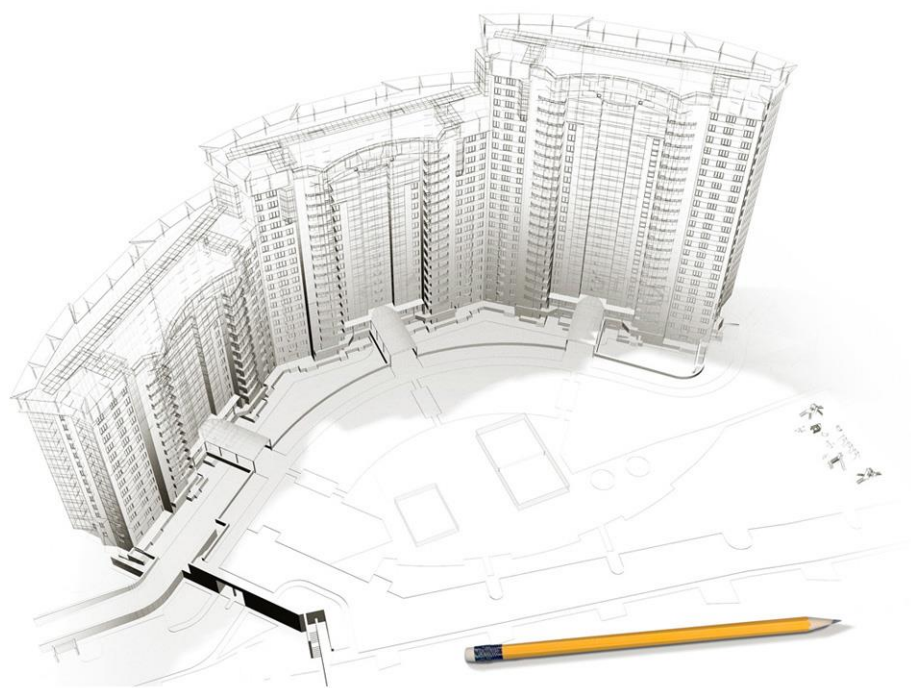


ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

(КУРСОВАЯ РАБОТА)



2014

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

1. Общая часть

- 1.1. Характеристика объекта электроснабжения электрических нагрузок и его технологического процесса
- 1.2. Классификация помещений по взрыво-, пожаро-, электробезопасности

2. Расчетно–конструкторская часть

- 2.1. Категория надежности электроснабжения и выбор схемы электроснабжения
- 2.2. Расчет электрических нагрузок
- 2.3. Расчет компенсирующего устройства
- 2.4. Выбор числа и мощности трансформаторов
- 2.5. Расчет и выбор питающих линий высокого напряжения
- 2.6. Расчет и выбор магистральных и распределительных сетей напряжением до 1000В (выбор аппаратов защиты и распределительных устройств, выбор марок и сечений проводников, типа шинопроводов)
- 2.7. Расчет токов короткого замыкания
- 2.8. Выбор электрооборудования подстанции и проверка его на отсутствие токов короткого замыкания

3. Расчет заземляющего устройства

4. Организационные и технические мероприятия

- 4.1. Мероприятия по охране труда, техники безопасности
- 4.2. Мероприятия по охране окружающей среды

ВВЕДЕНИЕ

Электроэнергетика играет ведущую роль во всех отраслях народного хозяйства. На современном этапе эта роль значительно возрастает.

Задачи по развитию электроэнергетики предусматривают опережающие темпы роста производства электроэнергии. Первостепенное значение должно придаваться экономному расходованию топливно–энергетических ресурсов.

1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1.1 Характеристика объекта электроснабжения электрических нагрузок и его технологического процесса

Участок токарного цеха предназначен для обеспечения производственной продукции всего цеха. Он является составной частью цеха металлоизделий.

Участок токарного цеха имеет станочное отделение, где размещен станочный парк, вспомогательные (склады, инструментальная, мастерская и др.) и бытовые (раздевалка, комната отдыха) помещения.

Транспортные операции выполняются с помощью кран-балок и наземных электротележек. ТП расположена в пристройке цеха металлоизделий.

Каркас здания сооружен из блоков –секций длиной 6и 4 м каждый.

Размеры участка цеха $A \times B \times H = 48 \times 28 \times 8$ м.

Все помещения, кроме станочного отделения, двухэтажной высотой 3,6 м.

Перечень электрооборудования цеха дан в таблице 2.

Мощность электропотребления ($P_{ЭП}$) указана для одного электроприемника.

Расположения электрооборудования цеха показано на плане (рис. 1.)

1.2 Классификация помещений по взрыво-, пожаро-, электробезопасности

Помещение токарного цеха относят к сухим, так как относительная влажность воздуха не превышает 60% (1, п. 1.1.6). Токарный цех – объект с сильной запыленностью, поэтому помещения относят к пыльным, в них по условиям производства выделяется технологическая пыль в таком количестве, что она может оседать на проводах, проникать внутрь машин – (1, п. 1. 1.11).

Помещения невзрывоопасны, так как в них не находятся и не используются в работе вещества, образующие с воздухом взрывоопасные смеси (1, гл. 1.3).

По пожароопасности помещения токарного цеха относят к непожароопасным, так как в них отсутствуют условия, приведенные в (1, гл. 1.4)

2. Расчетно–конструкторская часть

2.1. Категория надежности электроснабжения и выбор схемы электроснабжения

Цеховые сети делят на питающие, которые отходят от источника питания (подстанции), и распределительные, к которым присоединяются электроприемники. Схемы электрических сетей могут выполняться радиальными и магистральными.

Радиальные схемы характеризуются тем, что от источника питания отходят линии, питающие крупные электроприемники или групповые распределительные пункты, от которых, в свою очередь, отходят самостоятельные линии, питающие прочие мелкие электроприемники. Такие схемы обеспечивают высокую надежность питания.

Магистральные схемы применяют при равномерном распределении нагрузки по площади цеха. Они не требуют установки распределительного щита, что упрощает и удешевляет сооружение цеховой подстанции.

В данном КП собственная ТП является пристроенной, электроснабжение осуществляется по магистральной схеме. От шинпровода ТП запитываются все электроприемники цеха.

2.2 Расчет электрических нагрузок

Электрические нагрузки насчитываются для последующего выбора и проверки токоведущих элементов и трансформаторов по нагреву и экономическим показателям.

Расчет электрических нагрузок производим по средней мощности и коэффициенту максимума (метод упорядочных диаграмм).

Все электроприемники разбиваем по силовым пунктам и на группы одного режима работы и определяем максимальные расчетные нагрузки.

Для электроприемников по 2, табл. 212 определяем коэффициент использования $K_{\text{И}}$, коэффициент мощности $\cos \varphi$ и, соответственно, $\tan \varphi$. Результаты выбора заносим в таблицу.

Для электроприемников, работающих в ПКР, приводим их работу к длительному режиму (кран-балка).

$$P_{\text{НОМ ПВ}} 100\% = P_{\text{П}} * \sqrt{\text{ПВ}} \text{ (2, с. 27) (1)}$$

$$P_{\text{НОМ}} = 4,8 * \sqrt{0,6} = 3,36 \text{ кВт}$$

Среднесменная нагрузка электроприемников за наиболее загруженную смену определяется

$$P_{\text{СМ}} = K_{\text{И}} * P_{\text{НОМ}}, \text{ (2, с. 52) (2)}$$

где $K_{И}$ - коэффициент использования

$$P_{CM1} = 0,17 * 18 = 3,06 \text{ кВт}$$

Суммарная нагрузка силового пункта

$$\Sigma P_{CM} = 3,06 + 1,008 + 1,7 + 1,728 + 4,4 + 4,76 + 3,528 + 1,56 + 1,176 + 1,36 + 0,512 + 5,1 + 14,4 + 3,654 = 47,95 \text{ кВт}$$

определяем реактивную мощность электроприемников за наиболее загруженную смену

$$Q_{CM} = P_{CM} * \operatorname{tg} \varphi. \text{ (2, с.51) (3)}$$

$$Q_{CM1} = 3,06 * 1,15 = 3,519 \text{ квар}$$

Суммарная реактивная нагрузка

$$\Sigma Q_{CM} = 3,519 + 1,734 + 1,955 + 2,972 + 3,3 + 5,474 + 6,068 + 2,683 + 2,023 + 2,339 + 0,881 + 5,865 + 24,77 + 6,285 = 69,87 \text{ квар}$$

При расчете максимальной нагрузки выбираем условия расчета эффективного числа электроприемников.

Определяем коэффициент использования СП

$$K_{И} = \frac{\Sigma P_{CM}}{\Sigma P_{НОМ}} \text{ (2, с.52) (4)}$$

$$\Sigma P_{НОМ}$$

Где $\Sigma P_{НОМ}$ – номинальная мощность СП

$$K_{И} = \frac{47,95}{293,6} = 0,16$$

Так как эффективное число определяется для группы электроприемников, присоединенных к силового пункта, то необходимо учитывать модуль сборки

$$m = \frac{P_{\text{ном max}}}{P_{\text{ном min}}}, (2, \text{ с. 55}) (5)$$

где m – модуль силовой сборки;

$P_{\text{ном max}}$ – номинальная мощность наибольшего электроприемника группы;

$P_{\text{ном min}}$ – номинальная мощность наименьшего электроприемника группы.

$$m = \frac{90}{9,375} > 3$$

При расчете максимальной нагрузки выбираем условия расчета эффективного числа n_{Σ} . Так как для СП

$$n > 5; K_{\Sigma} > 0,2; P_{\text{ном}} = \text{const}$$

эффективное число электроприемников определяется по формуле

$$n_{\Sigma} = \frac{2 \cdot \sum P_{\text{ном}}}{P_{\text{ном max}}}, (2, \text{ с. 52}) (6)$$

$$P_{\text{ном max}}$$

$$n_{\Sigma} = \frac{2 \cdot 293,6}{9,375} = 20$$

Зная эффективное число электроприемников n_{Σ} и групповой коэффициент использования K_{Σ} (по 2, таблица 2.13) определяем $K_{\text{MAX}} = 1,5$

Определяем активную максимальную мощность

$$P_{\text{MAX}} = K_{\text{MAX}} \cdot \sum P_{\text{см}} (2, \text{ с. 56}) (7)$$

$$P_{\text{MAX}} = 1,5 \cdot 47,95 = 71,925 \text{ кВт}$$

Определяем реактивную максимальную мощность

$$Q_{MAX} = K' * Q_{CM} \text{ (2, с. 56) (8)}$$

$$K' = 1,1 \text{ при } < 10$$

$$K' = 1 \text{ при } > 10$$

$$Q_{MAX} = 1 * 69,87 = 69,87 \text{квар}$$

Полная максимальная мощность определяется

$$S_{MAX} = \sqrt{P_{MAX}^2 + Q_{CM}^2} \text{ (2, с. 51) (9)}$$

$$S_{MAX} = \sqrt{71,925^2 + 20^2} = 74,65 \text{ кВА}$$

Максимальный ток нагрузки силового пункта

$$I_{MAX} = \frac{S_{max}}{\sqrt{3} * U}$$

$$I_{MAX} = \frac{74,65}{\sqrt{3} * 0,38} = 115,5 \text{ А}$$

Расчетную нагрузку токарного цеха на освещение находим по удельной установленной мощности

$$P_{НОМО} = P_{уд} * F, \text{ (2, с.60) (10)}$$

где $P_{уд}$ – удельная мощность, по заданию 18 Вт/м²

$$F – \text{площадь, } 48 * 28 = 1344 \text{ м}^2$$

$$P_{НОМО} = 18 * 1344 = 24,192 \text{ кВт}$$

Максимальная расчетная активная мощность находится

$$P_{РО} = K_{CO} * P_{НОМО}, \text{ (2, с. 51) (11)}$$

где K_{CO} – коэффициент спроса ; 0,95

$$P_{PO} = 0,95 * 24,192 = 22,98 \text{ кВт}$$

Реактивная мощность на освещение находится

$$Q_{PO} = P_{PO} * \operatorname{tg} \varphi, (2, \text{ с. } 51) (12)$$

где $\operatorname{tg} \varphi = 0,33$ - освещение выполнено лампами ЛБ

$$Q_{PO} = 22,98 * 0,33 = 7,58 \text{ квар}$$

Активная, реактивная и полная мощность, потребляемая цехом, составит

$$P_{MAX} = P_{MAX \text{ сил}} + P_{PO}$$

$$Q_{MAX} = Q_{MAX \text{ сил}} + Q_{PO}$$

$$P_{MAX} = 71,93 + 22,98 = 94,91 \text{ кВт}$$

$$Q_{MAX} = 69,87 + 7,58 = 77,45 \text{ квар}$$

$$S_{MAX} = \sqrt{P_{MAX}^2 + Q_{MAX}^2}$$

$$S_{MAX} = \sqrt{94,91^2 + 77,45^2} = 124,83 \text{ кВА}$$

Наименование	Рквт	n	ΣР	m	Ки
Шинопровод					
Токарно-револьверные станки	9	2	18		0,17
Кран –балки	3,36	3	10,08		0,1
Токарные станки с ЧПУ	5	2	10		0,17
Сверлильно-фрезерные станки	7,2	2	14,4		0,12

Кондиционер	5,5	1	5,5		0,8
Токарные станки с ЧПУ повышенной точности	7	4	28		0,17
Координатно- сверлильные горизонтальные станки	9,8	3	29,4		0,12
Строгальный станок	12	1	12		0,13
Сверлильно- фрезерные станки	4,2	2	8,4		0,14
Шлифовальный станок	8,5	1	8,5		0,16
Наждачный станок	3,2	1	3,2		0,16
Токарно многоцелевые прутково- патронные модули	15	2	30		0,17
Токарно вертикальные полуавтоматы с ЧПУ	30	3	90		0,16
Координатно- сверлильные вертикальные станки	8,7	3	26,1		0,14
Итого	3,2-30	30	293,6	>3	0,16
Освещение			24,192		0,95
Итого по НН			317,79		

Cost	Tgl	Pcm	Qcm	пэ	K _{MAX}	P _{MAX}	Q _{MAX}	S _{MAX}	I _{MAX}
0,65	1,15	3,06	3,519						
0,5	1,72	1,008	1,734						
0,65	1,15	1,7	1,955						
0,5	1,72	1,728	2,972						
0,8	0,75	4,4	3,3						
0,65	1,15	4,76	5,474						
0,5	1,72	3,528	6,068						
0,5	1,72	1,56	2,683						
0,5	1,72	1,176	2,023						
0,5	1,72	1,36	2,339						
0,5	1,72	0,512	0,881						
0,65	1,15	5,1	5,865						
0,5	1,72	14,4	24,77						
0,5	1,72	3,654	6,285						
		47,95	69,87	20	1,5	71,93	69,87	74,65	115,5
0,95	0,33	22,98	7,58			22,98	7,58	24,192	37,44
		70,93	77,45			94,91	77,45	98,83	152,94

2.3 Расчет компенсирующего устройства

Для определения средневзвешенного коэффициента мощности определяем величины годового расхода активной и реактивной энергии

$$W_{\text{Год}} = W_C + W_O \quad (2, \text{ с. 69}) \quad (13)$$

$$V_{\text{Год}} = V_C + V_O \quad (2, \text{ с. 69}) \quad (14)$$

где W_C, V_C – годовой расход активной и реактивной энергии

Годовой расход электроэнергии силовыми приемниками

$$W_C = P_{\text{СМ}} * T_C \quad (2, \text{ с. 69}) \quad (15)$$

$$V_C = Q_{\text{СМ}} * T_C \quad (2, \text{ с. 69}) \quad (16)$$

где T_C - годовое число часов работы оборудования, при двухсменной работе по табл. 2. 20 (2)

$$W_C = 47,95 * 3950 = 189402,5 \text{ кВт ч}$$

$$V_C = 69,87 * 3950 = 275986,5 \text{ квар ч}$$

Годовой расход электроэнергии на освещение

$$W_O = P_{\text{РО}} * T_{\text{О СР}} \quad (2, \text{ с. 69}) \quad (17)$$

$$V_O = Q_{\text{РО}} * T_{\text{О СР}} \quad (2, \text{ с. 69}) \quad (18)$$

где $T_{\text{О СР}} = 1600$ ч – по табл. 2. 20 (2)

$$W_O = 22,98 * 1600 = 36768 \text{ кВт ч}$$

$$V_O = 7,58 * 1600 = 12128 \text{ квар ч}$$

$$W_{\text{Год}} = 189402,5 + 36768 = 226170,5 \text{ кВт ч}$$

$$V_O = 275986,5 + 12128 = 288114,5 \text{ квар ч}$$

Средневзвешенный коэффициент мощности

$$\cos \varphi_{\text{СР ВЗВ}} = \frac{W_{\text{Год}}}{\sqrt{W_{\text{Год}}^2 + V_O^2}} \quad (2, \text{ с. 69}) \quad (19)$$

$$\sqrt{W_{\text{Год}}^2 + V_O^2}$$

$$\cos \varphi_{\text{CP ВЗВ}} = \frac{226170,5}{\sqrt{226170,5^2 + 288114,5^2}} = 0,61$$

Определяем мощность компенсирующего устройства

$$Q_{\text{КУ}} = Q_{\text{М}} - Q_{\text{Э}}, (2, \text{ с. 125}) (20)$$

где $Q_{\text{М}} = P_{\text{М}} * \operatorname{tg} \ell_{\text{М}}$; $P_{\text{М}}$ – мощность активной нагрузки предприятия в часы максимума энергосистемы, принимая по $P_{\text{СМ}}$ наиболее загруженной смены;

$Q_{\text{Э}}$ – мощность, предоставленная энергосистемой

$$Q_{\text{КУ}} = P_{\text{СМ}} (\operatorname{tg} \ell_{\text{CP ВЗВ}} - \operatorname{tg} \ell_{\text{Э}}) (2, \text{ с. 125}) (21)$$

$$Q_{\text{КУ}} = P_{\text{СМ}} * \operatorname{tg} \ell_{\text{CP ВЗВ}} + P_{\text{ДОП}} * \operatorname{tg} \ell_{\text{ДОП}} - (P_{\text{СМ}} + P_{\text{ДОП}}) * \operatorname{tg} \ell_{\text{ДОП}}$$

$$Q_{\text{КУ}} = (70,93 * 1,29 + 400 * 0,75) - (70,93 + 400) * 0,75 = 38,3 \text{ квар}$$

Для установки в КТП выбираем компенсирующее устройство типа КС2, 3 серия $Q_{\text{К}} = 40$ квар, $U = 0,4$ кв, $n = 1$ шт – табл. 3. 238 (4)

Мощность потребителей ТП с учетом компенсирующего устройства определяется по формуле

$$S_{\text{МАХ КУ}} = \sqrt{(P_{\text{МАХ}} + P_{\text{ДОП}})^2 + [(P_{\text{МАХ}} * \operatorname{tg} \ell_{\text{CP ВЗВ}} + P_{\text{ДОП}} * \operatorname{tg} \ell_{\text{ДОП}}) - Q_{\text{КУ}}]^2} (22)$$

$$S_{\text{МАХ КУ}} = \sqrt{94,91^2 + 400^2 + [(94,91 * 1,29 + 400 * 0,75) - 40]^2} = 496 \text{ кВА}$$

Коэффициент мощности с учетом компенсирующего устройства

$$\cos \varphi_{\text{КУ}} = \frac{P_{\text{МАХ}} * P_{\text{ДОП}}}{S_{\text{МАХ КУ}}}, (23)$$

$$\cos \varphi_{\text{КУ}} = \frac{94,91 * 400}{496} = 0,99$$

2.4 Выбор числа и мощности трансформаторов

Трансформаторные подстанции должны размещаться как можно ближе к центру нагрузок. Это позволяет построить экономичную и надежную систему электроснабжения, так как сокращается протяженность сетей вторичного напряжения, уменьшается зона аварий, облегчается и удешевляется развитие электроснабжения, так как строят подстанции очередями по мере расширения производства.

По заданию проектируемая токарным цехом – потребитель 3 категории. Для потребителей 3 категории надежности электроснабжения допускается перерыв в электроснабжении, необходимый для ремонта и замены поврежденного элемента системы электроснабжения, не превышающий 24 ч. выбираем однотрансформаторную подстанцию. Так как график нагрузки потребителей неизвестен, выбираем мощность трансформатора на основе расчетной максимальной нагрузки.

Условие выбора мощности трансформатора для однотрансформаторной подстанции

$$S_{\text{НОМ М}} > S_{\text{МАХ КУ}} \quad (22)$$

Мощность трансформатора выбирается с учетом перегрузочной способности трансформатора. Суммарная перегрузка за счет суточной и летней недогрузок должна быть не более 300%.

Намечаем и сравниваем 2 варианта.

1 вариант – трансформатор ТМ 630/10.

2 вариант – трансформатор ТМ 1000/10.

С учетом перегрузки трансформатора ТМ1000/10 на 30% условия выполняются

$$630 \text{ кВА} > 496 \text{ кВА}$$

Проведем технико-экономическое сравнение выбранных вариантов.
Технические данные приведены в таблице 3.

Таблица 3

Тип тр-ра	Номинальная мощность кВА	Номинальное напряжение кВ		Потери мощности, кВт		U _{кз} %	I _о %	Цена У.е
		ВН	НН	P _{хх}	P _{кз}			
ТМ630	630	6	0,4	1,3 Δ	7,6 Δ	5,5	2	1600
ТМ1000	1000	6	0,4	2,45	12,20	5,5	1,4	2320

Определяем приведенные потери в трансформаторах.

Реактивные потери холостого хода

$$\Delta Q_{xx} = \frac{I_{xx} * S_{ном м}}{100} (3, с. 41) (23)$$

$$\Delta Q_{xx1} = \frac{2 * 630}{100} = 12,6 \text{ квар}$$

$$\Delta Q_{xx2} = \frac{1,4 * 1000}{100} = 14 \text{ квар}$$

Реактивные потери короткого замыкания

$$\Delta Q_{кз} = \frac{U_{кз} * S_{ном м}}{100} (3, с. 41) (24)$$

$$\Delta Q_{кз} = \frac{5,5 * 630}{100} = 34,6 \text{ квар}$$

$$\Delta Q_{кз} = \frac{5,5 * 1000}{100} = 55 \text{ квар}$$

Приведенные потери активной мощности при коротком замыкании

$$\Delta P_{к'} = \Delta P_{к} + K_{ин} * \Delta Q_{кз}, (3, с. 41) (25)$$

где K_{ин} = 0,06 кВт/ квар

$$\Delta P_{K1}' = 7,6 + 0,06 * 34,6 = 8,63 \text{ кВт}$$

$$\Delta P_{K2}' = 12,20 + 0,06 * 55 = 15,5 \text{ кВт}$$

ΔПриведенные потери активной мощности при холостом ходе

$$\Delta P'_{XX} = \Delta P_{XX} + K_{ин} * \Delta Q_{XX} \text{ (3, с. 41) (26)}$$

$$\Delta P'_{XX1} = 1,31 + 0,06 * 12,6 = 2,06$$

$$\Delta P'_{XX2} = 2,45 + 0,06 * 14 = 3,29$$

Полные приведенные потери мощности в трансформаторе

$$\Delta P = \Delta P'_{XX} + K_3^2 * \Delta P_K', \text{ (3, с. 41) (27)}$$

где K_3 – коэффициент загрузки трансформатора

$$K_3 = \frac{S_{\max \text{ кУ}}}{S_{\text{ном м}}} \text{ (28)}$$

$$K_{31} = \frac{496}{630} = 0,78$$

$$K_{32} = \frac{496}{1000} = 0,496$$

$$\Delta P_1 = 2,06 + 0,78^2 * 8,63 = 7,3 \text{ кВт}$$

$$\Delta P_2 = 3,29 + 0,496^2 * 15,5 = 7,1 \text{ кВт}$$

Потери электроэнергии определяются

$$\Delta W = \Delta P * T_{\max}, \text{ (3, с. 42) (29)}$$

где T_{\max} – годовое число использования максимума нагрузки

$$T_{\max} = \frac{W_{\text{год}}}{P_{\max}} \text{ (30)}$$

$$T_{\max} = \frac{226170,5}{94,91} = 2382,2 \text{ ч}$$

$$\Delta W_1 = 7,3 * 2382,2 = 17390,06 \text{ кВт ч}$$

$$\Delta W_2 = 7,1 * 2382,2 = 16913,62 \text{ кВт ч}$$

Стоимость потерь при $C_0 = 1,7 \text{ руб/ кВт ч}$

$$C_{\Pi} = C_0 * \Delta W \text{ (3, с. 42) (31)}$$

$$C_{П1} = 1,7 * 17390,06 = 29563,102 \text{ руб}$$

$$C_{П2} = 1,7 * 16913,62 = 28753,154 \text{ руб}$$

Средняя стоимость амортизационных отчислений

$$C_A = P_A * K, (3, \text{с. } 42) (32)$$

где $P_A = 6,3\%$ - по таблице 4.1 (2)

K – стоимость трансформатора

$$C_{A1} = 0,063 * 48000 = 3024 \text{ руб}$$

$$C_{A2} = 0,063 * 69600 = 4384,8 \text{ руб}$$

Годовые расходы

$$C_{\text{Год}} = C_{П} + C_A (3, \text{с. } 42) (33)$$

$$C_{\text{Год}1} = 29563,102 + 3024 = 32587,102 \text{ руб}$$

$$C_{\text{Год}2} = 28753,154 + 4384,8 = 33137,954 \text{ руб}$$

Суммарные затраты определяются

$$З = C_{\text{Год}} + 0,125 * K (3, \text{с. } 43) (34)$$

$$З_1 = 32587,102 + 0,125 * 48000 = 38587,102 \text{ руб}$$

$$З_2 = 33137,954 + 0,125 * 69600 = 41837,954 \text{ руб}$$

Расчетные данные вносим в таблицу сравнения технико-экономических показателей.

Таблица 4

Вариант	Потери электроэнергии Σ , кВт ч	Стоимость трансформатора K , руб	Эксплуатационные расходы $C_{\text{Год}}$, руб	Амортизационные отчисления C_A , руб	Суммарные затраты $З$, руб
ТМ630	17390,06	48000	32587,102	3024	38587,102
ТМ1000	16913,62	69600	33137,954	4384,8	41837,954

Выбираем первый вариант, т. к. при нем меньше потери электроэнергии и суммарные затраты.

2.5 Расчет и выбор питающих линий высокого напряжения

Цеховая ТП получает питание по воздушной линии от городской ГПП.
Расчет сечения ВЛЭП производим по экономической плотности тока

$$S_{\text{э}} = I_{\text{расч}} (2, \text{ с. 85}) (35)$$

$$J_{\text{э}}$$

где $S_{\text{э}}$ – экономическое сечение провода;

$I_{\text{расч}}$ – расчетный ток линии;

$J_{\text{э}}$ – экономическая плотность тока, по таблице 2.26 (2) $J_{\text{э}} = 1,0 \text{ А/мм}^2 \text{ с}$
 $T_{\text{М}}$ более 5000 ч.

Определяем расчетный ток линии

$$I_{\text{расч}} = \frac{S_{\text{мах кУ}}}{\sqrt{3} * U} (36)$$

$$\sqrt{3} * U$$

$$I_{\text{расч}} = \frac{496}{\sqrt{3} * 10} = 29,1 \text{ А}$$

$$\sqrt{3} * 10$$

$$S_{\text{э}} = \frac{29,1}{1,0} = 29,1 \text{ мм}^2$$

Минимальное сечение провода сталеалюминиевого провода АС по условию механической прочности

$S = 35 \text{ мм}^2$ – (1, табл. 2. 5.4) с $I_{\text{доп}} = 130$ (1, табл. 1.3.29), активное сопротивление $R_0 = 0,91 \text{ Ом/ мм}^2$ (2, табл. П4).

Выбранный провод АС – 35 проверяем по нагреву.

Должно выполняться условие

$$I_{\text{расч}} < I_{\text{доп}} (37)$$

$$29,1 \text{ A} < 130 \text{ A}$$

Проверку выбранного провода проводим по потери напряжения.

Условие проверки

$$\Delta U_{\text{доп}} \geq U_{\text{расч}}, (38)$$

Δ где $U_{\text{доп}}$ – допустимая потеря напряжения, 5% (1, с. 146);

Δ $U_{\text{расч}}$ - расчетное значение потери напряжения.

$\Delta U_{\text{расч}} = (10^{-5} / U_{\text{ном}}^2 * \cos \varphi) (R_0 * \cos \varphi + X_0) * \Sigma P \ell, (39)$ где R_0 – активное сопротивление на 1 км длины линии, 0,91 Ом/км;

X_0 – реактивное сопротивление на 1 км длины линии 0,08 Ом/км;

$\cos \varphi, \sin \varphi$ – коэффициенты мощности устройств с учетом установки компенсирующих устройств; 0,92; 0,39;

ΣP – максимальная расчетная мощность;

ℓ - длина кабельной (воздушной) линии.

$$\Delta U_{\text{расч}} = (10^{-5} / 10000^2 * 0,99) (0,91 * 0,99 + 0,08 * 0,39) * 94,91 * 2,5 = 2,2 \%$$

$$\Delta U_{\text{доп}} = 5\% > U_{\text{расч}} = 2,2 \%$$

Условие проверки выполняется.

Выбираем шины на стороне ВН трансформаторной подстанции, алюминиевые прямоугольного сечения 15 *3, допустимый ток $I_{\text{доп}} = 165 \text{ A}$ – (2, табл. П5)

Условие выбора по нагреву током

$$I_{\text{расч}} < I_{\text{доп}} (40)$$

Выполняется, так как

$$I_{\text{расч}} = 29,1 \text{ A} < I_{\text{доп}} = 165 \text{ A}$$

2.6 Расчет и выбор магистральных и распределительных сетей напряжением до 1000В (выбор аппаратов защиты и распределительных устройств, выбор марок и сечений проводников, типа шинопроводов)

Так как трансформаторная подстанция находится в помещении токарног цеха, то силовой пункт получает питание от шинопровода ТП по магистральной схеме. Сечение питающих кабелей определяют по расчетному максимальному току и условию нагрева

$$I_{расч} < I_{доп} \quad (41)$$

Так как $I_{расч\ СП} = 115,5\text{ А}$, $I_{расч\ ЩО} = 37,44\text{ А}$ выбираем кабель АВВГ сечением $S_1 = 70\text{ мм}^2$ с $I_{доп} = 140\text{ А}$; $S_2 = 10\text{ мм}^2$ с $I_{доп} = 42\text{ А}$ – по таблице 2.8 (2), условие нагрева выполняется.

В качестве СП используется шинопровод, укомплектованные автоматическими выключателями ВА 51, которые защищают линии нагрузок от токов короткого замыкания.

Условия выбора занесены в таблицу 5.

рассмотрим токарно-револьверный станок с данными $P_{ном} = 9\text{ кВт}$; $I_{ном} = 13,9\text{ А}$; $I_{пуск} = 83,4\text{ А}$.

Таблица 5

Условие выбора	Расчетное значение	Табличные значения ВА51
$U_{на} > U_{уст}$	$U_{уст} = 380\text{ В}$	$U_n = 500\text{ В}$
$I_{на} > I_{расч}$	$I_{расч} = 13,9\text{ А}$	$I_{на} = 100\text{ А}$
$I_{мэа} > I_{расч}$	$I_{расч} = 13,9\text{ А}$	$I_{мэа} = 16\text{ А}$
$I_{эм} > 1,25 I_{пуск}$	$1,25 I_{пуск} = 208,5\text{ А}$	$I_{эм} = 1000\text{ А}$

Для питания токарно-револьверного станка выбирается провод АПВ 4(1*2,2) с $I_{доп} = 19\text{ А}$.

$$I_{доп} = 19\text{ А} > I_{расч} = 13,9\text{ А}$$

По соответствующему аппарату защиты

$$I_{дд} = 19\text{ А} > K_{заш} * I_{заш} = 1 * 18\text{ А}$$

Условия выполнены. Для остального оборудования расчеты сведены в таблицу 6.

Таблица 6

Наименование электроприемников	Мощность $P_{\text{ном}}$, кВт	Ток $I_{\text{ном}}$, А	Пуск. ток $I_{\text{пуск}}$, А
Шинопровод	71,93	115,5	-
Токарно-револьверные станки	9	13,9	83,4
Кран –балки	3,36	5,2	31,2
Токарные станки с ЧПУ	5	7,7	46,2
Сверлильно-фрезерные станки	7,2	11,1	66,6
Кондиционер	5,5	8,5	51
Токарные станки с ЧПУ повышенной точности	7	10,8	64,8
Координатно- сверлильные горизонтальные станки	9,8	15,1	90,6
Строгальный станок	12	18,5	111
Сверлильно- фрезерные станки	4,2	6,5	39
Шлифовальный станок	8,5	13,1	78,6
Наждачный станок	3,2	4,9	29,4
Токарно многоцелевые прутково- патронные модули	15	23,2	139,2
Токарно вертикальные полуавтоматы с ЧПУ	30	46,4	278,4
Координатно- сверлильные вертикальные станки	8,7	13,4	80,4

Автоматический выключатель				Кабель (провод)		
Тип	$I_{\text{на}}$, А	$I_{\text{мэа}}$, А	$I_{\text{эм}}$, А	Марка	Число, сечение	$I_{\text{д}}$, А
ВА51-33	160	160	1600	АВВГ	3*95+1*50	170
ВА51-33	100	16	1000	АПВ	4(1*2,5)	19
ВА51-31	100	10	1000	АПВ	4(1*2,5)	19
ВА51-31	100	10	1000	АПВ	4(1*2,5)	19
ВА51-31	100	16	1000	АПВ	4(1*2,5)	19
ВА51-31	100	10	1000	АПВ	4(1*2,5)	19
ВА51-31	100	16	1000	АПВ	4(1*2,5)	19
ВА51-31	100	20	1000	АПВ	4(1*2,5)	19
ВА51-31	100	20	1000	АПВ	4(1*2,5)	19
ВА51-31	100	10	1000	АПВ	4(1*2,5)	19
ВА51-31	100	16	1000	АПВ	4(1*2,5)	19

BA51-31	100	10	1000	АПВ	4(1*2,5)	19
BA51-31	100	31,5	1000	АПВ	3(1*5)+1*2,5	30
BA51-31	100	63	1000	АВВГ	3*16+1*10	70
BA51-31	100	16	1000	АПВ	4(1*2,5)	19

3. Расчет заземляющего устройства

Так как цеховая ТП является встроенной в токарный цех, то защитное заземление выполняется общим размером цеха 48000 * 28000; грунт в районе цеха – глина – $S = 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$; $U_{\text{ВЛЭП}} = 10\text{кВ}$, длина воздушной линии 2,5 км. В качестве вертикальных электродов используем стальной уголок 75*75, $L_B = 3\text{м}$, горизонтальный электрод – полоса 40 * 4 мм.

Рассчитываем сопротивление одного вертикального электрода

$$R_B = 0,3 * S * K_{\text{СЕЗ. В}}, (3, \text{ с. } 91) \quad (42)$$

где $K_{\text{СЕЗ. В}} = 1,5$ – по таблице 1.73

$$R_B = 0,3 * 100 * 1,5 = 45\text{Ом}$$

Определяем предельное сопротивление совмещенного ЗУ

$$R_{\text{ЗУ1}} < \underline{125} (3, \text{ с. } 88) \quad (43)$$

$$I_3$$

где R_3 - сопротивление заземляющего устройства;

I_3 – расчетный ток замыкания на землю.

$$I_3 = \underline{U_{\text{НОМ}} * (35 * \ell_{\text{клэп}} + \ell_{\text{влэп}})} (3, \text{ с. } 88) \quad (44)$$

$$I_3 = \underline{10 * (35 * 0 + 2,5)} = 0,07 \text{ А}$$

$$R_{\text{ЗУ1}} = \underline{125} = 1785,7 \text{ Ом}$$

Требуемое по НН $R_{\text{ЗУ2}} < 4 \text{ Ом}$ на НН. Принимаем $R_{\text{ЗУ2}} = 4 \text{ Ом}$. Так как $S > 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$, то для расчета

$$R_{3y} < 4 * \underline{S} = 4 \text{ Ом}$$

Количество вертикальных электродов

$$N'_{B.P} = \underline{R_B}, (3, \text{ с. } 92) (45)$$

$$R_{3y}$$

$$N'_{B.P} = \underline{45} = 11 \text{ шт}$$

с учетом экранирования

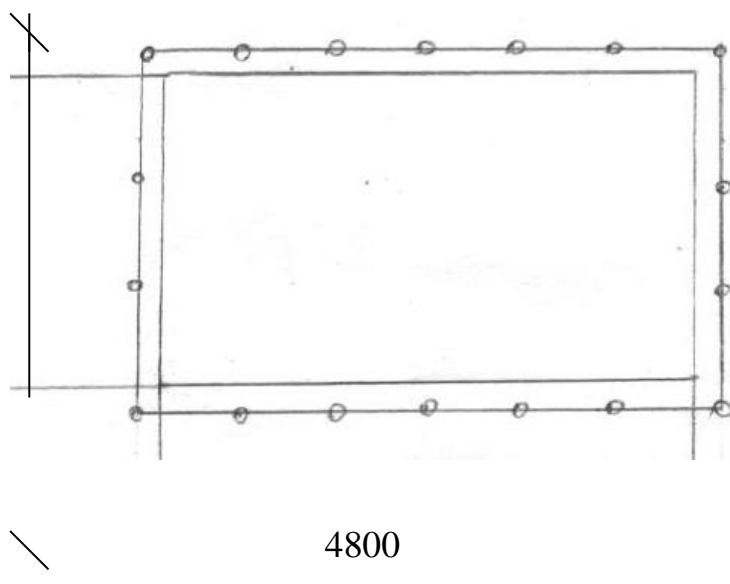
$$N_{B.P} = \underline{N'_{B.p}} = 11 \text{ шт (3, с. } 92) (46)$$

$$\eta_B$$

где η_B – определяется по таблице 1. 13. 5.; 0,55.

$$N_{B.P} = \underline{11} = 20 \text{ шт}$$

размещаем электроды на плане, учитывая, что контурное заземление отрывается от здания на расстоянии не менее 1 м.



Определяем уточненные значения сопротивлений вертикальных и горизонтальных электродов

$$R_{\Gamma} = \underline{0,4} * S * K_{\text{сез. } \Gamma} * \ell * \underline{2 L^2_{\text{н}}} \text{ (3, с. 93) (47)}$$

$$L_{\text{н}} * \eta_{\Gamma} \text{ в т}$$

$$R_{\Gamma} = \underline{0,4} * 100 * 1,8 \ell * \underline{2 * 76^2} = 9,36 \text{ Ом}$$

$$76 * 0,2740 * 10^{-3} * 15$$

$$R_{\text{В}} = \underline{R_{\text{В}}} \text{ (3, с. 93) (48)}$$

$$N_{\text{В}} * \eta_{\text{В}}$$

$$R_{\text{В}} = \underline{45} = 4,7$$

$$20 * 0,47$$

Фактическое сопротивление ЗУ

$$R_{\text{ЗУ}} = \underline{R_{\text{В}} * R_{\Gamma}} \text{ (3, с. 93) (49)}$$

$$R_{\text{В}} + R_{\Gamma}$$

$$R_{\text{ЗУ}} = \underline{4,7 * 9,36} = 3,1 \text{ Ом}$$

$$4,7 + 9,36$$

что меньше 4 Ом.

4. Организационные и технические мероприятия

Кроме общих правил для всех работ, при монтаже проводок соблюдают следующие требования ТБ.

Борозды, отверстия и проемы в кирпичных и бетонных конструкциях пробивают в предохранительных очках. Нельзя применять при пробивке неисправные ручные и механизированные инструменты, работать с приставных лестниц, а также натягивать с приставных и раздвижных лестниц в горизонтальном направлении провода сечением более 4 мм². Монтаж с крана цеховых магистралей допустим лишь при наличии ограждений крановых троллеев и других открытых токоведущих деталей крана, находящихся под напряжением. К работе с монтажным пистолетом допускается только специально обученный персонал.

При работе в помещениях без повышенной опасности применяют электрифицированный инструмент на напряжение 220/120 В при условии надежного заземления корпуса электроинструмента.

4.1 Мероприятия по охране труда, техники безопасности

В каждом помещении на видном месте вывешивают инструкции из правил пожарной безопасности, которые должны соблюдать работающие, а также таблички с фамилией работника, отвечающего за пожарную безопасность, номера телефонов ближайших пожарных команд.

Дороги, проходы, проезды и подъездные пути к водоисточникам и местам расположения пожарного инвентаря и оборудования должны быть свободны, а пожарная сигнализация доступной.

В случае воспламенения горючих жидкостей пламя гасят огнетушителем, забрасывают песком, накрывают войлоком, нельзя заливать водой. Во всех производственных помещениях на видных местах должны быть пожарные щиты с противопожарным инвентарем : баграми,

огнетушителями, лопатами и т. д. противопожарный инвентарь использовать только по прямому назначению.

В граверной место, где выполняют сварку, очищают от горючих и взрывоопасных материалов на расстоянии не менее 5 метров. Около рабочего места ставят ящик с песком.

4.2. Мероприятия по охране окружающей среды

Мероприятия по охране окружающей среды и охране природы должны принадлежать к основным направлениям развития народного хозяйства страны.

Необходимо шире внедрять малоотходные и без отходных технологические процессы. Последовательно улучшать охрану водных ресурсов страны. Повысить эффективность работы очистных сооружений и установок, увеличить использование очищенных сточных вод для орошения и других нужд народного хозяйства. Усилить охрану атмосферного воздуха.

Использования ветошь, отходы цеха складываются в специальные ящики – контейнеры. Вокруг токарного цеха имеются зеленые насаждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила устройства электроустановок. М.Энегоатомиздат, 1986.
2. Липкин Б. Ю. Электроснабжение промышленный предприятий и установок. – М. В. Ш. , 1990
3. Шеховцов В. П. расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования. – М. ФОРУМ : ИНФРА – М, 2003.