_1} \quad (8.6)$$

$$R_3 = \frac{135 \cdot 3,5}{1 \cdot 135 + 0,6 \cdot 3,5 \cdot 43} = 2,09 \text{ Ом}$$

Допустимое сопротивление заземляющего устройства на электрических установках напряжением до 1000 В равно не более 4 Ом. По результатам расчетов получено сопротивление 2,09 Ом. Расчет заземления выполнен верно.

Схема подключения оборудования к внутреннему и внешнему заземляющему контуру, а также способы прокладки этих контуров представлены на шестом чертеже формата А1.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В бакалаврской работе были рассчитаны ожидаемые электрические нагрузки по деревообрабатывающему цеху. По итогам расчетов, нагрузка без учета освещения составила $S_p=322$ кВА. Расчет освещения производился в программе DIALux, по итогам которых были выбраны лампы типа ДРЛ НВТ 400М для помещений с высотой 9м, и люминесцентные лампы типа Arctic 158 для помещений высотой 4,2м. Итого ожидаемая электрическая нагрузка по цеху с учетом освещения - $S_p=360,59$ кВА.

В соответствии с ожидаемой нагрузкой и категорией надежности потребителей были предложены два варианта электроснабжения: от 2КТП с трансформаторами ТМГ-100 или от КТП с трансформатором ТМГ-250 и резервного кабеля от соседней ТП. Исходя из затрат на компенсацию реактивной мощности был выбран наиболее дешевый и надежный вариант – 2КТП-100/6/0,4.

Оборудование проверено на стойкость к токам короткого замыкания и на стойкость к ударному току короткого замыкания.

Произведен выбор трансформаторов тока, кабелей и автоматических выключателей, исходя из значений расчетных токов и расчётной мощности.

Выполнен расчет молниезащиты, по результатам которого были выбраны два стержневых молниеотвода высотой 26м. Молниеотводы расположены на крыше здания, расстояние между ними 30м.

В результате расчета заземления были приняты к установке 52 вертикальных заземлителя, соединенных между собой горизонтальной заземляющей полосой.

Список использованных источников

1. Вахнина, В.В. Проектирование систем электроснабжения машиностроительных предприятий: Учеб. пособие/ В.В Вахнина, В.Л Горячева, Ю.В Степкина - Тольятти: ТГУ, 2004. С.67
2. Вахнина, В.В. Компенсация реактивной мощности в системах электроснабжения промышленных предприятий: учеб. пособие. / В.В. Вахнина – Тольятти : ТГУ, 2006. – 69 с.
3. Вахнина, В.В. Электроснабжение промышленных предприятий и городов: учебно-методическое пособие для практических занятий и курсового проектирования / В.В. Вахнина, А.Н. Черненко. – Тольятти: ТГУ, 2007.
4. Вахнина, В.В. Проектирование системы электроснабжения цеха предприятия: метод. указания по курсовому проектированию/ В.В. Вахнина, А.Н. Черненко - Тольятти: ТГУ 2008. – 80 с.
5. Правила устройства электроустановок, Кнорус, М. 2007 г.
6. Рожин, А.Н. Внутрицеховое электроснабжение. Учебное пособие/ А.Н Рожин, Н.С. Бакаева - Киров: Изд-во ВятГУ, 2006. – 258 с.
7. Алиев, И.И. Кабельные изделия: Справочник/ И.И.Алиев — М.: ИП Радиософт, 2009.- 224 с.
8. Балаков, Ю.Н. Проектирование схем электроустановок: Учебное пособие для вузов/ Ю.Н. Балаков. - М.:Издательский дом МЭИ, 2006.-288 с.
9. Лыкин, А.В. Электрические системы и сети: учебное пособие/ А.В. Лыкин. – М.: Университетская книга, 2008. – 254 с.
10. Useful Formulas for lighting calculation [Электронный ресурс] — URL: <http://www.lightsearch.com/resources/lightguides/formulas.html> (дата обращения 9.05.2016).

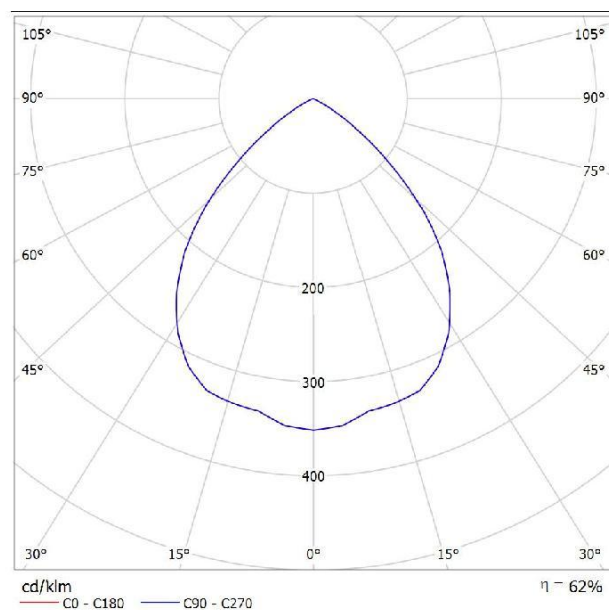
11. Lightning protection systems [Электронный ресурс] — URL: <http://stormhighway.com/protection.php> (дата обращения 1.05.2016).
12. Differential Protection of Transformer [Электронный ресурс] — URL: <http://www.electrical4u.com/differential-protection-of-transformer-differential-relays/> (дата обращения 9.05.2016).
13. Кнорринг, Г.М. Осветительные установки / Г.М. Кнорринг. – Л.: Энергоиздат, 1981. – 228 с.
14. Старкова, Л.Е. Электрическое освещение: учебное пособие / Л.Е. Старкова. – Вологда: ВоГТУ, 2000. – 108 с.
15. Заземление на ZANDZ.RU. Удельное сопротивление грунта [Электронный ресурс]. — URL: http://www.zandz.ru/udelnoe_soprotivlenie_grunta.html (дата обращения 10.05.2016).
16. Самарский электрощит. Комплектные трансформаторные подстанции [Электронный ресурс]. — URL: http://electroshield.ru/sections/komplektnye_transformatornye_podstancii/ (дата обращения 15.05.2016).
17. ГОСТ 12.3.042-88. ССБТ. Деревообрабатывающее производство. Общие требования безопасности. Введен с 01.01.90г.
18. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение / Госстрой России Введ. 01.01.1996 взамен СНиП II-4-79 с изм. от 29 мая 2003 г. № 44.
19. ГОСТ 2.710-81. ЕСКД. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах. Введен с 01.07.1981г.
20. Overcurrent protection [Электронный ресурс] — URL: <http://www.mechprod.com/blog/bid/282266/Overcurrent-Protection-and-Overcurrent-Protection-Devices> (дата обращения 18.05.2016).
- 21.7 Key step in lighting design process [Электронный ресурс] — URL: <http://electrical-engineering-portal.com/7-key-steps-in-lighting-design-process> (дата обращения 25.04.2016).

Приложение А



LIGHTINGTECHNOLOGIES - НВТ 400М IP23 / Паспорт светильника

Место выхода света 1:



Классификация светильников по CIE: 100

CIE Flux Code: 72 98 100 100 62

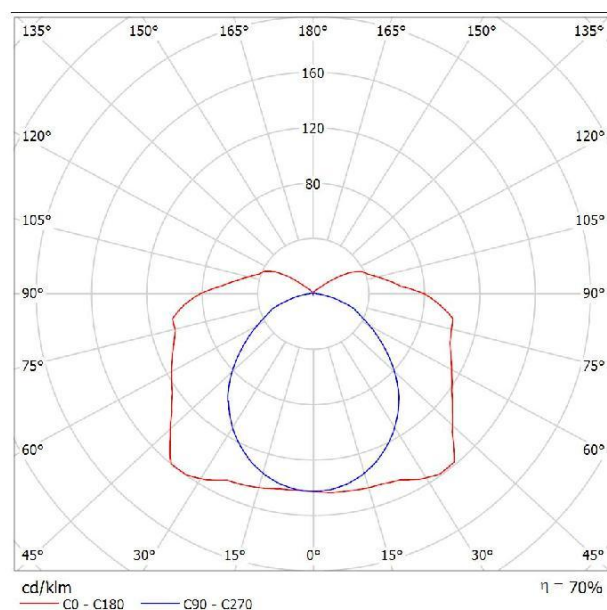
Подвесной светильник для освещения промышленных предприятий с алюминиевым корпусом, гладким отражателем и защитным стеклом. Имеет высокую степень защиты IP66 и высокий световой поток. В качестве источника света используется газоразрядная лампа высокого давления до 400 Вт. Светильник комплектуется рассеивателем из силикатного стекла.

Приложение Б



LIGHTINGTECHNOLOGIES - ARCTIC 158 / Паспорт светильника

Место выхода света 1:



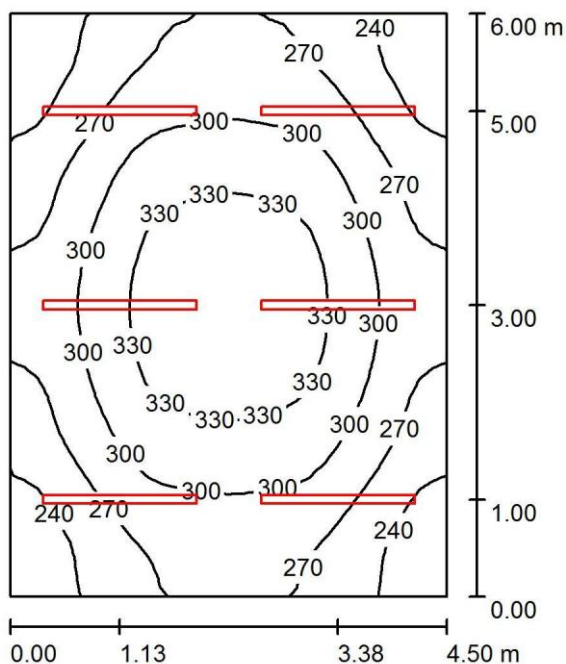
Классификация светильников по CIE: 86

CIE Flux Code: 36 65 85 86 70

Светильник промышленного освещения с высокой степенью IP и высокой светоотдачей. Возможно изготовление светильников различных модификаций: для экстремальных температур, со II классом защиты от поражения электрическим током, с аварийным блоком и управлением освещением. В роли источника света применяются люминесцентные лампы (T8 или T5).

Приложение В

Вентиляционная



Высота помещения: 4.200 m, Монтажная высота: 4.200 m,
Коэффициент эксплуатации: 0.80

Значения в Lux, Масштаб 1:78

Поверхность	ρ [%]	E_{cp} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E / E	
					min	cp
Рабочая плоскость	/	287	219	347	0.764	
Полы	20	236	189	274	0.798	
Потолок	70	193	111	391	0.574	
Стенки (4)	50	244	113	516	/	

Рабочая плоскость:

Высота: 0.850 m
Растр: 32 x 32 Точки
Краевая зона: 0.000 m

Ведомость светильников

№	Шт.	Обозначение (Поправочный коэффициент)	Φ (Светильник) [lm]	Φ (Лампы) [lm]	P [W]
1	6	LIGHTINGTECHNOLOGIES - ARCTIC 158 (1.000)	3640	5200	58.0
Всего:			21840	31200	348.0

