

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕ-
ЖДЕНИЕ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ
«НИЖНЕУДИНСКИЙ ТЕХНИКУМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
ПРАКТИЧЕСКОЙ АУДИТОРНОЙ РАБОТЫ**

Учебная дисциплина Электротехника

Специальность:

23.02.06 Техническая эксплуатация подвижного состава железных дорог

Нижеудинск 2022

Методические рекомендации по выполнению практической аудиторной работы по учебной дисциплине Электротехника разработаны на основе ФГОС СПО, рабочей программы Электротехника

Организация-разработчик:

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение Иркутской области «Нижнеудинский техникум железнодорожного транспорта».

Автор-составитель:

Шамсудинова Ирина Анатольевна, преподаватель специальных дисциплин ГБПОУ НТЖТ

Рекомендовано предметно- цикловой комиссией общепрофессионального цикла.
Протокол № _____ от _____ 2021г.

Введение

При выполнении практических работ появляется возможность использовать теоретические знания на практике, идет процесс закрепления ранее изученного материала. Целью практических работ является экспериментальное подтверждение и проверка существующих теоретических положений. При выполнении таких работ формируются умения и навыки обращения с приборами или лабораторным оборудованием, появляются навыки в сборке электрических схем. Домашняя контрольная работа выполняется в межсессионный период. По окончании изучения дисциплины сдается экзамен.

Программа учебной дисциплины является частью основной профессиональной образовательной программы в соответствии с ФГОС по специальности среднего профессионального образования – 23.02.06 Техническая эксплуатация подвижного состава железных дорог

Подготовка к практическим работам. Экспериментальные задачи, предлагаемые на практических занятиях, могут быть успешно решены в отведенное в соответствии с расписанием занятий время только при условии тщательной предварительной подготовки к каждой из них. Поэтому для выполнения практических работ студент должен руководствоваться следующими положениями: 1) предварительно ознакомиться с графиком выполнения работ; 2) внимательно ознакомиться с описанием соответствующей работы и установить, в чем состоит основная цель и задача этой работы; 3) по лекционному курсу и соответствующим литературным источникам изучить теоретическую часть, относящуюся к данной практической работе; 4) до проведения практической работы подготовить в рабочей тетради соответствующие схемы, таблицы наблюдений, расчетные формулы; 5) завершает этап подготовки к выполнению практической работы составление ответов на контрольные вопросы, приведенные в методических указаниях. 5) неподготовленные студенты к работе не допускаются. Выполнение практической работы. Для успешного выполнения практических работ необходимо выполнение следующих требований. 1. Перед сборкой электрической цепи студенты должны предварительно ознакомиться с электрическим оборудованием и измерительными приборами, предназначенными для проведения соответствующей практической работы. 2. Сборку цепи необходимо проводить в точном соответствии с заданием. Целесообразно вначале соединить все элементы цепи, включаемые последовательно, а затем - параллельно. При сборке целесообразно пользоваться проводами разных цветов, например, для параллельных ветвей. 3. После окончания сборки электрическая цепь обязательно должна быть предъявлена для проверки. Включать цепь под напряжение можно только с разрешения преподавателя или лаборанта. 4. Запись показаний всех приборов в процессе выполнения работы следует проводить по возможности одновременно и быстро. Следует избегать перерыва начатой серии наблюдений и во всех случаях, когда возникает сомнение в правильности полученных наблюдений, их необходимо повторить несколько раз. 5. Результаты измерений заносятся каждым студентом в свою рабочую тетрадь. 6. После выполнения отдельного этапа практической работы результаты опыта вместе с простейшими контрольными расчетами предъявляются для проверки преподавателю до разборки электрической цепи. 7. Разбирать электрическую цепь, а также переходить к сборке новой можно только по разрешению преподавателя. 8. Если при исследовании цепи постоянного тока стрелка измерительного прибора уходит за пределы шкалы в обратном направлении, надо отключить цепь и переключить подходящие к прибору провода. 9. Если стрелка какого-либо прибора выходит за пределы шкалы, надо немедленно выключить источник питания, доложить преподавателю или лаборанту. 10. Практическая работа считается выполненной только после утверждения её результатов преподавателем и приведения рабочего места в порядок. 11. Во время занятий в лаборатории студенты обязаны находиться на своих рабочих местах. Выходить из помещения лаборатории во время занятия можно только с разрешения преподавателя. Обработка результатов и оформление отчета. Составление отчета о проведенных исследованиях является важнейшим этапом выполнения практической работы. По каждой выполненной работе каждый студент составляет отчет, руководствуясь следующими положениями. 1. Отчет по практической работе выполняется в соответствии с требованиями. 2. Отчет включает в себя разделы, отражающие все этапы выполнения работы. 2.1. На титульном листе указываются

название учебного заведения, кафедры, порядковый номер и наименование лабораторной работы, фамилия и инициалы студента, выполнившего работу, номер его академической группы, дата выполнения работы. 2.2. Цель работы, которая отражает основные задачи теоретического и экспериментального плана, решаемые в данной работе. 2.3. Расчетное задание, которое выполняется перед лабораторной работой и является одним из основных элементов допуска к выполнению лабораторной работы. 2.4. Экспериментальная часть, которая включает в себя электрические схемы и результаты исследований, сведенные в таблицы. Каждый этап, опыт должны иметь свой подзаголовок. 2.5. Обработка результатов эксперимента. Приводятся таблицы результатов расчетов по экспериментальным результатам, расчетные соотношения, по которым делались эти расчеты, построенные по результатам экспериментов и расчетов графики, диаграммы. 2.6. Отчет должен содержать основные выводы, соответствующие цели лабораторной работы. По указанию преподавателя в отчете даются ответы на контрольные вопросы руководства. 3. Графическая часть отчета (схемы, таблицы, графики) выполняются карандашом с применением соответствующих чертежных инструментов. 3.1. Принципиальные схемы вычерчиваются в соответствии с требованиями ГОСТа. В местах электрических соединений (узлах) ставится точка. 3.2. Векторные диаграммы строятся в масштабе с соблюдением величин углов и указанием масштаба.

1.3. Цели и задачи учебной дисциплины – требования к результатам освоения дисциплины:

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен **уметь**:

- собирать простейшие электрические цепи;
- выбирать электроизмерительные приборы;
- определять параметры электрических цепей.

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен **знать**:

- сущность физических процессов, протекающих в электрических и магнитных цепях;
- построение электрических цепей, порядок расчета их параметров;
- способы включения электроизмерительных приборов и методы измерений электрических величин.

Освоить общие и профессиональные компетенции:

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий.

ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

ПК 1.1. Эксплуатировать подвижной состав железных дорог.

ПК 1.2. Производить техническое обслуживание и ремонт подвижного состава железных дорог в соответствии с требованиями технологических процессов.

ПК 2.3. Контролировать и оценивать качество выполняемых работ.

ПК 3.2. Разрабатывать технологические процессы на ремонт отдельных деталей и узлов по-

движного состава железных дорог в соответствии с нормативной документацией.

Учебным планом на лабораторные и практические занятия обучающихся предусмотрено учебной дисциплиной Электротехника **16 часов**.

Практическая работа выполняется в сроки, установленные преподавателем.

Критерии оценки результатов аудиторной практической работы:

- «5» Работа выполнена правильно, без ошибок, оформлена согласно методическим указаниям.
- «4» Работа выполнена правильно, но в оформлении и в решении задач допущены небольшие погрешности.
- «3» В работе допущены ошибки, оформление небрежное, есть погрешности.
- «2» Работа выполнена неправильно или не выполнена.

Практическая работа 1 -4

Тема ; Расчет цепи постоянного тока методом преобразования схем.

Время выполнения: 4 часа

Цель работы - освоить методику расчета цепей постоянного тока методом свертывания.

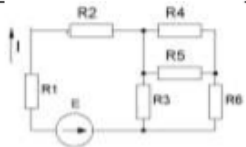
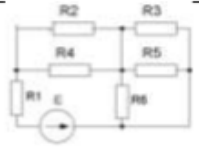
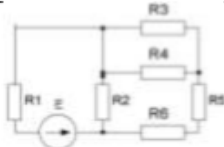
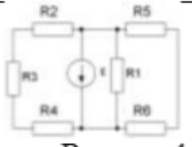
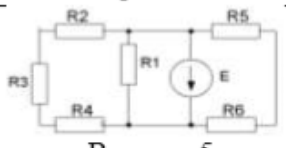
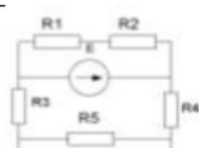
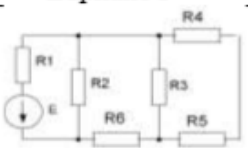
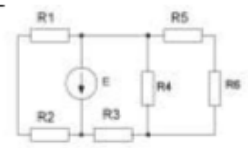
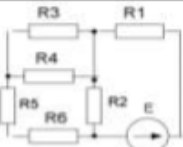
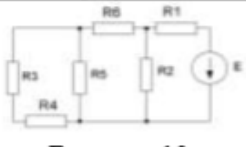
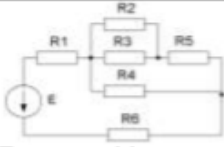
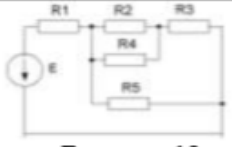
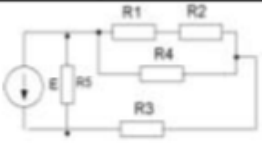
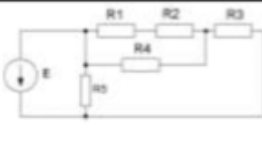
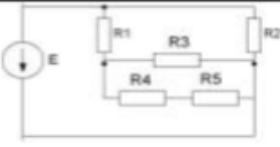
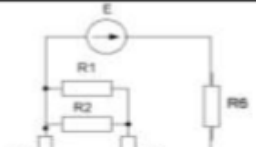
Теоретическая часть

В соответствии с методом свертывания, отдельные участки схемы упрощают и постепенным преобразованием приводят схему к одному эквивалентному (входному) сопротивлению, включенному к зажимам источника. Схема упрощается с помощью замены группы последовательно или параллельно соединенных сопротивлений одним, эквивалентным по сопротивлению. Определяют ток в упрощенной схеме, затем возвращаются к исходной схеме и определяют в ней токи. Задание. В цепи со смешанным соединением сопротивлений (таблица 2) для заданных значений сопротивлений участков, ЭДС, напряжения или тока участка (таблица 1) определить ЭДС, токи, напряжения и мощности каждого участка. Составить баланс мощностей

Таблица 1

Вариант	R ₁ , Ом	R ₂ , Ом	R ₃ , Ом	R ₄ , Ом	R ₅ , Ом	R ₆ , Ом	R _{экв} , Ом	I, U, E
1	9	10	100	30	60	80	1	I ₁ = 3 А
2	8	5	25	12,8	18	12	1	U ₄ = 76,8 В
3	8	150	60	30	50	30	20	E = 140 В
4	48	16	24	8	4	8	0,5	E = 164 В
5	10	10	20	20	30	8	0,2	E = 151 В
6	48	16	24	8	4	8	0,5	E = 164 В
7	40	35	6	12	6	9	1	U = 190 В
8	24	50	75	10	40	20	1	I ₁ = 5 А
9	28	12	24	20	30	50	1	I = 10 А
10	9	150	60	40	50	26	1	E = 420 В
11	48	100	20	80	150	40	2	U ₁ = 96 В
12	5	6	8	3	10	20	2	U = 60 В
13	4	15	4	10	15	-	1	I ₁ = 25 А
14	8	4	2	24	15	-	2	U ₃ = 24 В
15	20	10	12	20	12	-	2	I ₃ = 5 А
16	4	10	6	2	24	-	1	U ₄ = 24 В

Таблица 2 Схемы электрических цепей

 <p>Вариант 1</p>	 <p>Вариант 2</p>	 <p>Вариант 3</p>	 <p>Вариант 4</p>
 <p>Вариант 5</p>	 <p>Вариант 6</p>	 <p>Вариант 7</p>	 <p>Вариант 8</p>
 <p>Вариант 9</p>	 <p>Вариант 10</p>	 <p>Вариант 11</p>	 <p>Вариант 12</p>
 <p>Вариант 13</p>	 <p>Вариант 14</p>	 <p>Вариант 15</p>	 <p>Вариант 16</p>

Порядок расчета.

1. Определяют эквивалентное сопротивление цепи. Для этого выделяют участки, соединенные последовательно или параллельно, заменяют их эквивалентными сопротивлениями. Упрощают электрическую цепь, приводят к простейшему виду с одним сопротивлением. Для последовательного соединения

$$R_{\text{экс}} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

Для параллельного соединения двух сопротивлений

$$R_{\text{экс}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Для параллельного соединения трех и более сопротивлений

$$\frac{1}{R_{\text{экс}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

2. Определяют токи и напряжения отдельных участков по закону Ома

$$I_n = \frac{U_n}{R_n} \quad U_n = I_n \cdot R_n$$

3. Определяют мощности отдельных участков

$$P_n = U_n \cdot I_n$$

4. Составляют баланс мощностей

$$P_u = P_{\text{сн}} + P$$

где $P_{\text{сн}} = U_{\text{сн}} \cdot I = I^2 R_{\text{сн}}$ - мощность потерь внутри источника,

$P = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n$ - мощность приемника

$P_u = EI$ - мощность источника

Форма контроля: выполненное практическое занятие в тетради.

Перечень оборудования и аппаратуры для проведения работы: раздаточный материал, текст учебника, калькулятор, карандаш, линейка.

Практическая работа №5-7

Тема: Исследование режимов работы и методов расчета линейных цепей постоянного тока.

Время выполнения: 3 часа

Цель: усвоение методов расчета линейных цепей постоянного тока

. Техника безопасности: Запрещается оставлять рабочее место без разрешения преподавателя, во время занятия ходить без дела по аудитории и отвлекать внимание студентов. Рекомендуется соблюдать правила для осанки: сидеть прямо, свободно (угол 90°), выполнять упражнения для осанки, для глаз после длительной работы.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ И РАСЧЁТНЫЕ ФОРМУЛЫ 1. ФОРМИРОВАНИЕ РАСЧЁТНОЙ схемы цепи Задача анализа разветвленной электрической цепи обычно сводится к нахождению токов ветвей и напряжений на различных участках цепи. Руководствуясь обобщенной схемой замещения цепи (рис. 4.1) и табл. 4.1 вариантов задания, необходимо вычертить в отчете расчётную схему цепи.

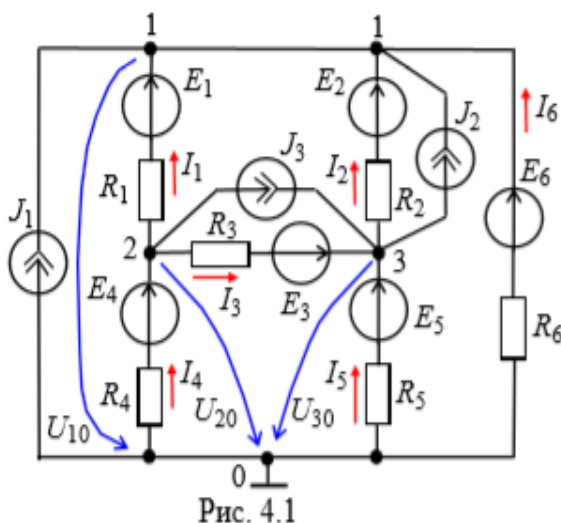


Рис. 4.1

При этом ветви схемы цепи с незадаанными источниками тока J_k необходимо разомкнуть (т. е. исключить), а участки цепи с незадаанными идеальными источниками напряжения E_k заменить проводниками, оставив в ветвях резисторы R_k . В преобразованной схеме должны остаться два источника напряжения (ИН) и один источник тока (ИТ). Если ЭДС E_k или ток J_k задан со знаком "минус", то направление их стрелок на схеме целесообразно изменить на противоположное и в исходных данных записать эти источники со знаком "плюс". Условные положительные направления токов в ветвях и узловых напряжений указаны на рис. 4.1.

2. РАСЧЁТ СХЕМЫ ЦЕПИ МЕТОДОМ УЗЛОВЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

Для расчёта сложных электрических цепей используют метод узловых напряжений (МУН) или метод контурных токов (МКТ). Необходимое число уравнений для расчета цепи этими методами определяют по формулам:

$$N_{МУН} = V - 1; N_{МКТ} = B - (V - 1),$$

где B и V - число ветвей (без учёта ветвей с источниками тока) и узлов в схеме.

Выполним расчет схемы цепи (рис. 4.2) (вариант $N = 36$, см. табл. 4.1) методом узловых напряжений. Исходные данные для расчета: $J_1 = 2$ А; $E_1 = 10$ В; $E_5 = 20$ В; $R_1 = 1$ Ом; $R_2 = 2$ Ом; $R_3 = 3$ Ом; $R_4 = 4$ Ом; $R_5 = 5$ Ом; $R_6 = 6$ Ом. Направление тока J_1 изменено на противоположное, т. к. в табл. 4.1 (вариант 36) ток задан со знаком "минус" ($J_1 = -2$ А).

Т а б л и ц а 4.1

Вариант	Источники		Сопротивления резисторов, Ом					
	ИН с ЭДС E_k , В	ИТ с током J_k , А	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6
1	$E_5 = 15; E_6 = -5$	$J_3 = 4$	7	2	1	3	9	8
2	$E_1 = -20; E_6 = 2$	$J_2 = -5$	9	9	7	1	2	3

3	$E_1 = 35; E_2 = -5$	$J_3 = -6$	1	6	3	9	5	1
4	$E_2 = 20; E_6 = 30$	$J_2 = 7$	3	4	9	7	8	2
5	$E_1 = 40; E_3 = 30$	$J_2 = 8$	6	2	6	6	1	3
6	$E_2 = 30; E_4 = 15$	$J_3 = 2$	9	1	3	4	5	3
7	$E_3 = 40; E_6 = -30$	$J_3 = -1$	3	3	7	3	8	2
8	$E_1 = -15; E_4 = 5$	$J_2 = 6$	8	2	8	3	2	2
9	$E_2 = -30; E_5 = 5$	$J_1 = -7$	3	9	8	3	5	2
10	$E_3 = -35; E_4 = 10$	$J_1 = 5$	4	2	7	4	2	1
11	$E_3 = 25; E_6 = -15$	$J_2 = 3$	5	2	1	3	9	8
12	$E_1 = -30; E_6 = 10$	$J_3 = -3$	9	7	7	1	2	3
13	$E_1 = 25; E_2 = -15$	$J_2 = 8$	1	6	2	9	5	1
14	$E_2 = 10; E_6 = 20$	$J_2 = 5$	3	4	9	5	8	2
15	$E_1 = 30; E_3 = 20$	$J_3 = 4$	6	2	6	6	4	3
16	$E_2 = 20; E_4 = 25$	$J_2 = 3$	9	1	3	4	5	1
17	$E_3 = 30; E_6 = -20$	$J_2 = -5$	3	3	7	3	5	2
18	$E_1 = -5; E_4 = 15$	$J_3 = -4$	8	2	8	6	2	2
19	$E_2 = -20; E_5 = 15$	$J_2 = -6$	3	9	2	3	5	2
20	$E_3 = -25; E_4 = 30$	$J_2 = 4$	4	6	7	4	2	1
21	$E_5 = 25; E_6 = -15$	$J_2 = 3$	5	2	1	3	9	8
22	$E_1 = -10; E_6 = 30$	$J_2 = -5$	9	4	7	1	2	3
23	$E_1 = 25; E_2 = -15$	$J_1 = -2$	1	6	7	9	5	1
24	$E_2 = 30; E_6 = 10$	$J_1 = 4$	3	4	9	5	8	2
25	$E_1 = 30; E_3 = 20$	$J_2 = 5$	6	2	6	6	4	3
26	$E_2 = 40; E_4 = 5$	$J_3 = 6$	9	1	3	4	5	2
27	$E_3 = 30; E_6 = -20$	$J_3 = -7$	7	3	7	3	8	2
28	$E_1 = -5; E_4 = 10$	$J_2 = 1$	8	4	8	3	2	2
29	$E_2 = -20; E_5 = 15$	$J_1 = -4$	3	9	3	3	5	2
30	$E_5 = 5; E_6 = -15$	$J_3 = -5$	7	2	1	4	9	8
31	$E_1 = 35; E_2 = -5$	$J_3 = -6$	9	4	7	4	2	3
32	$E_3 = 30; E_6 = -20$	$J_2 = -5$	8	2	8	7	2	3

Топологический анализ схемы показывает, что в ней 7 ветвей, 4 узла, 3 независимых контура и 6

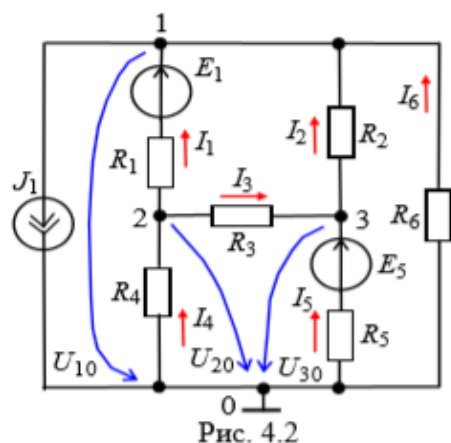


Рис. 4.2

неизвестных токов I_1, \dots, I_6 . Число независимых уравнений $N_{МУН} = Y - 1 = 4 - 1 = 3$.

Выбираем базисный узел (узел 0), направляем к нему узловые напряжения U_{10}, U_{20} и U_{30} (см. рис. 4.2) и составим систему уравнений:

$$\begin{aligned} G_{11}U_{10} - G_{12}U_{20} - G_{13}U_{30} &= -J_1 + G_1E_1; \\ -G_{21}U_{10} + G_{22}U_{20} - G_{23}U_{30} &= -G_1E_1; \\ -G_{31}U_{10} - G_{32}U_{20} + G_{33}U_{30} &= G_5E_5, \end{aligned}$$

где $G_{11} = G_1 + G_2 + G_6 = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_6 = 1/1 + 1/2 + 1/6 = 1,667 \text{ См};$

$G_{22} = G_1 + G_3 + G_4 = 1/R_1 + 1/R_3 + 1/R_4 = 1/1 + 1/3 + 1/4 = 1,583 \text{ См};$

$G_{33} = G_2 + G_3 + G_5 = 1/R_2 + 1/R_3 + 1/R_5 = 1/2 + 1/3 + 1/5 = 1,033$

См- узловые проводимости; $G_{12} = G_{21} = G_1 = 1 \text{ См}; G_{23} = G_{32} = G_3 = 0,333 \text{ См}; G_{13} = G_{31} = G_2 = 1/2 = 0,5 \text{ См}$ – межузловые проводимости; $-J_1 + G_1E_1 = -2 + 1 \cdot 10 = 8 \text{ А}; -G_1E_1 = -1 \cdot 10 = -10 \text{ А}; G_5E_5 = 1/5 \cdot 20 = 4 \text{ А}$ – узловые токи.

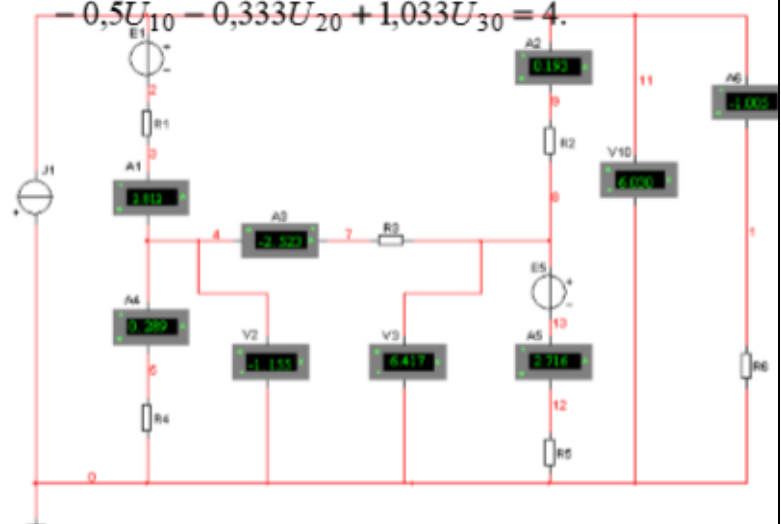
Подставив числовые значения в систему уравнений, имеем:

$$\begin{aligned} 1,667U_{10} - 1,0U_{20} - 0,5U_{30} &= 8; \\ -1,0U_{10} + 1,583U_{20} - 0,333U_{30} &= -10; \\ -0,5U_{10} - 0,333U_{20} + 1,033U_{30} &= 4. \end{aligned}$$

Воспольз



Рис. 4.3



овавшись калькулятором **Elcalc**(рис. 4.3), записываем узловые напряжения в табл. 4.2.

Токи ветвей определим по обобщенному закону Ома (с учетом выбранных условно положительных направлений токов в ветвях (см. рис. 4.2)):

$$I_1 = (E_1 - U_{12})/R_1 = (E_1 - (U_{10} - U_{20}))/R_1 = (10 - (6,028 + 1,16))/1 = 2,812 \text{ А};$$

$$I_2 = U_{31}/R_2 = (U_{30} - U_{10})/R_2 = (6,416 - 6,028)/2 = 0,194 \text{ А};$$

$$I_3 = U_{23}/R_3 = (U_{20} - U_{30})/R_3 = (-1,16 - 6,416)/3 = -2,525 \text{ А};$$

$$I_4 = -U_{20}/R_4 = 1,16/4 = 0,29 \text{ А};$$

$$I_5 = (E_5 - U_{30})/R_5 = (20 - 6,416)/5 = 2,717 \text{ А};$$

$$I_6 = -U_{10}/R_6 = -6,028/6 = -1,005 \text{ А.}$$

Вычисленные значения токов заносим в табл. 4.2.

Моделируем схему цепи варианта 36 на рабочем поле программы MS10 (рис. 4.4). Запускаем программу на исполнение и заносим показания приборов в табл. 4.2. Убеждаемся, что расчетные и экспериментальные данные практически совпадают.

Т а б л и ц а 4.2

	Узловые напряжения			Токи ветвей схемы					
	$U_{10}, \text{ В}$	$U_{20}, \text{ В}$	$U_{30}, \text{ В}$	$I_1, \text{ А}$	$I_2, \text{ А}$	$I_3, \text{ А}$	$I_4, \text{ А}$	$I_5, \text{ А}$	$I_6, \text{ А}$
Рассчитано	6,028	-1,16	6,416	2,812	0,194	-2,525	0,29	2,717	-1,005
Измерено	6,030	-1,155	6,417	2,812	0,193	-2,523	0,289	2,716	-1,005

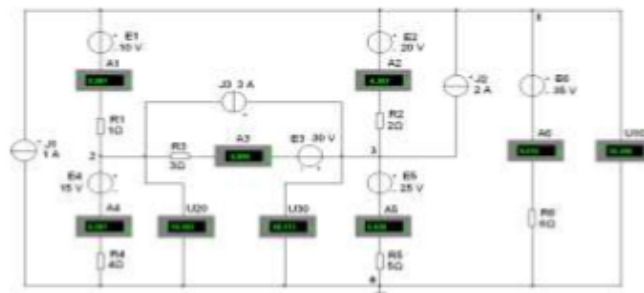
УЧЕБНЫЕ ЗАДАНИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИХ ВЫПОЛНЕНИЮ

Задание 1. Согласно варианту задания вычертить расчётную схему цепи и рассчитать цепь по МУН. Результаты расчёта занести в табл. 4.3.


Т а б л и ц а 4.3

	Узловые напряжения			Токи ветвей схемы					
	$U_{10}, \text{ В}$	$U_{20}, \text{ В}$	$U_{30}, \text{ В}$	$I_1, \text{ А}$	$I_2, \text{ А}$	$I_3, \text{ А}$	$I_4, \text{ А}$	$I_5, \text{ А}$	$I_6, \text{ А}$
Рассчитано									
Измерено									

Задание 2. Собрать схему в среде MS10 (рис. 4.5). Согласно варианту (см. табл. 4.1)



скорректировать схему, а именно:

- удалить из схемы источники тока J_k , не указанные в табл. 4.1 (два раза щёлкнуть мышью на соответствующих изображениях источников тока, а затем в диалоговых окнах на закладках Delete, или поочерёдно выделять их в схеме и нажимать на клавишу Del клавиатуры);
- удалить из схемы не указанные в табл. 4.1 источники напряжения E_k , а затем "соединить" проводниками выводы соответствующих амперметров или резисторов ветвей с узлами схемы;
- согласно варианту задания установить в диалоговых окнах параметры и режимы работы компонентов E_k , J_k и R_k ;
- задать режим работы DC амперметров и вольтметров, внутренние сопротивления амперметров $R_A = 1 \text{ нОм}$ и вольтметров $R_V = 10 \text{ МОм}$;
- запустить программу моделирования схемы цепи (щёлкнув мышью на цифре 1 кнопки );
- и записать показания приборов в табл. 4.3;
- скопировать скорректированную схему на страницу отчёта.

Задание 3. Проверить выполнение первого закона Кирхгофа для всех узлов схемы и второго закона Кирхгофа для двух произвольно выбранных контуров схемы (исключая контур с

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

1. Наименование и цель работы.
2. Электрические расчётная и смоделированная на рабочем поле программной среды MS10 схемы цепи.
3. Расчётные формулы для определения токов ветвей цепи методом узловых напряжений.
4. Таблица с расчётными и экспериментальными данными.
5. Выводы по работе.

ТЕСТОВОЕ ЗАДАНИЕ К РАБОТЕ 1

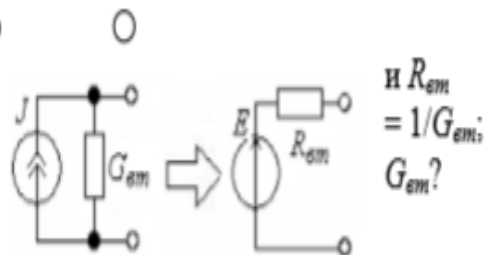
1. Укажите формулу расчёта числа независимых уравнений схемы цепи по первому закону Кирхгофа (B – число ветвей (без учёта ветвей с источниками тока); Y – число узлов схемы).

$$N = B - (Y - 1) \quad N = BN = Y - 1 \quad N = YN = Y + 1$$

2. Укажите, можно ли (Да/Нет) определить параметры E эквивалентного источника напряжения по формулам: $R_{эм} = 1/G_{эм}$, если известны параметры источника тока J и

$E = R_{эм}J$, если известны параметры источника тока J и

Да Нет



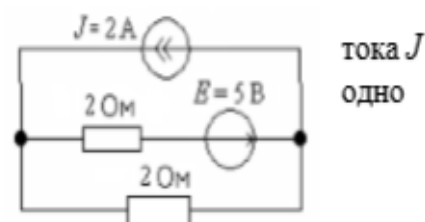
3. Укажите выражение для определения числа

независимых уравнений, описывающих сложную цепь по методу контурных токов (B – число ветвей цепи (без учёта ветвей с источниками тока); Y – число узлов схемы цепи).

$$N = B - (Y - 1) \quad N = BN = Y - 1 \quad N = Y - 2$$

4. При определении числа уравнений для расчёта цепи методом контурных токов не учитывают контур с источником (см. рис. справа), т. е. для этой схемы достаточно записать уравнение МКТ. Укажите, чему равна контурная ЭДС?

1 В 3 В 5 В 9 В



5. Укажите, можно ли составить систему уравнений (без предварительного преобразования схемы) методом узловых напряжений для расчёта цепи, если несколько ветвей схемы содержат только идеальные источники напряжения, не соединённые с заземлённым узлом?

Да Нет

Форма контроля: выполненное практическое занятие в тетради

Перечень оборудования и аппаратуры для проведения работы: раздаточный материал, текст учебника, калькулятор, карандаш, линейка.

Практическая работа № 8

Тема: Расчет магнитной цепи

Время выполнения: 1 час

Цель: освоить методику расчета магнитных цепей

Запрещается оставлять рабочее место без разрешения преподавателя, во время занятия ходить без дела по аудитории и отвлекать внимание студентов. Рекомендуется соблюдать правила для осанки: сидеть прямо, свободно (угол 90°), выполнять упражнения для осанки, для глаз после длительной работы. Содержание работы:

Задание. Варианты 1-5, 11-15. В среднем стержне Ш-образного магнитопровода, являющегося симметричным, выполненного из стали марки Э-12 создается магнитная индукция В. По обмоткам проходит ток I. Якорь магнитопровода выполнен из стали марки Э-41.

Определить число витков обмотки. Размеры магнитопровода даны в мм, потоком рассеяния пренебречь.

Варианты 6-10. На средний стержень Ш-образного магнитопровода, выполненного из стали марки Э-11, надета обмотка, имеющая W витков. Якорь выполнен из стали марки Э-41. Определить ток обмотки, необходимый, чтобы создать в якоре магнитную индукцию В.

Размеры магнитопровода даны в мм, потоком рассеяния пренебречь.

Варианты 16-20. В воздушном зазоре магнитопровода, выполненного из стали марки Э-41, создается магнитное поле с индукцией В. Определить необходимый для этого ток обмотки, имеющей число витков W.

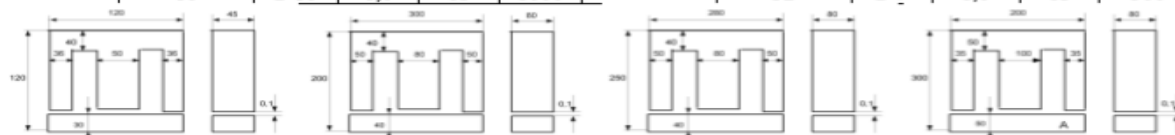
Размеры магнитопровода даны в мм, потоком рассеяния пренебречь. Варианты 21-25В стержне А магнитопровода, выполненного из стали марки Э-12, создается магнитная индукция В. Обмотка имеет число витков W. П-образный сердечник выполнен из литой стали. Определить ток обмотки. Размеры магнитопровода даны в мм, потоком рассеяния пренебречь.

Данные для своего варианта взять из таблицы 1.

Таблица 1

N	Рис.	В, Тл	I, А	W,	N	Рис.	В, Тл	I, А	W, шт
---	------	-------	------	----	---	------	-------	------	-------

варианта				шт	варианта				
1	2-1	0,8	2,5	X	17	2-17	1,2	X	1200
2	2-2	0,85	2,0	X	18	2-18	1,3	X	1400
3	2-3	0,9	1,5	X	19	2-19	1,4	X	1600
4	2-4	0,95	1,0	X	20	2-20	1,5	X	1800
5	2-5	1,0	0,8	X	21	2-21	0,8	X	20000
6	2-6	0,8	X	300	22	2-22	0,85	X	25000
7	2-7	0,85	X	350	23	2-23	0,9	X	30000
8	2-8	0,9	X	400	24	2-24	0,95	X	35000
9	2-9	0,95	X	450	25	2-25	1,0	X	40000
10	2-10	1,0	X	500	26	2-1	0,6	1,0	X
11	2-11	1,1	1,0	X	27	2-2	0,65	1,5	X
12	2-12	1,2	1,5	X	28	2-3	0,7	2,0	X
13	2-13	1,3	2,0	X	29	2-4	0,75	2,5	X
14	2-14	1,4	2,5	X	30	2-5	0,8	0,8	X
15	2-15	1,5	3,0	X	31	2-6	0,95	X	350
16	2-16	1,0	X	1000	32	2-7	1,0	X	500

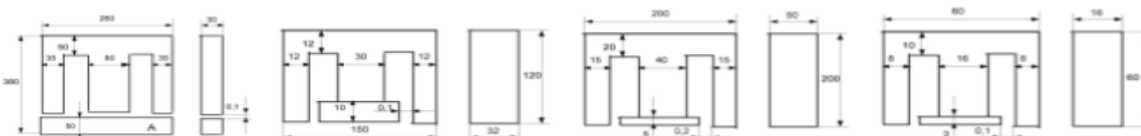


Вариант 1

Вариант 2

Вариант 3

Вариант 4

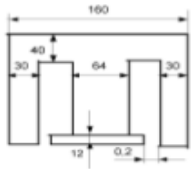


Вариант 5

Вариант 6

Вариант 7

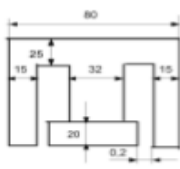
Вариант 8



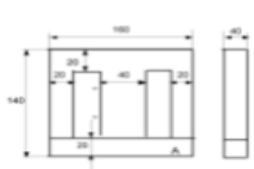
Вариант 9



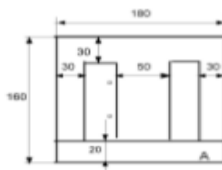
Вариант 10



Вариант 11



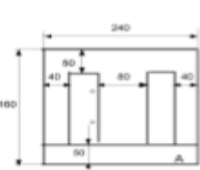
Вариант 12



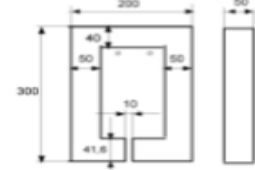
Вариант 13



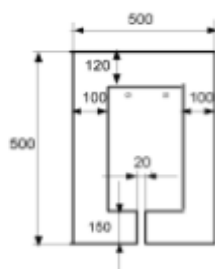
Вариант 14



Вариант 15



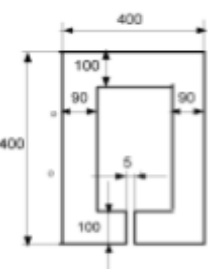
Вариант 16



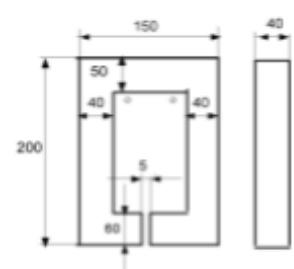
Вариант 17



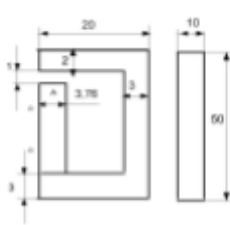
Вариант 18



Вариант 19



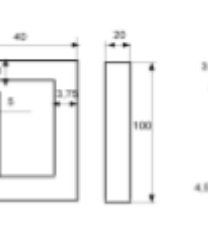
Вариант 20



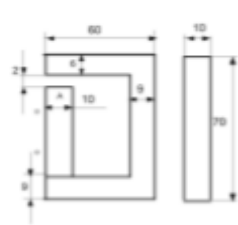
Вариант 21



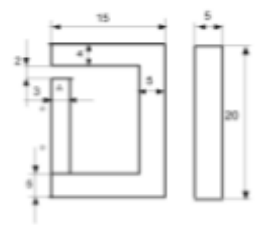
Вариант 22



Вариант 23



Вариант 24



Вариант 25

Порядок расчета.

1. Проводят среднюю магнитную линию и по ней цепь разбивают на однородные участки.
2. Определяют геометрические размеры участков (длина l и сечение S).
3. По заданному значению магнитной индукции определяют магнитный поток (для разветвленной магнитной цепи – два потока).

$$\Phi = B_n \cdot S_n$$

4. Находят магнитные индукции остальных участков.

$$B_n = \frac{\Phi}{S_n}$$

5. Определяют необходимую напряженность магнитного поля H , для участков из ферромагнитного материала по кривым намагничивания (Таблица 1), а для воздушных зазоров по формуле

$$H = \frac{B}{\mu_0},$$

где $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м.

5. Складывая магнитные напряжения всех участков, по закону полного тока определяют намагничивающую силу, необходимую для создания в данной магнитной цепи потока Φ .

$$IW = H_1 l_1 + H_2 l_2 + H_3 l_3 + \dots + H_n l_n$$

6. Определяют ток или число витков обмотки, исходя из значения намагничивающей силы IW .

Таблица 1 Данные основной кривой намагничивания листовой электротехнической стали Э11, Э12, Э41, Э42, Э320, литой стали

В, Тл	Э 11, Э 12 H, А/м	Э 41, Э 42 H, А/м	Э 320 H, А/м	Литая сталь H, А/м	Ковкий чугун H, А/м
0,5	171	85	30	400	–
0,8	318	185	60	682	–
1,0	502	300	75	920	–
1,2	840	540	165	1290	25
1,3	1140	770	200	1590	50
1,4	1580	1370	300	2090	100
1,5	2500	2750	480	2890	150
1,6	4370	5150	720	4100	250
1,7	7780	8900	1420	5750	–

Форма контроля: выполненное практическое занятие в тетради

Перечень оборудования и аппаратуры для проведения работы: раздаточный материал, текст учебника, калькулятор, карандаш, линейка.

Практическая работа № 9-10

Тема: Измерение напряжения, тока и сопротивления.

Время выполнения: 2 часа

Цель работы: - формирование умений работать с электроизмерительными приборами

Приобретаемые умения и навыки: - получение представлений о пределе измерения и цене деления, абсолютной и относительной погрешности, условиях эксплуатации и других характеристиках стрелочных электроизмерительных приборов, - получение навыков работы с цифровыми измерительными приборами. - заполнение бланка отчета

Техника безопасности: Запрещается оставлять рабочее место без разрешения преподавателя, во время занятия ходить без дела по аудитории и отвлекать внимание студентов. Рекомендуется соблюдать правила для осанки: сидеть прямо, свободно (угол 90°), выполнять упражнения для осанки, для глаз после длительной работы. Порядок выполнения работы Изучение паспортных характеристик стрелочных электроизмерительных приборов. Для этого внимательно рассмотреть лицевые панели стрелочных амперметров, обратить внимание на построение измерительной шкалы, условные знаки и заполнить табл. 1.1.

Таблица 1.1

Характеристика стрелочного электроизмерительного прибора			
Наименование прибора	Амперметр	Амперметр	Вольтметр
Тип прибора			
Система измерительного механизма			
Предел измерения (номинальное значение)			
Цена деления			
Минимальное значение измеряемой величины			
Класс точности			
Допустимая максимальная абсолютная погрешность			
Род тока			
Нормальное положение шкалы			
Допустимые параметры окружающей среды			
Прочие характеристики			

Построить график зависимости относительной погрешности измерения от измеряемой величины $\gamma_{\text{Изм}} = \Gamma$ (АИзм) для прибора, указанного преподавателем. Сделать вывод о величине относительной погрешности измерения в начальной и конечной части шкалы, о характере изменения погрешности вдоль шкалы прибора. Для построения кривой взять 5-6 точек. Последняя расчетная точка должна соответствовать номинальному (предельному) значению измеряемой величины. Ознакомиться с лицевой панелью мультиметра и зарисовать её. мультиметр для измерения постоянного напряжения. Включить электропитание стенда (автоматический выключатель рр модуля питания) и источник постоянного напряжения (выключатель 8А1). Измерить значения выходных напряжений модуля питания на клеммах «+5 В», «+12 В» и «-12 В» относительно общей клеммы «^». Результаты измерений занести в табл. 1.2. Выключить источник постоянного напряжения.

Таблица 1.2

Клеммы	+5 В	+12 В	-12 В	~12 В
Измерено				

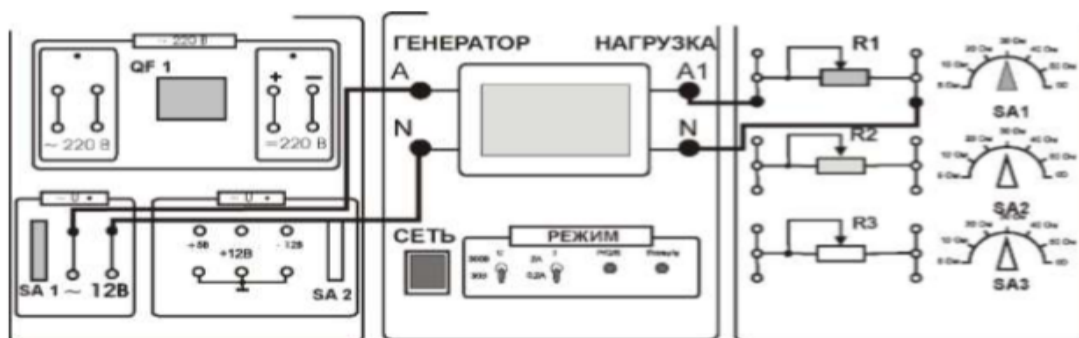
Подготовить мультиметр для измерения переменного напряжения. Включить источник питания и мультиметром измерить значения выходных напряжений на клеммах «~12 В» источника переменного напряжения. Для этого включить выключатель 8А2. Результаты измерений занести в табл. 1.3. Выключить электропитание.

Подготовить мультиметр для измерения сопротивлений резисторов модуля резисторов. Результаты занести в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Резистор	К1	К2	К3	К4
Номинальное значение сопротивления, Ом	5	10	20	30
Измерено, Ом				

2.7. Изучение цифрового универсального измерителя мощности.



Ознакомится с цифровым универсальным измерителем мощности. Подготовить измеритель мощности для проведения измерений. Для этого собрать электрическую цепь по рис. 1.1.

-|~МОДУЛЬ РЕЗИСТОРОВ | - 1 МОДУЛЬ ПИТАНИЯ - | ИЗМЕРИТЕЛЬ МОЩНОСТИ |

Установить предел измерения напряжения прибора «30 В», предел измерения тока «2 А», а также заданное преподавателем значение сопротивления резистора К. После проверки схемы преподавателем включить электропитание стенда (автоматический выключатель модуля питания) и измерителя мощности (выключатель «Сеть»). Включить источник переменного напряжения (выключатель 8А1 модуля питания). Измерить напряжение, ток, активную мощность и частоту напряжения питания. Результаты измерений занести в табл. 1.4. Выключить источник переменного напряжения, измеритель мощности и электропитание стенда.



4. Содержание отчета Отчет по работе должен содержать: а) наименование работы и цель работы; б) технические данные рассмотренных измерительных приборов; в) график зависимости относительной погрешности измерений $U_{изм} = \Gamma$ (АИЗМ); г) результаты расчетов и измерений; д) выводы по работе.

5. Контрольные вопросы

1. Какова конструкция и принцип действия приборов магнитоэлектрической и электромагнитной систем?
2. Каковы основные достоинства и недостатки приборов магнитоэлектрической и электромагнитной систем?
3. Что такое предел измерения?

4. Как определяется цена деления прибора?
5. Что такое абсолютная и относительная погрешности измерения?
6. Как рассчитать относительную погрешность измерения стрелочного прибора в любой точке шкалы прибора?
7. В какой части шкалы прибора измерения точнее и почему?
8. Что характеризует класс точности прибора?
9. Каковы основные достоинства цифровых измерительных приборов?
10. Как определяется погрешность измерений цифрового прибора?

И, В	I, А	P, Вт	f, Гц

Форма контроля: выполненное практическое занятие в тетради

Перечень оборудования и аппаратуры для проведения работы: раздаточный материал, текст учебника, калькулятор, карандаш, линейка.

Практическая работа 11-14

Тема: Расчет трехфазной цепи при соединении приемников энергии звездой, треугольником.

Время выполнения: 4 часа

Цель работы: усвоение методики расчёта трехфазной цепи при соединении приемников энергии звездой, треугольником. Приобретаемые умения и навыки: - формирование умений производить расчеты трехфазной цепи при соединении приемников энергии звездой, треугольником. - заполнение бланка отчета

Оборудование: приборы электромагнитной, магнитоэлектрической системы.

Техника безопасности:

Запрещается оставлять рабочее место без разрешения преподавателя, во время занятия ходить без дела по аудитории и отвлекать внимание студентов. Рекомендуется соблюдать правила для осанки: сидеть прямо, свободно (угол 90°), выполнять упражнения для осанки, для глаз после длительной работы. Порядок выполнения работы: Задание. Трехфазный приемник энергии, соединенный звездой (треугольником), включен в сеть трехфазного тока. Приемник потребляет активную мощность P при линейном токе I_L , линейном напряжении U_L и коэффициенте мощности $\cos \phi$. Приемник обладает активным сопротивлением R и индуктивным (емкостным) сопротивлением X_L (X_C). Реактивная мощность приемника Q , полная мощность S , индуктивность (емкость) приемника L (C) при частоте 50 Гц. Предполагая, что нагрузка фаз симметричная, при заданных некоторых параметрах цепи определить неизвестные параметры x . Начертить схему цепи, построить векторную диаграмму токов и напряжений. Данные для своего варианта взять из таблицы 1.

Таблица 1

Вариант	Соединение приемника	$I_{л},$ А	$U_{л},$ В	$P,$ кВт	$Q,$ кВАр	$S,$ кВА	$R,$ Ом	$X_L,$ Ом	$X_C,$ Ом	$\cos \varphi$	$L,$ Гн
1	Y	25	220	7,6	X	X	X	X	-	X	X
2	Δ	25	220	7,6	X	X	X	-	X	X	-
3	Y	20	220	X	4,56	X	X	X	-	X	X
4	Δ	70	380	3,0	X	X	X	X	-	X	X
5	Y	60	380	28	X	X	X	-	X	X	-
6	Y	X	380	X	X	39,6	X	X	-	0,8	X
7	Δ	X	380	30	X	X	6,25	-	X	X	-
8	Δ	X	220	30	X	X	3	X	-	X	X
9	Y	23,1	380	X	X	X	X	-	X	0,66	-
10	Δ	65	380	28	X	X	X	X	-	X	X
11	Y	40	220	12,2	X	X	X	X	-	X	X
12	Δ	40	220	12,2	X	X	X	-	X	X	-
13	Y	7,7	220	X	1,5	X	X	X	-	X	X
14	Δ	35	380	15	X	X	X	X	-	X	X
15	Y	15	380	7	X	X	X	-	X	X	-
16	Y	X	380	X	X	78	X	X	-	0,75	X

Порядок расчета.

1. Фазное напряжение

- при соединении звездой $U_{\phi} = \frac{U_L}{\sqrt{3}}$

- при соединении треугольником $U_{\phi} = U_L$

2. Фазный ток

$$I_{\phi} = \frac{U_{\phi}}{Z_{\phi}}$$

3. Линейный ток

- при соединении звездой $I_L = I_{\phi}$

- при соединении треугольником $I_L = \sqrt{3}I_{\phi}$

4. Полное сопротивление фазы

$$Z_{\phi} = \frac{U_{\phi}}{I_{\phi}} = \sqrt{R_{\phi}^2 + X_{L(C)\phi}^2}$$

5. Активное сопротивление фазы

$$R_{\phi} = \sqrt{Z_{\phi}^2 - X_{\phi}^2}$$

6. Реактивное сопротивление фазы

$$X_{L(C)\phi} = \sqrt{Z_{\phi}^2 - R_{\phi}^2}$$

7. Мощность трехфазной цепи

Активная $P = 3P_{\phi} = 3U_{\phi}I_{\phi}\cos\varphi = 3I_{\phi}^2R_{\phi}$

Реактивная $Q = 3Q_{\phi} = 3U_{\phi}I_{\phi}\sin\varphi = 3I_{\phi}^2X_{L(C)\phi}$

Полная $S = 3S_{\phi} = 3U_{\phi}I_{\phi} = 3I_{\phi}^2Z_{\phi}$

8. Коэффициент мощности

$$\cos\varphi = \frac{P_{\phi}}{S_{\phi}} = \frac{R_{\phi}}{Z_{\phi}}$$

9. Индуктивность $L = \frac{X_{L\phi}}{2\pi f}$

10. Емкость $C = \frac{1}{2\pi f X_C}$

Форма контроля: выполненное практическое занятие в тетради

Перечень оборудования и аппаратуры для проведения работы: раздаточный материал, текст учебника, калькулятор, карандаш, линейка.

Практическая работа 11-14

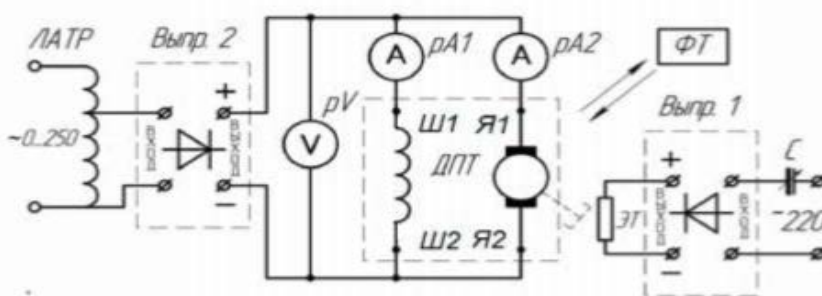
Тема: Определение параметров и основных характеристик электродвигателя постоянного тока с независимым возбуждением

Время выполнения: 2 часа

Цель: изучение устройства двигателя постоянного тока

Техника безопасности: Запрещается оставлять рабочее место без разрешения преподавателя, во время занятия ходить без дела по аудитории и отвлекать внимание студентов. Рекомендуется соблюдать правила для осанки: сидеть прямо, свободно (угол 90°), выполнять упражнения для осанки, для глаз после длительной работы. Содержание работы:

Электрическая схема двигателя



Электрическая схема двигателя включает в себя испытуемый двигатель постоянного тока типа КП-560А, выпрямитель, контрольно-измерительные приборы, коммутационные аппараты и нагрузочное устройство.

Паспортные данные исследуемого электродвигателя:

Номинальное напряжение питания цепи якоря $U_{\text{я}}$, В, 24 В,

Номинальное напряжение питания цепи обмотки 24 В, возбуждения $U_{\text{в}}$, В,

Номинальный ток якоря $I_{\text{я}}$, А, 5,6 А

Номинальный ток обмотки возбуждения $I_{\text{в}}$, А, 0,56 А

Номинальная мощность $P_{\text{н}}$ 60 Вт

Номинальная частота вращения ротора $n_{\text{н}}$ 5000 об/мин

Коэффициент полезного действия $\eta_{\text{п}}$ 39 %

Напряжение к испытуемому двигателю подводится от автотрансформатора ЛАТР через выпрямитель Выпр.2. Величина подводимого напряжения измеряется с помощью вольтметра постоянного тока на 30 В. Ток в обмотке возбуждения измеряется амперметром постоянного тока pA1 на 1А. Ток в обмотке якоря измеряется мультиметром pA2 (диапазон измерения постоянного тока 20А). Нагрузкой испытуемого электродвигателя служит электромагнитный тормоз ЭТ. Питание обмоток тормоза производится через выпрямитель Выпр.1 и магазин емкостей С от сети напряжением 220 В. Пределы изменения ёмкости от 0 до 3,5 мкФ. Частота вращения измеряется тахометром ИТ5-Ч. Порядок работы 1. Изучить устройство машин постоянного тока и особенности конструкции испытуемого электродвигателя. 2. Произвести пуск электродвигателя и его реверсирование 3. Снять скоростные характеристики двигателя при различных напряжениях на якоре. 4. Построить скоростные характеристики и определить значение сопротивления якоря. 5. На основании полученных данных произвести расчёт: - потребляемой двигателем мощности из сети P1, - постоянных и переменных потерь, - момента сопротивления (полезного момента) на валу якоря Mс, - полезной мощности на валу двигателя P2, - коэффициента полезного действия η . 6. Построить рабочие ха-

характеристики двигателя постоянного тока параллельного возбуждения в одной координатной системе: M , I_a , η в функции полезной мощности P_2 при $U=24$ В. 7. Построить семейство механических характеристик двигателя постоянного тока параллельного возбуждения $\eta = T(M)$ при $U=12$; 18; 24 В. 8. Сделать выводы о проделанной работе.

Содержание отчёта

В отчёте должны быть представлены: 1. Номинальные данные испытуемого двигателя. 2. Электрическая схема установки.

Программа работы. 4. Результаты измерений и расчётов, необходимых для построения соответствующих характеристик двигателя, а также формулы, по которым производились расчёты. 5. Скоростные характеристики $\eta = f(n)$, построенные по опытным данным. 6. Механические характеристики $\eta = T(M)$. 7. Построенные по опытным данным рабочие характеристики - зависимости $\eta = T(P_2)$; $n = T(P_2)$; $I_a = T(P_2)$; $M = T(P_2)$. Все рабочие характеристики могут быть нанесены на один график, поскольку они имеют одну и ту же независимую переменную P_2 . 8. Краткие выводы по работе. Сопоставление опытных и расчётных данных с положениями теории

Форма контроля: выполненное практическое занятие в тетради

Перечень оборудования и аппаратуры для проведения работы: раздаточный материал, текст учебника, калькулятор, карандаш, линейка.