

АННОТАЦИЯ

Корпус механической обработки деталей предназначен для обработки коленчатых валов автомобильного двигателя.

В бакалаврской работе были рассмотрены разделы: расчет ожидаемых электрических нагрузок по производственному корпусу механической обработки деталей; определение числа и номинальной мощности силовых трансформаторов на КТП и выбор компенсирующих установок; определение параметров внутрицеховой сети; выбор автоматических выключателей и проводников; расчет токов КЗ; проверка выбранных выключателей на термическую и динамическую стойкость; выполнен расчет защитного заземления.

В бакалаврской работе представлен проект системы электроснабжения производственного корпуса предприятия по выпуску автокомпонентов. В работе произведены следующие расчеты:

- определение нагрузок в целом по корпусу с учетом дополнительных нагрузок и нагрузок на освещение;
- расчет числа и выбор электрического освещения в корпусе.
- расчет числа и выбор типа трансформаторов по приведенным общим затратам;
- расчет токов короткого замыкания;
- выбор защитного оборудования для системы электроснабжения
- расчет экономики производственного корпуса

Бакалаврская работа выполнена на 63 с., включает 15 таблиц, 20 литературных источников, 2 рисунка.

ABSTRACT

The title of the thesis is "Design of electrical equipment and electrical facilities of the production building".

The graduation work consists of an explanatory note on 63 pages, introduction, including 2 figures, 15 tables, the list of 20 references including 5 foreign sources, and the graphic part on 6 A1 sheets.

The aim of the work is to design an electric utility, to calculate and to select the electrical equipment, which is necessary to maintain high reliability and economy of a production building.

To achieve this goal, we set a number of tasks. We give full coverage to the power supply system of the center; the calculation of electrical loads, lighting, cable sections, the selection fixtures, electrical equipment and devices is carried out. On the basis of the loads calculation the type, number and transformers power have been selected. The issues of energy efficiency and economic component are highlighted in the project's general part. The special part of the work gives details about the system of grounding and lightning protection of the building. The design and calculation of these parameters are mandatory in the design of the power supply system for buildings and structures, since this affects the life and safety of people.

The result of the graduation work is the following: the power supply system of the shopping center was designed and the appropriate electrical equipment was selected.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1 Характеристика объекта	6
2 Расчет электрических нагрузок	7
3 Расчет электрического освещения.....	13
4 Выбор трансформаторов и компенсирующих устройств	18
4.1 Выбор силовых трансформаторов.....	18
4.2 Расчет компенсирующих устройств.....	19
5 Выбор схемы внутрицехового электроснабжения	21
6 Выбор элементов схемы электроснабжения цеха.....	25
6.2 Выбор сечений проводников распределительной сети.....	25
6.3 Выбор автоматических выключателей	27
7 Расчет токов короткого замыкания	36
7.1 Расчет токов трехфазного и двухфазного КЗ.....	37
8 Расчет мощности и выбор главного двигателя	44
9 Расчет контура заземления.....	47
10 Экономический расчет производственного корпуса механической обработки деталей.	49
Заключение	61
Список используемых источников.....	62

ВВЕДЕНИЕ

Промышленные предприятия потребляют более 60% от всей электроэнергии, вырабатываемой в стране. Одновременно наблюдается заметный рост их мощностей и энергопотребления. Поэтому большое значение придается разработке новых и наиболее рациональных схем распределения энергетических ресурсов, поскольку эта задача становится все более сложной. В соответствии с современными требованиями, электроснабжение предприятий должно быть надежным, экономичным, удобным и безопасным.

Корпус механической обработки деталей предназначен для обработки коленчатых валов автомобильного двигателя.

В корпусе предусмотрены производственные, вспомогательные, служебные и бытовые помещения различного назначения.

Основное оборудование размещено в станочном и ремонтно-механическом отделениях.

Потребители участка имеют II и III категории надёжности электроснабжения.

В рамках проекта будет рассмотрен план электроснабжения при увеличении нагрузки вследствие расширения станочного парка.

Цель бакалаврской работы: создание надежной и экономичной схемы электроснабжения корпуса механической обработки деталей.

Для достижения цели выдвигаются следующие задачи:

- расчет электрических нагрузок;
- расчет электрического освещения;
- выбор трансформаторов и компенсирующих устройств;
- выбор схемы внутрицехового электроснабжения;
- выбор элементов схемы электроснабжения цеха;
- расчет токов короткого замыкания;
- расчет контура заземления.

1 Характеристика объекта

Производственный корпус механической обработки деталей предназначен для обработки коленчатых валов автомобильного двигателя.

В здании предусмотрены производственные, вспомогательные, служебные и бытовые помещения различного назначения.

Основное оборудование размещено в станочном и ремонтно-механическом отделениях.

Цех получает электроснабжение от подстанции глубокого ввода ПВГ завода, расположенной на расстоянии 8 км от энергосистемы. Напряжение на ПВГ - 6 или 10 кВ. Расстояние от ПВГ до цеха - 0,5 км.

Потребители электроэнергии по бесперебойности электроснабжения имеют 2 и 3 категорию надежности.

Количество рабочих смен - 2.

Грунт в районе здания цеха - суглинок при +15°C. Каркас здания сооружен из блоков секций длиной 8 и 4 м каждый.

Размеры цеха $A \times B \times H = 48 \times 28 \times 9$ м.

Вспомогательные помещения высотой 4 м.

2 Расчет электрических нагрузок

Для определения электрических нагрузок необходимо знать:

- количество электроприемников в группе однотипных (n, шт);
- номинальную мощность электроприемника и суммарную мощность в группе электроприемников ($P_{ном}$, кВт; $\sum P_{ном}$, кВт);
- коэффициент использования ($K_{и}$);
- коэффициенты мощности ($\cos\varphi$, $\operatorname{tg}\varphi$);
- показатель силовой сборки (m);
- среднесменная активная и реактивная мощность ($P_{см}$, кВт, $Q_{см}$, квар);
- число эффективных приемников в группе (N, шт);
- коэффициент максимума ($K_{макс}$);
- максимальную мощность: активную, реактивную, полную ($P_{макс}$, кВт; $Q_{макс}$, квар; $S_{макс}$, кВ·А);
- значение максимального тока ($I_{макс}$, А).

Все электроприемники цеха делятся на группы однотипных.

Группы однотипных электроприемников представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Группы однотипных электроприемников

№	Группа электроприемников	n, шт.	$\sum P$, кВт	$K_{и}$	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$
1	Металлообрабатывающие станки	42	333,7	0,23	0,5	1,17
2	Краны	1	30	0,22	0,45	1,98
3	Закалочные установки	3	45	0,75	0,35	2,68

Активная и реактивная мощность за наиболее нагруженную смену:

$$P_{см} = K_{и} \cdot \sum P, \quad (2.1)$$

где $K_{\text{и}}$ – коэффициент использования (из таблицы 2.1);

ΣP – суммарная мощность в группе электроприемников, кВт (из таблицы 2.1).

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

где $\text{tg}\varphi$ – коэффициент мощности.

– 1 группа

$$P_{\text{см}} = 0,23 \cdot 333,7 = 76,75 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{см}} = 76,75 \cdot 1,17 = 89,79 \text{ квар}$$

– 2 группа

$$P_{\text{см}} = 0,22 \cdot 30 = 6,6 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{см}} = 6,6 \cdot 1,98 = 13 \text{ квар}$$

– 3 группа

$$P_{\text{см}} = 0,75 \cdot 45 = 33,7 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{см}} = 33,7 \cdot 2,68 = 90,3 \text{ квар}$$

Показатель силовой сборки

$$m = P_{\text{н. наиб.}} / P_{\text{н. наим.}}, \quad (2.3)$$

где $P_{\text{н. наиб.}}$ – номинальная мощность наибольшего электроприемника, кВт;

$P_{\text{н. наим.}}$ – номинальная мощность наименьшего электроприемника, кВт.

– 1 группа

$$m = 22/1,2 = 18,3$$

– 2 группа

$$m = 30/30 = 1$$

– 3 группа

$$m = 15/15 = 1$$

Эффективное число электроприемников

$$N_э = n_э^* \cdot n, \quad (2.4)$$

где $n_э^*$ – относительное эффективное число электроприемников;

n – число электроприемников в группе, шт.

– 1 группа: $n_1 = 7$ шт, $\sum P_1 = 124$ кВт;

– 2 группа: $n_2 = 1$ шт, $\sum P_2 = 30$ кВт;

– 3 группа: $n_3 = 3$ шт, $\sum P_3 = 45$ кВт.

Поправочные коэффициенты

$$n^* = n_n / n, \quad (2.5)$$

$$p^* = \sum P_n / \sum P \quad (2.6)$$

– 1 группа

$$n^* = 7/42 = 0,16$$

$$p^* = 124/333,7 = 0,37$$

Относительное эффективное число электроприемников $n_э^* = 0,76$.

– 2 группа

$$n^* = 1/1 = 1$$

$$p^* = 30/30 = 1$$

Относительное эффективное число электроприемников $n_3^* = 0,95$.

– 3 группа

$$n^* = 3/3 = 1$$

$$p^* = 45/45 = 1$$

Относительное эффективное число электроприемников $n_3^* = 0,95$.

– 1 группа

$$N_3 = 0,76 \cdot 42 = 32 \text{ шт.}$$

– 2 группа

$$N_3 = 0,95 \cdot 1 = 1 \text{ шт.}$$

– 3 группа

$$N_3 = 0,95 \cdot 1 = 1 \text{ шт.}$$

Коэффициент максимума

– 1 группа: $K_{\text{макс}} = 1,21$;

– 2 группа: $K_{\text{макс}} = 2,14$;

– 3 группа: $K_{\text{макс}} = 1,14$.

Максимальная: активная, реактивная и полная мощности

$$P_{\text{макс}} = K_{\text{макс}} \cdot P_{\text{см}}, \quad (2.7)$$

$$Q_{\text{макс}} = Q_{\text{см}}, \quad \text{при } n > 10 \quad (2.8)$$

$$Q_{\text{макс}} = 1,1 \cdot Q_{\text{см}}, \quad \text{при } n < 10 \quad (2.9)$$

$$S_{\text{макс}} = \sqrt{(P_{\text{макс}}^2 + Q_{\text{макс}}^2)} \quad (2.10)$$

– 1 группа

$$P_{\text{макс}} = 1,21 \cdot 76,75 = 92,86 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{макс}} = 1,1 \cdot 89,79 = 98,76 \text{ квар}$$

$$S_{\text{макс}} = \sqrt{(92,86^2 + 98,76^2)} = 135,56 \text{ кВ} \cdot \text{А}$$

– 2 группа

$$P_{\text{макс}} = 2,14 \cdot 6,6 = 14,12 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{макс}} = 1,1 \cdot 13 = 14,3 \text{ квар}$$

$$S_{\text{макс}} = \sqrt{(14,12^2 + 14,3^2)} = 20,09 \text{ кВ} \cdot \text{А}$$

– 3 группа

$$P_{\text{макс}} = 1,14 \cdot 33,7 = 38,41 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{макс}} = 99,33 \text{ квар}$$

$$S_{\text{макс}} = \sqrt{(38,41^2 + 99,33^2)} = 106,49 \text{ кВ} \cdot \text{А}$$

Значение максимального тока

$$I_{\text{макс}} = S_{\text{макс}} / (\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}), \quad (2.11)$$

где $U_{\text{н}}$ – номинальное напряжение электроприемников. $U_{\text{н}} = 0,38 \text{ кВ}$.

– 1 группа

$$I_{\text{макс}} = 135,56 / (\sqrt{3} \cdot 0,38) = 208,55 \text{ A}$$

– 2 группа

$$I_{\text{макс}} = 20,09 / (\sqrt{3} \cdot 0,38) = 30,5 \text{ A}$$

– 3 группа

$$I_{\text{макс}} = 106,49 / (\sqrt{3} \cdot 0,38) = 161,79 \text{ A}$$

Полная электрическая нагрузка цеха составляет $\sum S_{\text{макс}} = 262,14 \text{ кВ}\cdot\text{А}$.

3 Расчет электрического освещения

Принимаем в проектируемом цеху механической обработки деталей систему общего освещения с равномерным размещением светильников. По характеру цеха определяется норма номинальной освещенности рабочей поверхности $E_{ном} = 300$ лк.

Светотехнический расчет осветительной нагрузки
Высота подвеса светильников над рабочей поверхности

$$h_n = H - (h_p + h_c), \quad (3.1)$$

где H – высота цеха, м. $H = 9$ м (из характеристики цеха);

h_p – высота рабочей поверхности. Принимается равным $h_p = 0,8$ м;

h_c – высота светильника, м. Принимается равным $h_c = 1,2$ м.

$$h_n = 9 - (0,8 + 1,2) = 7\text{ м}$$

Индекс помещения

$$i = (A \cdot B) / (h_n \cdot (A + B)), \quad (3.2)$$

где A – длина цеха, м. $A = 48$ м (из характеристики цеха);

B – ширина цеха, м. $B = 28$ м (из характеристики цеха).

$$i = (48 \cdot 28) / (7 \cdot (48 + 28)) = 2,52$$

Коэффициент использования светового потока

$$\eta = 0,84.$$

Расстояние между рядами светильников

$$L_p = \lambda \cdot h_n, \quad (3.3)$$

где $\lambda=(0,8...1,5)$. Принимаем $\lambda=1,2$.

$$L_p = 1,2 \cdot 7 = 7 \text{ м}$$

Расстояние от стены до первого ряда светильников

$$L_c = (0,25...0,5) \cdot L_p \quad (3.4)$$

$$L_c = 0,5 \cdot 7 = 3,5 \text{ м}$$

Количество рядов светильников по длине цеха

$$N_a = ((A - (2 \cdot L_c)) / L_p) + 1 \quad (3.5)$$

$$N_a = ((48 - (2 \cdot 3,5)) / 7) + 1 = 7 \text{ шт.}$$

Количество рядов светильников по ширине цеха

$$N_b = ((B - (2 \cdot L_c)) / L_p) + 1 \quad (3.6)$$

$$N_b = ((28 - (2 \cdot 3,5)) / 7) + 1 = 4 \text{ шт.}$$

Количество светильников

$$N = N_a \cdot N_b \quad (3.7)$$

$$N = 7 \cdot 4 = 28 \text{ шт.}$$

Световой поток одного светильника

$$\Phi = (E_{\text{ном}} \cdot k_3 \cdot A \cdot B \cdot Z) / (N \cdot \eta), \quad (3.8)$$

где k_3 – коэффициент запаса. Принимается равным $k_3 = 1,5$;

Z – коэффициент минимальной освещенности. Принимается равным $Z = 1,1$.

$$\Phi = (300 \cdot 1,5 \cdot 48 \cdot 28 \cdot 1,1) / (28 \cdot 0,84) = 28285,7 \text{ лм} = 28,29 \text{ клм}$$

Выбираем УСС 240 ЭКСПЕРТ S Ш2 стандартной мощности 240 Вт и световым потоком 30клм.

Расчетная норма освещенности

$$E_p = (\Phi_n \cdot E_{\text{ном}}) / \Phi \quad (3.9)$$

$$E_p = (30 \cdot 300) / 28,29 = 318,13 \text{ лк}$$

Электрический расчет освещения осветительной нагрузки

Активная мощность осветительной установки

$$P_{\text{осв}} = P_{\text{л}} \cdot N \cdot k_{\text{и}} \cdot k_{\text{ПРА}}, \quad (3.10)$$

где $P_{\text{л}}$ – номинальная мощность одной лампы, Вт. $P_{\text{л}} = 240$ Вт;

$k_{\text{и}}$ – коэффициент использования. Принимается равным $k_{\text{и}} = \eta = 0,94$;

$k_{\text{ПРА}}$ – коэффициент пускорегулирующей аппаратуры. Принимается равным $k_{\text{ПРА}} = 1,1$.

$$P_{\text{осв}} = 240 \cdot 15 \cdot 0,84 \cdot 1,1 = 3326,4 \text{ Вт} = 3,3 \text{ кВт}$$

Реактивная мощность осветительной установки

$$Q_{\text{осв}} = P_{\text{осв}} \cdot \text{tg}\varphi, \quad (3.11)$$

где $\text{tg}\varphi$ – коэффициент мощности. Принимается равным $\text{tg}\varphi = 0,33$.

$$Q_{\text{осв}} = 3,3 \cdot 0,33 = 1,08 \text{ квар}$$

Полная мощность осветительной установки

$$S_{\text{осв}} = \sqrt{P_{\text{осв}}^2 + Q_{\text{осв}}^2} \quad (3.12)$$
$$S_{\text{осв}} = \sqrt{(3,3^2 + 1,08^2)} = 3,5 \text{кВ}\cdot\text{А}$$

Номинальный ток осветительной установки

$$I_{\text{ном}} = S_{\text{осв}} / (\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}), \quad (3.13)$$

где $U_{\text{н}}$ – номинальное напряжение осветительной установки. $U_{\text{н}} = 0,22 \text{ кВ}$.

$$I_{\text{ном}} = 3,5 / (\sqrt{3} \cdot 0,22) = 9,2 \text{ А}$$

Выбор вводного автоматического выключателя для осветительной сети

$$I_{\text{теп}} = I_{\text{ном}} \cdot 1,15 \quad (3.14)$$
$$I_{\text{теп}} = 9,2 \cdot 1,15 = 10,58 \text{ А}$$

Выбирается автоматический выключатель типа ВА 47-29 с номинальным током 16 А.

Выбираем кабель марки ВВГ с медной жилой сечением 3 мм².

Выбор кабеля на отходящую линию

$$I_{\text{отх}} = I_{\text{ном}} / N_{\text{б}} \quad (3.15)$$
$$I_{\text{отх}} = 9,2 / 3 = 3,06 \text{ А}$$

По условию длительно допустимого нагрева тока выбирается кабель марки ВВГ с медной жилой сечением 0,5 мм² и длительно допустимым током 11 А.

Выбор автоматического выключателя на отходящую линию

$$I_{\text{теп.отх}} = I_{\text{отх}} \cdot 1,15 \quad (3.16)$$

$$I_{\text{теп.отх}} = 3,06 \cdot 1,15 = 3,5 \text{ А}$$

Выбирается автоматический выключатель типа ВА 47-29 с номинальным током 10 А.

4 Выбор трансформаторов и компенсирующих устройств

4.1 Выбор силовых трансформаторов

Выбор типа, числа и схем питания подстанций должен обуславливаться величиной и характером электрических нагрузок размещение нагрузок на генеральном плане предприятия, а также производственные, архитектурно-строительные и эксплуатационные требования. Как правило, выбирается комплектная трансформаторная подстанция, число и мощность трансформатора выбирают по графику нагрузки предприятия, подсчитанные величиной средней и максимальной мощности, категорией потребителей, экономически целесообразному режиму, обеспечивающему минимальные потери мощности и электроэнергии в трансформаторе при работе по заданному графику.

Коэффициент заполнения графика

$$K_{з.г.} = \sum S_{см} / \sum S_{макс}, \quad (4.1)$$

$$\sum S_{см} = \sqrt{\sum P_{см}^2 + \sum Q_{см}^2}, \quad (4.2)$$

где $\sum S_{см}$ – среднесменная полная мощность цеха, кВ·А.

$\sum Q_{см}$ – среднесменная реактивная мощность цеха, кВар. $\sum Q_{см} = 183,68$ квар.

$$K_{з.г.} = 225,78 / 262,14 = 0,86$$

$$\sum S_{см} = \sqrt{(117,03^2 + 183,68^2)} = 225,78 \text{ кВ}\cdot\text{А}$$

Коэффициент кратности трансформатора

$$K_k = 0,91.$$

Номинальная мощность трансформатора

$$S_{\text{НОМ}} = \sum S_{\text{макс}} / K_K \quad (4.3)$$

$$S_{\text{НОМ}} = 262,14 / 0,91 = 288,06 \text{кВ}\cdot\text{А}$$

Принимается к установке трансформатора мощностью 400 кВ·А.
Коэффициент загрузки трансформатора в нормальном режиме

$$K_3 = \sum S_{\text{макс}} / S_{\text{НОМ}} \quad (4.4)$$

$$K_3 = 262,14 / 400 = 0,65$$

Проверяется установленная мощность для аварийного режима работы в период максимума с допустимой нагрузкой 140 %.

$$1,4 \cdot \sum S_{\text{макс}} > 0,75 \cdot S_{\text{НОМ}}$$

$$1,4 \cdot 262,14 > 0,75 \cdot 400$$

$$367 \text{кВ}\cdot\text{А} > 300 \text{кВ}\cdot\text{А}$$

Окончательно к установке принимается КТП-400 с трансформатором ТМФ номинальной мощностью 400 кВ·А.

4.2 Расчет компенсирующих устройств

Компенсация реактивной мощности или повышение коэффициента мощности электроустановки имеет большое значение и является частью общей проблемы повышения КПД работы системы электроснабжения и улучшение качества электроэнергии.

Мощность компенсирующей установки

$$Q_{\text{кy}} = \sum P_{\text{см}} \cdot \alpha \cdot (\text{tg}\varphi_1 - \text{tg}\varphi_2), \quad (4.5)$$

где $\sum P_{\text{см}}$ – среднесменная активная мощность цеха, кВт. $\sum P_{\text{см}} = 117,03$ кВт;

α –коэффициент, учитывающий возможное повышение коэффициента мощности. Принимается равным $\alpha = 0,8$;

$\text{tg}\varphi_1$ – значение коэффициента реактивной мощности до компенсации.

$\text{tg}\varphi_1 = 1,64$;

$\text{tg}\varphi_2$ – значение коэффициента реактивной мощности после компенсации.

Принимается равным $\text{tg}\varphi_2 = 0,42$.

$$Q_{\text{кв}} = 117,03 \cdot 0,8 \cdot (1,64 - 0,42) = 114,22 \text{ квар}$$

Выбирается компенсирующая установка УКБ-0,38-150УЗ номинальной мощностью 150квар.

5 Выбор схемы внутрицехового электроснабжения

Выбор схемы зависит от территориального расположения приемников электрической энергии относительно ВРУ, а также относительно друг друга, величины установленной мощности отдельных электроприемников и надежности электроснабжения.

Правильно составленная схема должна обеспечить простоту и удобство эксплуатации; быть экономичной по капитальным затратам на ее сооружение, расходу цветных металлов, эксплуатационным расходам и потерям электроэнергии. Кроме того, схема питания должна допускать применение индустриальных и скоростных методов монтажа.

По назначению осветительные и силовые сети делятся на питающие и распределительные.

Питающей сетью называют линии от встроенных в здание трансформаторных подстанций или КТП, а также от ВРУ здания до групповых щитков освещения и силовых распределительных пунктов, распределительной — линии, идущие от силовых распределительных пунктов, а групповой — линии от групповых щитков освещения до светильников.

Каждую питающую линию, отходящую от главного распределительного щита (ГРЩ) или от ВРУ здания, можно выполнять по схемам радиальной, магистральной и радиально-магистральной (смешанной). При питании от радиальной линии электрическая нагрузка присоединяется только в конце линии в точке питания, а при питании от магистральной линии отдельные нагрузки присоединяются на всем ее протяжении.

Питающие силовые линии преимущественно выполняют по магистральной схеме. Магистральные питающие линии применяют, когда электроприемники небольшой мощности равномерно расположены по всей площади производственного помещения. В этом случае электроприемники в зависимости от их территориального расположения группами присоединяют

к силовым распределительным пунктам, а последние — к линии. На вводе каждого силового пункта устанавливают аппарат управления (рубильник или автомат), отключающий его при аварии или ремонте без нарушения работы остальных пунктов. Так как нагрузка цеха равномерно распределена на территории цеха механической обработки деталей, выбираем магистральную схему электроснабжения, выполненную кабельными линиями ВВГ, и распределительным шинопроводом ШРА-73. Кран мостовой получает питание от троллейного шинопровода ШТМ.

Распределение нагрузки по шинопроводам представлено в таблицах (5.1- 5.4).

Таблица 5.1 – Электроприемники, питающиеся от ШРА 1

Наименование электроприемника	Кол-во, шт.	$P_{\text{ном.}}$, кВт	$\Sigma P_{\text{ном.}}$, кВт
Токарные специальные станки	1	10	10
Алмазно-расточной станок	1	2,2	2,2
Вертикально-фрезерный станок	1	7,5	7,5
Наждачные станки	2	2,4	4,8
Сверлильные станки	4	8	32
Заточные станки	2	1,5	3
Закалочные установки	3	15	45
Всего	14		104,5

Таблица 5.2 – Электроприемники, питающиеся от ШРА 2

Наименование электроприемника	Кол-во, шт.	$P_{\text{ном.}}$, кВт	$\Sigma P_{\text{ном.}}$, кВт
Кран мостовой	1	30	30
Токарные специальные станки	3	10	30
Круглошлифовальные станки	3	6,5	19,5
Вертикально-фрезерный станок	3	7,5	22,5
Всего	10		102

Таблица 5.3 – Электроприемники, питающиеся от ШРА 3

Наименование электроприемника	Кол-во, шт.	$P_{\text{ном.}}$, кВт	$\Sigma P_{\text{ном.}}$, кВт
Токарные полуавтоматы	4	22	88
Балансировочные станки	2	2,7	5,4
Вертикально-сверлильные станки	2	5	10
Всего	8		103,4

Таблица 5.4 – Электроприемники, питающиеся от ШРА 4

Наименование электроприемника	Кол-во, шт.	$P_{\text{ном.}}$, кВт	$\Sigma P_{\text{ном.}}$, кВт
Вертикально-сверлильный станок	1	5	5

Продолжение таблицы 5.4

Наименование электроприемника	Кол-во, шт.	$P_{\text{ном.}}$, кВт	$\Sigma P_{\text{ном.}}$, кВт
Агрегатные станки	3	12	36
Токарные специальные станки	3	10	30
Шпоночно-фрезерные станки	3	7	21
Алмазно-расточной станок	2	2,2	4,4
Магнитный дефектоскоп	2	1,2	2,4
Всего	14		98,8

6 Выбор элементов схемы электроснабжения цеха

При выборе схем питания большое влияние оказывает мощность отдельных электроприемников, их количество, размещение на территории цеха, а также территориальное расположение потребителей относительно питающей подстанции, обеспечение надежного электроснабжения в зависимости от категории потребителей.

Расчет силовых сетей заключается в выборе защитной аппаратуры и сечение проводников.

Для защиты электроприемников от аварийных режимов работы применяются плавкие предохранители и автоматические выключатели.

6.2 Выбор сечений проводников распределительной сети

К прокладке примем четырехжильные кабели марок ВВГ медными жилами соответственно. Кабель с алюминиевыми жилами дешевле, чем медный, а на участках, где алюминиевый кабель проложить невозможно из-за больших значений протекающих токов, использован кабель с медными жилами. Изоляция жил и оболочка кабеля выполнены из ПВХ.

От ВРУ до ШРА1...ШРА4

Выбирается кабель марки ВВГ с медной жилой сечением 95 мм^2 и длительно допустимым током 220 А.

Токарные специальные станки

Выбирается кабель марки ВВГ с медной жилой сечением $1,5 \text{ мм}^2$ и длительно допустимым током 15 А.

Алмазно-расточные станки

Выбирается кабель марки ВВГ с медной жилой сечением $1,5 \text{ мм}^2$ и длительно допустимым током 15А.

Вертикально-фрезерный станок

Выбирается кабель марки ВВГ с медной жилой сечением $1,5 \text{ мм}^2$ и длительно допустимым током 15 А.

Наждачные станки

Выбирается кабель марки ВВГ с медной жилой сечением $1,5 \text{ мм}^2$ и длительно допустимым током 15 А.

Сверлильные станки

Выбирается кабель марки ВВГ с медной жилой сечением $1,5 \text{ мм}^2$ и длительно допустимым током 15 А.

Заточные станки

Выбирается кабель марки ВВГ с медной жилой сечением $1,5 \text{ мм}^2$ и длительно допустимым током 15 А.

Закалочные установки

Выбирается кабель марки ВВГ с медной жилой сечением $2,5 \text{ мм}^2$ и длительно допустимым током 25 А.

Круглошлифовальные станки

Выбирается кабель марки ВВГ с медной жилой сечением $1,5 \text{ мм}^2$ и длительно допустимым током 15 А.

Токарные полуавтоматы

Выбирается кабель марки ВВГ с медной жилой сечением 4 мм^2 и длительно допустимым током 35 А.

Балансировочные станки

Выбирается кабель марки ВВГ с медной жилой сечением $1,5 \text{ мм}^2$ и длительно допустимым током 15 А.

Вертикально-сверлильные станки

Выбирается кабель марки ВВГ с медной жилой сечением $1,5 \text{ мм}^2$ и длительно допустимым током 15 А.

Кран мостовой

Выбирается кабель марки ВВГ с медной жилой сечением 8 мм^2 и длительно допустимым током 51 А.

Агрегатные станки

Выбирается кабель марки ВВГ с медной жилой сечением 4 мм^2 и длительно допустимым током 35 А.

Шпоночно-фрезерные станки

Выбирается кабель марки ВВГ с медной жилой сечением 1,5 мм² и длительно допустимым током 15 А.

Магнитный дефектоскоп

Выбирается кабель марки ВВГ с медной жилой сечением 1,5 мм² и длительно допустимым током 15 А.

6.3 Выбор плавких предохранителей и автоматических выключателей

Расчет силовой сети с защитой автоматическим выключателем

Номинальный ток электроприемника

$$I_{\text{НОМ}} = P_{\text{НОМ}} / (\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}), \quad (6.5)$$

где $P_{\text{НОМ}}$ – номинальная мощность электроприемника, кВт;

$U_{\text{НОМ}}$ – номинальное напряжение, кВ. $U_{\text{НОМ}} = 0,38$ кВ.

Значение пускового тока

$$I_{\text{пуск}} = (4 \dots 7) \cdot I_{\text{НОМ}}, \quad (6.6)$$

где (4...7) – кратность пускового тока. Принимаем равным 5.

Ток уставки теплового расцепителя

$$I_{\text{теп}} = I_{\text{НОМ}} \cdot 1,15 \quad (6.7)$$

Ток уставки электромагнитного расцепителя

$$I_{\text{эл.магн}} = I_{\text{пуск}} \cdot 1,25 \quad (6.8)$$

Ток срабатывания

$$I_{\text{ср}} \geq I_{\text{эл.магн}}$$

Токарно-специальные станки

$$I_{\text{ном}} = 10 / (\sqrt{3} \cdot 0,38) = 15,2 \text{ A}$$

$$I_{\text{пуск}} = 5 \cdot 15,2 = 76 \text{ A}$$

$$I_{\text{теп}} = 15,2 \cdot 1,15 = 17,48 \text{ A}$$

$$I_{\text{эл.магн}} = 76 \cdot 1,25 = 95 \text{ A}$$

$$I_{\text{ср}} \geq I_{\text{эл.магн}}$$

$$100 \text{ A} > 95 \text{ A}$$

Выбирается автоматический выключатель серии ВА51-29 номинальным током 63 А и током срабатывания 100 А.

Алмазно-расточной станок

$$I_{\text{ном}} = 2,2 / (\sqrt{3} \cdot 0,38) = 3,34 \text{ A}$$

$$I_{\text{пуск}} = 5 \cdot 3,34 = 16,7 \text{ A}$$

$$I_{\text{теп}} = 3,34 \cdot 1,15 = 3,84 \text{ A}$$

$$I_{\text{эл.магн}} = 16,7 \cdot 1,25 = 20,87 \text{ A}$$

$$I_{\text{ср}} \geq I_{\text{эл.магн}}$$

$$25 \text{ A} > 20,87 \text{ A}$$

Выбирается автоматический выключатель серии ВА51-25 номинальным током 4 А и током срабатывания 25 А.

Вертикально-фрезерный станок

$$I_{\text{ном}} = 7,5 / (\sqrt{3} \cdot 0,38) = 11,39 \text{ A}$$

$$I_{\text{пуск}} = 5 \cdot 11,39 = 56,95 \text{ A}$$

$$I_{\text{теп}} = 11,39 \cdot 1,15 = 13,1 \text{ А}$$

$$I_{\text{эл.магн}} = 56,95 \cdot 1,25 = 71,18 \text{ А}$$

$$I_{\text{ср}} \geq I_{\text{эл.магн}}$$

$$100 \text{ А} > 71,18 \text{ А}$$

Выбирается автоматический выключатель серии ВА51-29 номинальным током 63 А и током срабатывания 100 А.

Наждачные станки

$$I_{\text{ном}} = 2,4 / (\sqrt{3} \cdot 0,38) = 3,64 \text{ А}$$

$$I_{\text{пуск}} = 5 \cdot 3,64 = 18,2 \text{ А}$$

$$I_{\text{теп}} = 3,64 \cdot 1,15 = 4,18 \text{ А}$$

$$I_{\text{эл.магн}} = 18,2 \cdot 1,25 = 22,75 \text{ А}$$

$$I_{\text{ср}} \geq I_{\text{эл.магн}}$$

$$25 \text{ А} > 22,75 \text{ А}$$

Выбирается автоматический выключатель серии ВА51-25 номинальным током 4 А и током срабатывания 25 А.

Алмазно-расточной станок

$$I_{\text{ном}} = 2,2 / (\sqrt{3} \cdot 0,38) = 3,34 \text{ А}$$

$$I_{\text{пуск}} = 5 \cdot 3,34 = 16,7 \text{ А}$$

$$I_{\text{теп}} = 3,34 \cdot 1,15 = 3,8 \text{ А}$$

$$I_{\text{эл.магн}} = 16,7 \cdot 1,25 = 20,8 \text{ А}$$

$$I_{\text{ср}} \geq I_{\text{эл.магн}}$$

$$25 \text{ А} > 20,8 \text{ А}$$

Выбирается автоматический выключатель серии ВА51-25 номинальным током 4 А и током срабатывания 25 А.

Наждачные станки

$$I_{\text{НОМ}} = 2,4 / (\sqrt{3} \cdot 0,38) = 3,64 \text{ А}$$

$$I_{\text{пуск}} = 5 \cdot 3,64 = 18,2 \text{ А}$$

$$I_{\text{теп}} = 3,64 \cdot 1,15 = 4,1 \text{ А}$$

$$I_{\text{эл.магн}} = 18,2 \cdot 1,25 = 22,7 \text{ А}$$

$$I_{\text{ср}} \geq I_{\text{эл.магн}}$$

$$25 \text{ А} > 22,7 \text{ А}$$

Выбирается автоматический выключатель серии ВА51-25 номинальным током 4 А и током срабатывания 25 А.

Заточные станки

$$I_{\text{НОМ}} = 1,5 / (\sqrt{3} \cdot 0,38) = 2,27 \text{ А}$$

$$I_{\text{пуск}} = 5 \cdot 2,27 = 11,35 \text{ А}$$

$$I_{\text{теп}} = 2,27 \cdot 1,15 = 2,6 \text{ А}$$

$$I_{\text{эл.магн}} = 11,35 \cdot 1,25 = 14,1 \text{ А}$$

$$I_{\text{ср}} \geq I_{\text{эл.магн}}$$

$$16 \text{ А} > 14,1 \text{ А}$$

Выбирается автоматический выключатель серии ВА47-29 номинальным током 3,1 А и током срабатывания 16 А.

Балансировочные станки

$$I_{\text{НОМ}} = 2,7 / (\sqrt{3} \cdot 0,38) = 4,1 \text{ А}$$

$$I_{\text{пуск}} = 5 \cdot 4,1 = 20,5 \text{ А}$$

$$I_{\text{теп}} = 4,1 \cdot 1,15 = 4,7 \text{ А}$$

$$I_{\text{эл.магн}} = 20,5 \cdot 1,25 = 25 \text{ А}$$

$$I_{\text{ср}} \geq I_{\text{эл.магн}}$$

$$25 \text{ А} > 25 \text{ А}$$

Выбирается автоматический выключатель серии ВА51-25
номинальным током 5 А и током срабатывания 25 А.

Магнитный дефектоскоп

$$I_{\text{НОМ}} = 1,2 / (\sqrt{3} \cdot 0,38) = 1,82 \text{ А}$$

$$I_{\text{ПУСК}} = 5 \cdot 1,82 = 9,1 \text{ А}$$

$$I_{\text{ТЕП}} = 1,82 \cdot 1,15 = 2 \text{ А}$$

$$I_{\text{ЭЛ.МАГН}} = 9,1 \cdot 1,25 = 11,3 \text{ А}$$

$$I_{\text{СР}} \geq I_{\text{ЭЛ.МАГН}}$$

$$16 \text{ А} > 11,3 \text{ А}$$

Выбирается автоматический выключатель серии ВА47-29
номинальным током 3,1 А и током срабатывания 16 А.

Сверлильные станки

$$I_{\text{НОМ}} = 8 / (\sqrt{3} \cdot 0,38) = 12,15 \text{ А}$$

$$I_{\text{ПУСК}} = 5 \cdot 12,15 = 60,75 \text{ А}$$

$$I_{\text{ТЕП}} = 12,15 \cdot 1,15 = 13,97 \text{ А}$$

$$I_{\text{ЭЛ.МАГН}} = 60,75 \cdot 1,25 = 75,93 \text{ А}$$

$$I_{\text{СР}} \geq I_{\text{ЭЛ.МАГН}}$$

$$100 \text{ А} > 75,93 \text{ А}$$

Выбирается автоматический выключатель серии ВА51-29
номинальным током 63 А и током срабатывания 100 А.

Заточные станки

$$I_{\text{НОМ}} = 1,5 / (\sqrt{3} \cdot 0,38) = 2,27 \text{ А}$$

$$I_{\text{ПУСК}} = 5 \cdot 2,27 = 11,35 \text{ А}$$

$$I_{\text{ТЕП}} = 2,27 \cdot 1,15 = 2,61 \text{ А}$$

$$I_{\text{ЭЛ.МАГН}} = 11,35 \cdot 1,25 = 14,18 \text{ А}$$

$$I_{\text{ср}} \geq I_{\text{эл.магн}}$$

$$25 \text{ А} > 14,18 \text{ А}$$

Выбирается автоматический выключатель серии ВА51-25 номинальным током 2,5 А и током срабатывания 25 А.

Закалочные установки

$$I_{\text{ном}} = 15 / (\sqrt{3} \cdot 0,38) = 22,79 \text{ А}$$

$$I_{\text{пуск}} = 5 \cdot 22,79 = 113,95 \text{ А}$$

$$I_{\text{теп}} = 22,79 \cdot 1,15 = 26,2 \text{ А}$$

$$I_{\text{эл.магн}} = 113,95 \cdot 1,25 = 142,43 \text{ А}$$

$$I_{\text{ср}} \geq I_{\text{эл.магн}}$$

$$160 \text{ А} > 142,43 \text{ А}$$

Выбирается автоматический выключатель серии ВА51-29 номинальным током 63 А и током срабатывания 160 А.

Круглошлифовальные станки

$$I_{\text{ном}} = 6,5 / (\sqrt{3} \cdot 0,38) = 10 \text{ А}$$

$$I_{\text{пуск}} = 5 \cdot 10 = 100 \text{ А}$$

$$I_{\text{теп}} = 10 \cdot 1,15 = 11,5 \text{ А}$$

$$I_{\text{эл.магн}} = 100 \cdot 1,25 = 125 \text{ А}$$

$$I_{\text{ср}} \geq I_{\text{эл.магн}}$$

$$160 \text{ А} > 125 \text{ А}$$

Выбирается автоматический выключатель серии ВА51-29 номинальным током 63 А и током срабатывания 160 А.

Токарные полуавтоматы

$$I_{\text{ном}} = 22 / (\sqrt{3} \cdot 0,38) = 33,84 \text{ А}$$

$$I_{\text{пуск}} = 5 \cdot 33,84 = 169,23 \text{ A}$$

$$I_{\text{теп}} = 33,84 \cdot 1,15 = 38,91 \text{ A}$$

$$I_{\text{эл.магн}} = 169,23 \cdot 1,25 = 211,53 \text{ A}$$

$$I_{\text{ср}} \geq I_{\text{эл.магн}}$$

$$250 \text{ A} > 211,53 \text{ A}$$

Выбирается автоматический выключатель серии ВА51-35 номинальным током 80 А и током срабатывания 250 А.

Балансировочные станки

$$I_{\text{ном}} = 2,7 / (\sqrt{3} \cdot 0,38) = 4,1 \text{ A}$$

$$I_{\text{пуск}} = 4 \cdot 4,1 = 16,4 \text{ A}$$

$$I_{\text{теп}} = 4,1 \cdot 1,15 = 4,71 \text{ A}$$

$$I_{\text{эл.магн}} = 16,4 \cdot 1,25 = 20,5 \text{ A}$$

$$I_{\text{ср}} \geq I_{\text{эл.магн}}$$

$$25 \text{ A} > 20,5 \text{ A}$$

Выбирается автоматический выключатель серии ВА51-25 номинальным током 5 А и током срабатывания 25 А.

Вертикально-сверлильные станки

$$I_{\text{ном}} = 5 / (\sqrt{3} \cdot 0,38) = 7,69 \text{ A}$$

$$I_{\text{пуск}} = 5 \cdot 7,69 = 38,45 \text{ A}$$

$$I_{\text{теп}} = 7,69 \cdot 1,15 = 8,84 \text{ A}$$

$$I_{\text{эл.магн}} = 38,45 \cdot 1,25 = 48,06 \text{ A}$$

$$I_{\text{ср}} \geq I_{\text{эл.магн}}$$

$$63 \text{ A} > 48,06 \text{ A}$$

Выбирается автоматический выключатель серии ВА51-25 номинальным током 25 А и током срабатывания 63 А.

Кран мостовой

$$I_{\text{ном}} = 30 / (\sqrt{3} \cdot 0,38) = 46,15 \text{ A}$$

$$I_{\text{пуск}} = 5 \cdot 46,15 = 230,76 \text{ A}$$

$$I_{\text{теп}} = 46,15 \cdot 1,15 = 53,07 \text{ A}$$

$$I_{\text{эл.магн}} = 230,76 \cdot 1,25 = 288,45 \text{ A}$$

$$I_{\text{ср}} \geq I_{\text{эл.магн}}$$

$$400 \text{ A} > 288,45 \text{ A}$$

Выбирается автоматический выключатель серии ВА52-37 номинальным током 250 А и током срабатывания 400 А.

Агрегатные станки

$$I_{\text{ном}} = 12 / (\sqrt{3} \cdot 0,38) = 34,28 \text{ A}$$

$$I_{\text{пуск}} = 5 \cdot 34,95 = 174,75 \text{ A}$$

$$I_{\text{теп}} = 34,28 \cdot 1,15 = 39,42 \text{ A}$$

$$I_{\text{эл.магн}} = 174,75 \cdot 1,25 = 218,43 \text{ A}$$

$$I_{\text{ср}} \geq I_{\text{эл.магн}}$$

$$250 \text{ A} > 218,43 \text{ A}$$

Выбирается автоматический выключатель серии ВА51-35 номинальным током 80 А и током срабатывания 250 А.

Шпоночно-фрезерные станки

$$I_{\text{ном}} = 7 / (\sqrt{3} \cdot 0,38) = 10,76 \text{ A}$$

$$I_{\text{пуск}} = 5 \cdot 10,76 = 53,8 \text{ A}$$

$$I_{\text{теп}} = 10,76 \cdot 1,15 = 12,37 \text{ A}$$

$$I_{\text{эл.магн}} = 53,8 \cdot 1,25 = 67,25 \text{ A}$$

$$I_{\text{ср}} \geq I_{\text{эл.магн}}$$

$$100 \text{ A} > 67,25 \text{ A}$$

Выбирается автоматический выключатель серии ВА51-29 номинальным током 63 А и током срабатывания 100 А.

Магнитный дефектоскоп

$$I_{\text{ном}} = 1,2 / (\sqrt{3} \cdot 0,38) = 1,82 \text{ А}$$

$$I_{\text{пуск}} = 5 \cdot 1,82 = 9,1 \text{ А}$$

$$I_{\text{теп}} = 1,82 \cdot 1,15 = 2,09 \text{ А}$$

$$I_{\text{эл.магн}} = 9,1 \cdot 1,25 = 11,37 \text{ А}$$

$$I_{\text{ср}} \geq I_{\text{эл.магн}}$$

$$25 \text{ А} > 11,37 \text{ А}$$

Выбирается автоматический выключатель серии ВА51-25 номинальным током 2 А и током срабатывания 25 А.

7 Расчет токов короткого замыкания

Для расчета токов короткого замыкания необходимо составить расчетную схему исходя из схемы электроснабжения цеха. КЗ будем рассчитывать от ВРУ до электроприемника 1(через ШРА1).

На рисунке 7.1 представлена расчетная схема для определения токов короткого замыкания.

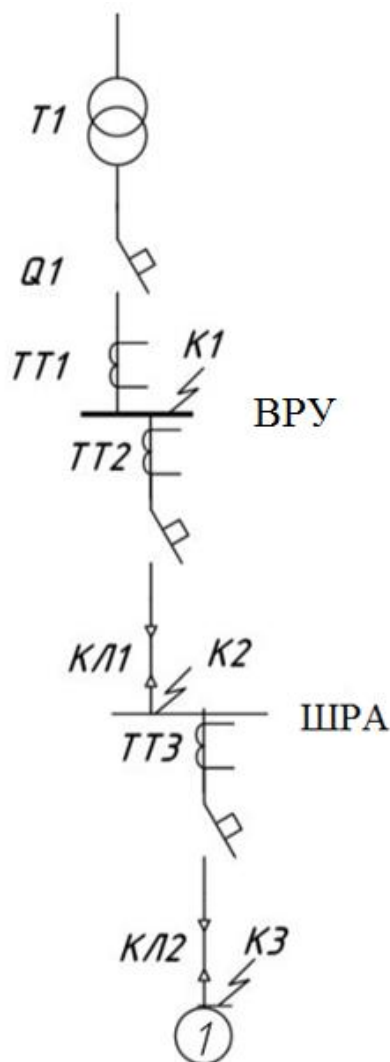


Рисунок 7.1 – Расчетная схема для определения токов КЗ

Расчет токов КЗ осуществляется по схеме замещения, которая состоит из элементов с активным и индуктивным сопротивлением.

7.1 Расчет токов трехфазного и двухфазного КЗ

Схема замещения для определения тока двухфазного и трехфазного КЗ должна содержать все элементы расчетной схемы. Так же будем учитывать активное переходное сопротивление на каждой ступени расчетной схемы, которое возьмем из справочника.

На рисунке 7.2 представлена схема замещения для расчета токов двухфазного и трехфазного КЗ.

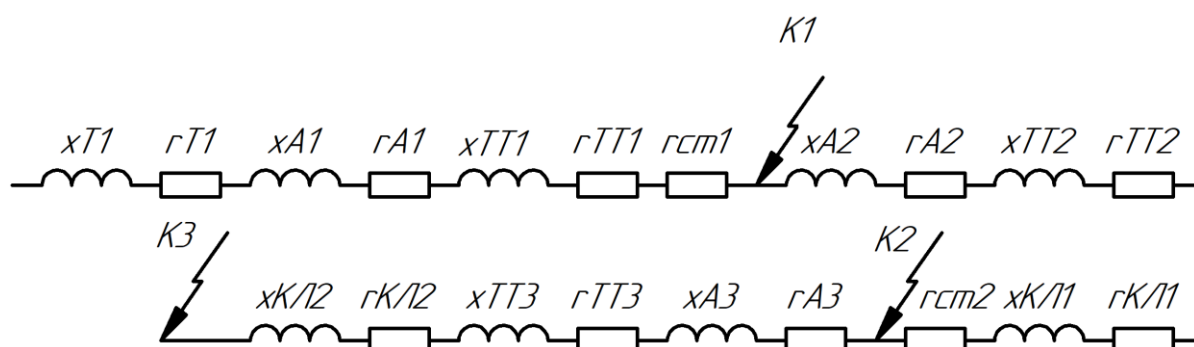


Рисунок 7.2 – Схема замещения для расчета трехфазного и двухфазного КЗ

Для того чтобы рассчитать токи КЗ, найдем сопротивления элементов схемы и подпишем их на рисунке 7.2. Все сопротивления приведены в мОм.

Переходные сопротивления на ступенях распределения при отсутствии достоверных данных о контактах и их переходных сопротивлениях в сетях, питающихся от цеховых трансформаторов мощностью до 2500 кВА принято брать равными:

- распределительные устройства подстанции: $r_{ст1} = 15$ мОм
- вторичные распределительные цеховые пункты: $r_{ст2} = 25$ мОм

Сопротивления трансформатора активное и индуктивное найдем из справочных таблиц:

- активное сопротивление: $r_{T1} = 3,4$ мОм;
- индуктивное сопротивление: $x_{T1} = 13,5$ мОм.

Сопротивления автоматических выключателей составит:

- автоматический выключатель к ВРУ: $r_{A1} = 0,25$ мОм,
 $x_{A1} = 0,1$ мОм;
- автоматический выключатель к ШРА: $r_{A2} = 0,65$ мОм,
 $x_{A2} = 0,17$ мОм;
- автоматический выключатель к электроприемнику 1:
 $r_{A3} = 2,15$ мОм, $x_{A3} = 1,2$ мОм.

Сопротивления трансформаторов тока согласно ГОСТ 28249-93 составят:

- трансформатор тока к ШМА: $r_{ТТ1} = 0,03$ мОм, $x_{ТТ1} = 0,04$ мОм;
- трансформатор тока к ШРА: $r_{ТТ2} = 7$ мОм,
 $x_{ТТ2} = 11$ мОм;
- трансформатор тока к электроприемнику 1: $r_{ТТ3} = 2,7$ мОм,
 $x_{ТТ3} = 1,7$ мОм.

Индуктивное сопротивление кабельных линий будем находить по формуле:

$$x_{\text{кл}} = X_0 \cdot l, \quad (7.1)$$

где X_0 – удельное индуктивное сопротивление, мОм/м; l – длина кабельной линии, м.

Активное сопротивление кабельных линий будем находить по формуле:

$$r_{\text{кл}} = r_0 \cdot l, \quad (7.2)$$

где r_0 – удельное активное сопротивление, мОм/м; l – длина кабельной линии, м.

При отсутствии данных можно принять удельные сопротивления нулевой последовательности: $r_{\Pi} = 2 \cdot r_0$ мОм/м; $x_{\Pi} = 0,4$ мОм/м.

Рассчитаем сопротивления кабельной линии КЛ1 при $l=25,5$ м:

- активное сопротивление:

$$r_{\text{КЛ1}} = 0,154 \cdot 25,5 = 3,9 \text{ мОм};$$

- индуктивное сопротивление:

$$x_{\text{КЛ1}} = 0,08 \cdot 25,5 = 2,04 \text{ мОм};$$

- сопротивление схемы нулевой последовательности:

$$x_{\text{ОКЛ1}} = 0,06 \cdot 25,5 = 1,53 \text{ мОм};$$

$$r_{\text{ОКЛ1}} = 0,308 \cdot 25,5 = 7,85 \text{ мОм}.$$

Аналогично рассчитаем для КЛ2 при $l=16,7$ м:

$$r_{\text{КЛ2}} = 1,16 \cdot 16,7 = 19,37 \text{ мОм};$$

$$x_{\text{КЛ2}} = 0,095 \cdot 16,7 = 1,58 \text{ мОм};$$

$$x_{\text{ОКЛ2}} = 0,4 \cdot 16,7 = 6,68 \text{ мОм};$$

$$r_{\text{ОКЛ2}} = 2,32 \cdot 16,7 = 38,74 \text{ мОм}.$$

Упростим схему замещения на рисунке 7.2 и получим схему на рисунке 7.3.

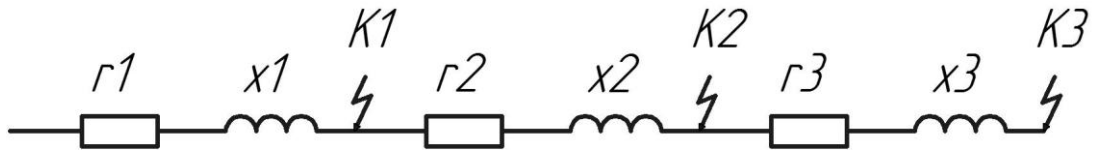


Рисунок 7.3 – Упрощенная схема замещения

Рассчитаем сопротивления упрощенной схемы замещения для расчета токов трехфазных и двухфазных КЗ.

$$r_1 = r_{T1} + r_{A1} + r_{TT1} + r_{CT1} = 3,4 + 0,25 + 0,03 + 15 = 18,68 \text{ мОм.}$$

$$x_1 = x_{T1} + x_{A1} + x_{TT1} = 13,5 + 0,1 + 0,04 = 13,64 \text{ мОм.}$$

$$r_2 = r_{A2} + r_{TT2} + r_{KJ1} + r_{CT2} = 0,65 + 7 + 3,9 + 20 = 31,5 \text{ мОм.}$$

$$x_2 = x_{A2} + x_{TT2} + x_{KJ1} = 0,17 + 11 + 3,9 = 15,07 \text{ мОм.}$$

$$r_3 = r_{A3} + r_{TT3} + r_{KJ2} = 2,15 + 1,7 + 19,37 = 23,22 \text{ мОм.}$$

$$x_3 = x_{A3} + x_{TT3} + x_{KJ2} = 1,2 + 1,7 + 1,58 = 4,48 \text{ мОм.}$$

Для расчета токов будем использовать следующие формулы:

- коэффициент действующего значения тока:

$$q = \sqrt{1 + 2(K_y - 1)^2}, \quad (7.3)$$

где K_y – ударный коэффициент.

- ток трехфазного КЗ:

$$I_{K3}^{(3)} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_{K3}}, \quad (7.4)$$

- ток двухфазного КЗ:

$$I_{K3}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{K3}^{(3)}, \quad (7.5)$$

- ударный ток:

$$i_y = \sqrt{2} \cdot K_y I_{K3}^{(3)}, \quad (7.6)$$

- действующее значение ударного тока:

$$I_y = q \cdot I_{K3}^{(3)}, \quad (7.7)$$

Рассчитаем токи КЗ для точки КЗ1 по упрощенной схеме замещения на рисунке 7.2. Рассчитаем сопротивления итоговые до точки КЗ1:

$$r_{K31} = r_1 = 18,68 \text{ мОм.}$$

$$x_{K31} = x_1 = 13,64 \text{ мОм.}$$

$$z_{K31} = \sqrt{18,68^2 + 13,64^2} = 23,13 \text{ мОм.}$$

Найдем отношение $\frac{r_{K31}}{x_{K31}}$ для того, чтобы определить ударный

коэффициент:

$$\frac{r_{K31}}{x_{K31}} = \frac{18,68}{13,64} = 1,37.$$

Ударный коэффициент найдем по графику зависимости $K_y = F\left(\frac{r_{K31}}{x_{K31}}\right)$.

$K_y = 1,25$, тогда коэффициент действующего значения тока равен:

$$q_{K31} = \sqrt{1 + 2(1,25 - 1)^2} = 1,06.$$

Ток трехфазного КЗ в точке К1:

$$I_{K31}^{(3)} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 23,13} = 9,98 \text{ кА.}$$

Ток двухфазного КЗ равен:

$$I_{K31}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} 9,98 = 8,64 \text{ кА.}$$

Ударный ток для точки К31 составит:

$$i_{yK31} = \sqrt{2} \cdot 1,25 \cdot 9,98 = 17,64 \text{ кА.}$$

Действующее значение ударного тока:

$$I_{yK31} = 1,06 \cdot 9,98 = 10,58 \text{ кА.}$$

Аналогично рассчитаем для точек короткого замыкания К2 и К3 и занесем в таблицу 7.1.

Аналогично рассчитаем суммарное сопротивление до точек К3 и рассчитаем полное сопротивление, результат запишем в таблицу 7.1. Сопротивления нулевой последовательности для переходных ступеней примем равными сопротивлениям прямой последовательности.

Ток однофазного КЗ рассчитаем по формуле:

$$I_{\text{КЗ}}^{(1)} = \frac{U_{\text{нф}}}{z_{\text{н}} + z_{\text{T}}/3}, \quad (7.8)$$

где $U_{\text{нф}}$ – номинальное фазное напряжение, кВ; $z_{\text{н}}$ – сопротивление до точки КЗ в схеме нулевой последовательности; z_{T} – полное сопротивление трансформатора при однофазном КЗ, для трансформатора 400 кВА $z_{\text{T}}=129$ мОм.

Рассчитаем ток однофазного КЗ для точки короткого замыкания КЗ1:

$$I_{\text{КЗ1}}^{(1)} = \frac{0,220}{15 + 129/3} = 3,79 \text{ кА.}$$

Аналогично рассчитаем другие точки, результат запишем в таблицу 7.1.

Таблица 7.1 – Сводная расчетная таблица токов КЗ

Точка КЗ	$r_{\text{КЗ}}$, мОм	$x_{\text{КЗ}}$, мОм	$z_{\text{КЗ}}$, мОм	$\frac{r_{\text{КЗ}}}{x_{\text{КЗ}}}$	$K_{\text{у}}$	q	$I_{\text{КЗ}}^{(3)}$, кА	$I_{\text{КЗ}}^{(2)}$, кА	$z_{\text{н}}$, мОм	$I_{\text{КЗ}}^{(1)}$, кА	$i_{\text{у}}$, кА	$I_{\text{у}}$, кА
КЗ1	18,6 8	13,64	23,13	1,37	1,2 5	1,06	9,98	8,64	15	3,79	17,6 4	10,5 8
КЗ2	31,0 5	15,07	34,51	2,06	1,3	1,08 6	7,09	6,14	52,9	2,29	12,5 3	7,51
КЗ3	23,2 2	4,48	23,64	5,18	1,2 7	1,07	5,45	4,71	69,7	1,95	9,63	5,77

Таким образом, наиболее опасным является трехфазное короткое замыкание в точке КЗ1, т.е. на шинах ВРУ 0,4 кВ.

8 Расчет мощности и выбор главного двигателя

Основным требованием, предъявляемым рабочими механизмами к приводным двигателям, является обеспечение заданной производительности механизма принадлежащей надежности и экономичности работы. Это требование может быть удовлетворено лишь при условии выбора двигателя соответствующей мощности и частоты вращения двигателя металлорежущих станков зависят от скорости и режимов резания.

Окружная скорость изделия определяется по формуле:

$$V_n = C_v d^z / T^m S^y, \quad (8.1)$$

где C_v – коэффициент, характеризующий свойства обрабатываемого материала; принимается равным $C_v = 21,2$

d – диаметр сверла, мм; $d = 25$ мм (из технических характеристик станка)

T – стойкость сверла, мин; $T = 300$ мин (из технических характеристик станка)

S – вертикальная подача сверла, мм/об; $S = 0,73$ мм

m, y, z – показатели степеней, характеризующие свойства обрабатываемого материала и сверла; принимаются равными $m = 0,2$; $y = 0,8$; $z = 0,6$

$$V_n = 21,2 \cdot 25^{0,6} / 300^{0,2} \cdot 0,73^{0,8} = 59,95 \text{ м/мин}$$

Частоту вращения сверла определяется по формуле:

$$n_{\text{шп}} = 1000 \cdot V_n / (\pi \cdot d) \quad (8.2)$$

$$n_{\text{шп}} = 1000 \cdot 59,95 / (3,14 \cdot 25) = 763 \text{ об/мин}$$

Вращающий момент на шпинделе при сверлении определяется по формуле

$$M=9,81C_M \cdot S^y \cdot d^{1,9} \cdot 10^{-3} \quad (8.3)$$

C_M – коэффициент, характеризующий свойства обрабатываемого материала;

$C_M=12$ (из технических характеристик станка)

y - показатель степени, характеризующие свойства обрабатываемого материала; $y=0,8$; (из технических характеристик станка)

$$M=9,81 \cdot 12 \cdot 0,73^{0,8} \cdot 25^{1,9} \cdot 10^{-3}=41,59$$

Мощность резания [кВт] определяется по формуле:

$$P_z=M \cdot n_{шп}/9550 \quad (8.4)$$

$$P_z=41,59 \cdot 763/9550=3,32$$

Мощность двигателя [кВт] зависит от мощности резания:

$$P_{дв}=P_z/\eta_{ст} \quad (8.5)$$

$\eta_{ст}$ –КПД станка. $\eta_{ст}=0,85$; (из технических характеристик станка)

$$P_{дв}=3,32/0,85=3,90 \text{ кВт}$$

Исходя из расчетной мощности, выбирается асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором типа 4А112МВ6У3 стандартной мощности $P_{ст.дв}=4\text{кВт}$; $n_{ст.дв}=950$ об/мин; $\eta=82\%$; $\cos\varphi=0,81$.

$$P_{ст. дв} \geq P_{расч. дв}$$

$$4,0 \text{ кВт} \geq 3,90 \text{ кВт}$$

Аналогично в таблице произведем выбор всех главных электродвигателей для электроприемников.

Таблица 8.1 – Сводная таблица всех главных электродвигателей

Наименование электрооборудования	Тип эл двигателя	Мощность электродвигателя, кВт	Количество оборотов об/мин	cosφ
1	2	3	4	5
Токарные специальные станки	4A132M4Y3	7,5	1455	0,86
Алмазно-расточные станки	4A80B2Y3	2,2	2850	0,87
Вертикально-фрезерные станки	4A132M6Y3	7,5	970	0,86
Наждачные станки	4A90L4Y3	2,4	1425	0,83
Сверлильные станки	4AL60S2Y3	7,5	730	0,75
Заточные станки	4A80A2Y3	1,5	2830	0,85
Закалочные установки	-	-	-	-
Круглошлифовальные станки	4A112M4Y3	5,5	1445	0,86
Токарные полуавтоматы	4A100S2Y3	22	1470	0,9
Балансировочные станки	4A112MB6Y 3	3	700	0,74
Вертикально сверлильные станки	4A112MB6Y 3	3,9	950	0,81
Кран мостовой	AIP180M2	30	1450	0,9
Агрегатные станки	4A160S6Y3	12	975	0,86
Шпоночно-фрезерные станки	4A160S8Y3	7	730	0,75
Магнитный дефектоскоп	-	-	-	-

9 Расчет контура заземления

При расчете заземляющих устройств большую роль играет состояние почвы. По состоянию почвы определяется тип заземлителей, их количество, сечение заземляющих проводников и состояния

В качестве заземлителей, для заземления ТП 10/0,4 кВ, используется прутковые электроды, которые устанавливаются вертикально в землю.

Ток однофазного замыкания на землю в сети 10 кВ

$$I_3 = U_H \cdot (35 \cdot L_K + L_B) / 350, \quad (9.1)$$

где U_H – номинальное линейное напряжение сети, кВ. $U_H = 10$ кВ;

L_K – длина кабельных линий, км. $L_K = 0,5$ км;

L_B – длина воздушных линий, км. $L_B = 8$ км.

$$I_3 = 10 \cdot (35 \cdot 0,5 + 8) / 350 = 0,72 \text{ А}$$

Сопротивление заземляющего устройства для сети 10 кВ при общем заземлении

$$R_3 = 125 / I_3 \quad (9.2)$$

$$R_3 = 125 / 0,72 = 173,6 \text{ Ом}$$

Сопротивление заземляющих устройств для сети 380/220 В должно быть не более 4 Ом. Применяем наименьшее сопротивление заземляющих устройств 4 Ом.

Расчетное удельное сопротивления грунта

$$\rho = \rho_{\text{изм}} \cdot \psi, \quad (9.3)$$

где $\rho_{\text{изм}}$ – удельное сопротивление грунта, Ом · см. Принимается равным $\rho_{\text{изм}} = 0,7 \cdot 10^{-4}$ Ом · см.

ψ – коэффициент сезонности, принимается равным $\psi = 1,5$;

$$\rho = 0,7 \cdot 10^{-4} \cdot 1,5 = 1,05 \cdot 10^{-4} \text{ Ом} \cdot \text{см}$$

Сопротивление пруткового заземлителя

$$R_0 = 0,00227 \cdot \rho \tag{9.4}$$

$$R_0 = 0,00227 \cdot 1,05 \cdot 10^{-4} = 23,83 \text{ Ом}$$

Принимается размещение заземлителей в ряд с расстоянием между ними 6 м.

Число заземлителей

$$n = R_0 / (\eta \cdot R_3), \tag{9.5}$$

где η – коэффициент использования, принимается равным $\eta = 0,8$.

$$n = 23,83 / (0,8 \cdot 4) = 8 \text{ шт.}$$

10 Экономический расчет производственного корпуса механической обработки деталей

10.1 Расчет капитальных вложений для корпуса механической обработки деталей

Капитальные вложения проектируемого корпуса механической обработки включают в себя следующие расходы:

1. Стоимость здания проектируемого участка - $C_{зд}$
2. Стоимость технологического оборудования - $C_{то}$
3. Сметная стоимость электротехнического оборудования - $C_{это см}$

$$K = C_{зд} + C_{то} + C_{это см}, (\text{руб}) \quad (10.1)$$

Стоимость здания проектируемого участка

Стоимость здания проектируемого участка определяется, исходя из объема здания по наружному обмеру, и по стоимости 1 м^3 здания:

$$V = S_{му} \cdot h = \text{м}^3 \quad (10.2)$$

где: $S_{му}$ – площадь проектируемого участка цеха, м^2 . $S_{му} = 1344 \text{ м}^2$

h – высота здания, в м. $h = 9 \text{ м}$.

$$V = 1344 \cdot 9 = 12096$$

$$C_{зд.} = V \cdot C, (\text{руб}) \quad (10.3)$$

где: V – объем здания, в м^3 ,

C – стоимость 1 м^3 здания. $C = 2000 \text{ руб}$.

$$C_{зд.} = 12096 \cdot 2000 = 24192000 \text{ руб.}$$

Стоимость технологического оборудования

Стоимость технологического оборудования складывается из:

а) расходов на приобретение (руб.) - $P_{п}$;

б) транспортные расходы (руб.)

$$P_{тр} = 8\% \cdot P_{п}; \quad (10.4)$$

в) расходы на установку и монтаж (руб.)

$$P_{ум} = 10\% \cdot (P_{п} + P_{тр}) \quad (10.5)$$

$$C_{то} = P_{п} + P_{тр} + P_{ум} \text{ (руб)} \quad (10.6)$$

где: $P_{п}$ - расходы на приобретение (определяются, общей стоимостью оборудования, по оптовой цене каждого станка и их количества).

Согласно исходным данным расчеты производим по таблице 10.1.

Таблица 10.1 - Расчет стоимости технологического оборудования

№пп	Наименование оборудования	Оптовая цена, руб.	Количество, шт	Расходы на приобретение, $P_{п}$, руб.
1	Токарные специальные станки ИРТ80ВФ3	685000	7	4795000
2	Алмазно-расточные станки 2715А	216000	3	648000
3	Вертикально-фрезерные станки 6Р13	425000	4	1700000
4	Наждачные станки Ф400	6000	2	12000
5	Сверлильные станки ГС2112	85000	4	340000
6	Заточные станки ЗД642Е	60000	2	120000
7	Закалочные установки ИСЗА-1000	40000	3	120000
8	Круглошлифовальные станки 3М151	415000	3	1245000
9	Токарные полуавтоматы 1283	620000	4	2480000
10	Балансировочные станки 9Д716	150000	2	300000
11	Вертикально сверлильные станки 2Н125	300000	3	900000

Продолжение таблицы 10.1

12	Кран мостовой 7К	1830000	1	1830000
13	Агрегатные станки АС78	350000	3	1050000
14	Шпоночно-фрезерные станки 692Д	395000	3	1185000
15	Магнитный дефектоскоп МДС-5	52000	2	104000
	Итого: P_п, руб.:			16829000
	Транспортные расходы P _{тр} (8%), руб.			1346320
	Итого: (P_п + P_{тр})			18175320
	Расходы на установку и монтаж P _{ум} (10%), руб.			1817532
	Всего: стоимость технологического оборудования, руб.			19992852

Стоимость технологического оборудования

$$C_{т.о} = 19992852 \text{руб.}$$

Сметная стоимость электротехнического оборудования

Смета является основным документом, по которому определяется стоимость сооружения электроустановки (её электрооборудования и монтажа).

При составлении сметы надо исходить из схемы электроснабжения участка и спецификации электрооборудования, комплектных устройств, материалов и монтажных изделий.

Таблица 10.2 - Смета на приобретение и монтаж электротехнического оборудования

Сметная стоимость: 465137,8 руб.

в т.ч. электротехническое оборудование : 384561,9 руб.

Монтажные работы: 12086,3 руб.

Основание: спецификация к техническому проекту составлена в ценах 2018 г.

Итак, согласно приведенным расчетам сметная стоимость электротехнического оборудования всего равна:

$$C_{\text{это см}} = 465137,8 \text{ руб.}$$

Капитальные вложения на проектируемый цех составят

$K = C_{\text{зд.}}$ (стоимость здания) + $C_{\text{т.о.}}$ (стоимость технологического оборудования) + $C_{\text{это см}}$ (стоимость электротехнического оборудования по смете)

$$K = 24192000 + 19992852 + 465137,8 = 44649989,8 \text{ руб.}$$

10.2 Расчет годовых издержек эксплуатации электрооборудования

Годовые издержки эксплуатации силового электрооборудования складываются из следующих видов затрат:

$$C = A_{\Gamma} + P_{\text{обсл}} + P_{\text{рем}} + C_{\text{эл}}, \text{ (руб)} \quad (10.7)$$

где: A_{Γ} – сумма годовых амортизационных отчислений, руб.

$P_{\text{обсл}}$ – годовые расходы, необходимые для проведения технического обслуживания электрооборудования и внутрицеховых сетей участка, руб.

$P_{\text{рем}}$ – годовые расходы, необходимые для проведения ремонта электрооборудования и сетей участка, руб.

$C_{\text{эл}}$ – стоимость годовых потерь электроэнергии, руб

Определение суммы годовых амортизационных отчислений

Основные производственные фонды в процессе эксплуатации изнашиваются. Плановое возмещение стоимости основных производственных фондов, путем переноса их стоимости на себестоимость

выпускаемой продукции называется амортизацией, а сумма в денежном выражении – амортизационными отчислениями.

Годовая сумма амортизационных отчислений рассчитывается по следующей формуле:

$$A_{г} = n \sum C_{п} \cdot H_{а} / 100, (\text{руб}) \quad (10.8)$$

где: $C_{п}$ – первоначальная стоимость каждого вида электрооборудования, руб.

$H_{а}$ – годовая норма амортизационных отчислений в %

n – количество видов оборудования ,шт.

Таблица 10.3 - Определение годовых амортизационных отчислений

№ пп	Наименование оборудования	Первоначальная стоимость, руб.	Количество шт.,м	Норма амортизационных отчислений, %	Сумма годовых амортизационных отчислений, руб.
1	2	3	4	5	6
1	Токарные специальные станки ИРТ80ВФ3	685000	7	8	54800
2	Алмазно-расточные станки 2715А	216000	3	8	17280
3	Вертикально-фрезерные станки 6Р13	425000	4	9	38250
4	Наждачные станки Ф400	6000	2	8	480
5	Сверлильные станки ГС2112	85000	4	9	7650
6	Заточные станки ЗД642Е	60000	2	9	5400
7	Закалочные установки ИСЗА-1000	40000	3	9	3600
8	Круглошлифовальные станки 3М151	415000	3	8	33200
9	Токарные полуавтоматы 1283	620000	4	8	49600
10	Балансировочные станки 9Д716	150000	2	8	12000
11	Вертикально сверлильные станки 2Н125	300000	3	9	27000

Продолжение таблицы 10.3

12	Кран мостовой 7К	1830000	1	9	164700
13	Агрегатные станки АС78	350000	3	9	31500
14	Шпоночно-фрезерные станки 692Д	395000	3	8	31600
15	Магнитный дефектоскоп МДС-5	52000	2	9	4680
16	Трансформатор	240000	1	12	28800
20	Кабель ВВГ	110	174	12	13,2
21	ШРА	300	160	10	30
22	ШМА	500	28	11	55
23	Гофра стальная	55	170	11	6,5
	Итого				479408,2

Таким образом, на основании расчетов можно сделать вывод, что годовые амортизационные отчисления составят:

$$A_r = 479408,2 \text{ руб.}$$

Расчет годовых расходов, необходимых для проведения технического обслуживания электрооборудования и сетей цеха

Для определения годовых расходов на техническое обслуживание электрооборудования и сетей цеха необходимо составить смету, в которую входят следующие статьи затрат:

- 1) заработная плата обслуживающих рабочих с начислениями;
- 2) стоимость материалов.

Расчет общего фонда заработной платы

$$\Phi ЗП_{\text{общ.}} = 3П_{\text{пов.}} + \Sigma Д + \Sigma П, \text{ руб.} \quad (10.9)$$

где: $\Sigma Д$ – сумма всех доплат (руб);

$\Sigma П$ – сумма всех премий (руб).

$$\Phi ЗП_{\text{общ.}} = 283117,12 \text{ руб.}$$

Затраты на оплату труда сводим в таблицу 10.4.

Таблица 10.4 - Затраты на оплату труда

Наименование показателей.	Обозначение	Ед. измерения	Количество затрат
1 Численность рабочих.	$N_{нч}$	Чел.	2
2 Повременная заработная плата.	$Z_{пов}$	Руб.	197984
3 Доплаты:			
а) за вредные условия труда;	$D_{вред/тяж}$	Руб.	15838,72
б) за работу в ночное время;	$D_{нч}$	Руб.	4949,6
в) за работу в вечернее время.	$D_{вч}$	Руб.	4949,6
г) за выполнение норм. задания.	$D_{н.з.}$	Руб.	29697,6
4 Сумма премий из ФЗП.	Π	Руб.	29697,6
5 Общий фонд заработной платы.	$\Phi ЗП_{общ.}$	Руб.	283117,1 2

Расчет отчислений на социальные нужды

Отчисления на социальные нужды отражают обязательные отчисления по установленным законодательством нормам от фонда труда органам:

- государственного социального страхования;
- пенсионного фонда;
- обязательного медицинского страхования.

$$\Phi СС = \Phi ЗП_{общ.} \cdot 26/100 \quad (10.10)$$

где: $\Phi ЗП_{общ.}$ - общий фонд заработной платы рабочих;

26% - процентная ставка отчислений на социальные нужды.

$$\Phi СС = 283117,12 \cdot 26/100 = 73610,45 \text{ руб.}$$

Расчет стоимости материалов при техническом обслуживании.

Затраты на материалы при техническом обслуживании принимаются в размере 15% от общего фонда заработной платы обслуживающего персонала.

$$C_{\text{м.обсл.}} = \text{ФЗП}_{\text{общ}} \cdot 15/100 = \text{руб.}$$

$$C_{\text{м.обсл.}} = 283117,12 \cdot 15/100 = \text{руб.}$$

Таблица 10.5 - Смета затрат на техническое обслуживание

№ пп	Статьи затрат	Обозначение	Сумма руб
1	Общий фонд заработной платы	ФЗП _{общ}	283117,1 2
2	Отчисления на социальные нужды	ФСС	73610,45
3	Материалы	C _{м.обсл.}	42467.56
	Итого		399195,13

Таким образом, годовые расходы необходимые для проведения технического обслуживания электрооборудования и сетей участка будут составлять:

$$P_{\text{обсл}} = 399195,13 \text{ руб.}$$

10.3 Расчет годовых расходов, необходимых для проведения плановых ремонтов электрооборудования и сетей проектируемого корпуса механической обработки деталей

В смету на ремонтные работы электрооборудования и сетей цеха входят следующие статьи затрат:

- заработная плата ремонтных рабочих с начислениями;
- цеховые расходы;
- стоимость материалов;
- общезаводские расходы.

Таблица 10.6 - Затраты на оплату труда

Наименование показателей.	Обозначение	Ед. измерения	Количество затрат
1 Численность рабочих.	N _{нч}	Чел.	4
2 Повременная заработная плата.	Z _{пов}	Руб.	395968

Продолжение таблицы 10.6

3 Доплаты:			
а) за вредные условия труда;	$D_{\text{вред/тяж}}$	Руб.	31677,4 4
б) за работу в ночное время;	$D_{\text{нч}}$	Руб.	13170,24
в) за работу в вечернее время.	$D_{\text{вч}}$	Руб.	13191,76
г) за выполнение норм. задания.	$D_{\text{н.з.}}$	Руб.	59395,2
4 Сумма премий из ФЗП.	$\Sigma\Pi$	Руб.	59395,2
5 Общий фонд заработной платы.	$\Phi\text{ЗП}_{\text{общ.}}$	Руб.	506902, 43

$$\Phi\text{ЗП}_{\text{общ.}} = 506902,43 \text{руб.}$$

Таблица 10.7 - Смета затрат на ремонтные работы

№ пп	Статьи затрат	Методика расчета	Сумма, руб.
1.	Заработная плата	$\Phi\text{ЗП}_{\text{общ}}$	506902,43
2.	Отчисления на социальные нужды	$\Phi\text{СС}$	131794,63
3.	Материалы	$C_{\text{м.рем.}}$	202760,9
4.	Цеховые расходы	$C_{\text{црасх.}}$	304141,4
5.	Общезаводские расходы	$C_{\text{з.расх.}}$	456212,18
	Итого		1601811,54

Исходя из выше приведенных расчетов следует, что годовые расходы необходимые для проведения плановых ремонтов электрооборудования и сетей цеха составляют :

$$P_{\text{рем}} = 1601811,54 \text{руб.}$$

10.4 Расчет стоимости годовых потерь электроэнергии

Годовой расход электроэнергии определим по формуле:

$$W = W_c + W_o, \quad (10.11)$$

где: W_c – расход силовой электроэнергии за год, кВт·час;

W_o – расход осветительной электроэнергии за год, кВт·час

Расчет расхода силовой электроэнергии за год :

$$W_c = N_{\text{уст.эн}} \cdot \Phi_{\text{об}} \cdot C_{\text{см}} \cdot K_{\text{ср.загр}} \cdot K_{\text{ор}} / K_c \cdot K_{\text{дв}}, \quad (\text{кВт}\cdot\text{час}) \quad (10.12)$$

где: $N_{\text{уст.эн}}$ – общая установленная мощность эл.двигателей в цеху, кВт.:

$N_{\text{уст.эн}} = 408,7 \text{ кВт}$

$\Phi_{\text{об}}$ – годовой фонд работы оборудования (1900 час.)

$C_{\text{см}}$ – количество смен работы оборудования (график работы)

$K_{\text{ср.загр}}$ – коэффициент средней загрузки оборудования (0,8)

$K_{\text{ор}}$ – коэффициент, учитывающий одновременность работы различного оборудования (0,5)

K_c – коэффициент, учитывающий потери в сети (0,92)

$K_{\text{дв}}$ – коэффициент, учитывающий потери в эл. двигателях (0,89)

$$W_c = 408,7 \cdot 1900 \cdot 2 \cdot 0,8 \cdot 0,5 / 0,92 \cdot 0,89 = 600966,69 \text{ кВт}\cdot\text{час}$$

Расчет расхода осветительной электроэнергии за год:

$$W_o = N_{\text{р.эн}} \cdot \Phi_{\text{осв}} \cdot S_{\text{уч}} / 1000 \quad (10.13)$$

где: $N_{\text{р.эн}}$ – норма расхода осветительной электроэнергии (16 Вт/м²·час)

$\Phi_{\text{осв}}$ – годовой фонд работы электрического освещения часов в зависимости от климатической зоны (2200 ч.)

$S_{\text{уч}}$ – площадь освещения заданного участка, м²

$$W_o = 16 \cdot 2200 \cdot 1344 / 1000 = 47308,8 \text{ кВт}\cdot\text{час}$$

Расчет годового расхода электроэнергии :

$$W = W_c + W_o = 600966.69 + 47308,8 = 648275.49 \text{ кВт}\cdot\text{час}$$

Трансформатор для участка выбираем исходя из общей установленной мощности.

Мощность трансформатора:

$$S_{\text{уст.расч.}} = (N_{\text{уст.эн}} + S_{\text{уч}} \cdot N_{\text{р.эн}} / 1000) \cdot K_c / K_m \quad (10.14)$$

где: K_c – коэффициент спроса ($K_c = 0,25$)

K_m – коэффициент мощности ($K_m = 0,95$)

$$S_{\text{уст.расч.}} = (408,7 + 1344 \cdot 16 / 1000) \cdot 0,25 / 0,95 = 113,2 \text{ кВт}$$

По $S_{\text{уст.расч.}}$ выбираем трансформатор, с учетом его загрузки 0,7

$$S_{\text{уст.прин.}} = S_{\text{уст.расч.}} \cdot 0,7 \quad (10.15)$$

$$S_{\text{уст.прин.}} = 113,2 \cdot 0,7 = 79,24 \text{ кВт}$$

Стоимость годовых потерь электроэнергии:

$$C_{\text{эл.}} = S_{\text{уст.прин.}} \cdot \Pi_{\text{п}} + W \cdot \Pi_{\text{д}} \quad (10.16)$$

где: $\Pi_{\text{п}}$ – плата за 1 кВт·А в год

$\Pi_{\text{д}}$ – дополнительная плата за кВт·час, электроэнергии учтенной счетчиком

$$C_{\text{эл.}} = 113,2 \cdot 14 + 648275,49 \cdot 2,21 = 1434273,63 \text{ руб.}$$

Исходя из выше приведенных расчетов годовые издержки эксплуатации силового электрооборудования цеха составляют:

$$C = A_{\Gamma} + P_{\text{обсл}} + P_{\text{рем}} + C_{\text{эл}} \quad (10.17)$$

$$C = 479408,2 + 399195,13 + 1601811,54 + 1434273,63 = 3914688,5 \text{руб}$$

10.6 Таблица технико-экономических показателей

На основании расчетных данных, составляем таблицу 10.8 технико-экономических показателей.

Таблица 10.8 - Техничко-экономические показатели

№ пп	Наименование показателей	Обозначения	Единица измерения	Значение
I	Общие капитальные затраты, в т.ч.	К	руб.	44649989,8
1	Сооружение зданий цеха	$C_{\text{зд}}$	Руб.	24192000
2	Технологическое оборудование	$C_{\text{т.о}}$	руб.	19992852
3	Электротехническое оборудование	$C_{\text{это.см}}$	руб.	465137,8
II	Годовые амортизационные отчисления	A_{Γ}	руб.	479408,2
III	Годовая зарплата ремонтно-эксплуатационного персонала	$\Phi З П_{\text{общ}}$	руб.	283117,12
	Отчисления на социальные нужды	$\Phi С С_{\text{общ}}$	руб.	73610,45
1	Зарплата ремонтного персонала	$\Phi З П_{\text{общ,рем}}$	руб.	506902,43
2	Отчисления на социальные нужды	$\Phi С С_{\text{рем}}$	руб.	131794,63
IV	Годовые затраты на материалы для технического обслуживания и проведения текущих ремонтов	$C_{\text{м.обсл}}$	руб.	42467,56
		$C_{\text{м.рем}}$	руб.	202760,9
V	Годовые потери электроэнергии	W	кВт·час	648275,49
VI	Стоимость годовых потерь электроэнергии	$C_{\text{эл}}$	руб.	1434273,6
VII	Годовые эксплуатационные издержки	C	руб.	3914688,5

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В бакалаврской работе спроектировано электрооборудование и электрохозяйство производственного корпуса по механической обработке деталей.

Для этого рассчитаны нагрузки по цеху с учетом освещения и предполагаемого расширения станочного парка. Рассчитано электрическое освещение и выбраны светильники для цеха. Это светильники с лампами типа УСС 240 ЭКСПЕРТ S Ш2 мощностью 240 Вт каждая. После чего, произведен выбор трансформаторов и компенсирующих устройств. Предполагается к установке КТП с одним трансформатором ТМФ-400/6/0,4 мощностью по 400кВА. Выбрано одно компенсирующее устройство типа УКБ-0,38-150УЗ суммарной мощности 150квар. Определена схема питающей сети цеха – магистральная и выбрано следующее оборудование: распределительной и троллейный шинопровод, кабели, автоматические выключатели. Рассчитаны и выбраны главные электродвигатели оборудования. Так же произведен расчет токов трехфазного, двухфазного и однофазного КЗ.

В экономической части был произведён расчёт капитальных вложений для производственного цеха, годовых издержек эксплуатации электрооборудования производственного цеха, стоимости годовых потерь электроэнергии, приведённых годовых затрат; составлена таблицу технико-экономических показателей. На основе данных мероприятий, можно сделать вывод, что это помогло увеличить показатели производства данного цеха. А так же, помогло более рационально и выгодно распределить имеющиеся средства, на содержание цеха.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Правила устройства электроустановок. М: Энергоатомиздат, 2015.330 с.
2. ГОСТ Р 28249-93. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ. Введ. 1995-01-01. Стандартиформ, 2006. 45 с.
3. Вахнина В.В. Компенсация реактивной мощности в системах электроснабжения промышленных предприятий: учебное пособие Тольятти: ТГУ, 2016. 68 с.
4. В.В. Вахнина В.Л. Горячева, Ю.В. Степкина Проектирование системы электроснабжения машиностроительных предприятия: учебное пособие для курсового и дипломного проектирования Тольятти: ТГУ, 2014. 67 с.
5. Вахнина В.В, А.Н. Черненко. Проектирование системы электроснабжения цеха предприятия: методические указания по курсовому проектированию. Тольятти: ТГУ, 2015. 79 с.
6. Вахнина В.В, А.Н. Черненко. Электроснабжение промышленных предприятий и городов: учебно-методическое пособие Тольятти: ТГУ, 2014. 53 с.
7. Рожин А.Н, Н.С. Бакшаева. Внутрицеховое электроснабжение: учебное пособие Киров: ВятГУ, 2016. 258 с.
8. Шеховцов В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения: методическое пособие для курсового проектирования. Форум: Инфра-м, 2015. 215 с.
9. Spence R. Introductory Circuits.UK: Willey, 2008. 237 P.
10. Lakervi E., Lakervi E. J. Electricity Distribution Network Design, 2nd Edition (Energy Engineering). The Institution of Engineering and Technology, 2005. 338 P.

11. Wang Y., Feng F. Loading rate optimization of hybrid power supply system in self-adaptive dual-generator parallel operation 2017 IEEE International Telecommunications Energy Conference (INTELEC). Broadbeach. 2017, pp. 43-46.
12. Алиев И.И. Электротехника и электрооборудование : учебное пособие для вузов. Саратов: Вузовское образование, 2014. 1199 с
13. Антонов С.Н. Проектирование электроэнергетических систем : учебное пособие. Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, 2014. 104 с.
14. Varetsky Y. Reactive power compensation in a powerful DC drives supply system 2016 Electric Power Networks (EPNet). Szklarska Poreba. 2016. pp. 1-6.
15. Cho C. G., Song S. H., Park S. M., Ryoo H. J., Bae J. S., Jang S. R. Analysis and implementation of power supply system for xenon lamp IECON 2017 - 43rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society. Beijing. 2017. pp. 829-833.
16. 1. Хорольский В.Я., Таранов М.А. Надежность электроснабжения : учеб. пособие. М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2017. 127 с.
17. Комков В.А., Тимахова Н.С. Энергосбережение в жилищно-коммунальном хозяйстве: учебное пособие, 2-е изд. М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. 204 с.
18. Правила устройства электроустановок ПУЭ-6 и ПУЭ-7. М.: Норматика, 2018. 462 с.
19. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю., Яшков В.А. Электроснабжение промышленных предприятий и установок: учебное пособие. М.: Форум, 2015. 368 с.
20. Непомнящий В.А. Экономические потери от нарушений электроснабжения потребителей [Электронный ресурс]. Электрон. дан. Москва : Издательский дом МЭИ, 2016. 188 с.