

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

Многопрофильный колледж

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
ОП.06 ЭЛЕКТРОТЕХНИКА
для обучающихся специальности
по специальности 22.02.09 Metallургия черных металлов**

СОДЕРЖАНИЕ

1 ВВЕДЕНИЕ	3
2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ	4
Лабораторные занятия	4
Лабораторное занятие №1	4
Лабораторное занятие №2	6
Лабораторное занятие №3	7
Лабораторное занятие №4	8
Практические занятия	10
Практическое занятие №1	10
Практическое занятие №2	14
Практическое занятие №3	16
Практическое занятие №4	17
Практическое занятие №5	19
Практическое занятие №6	20
Практическое занятие №7	21
Практическое занятие №8	22
Практическое занятие №9	24
Практическое занятие №10	30

1 ВВЕДЕНИЕ

Важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки обучающихся составляют практические и лабораторные занятия.

Состав и содержание практических и лабораторных занятий направлены на реализацию Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования.

Ведущей дидактической целью практических занятий является формирование профессиональных практических умений (умений выполнять определенные действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности).

Ведущей дидактической целью лабораторных занятий является экспериментальное подтверждение и проверка существенных теоретических положений (законов, зависимостей).

В соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Электротехника» предусмотрено проведение практических и лабораторных занятий.

В результате их выполнения, обучающийся должен **уметь**:

Уд 1 подбирать электрические приборы и оборудование с определенными параметрами и характеристиками.

Содержание практических и лабораторных занятий ориентировано на подготовку обучающихся к освоению профессионального модуля программы подготовки специалистов среднего звена по специальности и овладению **профессиональными компетенциями**:

ПК 1.1. Определять готовность к работе основного и вспомогательного оборудования.

ПК 2.1. Определять готовность к работе основного и вспомогательного оборудования.

А также формированию **общих компетенций**:

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

Практические и лабораторные занятия проводятся после соответствующей темы, которая обеспечивает наличие знаний, необходимых для ее выполнения.

2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Лабораторные занятия

Тема 1.1 Линейные электрические цепи постоянного тока

Лабораторное занятие №1

Опытная проверка свойств последовательного и параллельного соединения резисторов

Цель: формирование умений сборки электрической схемы, проверка свойств последовательного и параллельного соединения резисторов.

Выполнив работу, Вы будете уметь:

Уд 1 подбирать электрические приборы и оборудование с определенными параметрами и характеристиками.

Материальное обеспечение: комплект лабораторный электротехнический: рабочее место мастера – электротехника и электрические цепи; рабочее место ученика – лабораторные модули «Основы электротехники и электрические цепи»; типовой комплект учебного оборудования «Электрические цепи» ЭЦ-МР; стенд лабораторный «Электрические цепи».

Задание:

1. Опытным путем проверить свойства последовательного соединения резисторов.
2. Опытным путем проверить свойства параллельного соединения резисторов.

Ход работы:

Последовательное соединение

1. Внимательно прочитайте инструкцию, ознакомьтесь с приборами и оборудованием, определить цену деления приборов.
2. Начертить схему последовательного соединения резисторов (3 резистора). Определить место включения измерительных приборов для измерения всех токов и напряжений в схеме. Определить пределы измерения и цену деления измерительных приборов.
3. Собрать схему. После проверки правильности схемы преподавателем включить установку. Результаты измерения занести в таблицу 1.

Таблица 1-Результаты проверки последовательного соединения резисторов

Сопротивление	Результаты измерения		Результаты расчетов	
	Напряжение, В	Ток, А	Напряжение, В	Ток, А
R ₁				
R ₂				
R ₃				
R _{общ} = R ₁ + R ₂ + R ₃				

4. Проверить правильность законов последовательного соединения резисторов

$$\text{А) } U_{\text{общ}} = U_1 + U_2 + U_3 ; \text{ Б) } I_{\text{общ}} = I_1 = I_2 = I_3 ; \text{ В) } R_{\text{общ}} = \frac{U_{\text{общ}}}{I_{\text{общ}}} .$$

5. Сделайте выводы о подтверждении законов последовательного соединения резисторов.
6. Ответить на контрольные вопросы.

Параллельное соединение

1. Внимательно прочитать инструкцию, ознакомиться с приборами и оборудованием, определить цену деления приборов.

2. Начертить схему параллельного соединения резисторов (3 резистора). Определить место включения измерительных приборов для измерения всех токов и напряжений в схеме. Определить пределы измерения и цену деления измерительных приборов.

3. Собрать схему. После проверки правильности схемы преподавателем включить установку. Результаты измерения занести в таблицу 2.

Таблица 2 -Результаты проверки параллельного соединения резисторов

Сопротивление	Результаты измерения		Результаты расчетов	
	Напряжение, В	Ток, А	Напряжение, В	Ток, А
R ₁				
R ₂				
R ₃				
1/R _{общ} = 1/R ₁ + 1/R ₂ +1/R ₃				
Разомкнуть цепь резистора R3 и измерить ток и напряжение на R1 и R2				
R ₁				
R ₂				
1/R _{общ} = 1/R ₁ + 1/R ₂				

4. Проверить правильность законов последовательного соединения резисторов

$$А) U_{общ} = U_1 = U_2 = U_3 ; Б) I_{общ} = I_1 + I_2 + I_3 ; В) R_{общ} = \frac{U_{общ}}{I_{общ}} .$$

5. Сделайте выводы о подтверждении законов последовательного соединения резисторов.

6. Ответить на контрольные вопросы.

Форма представления результата: решенные задания.

Критерии оценки:

- оценка **«отлично»** выставляется студенту, если отчет о выполнении лабораторной работы выполнен в полном объеме, расчеты выполнены правильно, ответы на вопросы сформулированы точно и грамотно; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при выполнении лабораторной работы;

- оценка **«хорошо»** выставляется студенту, если допущены незначительные ошибки в расчетах, оформление отчета по лабораторной работе не соответствует установленным требованиям, ответы на поставленные вопросы раскрыты не в полном объеме.

- оценка **«удовлетворительно»** выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками, отчет по лабораторной работе оформлен без соблюдения установленных правил.

- оценка **«неудовлетворительно»** выставляется студенту, если работа не выполнена.

Тема 1.1 Линейные электрические цепи постоянного тока

Лабораторное занятие №2 Применение законов Кирхгофа при работе с простейшими электрическими схемами

Цель: формирование умений по исследованию электрических цепей с применением законов Кирхгофа.

Выполнив работу, Вы будете уметь:

Уд 1 подбирать электрические приборы и оборудование с определенными параметрами и характеристиками.

Материальное обеспечение: комплект лабораторный электротехнический: рабочее место мастера – электротехника и электрические цепи; рабочее место ученика – лабораторные модули «Основы электротехники и электрические цепи»; типовой комплект учебного оборудования «Электрические цепи» ЭЦ-МР; стенд лабораторный «Электрические цепи».

Задание:

Опытным путем проверить справедливость законов Кирхгофа.

Ход работы

1. Внимательно прочитать инструкцию, ознакомиться с приборами и оборудованием, определить цену деления приборов.

2. Начертить сложную электрическую схему, состоящую из трех ветвей.

3. Собрать схему. После проверки правильности схемы преподавателем включить установку. Результаты измерения занести в таблицу 3.

Таблица 3 -Результаты проверки справедливости законов Кирхгофа

	Результаты измерения								Результаты расчетов							
	Токи			Падения напряжения на пассивных элементах электрической цепи				$\sum E, В$	Токи			Падения напряжения на пассивных элементах электрической цепи				$\sum E$
	I1, А	I2, А	I3, А	U _{R1} , В	U _{R2} , В	U _{R3} , В	U _{R4} , В		I1, А	I2, А	I3, А	U _{R1} , В	U _{R2} , В	U _{R3} , В	U _{R4} , В	
Контур 1																
Контур 2																

4. Составить уравнения по первому и второму законам Кирхгофа и рассчитать токи, падения напряжения на каждом сопротивлении, результаты расчета записать в таблице и сравнить с результатами измерения.

5. Проверить правильность законов Кирхгофа.

6. Сделайте выводы о подтверждении законов Кирхгофа.

7. Ответить на контрольные вопросы.

Форма представления результата: отчет определённой работе.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется студенту, если отчет о выполнении лабораторной работы выполнен в полном объеме, расчеты выполнены правильно, ответы на вопросы сформулированы

точно и грамотно; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при выполнении лабораторной работы;

- оценка «хорошо» выставляется студенту, если допущены незначительные ошибки в расчетах, оформление отчета по лабораторной работе не соответствует установленным требованиям, ответы на поставленные вопросы раскрыты не в полном объеме.

- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками, отчет по лабораторной работе оформлен без соблюдения установленных правил.

- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если работа не выполнена.

Тема 1.2 Линейные электрические цепи однофазного синусоидального тока

Лабораторное занятие №3 Исследование электрической цепи переменного тока с последовательным соединением элементов

Цель: формирование умений исследования электрической цепи переменного тока при последовательном соединении элементов.

Выполнив работу, Вы будете уметь:

Уд 1 подбирать электрические приборы и оборудование с определенными параметрами и характеристиками.

Материальное обеспечение: комплект лабораторный электротехнический: рабочее место мастера – электротехника и электрические цепи; рабочее место ученика – лабораторные модули «Основы электротехники и электрические цепи»; типовой комплект учебного оборудования «Электрические цепи» ЭЦ-МР; стенд лабораторный «Электрические цепи».

Задание:

Опытным путем проверить свойства последовательного соединения пассивных элементов в цепях переменного тока.

Ход работы

1. Внимательно прочитать инструкцию, ознакомиться с приборами и оборудованием, определить цену деления приборов.

2. Начертить схемы последовательного соединения резистора и катушки индуктивности, резистора и конденсатора. Определить место включения измерительных приборов для измерения всех токов и напряжений в схеме. Определить пределы измерения и цену деления измерительных приборов.

3. Собрать схему. После проверки правильности схемы преподавателем включить установку. Результаты измерения занести в таблицу 4.

Таблица 4 -Результаты проверки последовательного соединения резисторов

Сопротивление	Результаты измерения		Результаты расчетов	
	Напряжение, В	Ток, А	Напряжение, В	Ток, А
RL-цепь				
R				
L				
Z=				
RC-цепь				

R				
C				
Z=				

4. Проверить правильность законов последовательного соединения резисторов.

Для RL-цепи:

$$U^2 = U_R^2 + U_L^2;$$

$$Z^2 = R^2 + X_L^2 = U/I.$$

Для RC-цепи:

$$U^2 = U_R^2 + U_C^2;$$

$$Z^2 = R^2 + X_C^2 = U/I;$$

5. Сделайте выводы о подтверждении законов последовательного соединении резисторов.

6. Постройте векторные диаграммы.

7. Определите коэффициент мощности активную, реактивную и полную мощности электрической цепи.

8. Выразите ток, напряжения, сопротивления и мощность комплексными числами.

Форма представления результата: отчет определённой работе.

Критерии оценки:

- оценка «**отлично**» выставляется студенту, если отчет о выполнении лабораторной работы выполнен в полном объеме, расчеты выполнены правильно, ответы на вопросы сформулированы точно и грамотно; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при выполнении лабораторной работы;

- оценка «**хорошо**» выставляется студенту, если допущены незначительные ошибки в расчетах, оформление отчета по лабораторной работе не соответствует установленным требованиям, ответы на поставленные вопросы раскрыты не в полном объеме.

- оценка «**удовлетворительно**» выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками, отчет по лабораторной работе оформлен без соблюдения установленных правил.

- оценка «**неудовлетворительно**» выставляется студенту, если работа не выполнена.

Тема 1.3 Трехфазные цепи

Лабораторное занятие №4

Исследование трехфазной электрической цепи переменного тока при соединении фаз приемника «звездой» и «треугольником»

Цель: формирование умений по исследованию трехфазной электрической цепи переменного тока при соединении фаз приемника «звездой» и «треугольником».

Выполнив работу, Вы будете уметь:

Уд 1 подбирать электрические приборы и оборудование с определенными параметрами и характеристиками.

Материальное обеспечение: комплект лабораторный электротехнический: рабочее место мастера – электротехника и электрические цепи; рабочее место ученика – лабораторные модули «Основы электротехники и электрические цепи»; типовый комплект учебного оборудования «Электрические цепи» ЭЦ-МР; стенд лабораторный «Электрические цепи».

Задание:

1. Опытным путем проверить закономерности в трехфазной электрической цепи при соединении фаз приемника «звездой».
2. Опытным путем проверить закономерности в трехфазной электрической цепи при соединении фаз приемника «треугольником».

Ход работы

1. Внимательно прочитать инструкцию, ознакомиться с приборами и оборудованием.
2. Начертить схему соединения фаз приемника звездой определить место включения измерительных приборов для измерения линейных и фазных токов и напряжений. Определить пределы измерения и цену деления измерительных приборов.
3. Собрать схему. После проверки правильности схемы преподавателем включить установку. Результаты измерения занести в таблицу 5.

Таблица 5 - Результаты измерений в трехфазных цепях

Сопроти вление	Результаты измерения												Результаты расчета		
	U_A	U_B	U_C	U_A'	U_B'	U_C'	U_{AB}	U_{BC}	U_{CA}	I_A	I_B	I_C	P, Вт	Q, ВАр	S, ВА
1. Симметричная нагрузка															
$R_A=R_B=R_C$															
2. Несимметричная нагрузка при соединении фаз приемника звездой без нулевого провода															
$R_A=$ $R_B=$ $R_C=$															
3. Несимметричная нагрузка при соединении фаз приемника звездой с нулевым проводом															
$R_A=$ $R_B=$ $R_C=$															

4. Сделайте выводы о проделанной работе. Установите соотношения между линейными и фазными напряжениями и токами при соединении звездой.
5. Постройте векторные диаграммы.

Соединение «треугольником»

1. Внимательно прочитать инструкцию, ознакомиться с приборами и оборудованием.
2. Начертить схему соединения фаз приемника треугольником определить место включения измерительных приборов для измерения линейных и фазных токов и напряжений. Определить пределы измерения и цену деления измерительных приборов.
3. Собрать схему. После проверки правильности схемы преподавателем включить установку. Результаты измерения занести в таблицу 6.

Таблица 6 - Результаты измерений в трехфазных цепях

Сопроти вление	Результаты измерения												Результаты расчета		
	U_A	U_B	U_C	U_{AB}	U_{BC}	U_{CA}	I_A	I_B	I_C	I_{AB}	I_{BC}	I_{CA}	P, Вт	Q, ВАр	S, ВА
$R_A=R_B=R_C$															
$R_A=$ $R_B=$ $R_C=$															

4. Сделайте выводы о проделанной работе. Установите соотношения между линейными и фазными напряжениями и токами при соединении звездой.
5. Постройте векторные диаграммы.

Форма представления результата: отчет определённой работе.

Критерии оценки:

- оценка «**отлично**» выставляется студенту, если отчет о выполнении лабораторной работы выполнен в полном объеме, расчеты выполнены правильно, ответы на вопросы сформулированы точно и грамотно; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при выполнении лабораторной работы;
- оценка «**хорошо**» выставляется студенту, если допущены незначительные ошибки в расчетах, оформление отчета по лабораторной работе не соответствует установленным требованиям, ответы на поставленные вопросы раскрыты не в полном объеме.
- оценка «**удовлетворительно**» выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками, отчет по лабораторной работе оформлен без соблюдения установленных правил.
- оценка «**неудовлетворительно**» выставляется студенту, если работа не выполнена.

Практические занятия

Тема 1.1 Линейные электрические цепи постоянного тока

Практическое занятие №1

Расчет электрических цепей постоянного тока методом эквивалентных преобразований

Цель: формирование умений расчета простейших электрических цепей методом эквивалентных преобразований.

Выполнив работу, вы будете уметь:

Уд 1 подбирать электрические приборы и оборудование с определенными параметрами и характеристиками.

Материальное обеспечение: не требуется.

Задание:

1. Определить эквивалентное сопротивление электрической цепи. Определить общий ток и мощность электрической цепи.

Порядок выполнения работы:

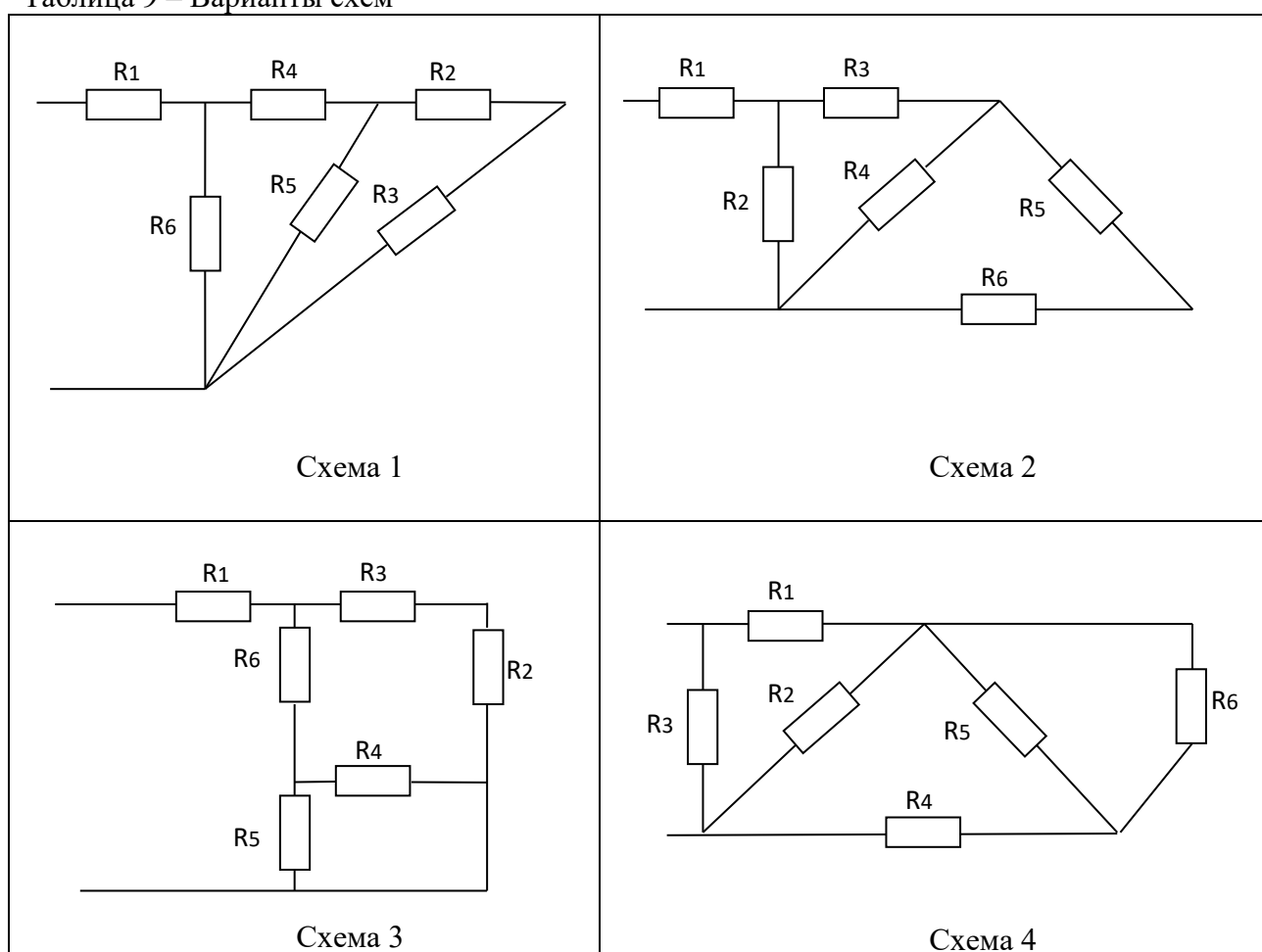
1. В соответствии с номером варианта из таблицы 8 выписать значения параметров электрической цепи и начертить электрическую схему из таблицы 9.
2. Определить общее сопротивление электрической цепи.
3. Определить общее напряжение, общий ток и общую мощность электрической цепи.

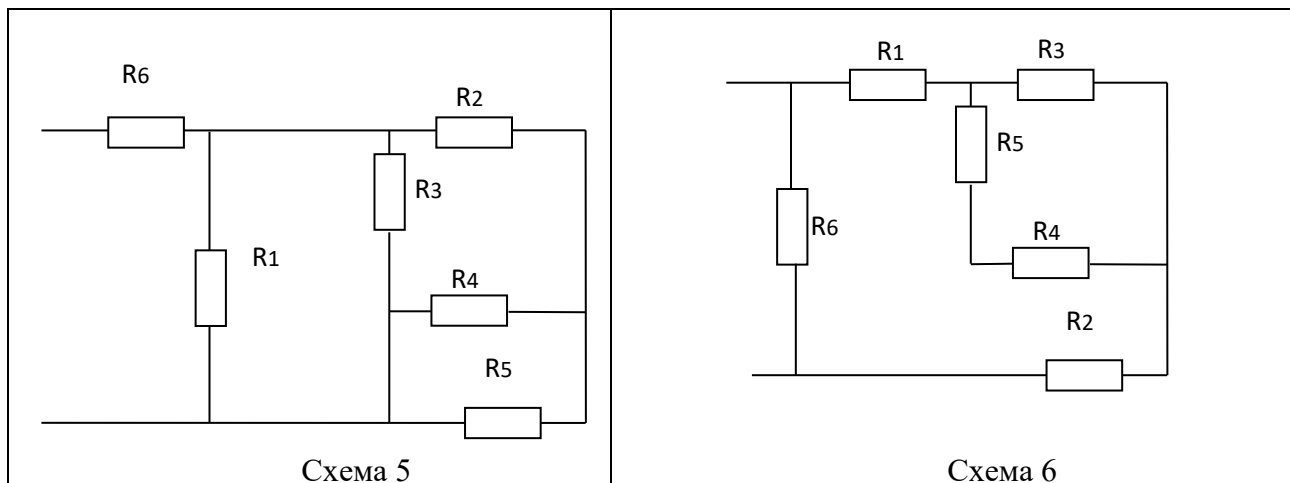
Таблица 8 – Варианты заданий

Номер варианта	номер схемы	Сопротивления, Ом						Дано
		R1, Ом	R2, Ом	R3, Ом	R4, Ом	R5, Ом	R6, Ом	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	10	4	4	8	5	3	$U_4 = 20 В$
2	2	2	6	7	4	4	14	$U_5 = 40 В$
3	3	3	5	9	6	3	15	$U_4 = 10 В$
4	4	13	4	4	8	8	16	$U_6 = 30 В$
5	5	25	3	2	4	6	5	$U_5 = 20 В$

6	6	4	8	8	2	4	4	$U_5 = 20 B$
7	7	8	6	4	6	2	4	$P_4 = 220 Bm$
8	8	9	4	6	8	8	6	$P_4 = 100 Bm$
9	1	6	2	8	10	15	8	$P_5 = 120 Bm$
10	2	3	8	4	15	11	10	$P_4 = 140 Bm$
11	3	12	4	2	11	7	15	$P_5 = 90 Bm$
12	4	13	6	6	7	18	11	$P_6 = 200 Bm$
13	5	16	8	8	18	9	7	$P_3 = 210 Bm$
14	6	17	4	10	9	8	8	$P_4 = 200 Bm$
15	7	15	2	2	8	10	9	$I_2 = 2 A$

Таблица 9 – Варианты схем





Ход работы:

1. Изучить краткие теоретические сведения.

Последовательным называется соединение, при котором через все резисторы протекает один и тот же ток. Схема замещения цепи с последовательным соединением резисторов представлена на рисунке 1.

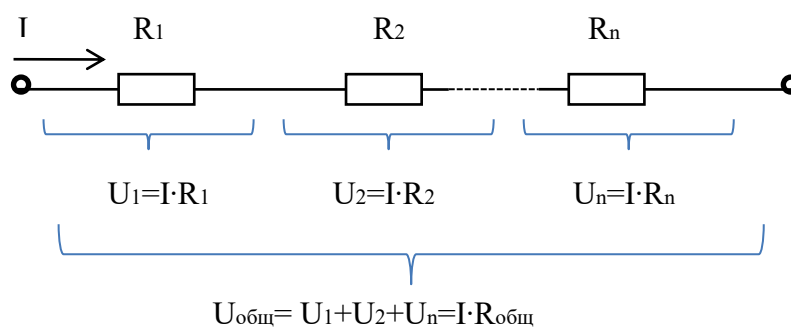


Рисунок 1 - Схема последовательного соединения резисторов

Для последовательного соединения справедливы следующие соотношения:

$$I_{\text{ОБЩ}} = I_1 = I_2 \dots = I_n$$

$$U_{\text{ОБЩ}} = U_1 + U_2 \dots + U_n$$

$$R_{\text{ОБЩ}} = R_1 + R_2 \dots + R_n$$

$$P_{\text{ОБЩ}} = P_1 + P_2 \dots + P_n$$

При последовательном соединении при обрыве цепи на любом элементе цепи ток $I_{\text{общ}}=0$.

При параллельном соединении все резисторы подключаются к двум узлам электрической цепи, т.е. включаются на одно напряжение. Схема замещения цепи с параллельным соединением резисторов представлена на рисунке 2.

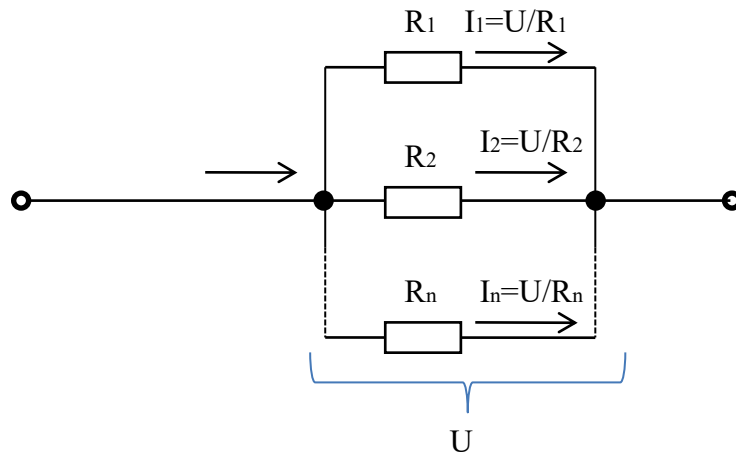


Рисунок 2 - Схема параллельного соединения резисторов

Для параллельного соединения справедливы следующие соотношения:

$$U_{\text{ОБЩ}} = U_1 = U_2 \dots = U_n,$$

$$I_{\text{ОБЩ}} = I_1 + I_2 \dots + I_n,$$

$$\frac{1}{R_{\text{ОБЩ}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \dots + \frac{1}{R_n},$$

$$G_{\text{ОБЩ}} = G_1 + G_2 \dots + G_n$$

$$P_{\text{ОБЩ}} = P_1 + P_2 \dots + P_n$$

При параллельном соединении суммируются проводимости. При обрыве цепи на любом элементе ток через остальные резисторы не изменится. При коротком замыкании на одном элементе, ток через остальные элементы будет равен нулю, общее сопротивление уменьшится (будет равно сопротивлению цепи короткого замыкания), а общий ток значительно увеличится.

2. Изучите порядок расчета электрической цепи постоянного тока методом эквивалентных преобразований

На практике наибольшее распространение получили электрические цепи с комбинированным способом соединения пассивных элементов. Метод эквивалентных преобразований применяется для расчета режима электрической цепи с одним источником энергии и комбинированной (смешанной) схемой соединения пассивных элементов. Метод эквивалентных преобразований также можно использовать для упрощения части сложной схемы при расчетах другими методами. Суть метода заключается в замене всех резисторов одним резистором с эквивалентным сопротивлением (рисунок 3).

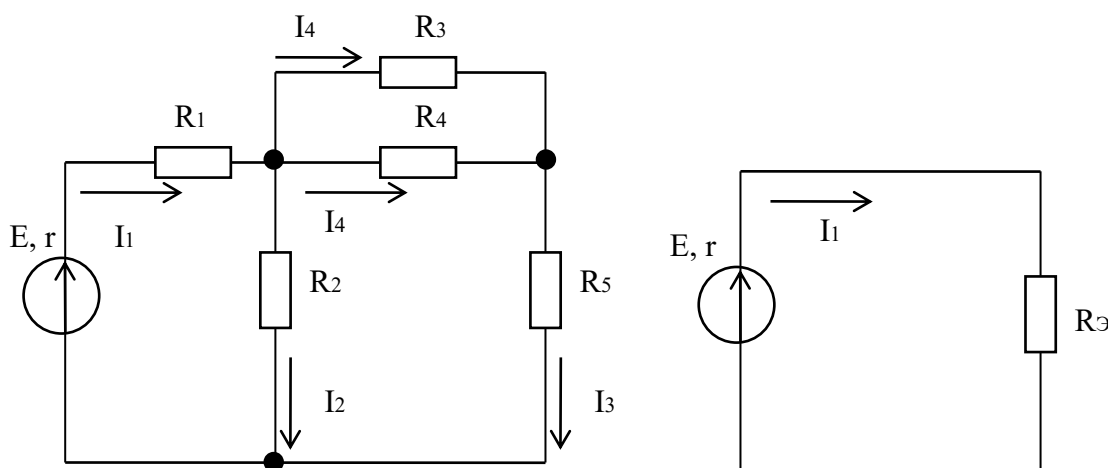


Рисунок 3- Схема комбинированного соединения резисторов

После преобразования схемы по закону Ома для полной цепи можно определить ток, протекающий через источник (общий ток), а затем, вернувшись к исходной схеме, определяются все токи и напряжения в электрической схеме.

Расчет простой электрической цепи в большинстве случаев осуществляется по законам Ома.

3. Выполнить расчет электрической цепи в соответствии с номером варианта.

Форма представления результата: Своевременно и правильно выполненные расчёты. расчет оформляется в тетради для практических работ.

Критерии оценки:

«Отлично» - теоретическое и практическое содержание темы освоено полностью, без пробелов, умения сформированы, все предусмотренные темой учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено высоко.

«Хорошо» - теоретическое и практическое содержание темы освоено полностью, без пробелов, некоторые умения сформированы недостаточно, все предусмотренные темой учебные задания выполнены, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

«Удовлетворительно» - теоретическое и практическое содержание темы освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые умения работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных темой учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий содержат ошибки.

«Неудовлетворительно» - теоретическое и практическое содержание темы не освоено, необходимые умения не сформированы, выполненные учебные задания содержат грубые ошибки.

Тема 1.1 Линейные электрические цепи постоянного тока

Практическое занятие №2

Расчет электрической цепи постоянного тока методом узловых и контурных уравнений

Цель: формирование умений расчета электрических цепей методом узловых и контурных уравнений.

Выполнив работу, вы будете уметь:

Уд 1 подбирать электрические приборы и оборудование с определенными параметрами и характеристиками.

Материальное обеспечение: не требуется.

Задание:

1. Определить все токи в электрической цепи методом узловых и контурных уравнений.
2. Составить баланс мощностей.

Порядок выполнения работы:

1. Повторить конспект лекций по теме «Законы электрических цепей постоянного тока».
2. Начертить схему. Определить количество узлов и ветвей в цепи.
3. Указать направления токов.
4. Составить систему уравнений по законам Кирхгофа и решить ее.
5. Составить баланс мощностей и сделать вывод о правильности решения.

Ход работы:

Изучить алгоритм расчета сложной электрической цепи постоянного тока методом узловых и контурных уравнений и выполнить расчет в соответствии с алгоритмом.

Метод основан на составлении уравнений по первому и второму законам Кирхгофа. Достоинством данного метода является его универсальность.

Алгоритм расчета методом узловых и контурных уравнений

1) Произвольно выбрать направления токов во всех ветвях электрической схемы и указать их на схеме.

2) Определить количество узлов (N_y) и ветвей (N_b) в схеме.

3) Определить количество уравнений по первому и второму законам Кирхгофа.

Количество уравнений по первому закону Кирхгофа определяется по формуле

$$N_1 = N_y - 1$$

Количество уравнений по второму закону Кирхгофа определяется по формуле

$$N_2 = N_b - (N_y - 1)$$

Суммарное количество уравнений должно быть равно количеству ветвей (токов) в схеме.

4) Составить систему уравнений по первому и второму законам Кирхгофа для произвольно выбранных узлов и контуров. Направление обхода контура выбирается произвольно.

5) Решить полученную систему уравнений любым математическим методом. Результатом решения будет определение всех токов электрической цепи.

6) На схеме изменить направления токов, которые в результате решения системы приняли отрицательное значение. Отрицательное значение говорит о неправильном выборе направления тока в 1 пункте алгоритма.

7) Выполнить проверку. Составить баланс мощности.

Форма представления результата:

Работа выполняется в тетрадях для практических работ, сдается в конце занятия в форме решенной задачи.

Критерии оценки:

- оценка «**отлично**» выставляется студенту, если расчет выполнен в полном объеме, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач;

- оценка «**хорошо**» выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач;

- оценка «**удовлетворительно**» выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками, решение оформлено без соблюдения установленных правил;
- оценка «**неудовлетворительно**» выставляется студенту, если работа не выполнена.

Тема 1.2 Линейные электрические цепи однофазного синусоидального тока

Практическое занятие №3

Расчет неразветвленной цепи переменного тока с активным, индуктивным и емкостным элементами

Цель: формирование умений расчета электрических цепей с активным, индуктивным и емкостным элементами.

Выполнив работу, вы будете уметь:

Уд 1 подбирать электрические приборы и оборудование с определенными параметрами и характеристиками.

Материальное обеспечение: не требуется.

Задание:

1. Определить в соответствии с заданием токи и напряжения в электрической цепи символическим методом.
2. Определить активную, реактивную и полную мощности электрической цепи.

Порядок выполнения работы:

1. Повторить конспект лекций по темам «Основные сведения о синусоидальном электрическом токе», «Расчет неразветвленной электрической цепи переменного тока», «Общий случай неразветвленной цепи переменного тока».
2. Начертите электрическую схему и укажите все токи и напряжения.
3. В соответствии с заданием определите ток и все требуемые напряжения в электрической цепи.
4. Постройте в масштабе векторную диаграмму.
5. Определите активную, реактивную и полную мощности электрической цепи.

Форма представления результата:

Работа выполняется в тетрадях для практических работ, сдается в конце занятия в форме решенной задачи.

Критерии оценки:

- оценка «**отлично**» выставляется студенту, если расчет выполнен в полном объеме, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач;
- оценка «**хорошо**» выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач;
- оценка «**удовлетворительно**» выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками, решение оформлено без соблюдения установленных правил;
- оценка «**неудовлетворительно**» выставляется студенту, если работа не выполнена.

Тема 1.3 Трехфазные цепи

Практическое занятие №4

Расчет трёхфазной цепи при соединении «звездой»

Цель: формирование умений по расчету трехфазной электрической цепи при соединении потребителя «звездой».

Выполнив работу, вы будете уметь:

Уд 1 подбирать электрические приборы и оборудование с определенными параметрами и характеристиками.

Материальное обеспечение: не требуется.

Задание:

1. Определить линейные и фазные токи в заданной электрической цепи.
2. Определить мощность электрической цепи.
3. Построить векторную диаграмму.

Порядок выполнения работы:

1. Повторить конспект лекций по теме «Способы соединения фаз трехфазных генераторов и приемников электрической энергии».
2. Начертить схему. Определить схему соединения фаз приемника.
3. Определить фазные напряжения, фазные и линейные токи.
4. Построить в масштабе векторную диаграмму.
5. Определить мощности трехфазной электрической цепи.

Ход работы:

1. Изучить алгоритм расчета трехфазной цепи при соединении фаз потребителя звездой при симметричной нагрузке.

Нагрузка называется симметричной, если токи в фазы равны по амплитуде и векторы токов сдвинуты на 120° . Тогда геометрическая сумма токов равна нулю и через нулевой проводник ток не протекает.

Условием симметричной нагрузки является равенство комплексных сопротивлений в фазах.

$$\dot{Z}_A = \dot{Z}_B = \dot{Z}_C$$

Порядок расчета:

А) Записать фазные напряжения в комплексной форме. Начальную фазу U_A примем равной 90° .

$$\dot{U}_A = U_A \cdot e^{j90^\circ},$$

$$\dot{U}_B = U_B \cdot e^{-j30^\circ},$$

$$\dot{U}_C = U_C \cdot e^{-j150^\circ},$$

Б) Определяются комплексные сопротивления фаз приемника $\dot{Z}_A, \dot{Z}_B, \dot{Z}_C$

С) Токи в фазах определяются по закону Ома

$$\dot{I}_A = \frac{\dot{U}_A}{\dot{Z}_A},$$

$$\dot{I}_B = \frac{\dot{U}_B}{\dot{Z}_B},$$

$$\vec{I}_C = \frac{\vec{U}_C}{\vec{Z}_C},$$

Д) Ток в нулевом проводе в результате решения должен быть равен нулю.

$$\vec{I}_N = \vec{I}_A + \vec{I}_B + \vec{I}_C = 0$$

Е) Построение векторной диаграммы осуществляется в комплексной плоскости.

2.1. Изучить алгоритм расчета трехфазной цепи при соединении фаз потребителя звездой при симметричной нагрузке без нулевого провода.

Нагрузка является не симметричной, если не выполняется условие $\vec{Z}_A = \vec{Z}_B = \vec{Z}_C$

Если отсутствует нулевой провод в этом случае между нейтральной точкой источника и нейтральной точкой приемника возникает разность потенциалов $U_{NN'}$, которая называется смещением нейтрали и определяется по формуле.

$$\vec{U}_{NN'} = \frac{\vec{U}_A \cdot \vec{y}_A + \vec{U}_B \cdot \vec{y}_B + \vec{U}_C \cdot \vec{y}_C}{\vec{y}_A + \vec{y}_B + \vec{y}_C},$$

где $\vec{y}_A, \vec{y}_B, \vec{y}_C$ - комплексные проводимости фаз.

Напряжение на фазах потребителя будут разные и не будут равны напряжению на фазах источника и определяются по формулам.

$$\begin{aligned}\vec{U}'_A &= \vec{U}_A - \vec{U}_{NN'} \\ \vec{U}'_B &= \vec{U}_B - \vec{U}_{NN'} \\ \vec{U}'_C &= \vec{U}_C - \vec{U}_{NN'}\end{aligned}$$

Порядок расчета:

А) Записать фазные напряжения в комплексной форме. Начальную фазу U_A примем равной 90° по формулам

$$\begin{aligned}\vec{U}_A &= U_A \cdot e^{j90}, \\ \vec{U}_B &= U_B \cdot e^{-j30}, \\ \vec{U}_C &= U_C \cdot e^{-j150},\end{aligned}$$

Б) Определяются комплексные сопротивления фаз приемника $\vec{Z}_A, \vec{Z}_B, \vec{Z}_C$ и комплексные проводимости фаз приемника $\vec{y}_A, \vec{y}_B, \vec{y}_C$.

С) Определить смещение нейтрали.

Д) Определить напряжения на фазах приемника.

Е) Токи в фазах определяются по закону Ома.

З) Сумма токов в фазах равна нулю.

$$\vec{I}_A + \vec{I}_B + \vec{I}_C = 0$$

И) Построение векторной диаграммы осуществляется в комплексной плоскости.

3. Изучить алгоритм расчета расчет трехфазной цепи при соединении фаз потребителя звездой с нулевым проводом при несимметричной нагрузке.

Б) Определяются комплексные сопротивления фаз приемника $\bar{Z}_A, \bar{Z}_B, \bar{Z}_C$

С) Токи в фазах определяются по закону Ома .

Д) Ток в нулевом проводе определяется . Для выравнивания напряжения при несимметричной нагрузке и соединении фаз потребителя звездой применяется нулевой провод, соединяющий нейтральную точку источника с нейтральной точкой приемника. Тогда, если пренебречь падением напряжения в линейных проводах, напряжение на фазах приемника будут равны напряжению на фазах источника.

Порядок расчета:

А) Записать фазные напряжения в комплексной форме. Начальную фазу U_A примем равной

Е) Построение векторной диаграммы осуществляется в комплексной плоскости.

Форма представления результата:

Работа выполняется в тетрадях для практических работ, сдается в конце занятия в форме решенной задачи.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется студенту, если расчет выполнен в полном объеме, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач;

- оценка «хорошо» выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, решение оформлено с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач;

- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками, решение оформлено без соблюдения установленных правил;

- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если работа не выполнена.

Тема 1.4 Трансформаторы

Практическое занятие №5

Расчёт параметров однофазного трансформатора

Цель: формирование умений по расчету параметров однофазного трансформатора.

Выполнив работу, вы будете уметь:

Уд 1 подбирать электрические приборы и оборудование с определенными параметрами и характеристиками.

Материальное обеспечение: не требуется.

Задание:

Решите задачи

1. Найти коэффициент трансформации, если в режиме холостого хода напряжения на вторичной обмотке трансформатора 20; 110; 330 и 1100 В. Трансформатор подключен к сети переменного напряжения 220 В.

2. Напряжение первичной обмотки трансформатора равно 6,3 кВ. Определить коэффициент трансформации, если в режиме холостого хода напряжения на выводах его вторичной обмотки 400 В. Найти число витков первичной обмотки, если число витков вторичной обмотки

равно 150.

3. Однофазный трансформатор имеет следующие параметры: $S_{\text{ном}} = 25 \text{ кВ} \cdot \text{А}$; $U_{1\text{ном}} = 6000 \text{ В}$; $I_0 = 5 \% I_{1\text{ном}}$. Найти ток холостого хода трансформатора при напряжениях $U_1 = 0,5; 0,75 \text{ и } 1,1 U_{1\text{ном}}$, учитывая, что магнитопровод находится при всех указанных напряжениях в насыщении.

4. Найти токи вторичной и первичной обмоток трансформатора с $S_{\text{ном}} = 25 \text{ кВ} \cdot \text{А}$; $U_{1\text{ном}} = 380 \text{ В}$; $U_{2\text{ном}} = 110 \text{ В}$ при аварийном коротком замыкании. Относительное напряжение короткого замыкания составляет 4 %.

Порядок выполнения работы:

1. Выпишите известные данные в соответствии с вариантом.
2. Произведите расчеты.

Ход работы:

1. Выпишите исходные данные.
2. Рассчитайте неизвестные величины, пользуясь формулами из теоретического материала по теме.
3. Предоставьте расчеты на проверку.

Форма представления результата

Отчет по работе должен содержать:

- а) наименование работы и цель работы;
- б) исходные данные для расчета;
- в) результаты расчетов;
- г) выводы по работе.

Критерии оценки:

Оценка «отлично» ставится, если задание выполнено верно.

Оценка «хорошо» ставится, если ход выполнения задания верный, но была допущена одна или две ошибки, приведшие к неправильному результату.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если приведено неполное выполнение задания. Оценка «неудовлетворительно» ставится, если задание не выполнено.

Тема 1.5 Электрические машины постоянного тока

Практическое занятие №6

Расчет параметров двигателей постоянного тока с параллельной обмоткой возбуждения

Цель: формирование умений по расчету параметров двигателей постоянного тока с параллельной обмоткой возбуждения.

Выполнив работу, вы будете уметь:

Уд 1 подбирать электрические приборы и оборудование с определенными параметрами и характеристиками.

Материальное обеспечение: не требуется.

Задание:

Решите задачи

1. С каким КПД работает двигатель параллельного возбуждения, включенный в сеть напряжением 220 В, если полезная мощность на его валу 4,2 кВт, а ток якоря равен 21 А?

2. Найти ЭДС, индуцируемую в якоре двигателя постоянного тока, если при частоте вращения двигателя 1500 об/мин магнитный поток полюса не превышает 0,017 Вб, а постоянный

коэффициент $\text{CE} = 8,5$.

3. Двигатель постоянного тока параллельного возбуждения имеет следующие номинальные параметры: $R_{\text{ном}} = 130 \text{ кВт}$; $U_{\text{ном}} = 220 \text{ В}$, $n = 600 \text{ об/мин}$; $\eta = 92 \%$; $R_{\text{я}} = 0,01 \text{ Ом}$; $C_M = 65$. Определить номинальный ток якоря, ЭДС и вращающий момент двигателя, магнитный поток одного полюса и электромагнитную мощность.

4. Двигатель параллельного возбуждения имеет следующие параметры; $U_{\text{ном}} = 440 \text{ В}$; $I_{\text{ном}} = 200 \text{ А}$; $R_{\text{я}} = 0,05 \text{ Ом}$; номинальное сопротивление обмотки возбуждения $R_{\text{в ном}} = 0,03 \text{ Ом}$. Найти ЭДС, электромагнитную мощность и мощность, подводимую к двигателю.

Порядок выполнения работы:

1. Выпишите известные данные в соответствии с вариантом.
2. Произведите расчеты.

Ход работы:

1. Выпишите исходные данные.
2. Рассчитайте неизвестные величины, пользуясь формулами из теоретического материала по теме.
3. Предоставьте расчеты на проверку.

Форма представления результата

Отчет по работе должен содержать:

- а) наименование работы и цель работы;
- б) исходные данные для расчета;
- в) результаты расчетов;
- г) выводы по работе.

Критерии оценки:

Оценка «отлично» ставится, если задание выполнено верно.

Оценка «хорошо» ставится, если ход выполнения задания верный, но была допущена одна или две ошибки, приведшие к неправильному результату.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если приведено неполное выполнение задания.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если задание не выполнено.

Тема 1.6 Асинхронные двигатели

Практическое занятие №7

Расчёт параметров асинхронного двигателя

Цель: формирование умений по расчету параметров асинхронного двигателя.

Выполнив работу, вы будете уметь:

Уд 1 подбирать электрические приборы и оборудование с определенными параметрами и характеристиками.

Материальное обеспечение: не требуется.

Задание:

Решите задачи

1. Ротор асинхронного двигателя вращается с частотой 1440 об/мин, причем от сети потребляется мощность 55 кВт. Чему равны мощность на валу двигателя и развиваемый им момент, если мощность потерь в двигателе составляет 5 кВт?

2. Вращающий момент асинхронного двигателя при частоте вращения его ротора 1440

об/мин равен $500 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Определить мощность, развиваемую двигателем.

3. Асинхронный двигатель создает вращающий момент $580 \text{ Н} \cdot \text{м}$ при частоте вращения 585 об/мин. Определить мощность на валу двигателя; потребляемую им активную и полную мощности, если $\eta = 85\%$, а $\cos\varphi = 0,8$.

4. Трёхфазный асинхронный двигатель с фазным ротором потребляет от сети мощность $P_1 = 28 \text{ кВт}$ при токе $I = 140 \text{ А}$ и напряжении 220 В . Найти η и коэффициент мощности двигателя $\cos\varphi$, если полезная мощность на его валу $P_2 = 23,4 \text{ кВт}$.

5. Определите мощность, подводимую к трёхфазному асинхронному двигателю с фазным ротором, а также ток в обмотках статора при их соединении «звездой» и «треугольником». Номинальные параметры двигателя: полезная мощность на валу 30 кВт , напряжение на статоре $380/220 \text{ В}$, $\eta = 88\%$, коэффициент мощности $0,85$.

6. При увеличении потребляемой мощности, асинхронного двигателя в 2,2 раза его КПД увеличился на 10 %. Найти первоначальные значения мощности и КПД, если суммарная мощность потерь увеличилась от 2,5 до 2,8 кВт.

Порядок выполнения работы:

1. Выпишите известные данные в соответствии с вариантом.
2. Произведите расчеты.

Ход работы:

1. Выпишите исходные данные.
2. Рассчитайте неизвестные величины, пользуясь формулами из теоретического материала по теме.
3. Предоставьте расчеты на проверку.

Форма представления результата

Отчет по работе должен содержать:

- а) наименование работы и цель работы;
- б) исходные данные для расчета;
- в) результаты расчетов;
- г) выводы по работе.

Критерии оценки:

Оценка «отлично» ставится, если задание выполнено верно.

Оценка «хорошо» ставится, если ход выполнения задания верный, но была допущена одна или две ошибки, приведшие к неправильному результату.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если приведено неполное выполнение задания. Оценка «неудовлетворительно» ставится, если задание не выполнено.

Тема 2.1 Основы электропривода

Практическое занятие №8

Чтение и применение схемы релейно-контакторного управления асинхронным двигателем

Цель: формирование умений по чтению схем релейно-контакторного управления асинхронным двигателем.

Выполнив работу, вы будете уметь:

Уд 1 подбирать электрические приборы и оборудование с определенными параметрами и характеристиками.

Материальное обеспечение: не требуется.

Задание:

Изучить схему пуска асинхронного двигателя, и контакты аппаратов схемы

Порядок выполнения работы:

1. Изучить схему пуска асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором

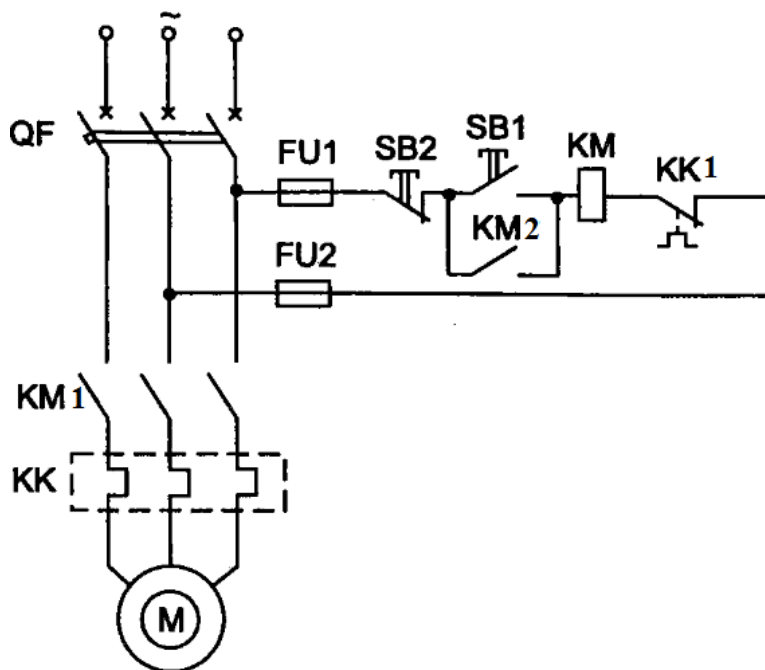


Рисунок 1

Обозначение элементов на схеме: QF – трехполюсный автоматический выключатель; FU – предохранители, М- статор двигателя асинхронного, КК – тепловое реле, КК – тепловое реле, КК1 – нормально замкнутый контакт теплового реле, SB 2- кнопка Стоп, SB 1 – кнопка Пуск, КМ – катушка контактора, КМ 1 – силовые контакты контактора, КМ 2 – нормально открытый контакт контактора.

2. Изучить аппараты и контакты аппаратов, их расположение на схеме.
3. Ответить на вопросы к лабораторной работе.

Ход выполнения работы:

1. Перечертите и изучите схему управления асинхронным двигателем.
2. Изучите предложенные аппараты, такие как: контактор, кнопочный пост, автоматический выключатель.
3. Ответьте на следующие вопросы:
 - а. Где силовая часть цепи, а где цепь управления на схеме?
 - б. Как определить с помощью прозвонки нормально открытую (пуск) и нормально закрытую (стоп) кнопки?
 - в. Какие контакты контактора являются силовыми? Какие контакты контактора являются выводами катушки?
 - г. Для чего нужно тепловое реле? Где находится его нормально закрытый контакт для цепи управления?
 - д. Каков принцип работы схемы?
 - е. Чем можно заменить предохранители на схеме?

Форма представления результата:

Отчет по работе должен содержать:

- а) наименование работы и цель работы; б) схему электрическую;
- в) ответы на вопросы; е) выводы по работе.

Критерии оценки:

Оценка «отлично» ставится, если эксперимент проведён, обработаны результаты, выполнены все задания, работа оформлена в соответствии с требованиями.

Оценка «хорошо» ставится, если были допущены ошибки при проведении эксперимента, обработке результатов или при оформлении отчёта.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если эксперимент проведён, приведено неполное выполнение заданий.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если эксперимент не проводился, задание не выполнено.

Тема 2.5 Электрооборудование сталеплавильных цехов

Практическое занятие №9

Расчёт мощности привода механизма поворота конвертера

Цель: формирование умений рассчитывать мощность привода механизма поворота конвертера.

Выполнив работу, вы будете уметь:

Уд 1 подбирать электрические приборы и оборудование с определенными параметрами и характеристиками.

Материальное обеспечение: не требуется.

Задание:

Рассчитать мощность привода механизма поворота конвертера.

Ход работы:

Исходные данные для расчёта механизма поворота конвертера

№	Наименование	Обозначение	Размерность	Вариант №
1	Диаметр начальной окружности зубчатого колеса, установленного на цапфе конвертера	$D_{но}$	мм	
2	Радиус опорной цапфы	$r_{ц}$	мм	
3	Координата оси вращения конвертера	y_v	мм	
4	Координаты центра тяжести порожнего конвертера относительно оси вращения конвертера	x_o	мм	
		y_o	мм	
5	Координата выпускного отверстия конвертера	$y_{от}$	мм	

6	Масса порожнего конвертора (с футеровкой)	m_o	т	
7	Масса жидкого металла в конверторе	m_m	т	
8	Передаточное число механизма привода	i		
9	Коэффициент полезного действия механизма	η		
10	Частота вращения двигателя	n	об/мин	
11	Время пуска привода	t_n	с	
12	Время торможения привода	t_T	с	

Дополнительные варианты				
6	Масса порожнего конвертора (с футеровкой)	m_o	т	
7	Масса жидкого металла в конверторе	m_m	т	

1. Рассчитываем полный опрокидывающий момент на цапфе конвертера при его повороте с металлом $M_{оп}$, кН·м:

$$M_{оп} = M_k + M_m + M_{тр} , (1)$$

где M_k - момент от силы тяжести порожнего конвертера, кН·м,

M_m – момент от силы тяжести жидкого металла, кН·м,

$M_{тр}$ – момент от сил трения в подшипниковых опорах конвертера, кН·м.

$M_{оп} =$

2. Определяем момент от силы тяжести порожнего конвертера M_k , кН·м:

$$M_k = G_o \cdot r_o \cdot \sin\varphi , (2)$$

где G_o – сила тяжести конвертера, кН,

r – радиус, м,

φ – угол поворота.

$$G_o = m_o \cdot g ,$$

где m_o – масса порожнего конвертера, кН

$G_o =$

$M_k =$

3. Определяем расстояние общего центра тяжести конвертера до оси вращения r_o , м (рисунок 3):

$$r_o = \sqrt{x_o^2 + y_o^2} , (3)$$

$r_o =$

4. Определяем объем металла при вертикальном положении конвертора V_M , m^3 :

$$V_M = V_K + V_{Ц} + \Sigma V_{цк}, (5)$$

где V_M – объем металла в конвертере, m^3

V_K – объем конуса, m^3

$V_{Ц}$ – объем металла в цилиндрической части, m^3

$\Sigma V_{цк}$ – объем усеченных конусов, m^3 .

$V_M =$

5. Определяем объем металла в конвертере V_M , m^3 :

$$V_M = m_M / \gamma, (6)$$

где m_M – масса жидкого металла в конвертере, кН

γ – удельный вес жидкого металла, кН/ m^3 ($\gamma = 7$ кН/ m^3)

$V_M =$

6. Определяем объем металла в усеченном конусе $V_{ук}$, m^3 :

$$V_{ук} = \frac{1}{3} \pi \cdot h_{ук} (R^2 + R \cdot r + r^2), (7)$$

где $h_{ук}$ – высота усеченного конуса, м ($h_{ук} = 1,12$ м)

R – радиус основания большого конуса, м ($R = 1,4$ м)

r – радиус основания малого конуса, м ($r = 1,2$ м)

$V_{ук} =$

7. Определяем объем металла в конусе V_K , m^3 :

$$V_K = \frac{1}{3} \pi \cdot R^2 \cdot h_K, (8)$$

где h_K – высота конуса, м ($h_K = 0,1$ м)

$V_K =$

8. Определяем объем металла в цилиндрической части V_w , m^3 :

$$V_w = V_M - (V_K + V_{цк}). (9)$$

$V_w =$

9. Определяем общую высоту металла в конвертере H_o , м:

$$H_o = h_K + h_{ук} + h_{Ц}, (10)$$

$H_o =$

10. Определяем высоту цилиндрической части конвертера $h_{Ц}$, м:

$$h_{Ц} = \frac{V_{Ц}}{\pi R^2}, (11)$$

$h_{Ц} =$

11. Определяем объем каждого цилиндрического сегмента V , m^3 :

$$V = f \cdot R_i^2 \cdot h, (12)$$

где f – площадь сегмента для $R = 1^\circ$,

h – высота слоя,

R_i – радиус выбранного слоя.

$V =$

Определяем объем сегмента для 8 сечения при угле наклона конвертера $\varphi = 30^\circ$.

$R_8 = 1,425$ м, $f_8 = 0,067$, $h = 0,2$ м

12. Определяем расстояние от оси конвертера до центра тяжести сегмента x_i , м:

$$x_i = \frac{v^3 \cdot R_i}{12f}, \quad (13)$$

где v – хорда сегмента, принимаем 0,91 м.

$x_i =$

13. Определяем координаты общего центра тяжести цилиндрических сегментов $x_{цс}$, м:

$$x_{цс} = \frac{\sum V_i \cdot x_i}{\sum V_i},$$

$$(14)$$

$$y_{цс} = \frac{\sum V_i \cdot y_i}{\sum V_i}$$

$x_{цс} =$

$y_{цс} =$

В соответствии с вычерченным в масштабе конвертером определяем координаты общего центра тяжести 8 цилиндрических сегментов: принимаем значение координат:

$X_{цс} = m$, $y_{цс} = m$.

14. Определяем координаты центра тяжести металла в конусе y_k , м:

$$y_k = \frac{1}{4} h_k. \quad (15)$$

$y_k =$

15. Определяем координаты центра тяжести металла в усеченном конусе y_k , м:

$$y_k = \frac{h_{ук}}{4} \cdot \frac{R^2 + 2Rr + 3r^2}{R^2 + Rr + r^2}. \quad (16)$$

16. Определяем общие координаты центра тяжести металла в конвертере x_m , y_m , м:

$$x_m = \frac{\sum V_i x_i}{\sum V_i},$$

$$(17)$$

$$y_m = \frac{\sum V_i y_i}{\sum V_i}$$

$x_m = m$ $y_m = m$

17. Определяем опрокидывающий момент M_m , кН·м (рисунок 4):

$$M_m = G_m \cdot l_\phi,$$

$$l_\phi = r \cdot \sin(\phi - \alpha) = 0,494 \text{ м.}$$

$l_\phi =$

$M_m =$

18. Определяем момент от сил трения в опорах конвертера $M_{тр}$, кН·м

$$M_{тр} = Q \cdot f \cdot r_{ц}, \quad (18)$$

где Q – реакция на цапфе конвертера,

f – коэффициент трения в подшипниках, $f = 0,05$

$r_{ц}$ – радиус опорной цапфы, $r_{ц} = 0,4$ м.

$$M_{\text{тр}} =$$

19. Определяем полное давление на цапфы Q , кН:

$$Q = Q_{1n} + Q_1, \quad (19)$$

где Q_{1n} – полное давление на цапфу от вертикальных и горизонтальных сил,

Q_1 – давление на цапфу от вала конвертера с металлом, $Q_1 = 1200000$ кН.

$$Q =$$

20. Определяем полное давление на цапфу Q_{1n} , кН:

$$Q_{1n} = \sqrt{Q_{\text{в}}^2 + P_{\text{м}}^2}, \quad (20)$$

где $Q_{\text{в}} = Q_1 - P_{\text{в}}$,

$P_{\text{в}} = P \cdot \cos(\varphi - \alpha)$.

$$Q_{1n} =$$

21. Определяем давление на цапфу от зубчатой передачи P , кН:

$$P = \frac{2M_{\text{к}}}{D_{\text{нз}} \cdot \cos \alpha}, \quad (21)$$

где $M_{\text{км}}$ – моменты от веса конвертера с металлом, $38700 \cdot 10^4$ кН·м

$D_{\text{нз}}$ – диаметр начальной окружности зубчатого колеса, м

α – угол зацепления, $\alpha = 20^\circ$.

$$P =$$

22. Определяем статический момент на валу $M_{\text{с}}$, кН·м:

$$M_{\text{с}} = \frac{M_{\text{к}} + M_{\text{н}} + M_{\text{мр}}}{i \cdot \eta}, \quad (22)$$

где i – передаточное число механического привода,

η – КПД механизма.

$$M_{\text{с}} =$$

23. Определяем динамический момент в период пуска $M_{\text{дин.п}}$, кН·м:

$$M_{\text{дин.п}} = J_{\text{пр}} \cdot \frac{n}{375t_{\text{п}}}, \quad (23)$$

где $J_{\text{пр}}$ – общий приведенный к двигателю момент инерции механического наклона, 3200 кН·м²,

n – частота вращения двигателя, $n = 475$ об/мин,

$t_{\text{п}}$ – время пуска привода, с.

$$M_{\text{дин.п}} =$$

24. Определяем эквивалентный момент $M_{\text{экв}}$, кН·м:

$$M_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{\sum M_i^2 \cdot t_i}{t_y + \beta_1(t_{\text{п}} + t_{\text{т}})}}, \quad (24)$$

где M_i , t_i – значения моментов и времени для участков нагрузочной диаграммы,

t_y – время установившегося движения,

β_1 – коэффициент ухудшения охлаждения.

$$M_{\text{экв}} =$$

Строим нагрузочную диаграмму и определяем M_i и t_i . Принимаем эквивалентный момент равный:

$$M_{\text{экв}} = \text{кН·м.}$$

25. Определяем мощность электродвигателя при пуске N , кВт:

$$N = \frac{M_{\text{пуск}} \cdot \omega}{30 \cdot 1000}, (25)$$

$N =$

26. Выбираем по справочнику электродвигатель.

Тип

Мощность

Частота вращения

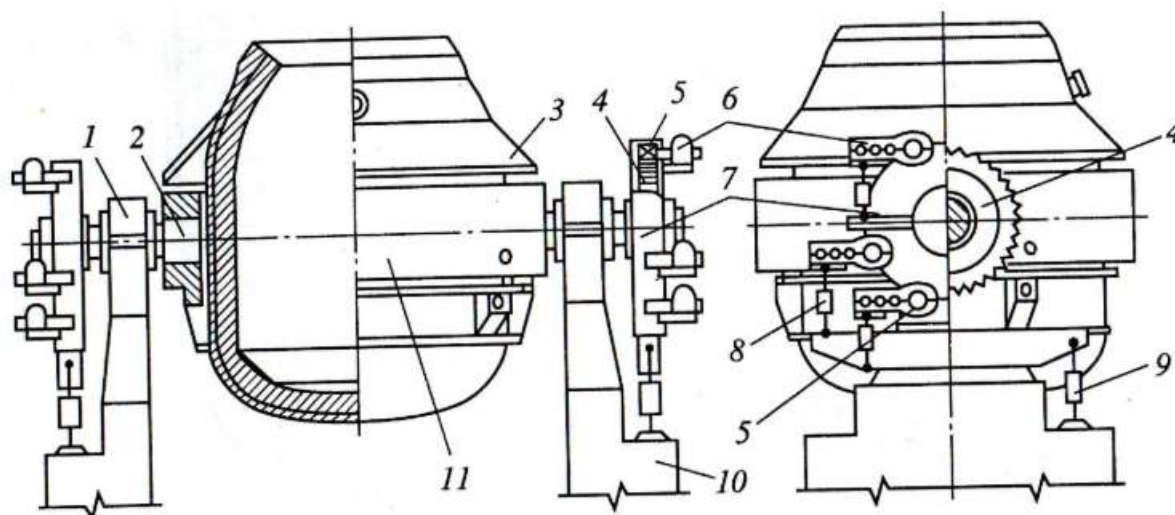


Рисунок 1 – Кислородный конвертор с двухсторонним навесным многодвигательным механизмом поворота: 1 – опорный подшипник, 2 – цапфа, 3 – защитный кожух, 4 – ведомое зубчатое колесо, 5 – вал-шестерня, 6 – навесной электродвигатель с редуктором, 7 – корпус ведомого колеса, 8, 9 – демпфер, 10 – опорная станина, 11 – опорное кольцо.

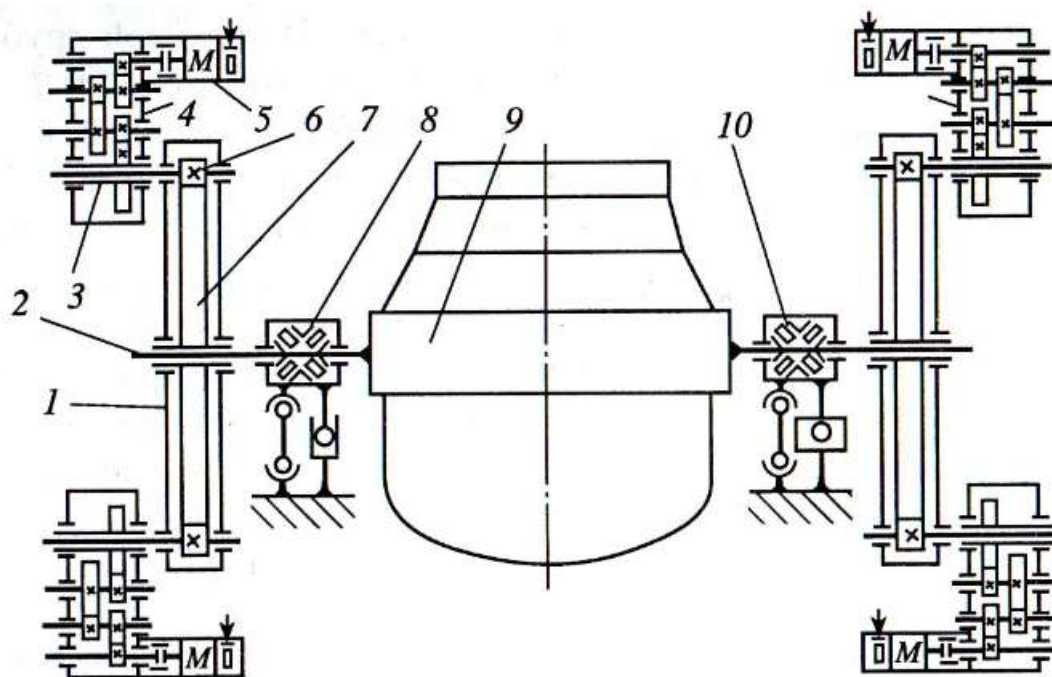


Рисунок 2 – Кинематическая схема навесного многодвигательного привода конвертора: 1 – тихоходные редукторы, 2 – цапфа, 3 – , 4 – быстроходный трехступенчатый редуктор, 5 – электродвигатель, 6 – вал-шестерня, 7 – зубчатое колесо, 8 – плавающая опора, 9 – опорное кольцо, 10 – плавающая опора.

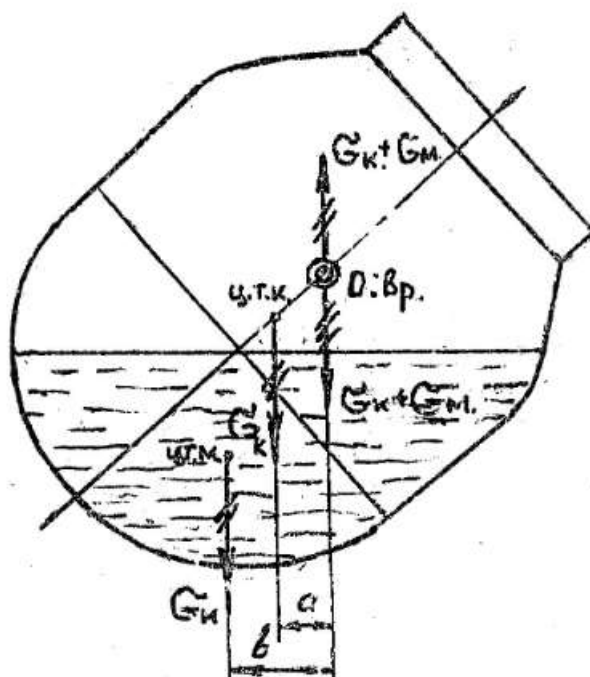


Рисунок 4 – Схема для определения объема и центра тяжести металла при наклоне конвертора на угол φ

Форма представления результата: расчеты.

Критерии оценки:

Оценка «отлично» ставится, если выполнены все задания, работа оформлена в соответствии с требованиями.

Оценка «хорошо» ставится, если была допущены ошибки при обработке результатов или при оформлении отчёта.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если приведено неполное выполнение заданий.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если задание невыполнено.

Тема 2.6 Электрооборудование электротермических установок

Практическое занятие №10

Выбор сечения токоподводов и размера электродов

Цель: Формирование умений определять сечение токоподводов и размер электродов.

Выполнив работу, вы будете уметь:

Уд 1 подбирать электрические приборы и оборудование с определенными параметрами и характеристиками.

Материальное обеспечение: не требуется.

Задание:

Рассчитать сечения токоподводов и размера электродов.

Ход работы:

В дуговых печах косвенного действия применяют лишь графитированные электроды. В сталеплавильных печах прямого действия ранее применялись как угольные, так и графитированные электроды (первые — в основном в печах для фасонного литья). В настоящее время, однако,

угольные электроды из-за науглероживания металла, большей массы и более частых поломок применяют мало, и новая серия отечественных печей малой ёмкости спроектирована для работы только на графитированных электродах.

Неправильный выбор диаметра электродов может привести к значительному ухудшению расходных показателей печи и снижению её производительности, так как потери энергии в электродах могут достигать (3-5%) её общего расхода. Кроме того, выделяющееся в электродах тепло перегревает электроды, особенно в местах контактов, у ниппеля и щёк электрододержателя, что ускоряет окисление щёк и электрода, вызывает поломку последних и в результате увеличивает расход электродов и простой печи.

Для уменьшения нагрева электрода током необходимо, очевидно, увеличивать его диаметр. Однако при этом будет увеличиваться поток тепла теплопроводностью, идущий по нему вверх от находящегося в печи раскаленного конца. Поэтому, если диаметр электрода выбирать с точки зрения минимальных потерь в нём, следует искать минимум суммы тепловых и электрических потерь.

Выражение для суммарных потерь в электроде было дано Паскье. Считая, что тепло, выделяющееся в нижней части электрода внутри печи, является полезным и к потерям следует относить лишь тепло, выделяющееся в верхней части электрода выше свода, а также тепловой поток, идущий по электроду от свода вверх.

Паскье получил следующее выражение для потерь трёх электродов $P_{\text{пот}}$:

$$P_{\text{пот}} = 3 \left(\beta \rho_{\text{ср}} \frac{l_1}{F} I^2 + \alpha \frac{\lambda_{\text{ср}} (t' - t'') F}{l_2} \right), \text{ Вт}, \quad (1)$$

где l_1 — длина электрода от верха свода до верха электрододержателя, см; l_2 — длина электрода от верха свода до верхнего его конца, см; F — сечение электрода, см²; t' и t'' — температуры электрода у свода и верхнего конца; $\rho_{\text{ср}}$ — удельное сопротивление материала электрода при средней между t' и t'' температуре, Ом-см; $\lambda_{\text{ср}}$ — теплопроводность материала электрода при той же средней температуре, Вт/(см град) (таблица 2).

Коэффициент $\alpha > 1$ учитывает рассеивание тепла боковыми по-верхностями электрода и табулирован как функция отношения диаметра электрода d к длине l_2 (таблица 3.1). Коэффициент β учитывает, что выше нижней кромки электрододержателя в электроде плотность тока постепенно уменьшается до нуля около верхней его кромки. Значения β табулированы как функция отношения диаметра электрода d к его длине l_1 (таблица 1).

Таблица 1 - Коэффициенты уравнения (1)

Коэффициент	$d/l_1, d/l_2$									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
α	6.6	4.75	4.0	3.5	3.2	3.0	2.85	2.7	2.6	2.5
β	0.92	0.85	0.8	0.76	0.72	0.69	0.66	0.64	0.62	0.6

Удельное электрическое сопротивление и коэффициенты теплопроводности графита и угля приведены в таблице 2 — 4.

Таблица 2 - Основные свойства графитированных и угольных электродов

Характеристика электродов	Графитированные электроды	Угольные электроды
Объемная масса, кг/дм ³	1,55— 1,6	1,55—1,6
Плотность, г/см ³	2,2	1,9—2,0
Предел прочности на растяжение, Н/см ²	500—850	300—760
Предел прочности на сжатие, Н/см ²	2100—2800	1500—3000
Коэффициент теплопроводности, Вт/м °С: при 20°С	~150	~35
при 1000°С	~115	~58
Начало окисления на воздухе, ° С	600	430
Электрическое удельное сопротивление, 10 ⁻⁶ Ом-м	8—13	40—70
Средний расход на 1000 кВт·ч в ДСП, кг	7—10	16—20

Таблица 3 - Технические данные угольных электродов

Технические данные электродов	Диаметр, мм									
	до 150	200	250	300	350	400	500	600	700	800
ρ, 10 ⁻⁶ Ом-м, для марок:ЭУО	40	40	40	40	40	40	52	52	52	52
ЭУ1	45	45	45	45	45	45	60	60	60	60
Максимальная плотность тока, А/см ²	12	11	10	10	10	9	9	9	8	7

Таблица 4 - Технические данные графитированных электродов

Технические данные электродов	Диаметр, мм															
	75	100	125	150	175	200	225	250	300	350	400	450	500	550	600	
ρ, 10 ⁻⁶ Ом·м, для марок:																
ЭГО	8	8	8	8	8,5	8,5	8,5	9	9	9	9	10	10	10	10	
ЭГ1	10	10	10	10	11	11	11	12	12	12	12	13	13	13	13	
Максималь- ная плотность тока, А/см ²	34	30	28	25	23	22	21	20	18	17	16	15,3	15	15	15	

Так как тепловые потери в электроде прямо пропорциональны его сечению, а электрические обратно пропорциональны, то сумма этих потерь будет минимальна при их равенстве. Отсюда получаем выражение для оптимальной площади сечения электродов F :

$$F = I \sqrt{\frac{\beta \rho_{cp} l_1 l_2}{\alpha \lambda_{cp} (t' - t'')}} , \text{ см}^2 \quad (2)$$

Выражения (1) и (2) следует рассматривать как ориентировочные, так как в них не учтён отсос тепла от электрода электрододержателем и сводовым уплотняющим кольцом. Тем не менее, результаты расчета потерь тепла в электродах по (3.1) дают довольно близкие к действительным значения. Значения t' и t'' на действующих печах могут быть замерены; при проектировании новых печей ими приходится задаваться.

Для выбора диаметра электрода существенным является их расход, так как стоимость расходуемых на выплавку стали электродов превосходит стоимость теряемой в них электроэнергии. Поэтому нагрев, а следовательно, и окисление электродов над сводом, особенно в ниппелях, не должны превышать определенных пределов, что ограничивает плотность тока в них. Ввиду этого диаметр электродов выбирают по допустимой плотности тока (таблицы 2 и 3). Проверка же по (2) позволяет лишь судить, насколько принятые диаметры электродов близки к оптимальным с точки зрения минимума тепловых и электрических потерь. Потери энергии в электродах, выбранных по допустимой плотности тока, можно подсчитать по (1).

В медных шинах при токе до 3000 А допускается плотность тока 1,5 А/мм²; при больших токах она снижается до (1,3—1,1) А/мм², так как начинают сильно сказываться поверхностный эффект и эффект близости. В гибких кабелях без водяного охлаждения допускается плотность тока (1,0—1,4) А/мм². При применении кабелей с водяным охлаждением, а также охлаждаемых водой медных труб плотность тока может быть доведена до (6—8) А/мм², однако в целях снижения в них электрических потерь её ограничивают обычно значением (3—4) А/мм².

Плотность тока на контактных поверхностях электрододержателей при отсутствии водяного охлаждения не должна превосходить 1,5 А/см²; в электрододержателях с водяным охлаждением она может быть повышена до (2—2,5) А/см².

Форма представления результата: расчеты.

Критерии оценки:

Оценка «отлично» ставится, если выполнены все задания, работа оформлена в соответствии с требованиями.

Оценка «хорошо» ставится, если была допущены ошибки при обработке результатов или при оформлении отчёта.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если приведено неполное выполнение заданий.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если задание невыполнено.