



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Самарский государственный технический университет»

Колледж СамГТУ

А.С. БОЛХОВЕЦКИЙ

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

*Методические указания к
практическим занятиям*

Самара
Самарский государственный технический университет
2024

Составитель: Болховецкий А.С.

Электротехника: методические указания к практическим работам для студентов СПО /: *Болховецкий А.С.* – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2024. – 16 с.

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по специальности среднего профессионального образования 08.02.02 Строительство и эксплуатация инженерных сооружений.

Методические указания включают в себя комплект методических материалов, необходимых для успешной подготовки и участия в проведении практических работ по междисциплинарному курсу «Электротехника» студентам СПО: методические указания для обучающихся по освоению междисциплинарного курса, планы практических работ, перечень вопросов к экзамену, библиографический список.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	5
ПЛАНЫ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ.....	6
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	16

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по специальности среднего профессионального образования 08.02.02 Строительство и эксплуатация инженерных сооружений.

Практическое занятие – это форма организации учебного процесса, предполагающая выполнение обучающимися заданий самостоятельно и под руководством преподавателя. Дидактическая цель практических заданий – формирование у обучающихся профессиональных и практических умений, необходимых для изучения последующих учебных дисциплин, а также подготовка к применению этих умений в профессиональной деятельности.

Ведущей дидактической целью практических занятий является формирование практических умений – профессиональных (выполнение определенных действия, операций, предписаний, необходимых в последующей профессиональной деятельности) или учебных (решение задач), необходимых в последующей учебной деятельности.

Наряду с формированием умений и навыков, в процессе практических занятий обобщаются, систематизируются, углубляются и конкретизируются теоретические знания, вырабатывается способность и готовность использовать знания на практике, развиваются интеллектуальные умения.

Перед тем как приступить к выполнению практического занятия, студент должен усвоить краткие теоретические сведения по теме, методику выполнения работы, а также способы представления полученных данных.

В методических указаниях приведены теоретические положения, практические задания, контрольные вопросы.

Практическое занятие №1

Соединение резисторов

Цель работы:

1. Практически убедиться в физической сущности законов Ома и Кирхгофа.
2. Изучить соотношения между токами и напряжениями при последовательном, параллельном и смешанном соединениях.

Таблица 1

Обозначение по схеме	Наименование	Класс точности	Технические данные	
			Цена деления	Предел измер.
A1	Амперметр			
V1	Вольтметр			
V2	Вольтметр			

Контрольные вопросы

1. Сформулировать закон Ома для участка цепи.
2. Какое соединение резисторов называется последовательным, параллельным, смешанным?
3. Чему равно полное сопротивление при последовательном и параллельном соединении резисторов?
4. Сформулировать первый закон Кирхгофа.

Порядок выполнения работы

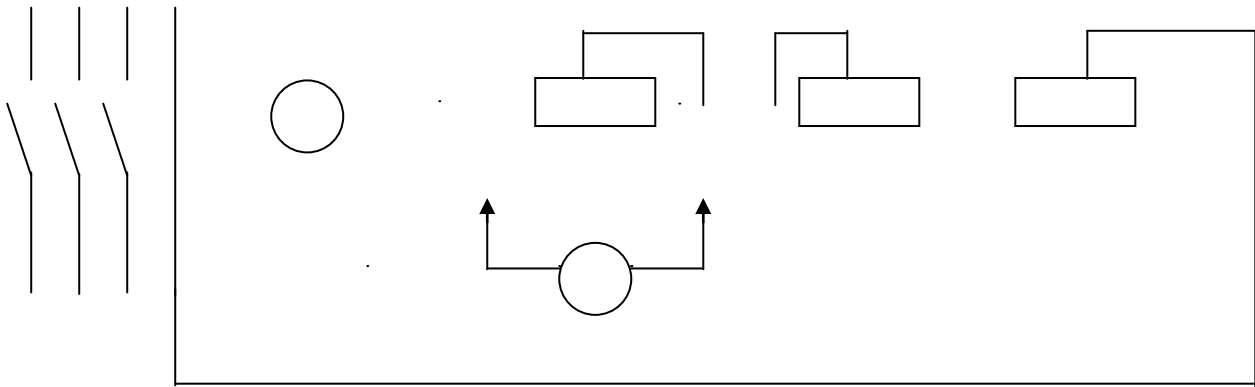


Рис. 1. Последовательное включение резисторов

1. Проверить положение автоматического выключателя SA, он должен быть отключен. (Контрольная лампа либо не горит, либо горит зеленая).
2. Собрать электрическую схему согласно рис.1.
3. Установить движки всех реостатов R1, R2, R3 в крайнее верхнее положение.
4. Показать собранную схему преподавателю. Включить автоматический выключатель SA (должна загореться лампа красного цвета).

5. Вольтметром U_2 измерим полное напряжение $U_{общ.}$ в точках А,О источника; падения напряжения на сопротивлениях R_1, R_2, R_3 , т.е. U_1 (в точках А,Х), U_2 (в точках В,У), U_3 (в точках С,З).
- Снять показания амперметра A_1 - полный ток цепи - Рис. 1. Все данные занести в таблицу 1.
6. Изменить сопротивления реостатов, передвинув их движки, и повторить все измерения. Данные занести в таблицу 1, опыт № 2.
7. Произвести вычисления по формулам:

$$R_{общ} = \frac{U_{общ.}}{I}; \quad R_1 = \frac{U_1}{I}; \quad R_2 = \frac{U_2}{I}; \quad R_3 = \frac{U_3}{I};$$

$$R_{экв.} = R_1 + R_2 + R_3.$$

Таблица 2

N опыта	Данные наблюдений					Данные вычислений				
	$U_{общ.}$	U_1	U_2	U_3	I	$R_{экв.}$	R_1	R_2	R_3	$R_{общ.}$
	В	В	В	В	А	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом
1.										
2.										

8. Ответы на контрольные вопросы.
9. Выводы.

Практическое занятие №2 Расчёт электрических цепей постоянного тока

Цель работы:

Овладеть методикой расчёта общего сопротивления цепи постоянного тока при смешанном соединении резисторов.

Порядок выполнения:

1. Ответить на контрольные вопросы:

- 1.1. Сформулируйте закон Ома для участка цепи.
- 1.2. Какое соединение резисторов называется последовательным?
- 1.3. Что называется параллельным соединением резисторов?
- 1.4. Сформулируйте первый закон Кирхгофа.

2. Сделайте анализ схемы:

- 2.1. Как резисторы R_1 и R_2 соединены между собой?
- 2.2. Какое соотношение между значениями U_4 и U_{ab} ?
- 2.3. Какое соотношение между токами: I_{ab} , I_4 и I_1 ?
- 2.4. Верно ли выражение: $I_{ab} = I_4 + I_2 + I_3$?
- 2.5. Подсказка: $U_4 = U_1 + U_2 = U_1 + U_3$.

3. Пример расчёта схемы по параметрам первого варианта.

- 3.1. Определяем полное сопротивление схемы R_{ab} , поэтапно упрощая её:

$$R_{23} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3};$$

$$R_{123} = R_{23} + R_1;$$

$$R_{ab} = \frac{R_4 R_{123}}{R_{123} + R_4}.$$

3.2. Определяем общий ток в цепи I_{ab} :

$$I_{ab} = \frac{U_{ab}}{R_{ab}}.$$

3.3. Определяем величину тока I_4 :

$$I_4 = \frac{U_{ab}}{R_4}.$$

3.4. Определяем величину тока I_1 :

$$I_1 = I_{ab} - I_4.$$

3.5. Определяем величину напряжения U_1 :

$$U_1 = I_1 R_1.$$

3.6. Определяем величину напряжения U_2 (U_3):

$$U_2 = U_{ab} - U_1.$$

3.7. Определяем величину сопротивления резисторов R_2 и R_3 :

$$R_2 = \frac{U_2}{I_2}, \quad R_3 = \frac{U_3}{I_3}.$$

3.8. Определяем величину мощности тока, выделяемой на каждом резисторе:

$$P_1 = I_1 U_1,$$

$$P_{ab} = I_{ab} R_{ab}.$$

4. Выполните расчёт электрической цепи одного из вариантов (по указанию преподавателя) по данным табл. 1 и рис. 1. Определить все величины, не указанные в табл. 1.

Таблица 1

№	$R_1, \text{Ом}$	$R_2, \text{Ом}$	$R_3, \text{Ом}$	$R_4, \text{Ом}$	$R_{ab}, \text{Ом}$	U_{ab}	$I_{ab}, \text{А}$	$I_1, \text{А}$	$I_2, \text{А}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	60	100	100	110		110			
2.			100			110	2		
3.	60							1	
4.				110					
5.	60	100		110			2		
6.			100						

продолжение табл. 1

№	$I_3, \text{А}$	$I_4, \text{А}$	$U_1, \text{В}$	$U_2, \text{В}$	$U_3, \text{В}$	$U_4, \text{В}$	$P_{ab}, \text{Вт}$	$P_1, \text{Вт}$	$P_2, \text{Вт}$	$P_3, \text{Вт}$	$P_4, \text{Вт}$
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1.											
2.		1		50							
3.	0,5					110					110
4.					50			60		25	
5.							220				
6.			60	50					25		110

Рис. 1. Схема соединения резисторов

Отчёт должен содержать:

1. Схему соединения резисторов.
2. Таблицу с исходными данными.
3. Контрольные вопросы и ответы на них.
4. Расчёт параметров схемы.

Практическое занятие №3

Исследование цепи переменного тока с параллельным соединением катушки индуктивности и конденсатора

Цель работы:

1. Проанализировать влияние параметров R , L , C на токи в ветвях электрической цепи.
2. Ознакомиться с методами анализа электрических цепей с применением векторных диаграмм.

Приборы и оборудование, используемые
в лабораторной работе

Таблица 1

Обозначение по схеме	Наименование	Класс точности	Предел измерения	Цена деления
A1	Амперметр			
A2	Амперметр			
A3	Амперметр			
U	Вольтметр			
W	Ваттметр			

Порядок выполнения работы:

1. Проверить положение автоматического выключателя SA, он должен быть отключён (контрольные лампы либо не горят, либо горит зелёная).
2. Ознакомиться с приборами, нужными для работы, включёнными в электрическую цепь, собранную по схеме, изображённой на лабораторном стенде.
3. Собрать данную схему.
4. После проверки схемы преподавателем, включить автоматический выключатель SA, загорится зелёная лампочка, все конденсаторы должны быть отключены.
5. Включить конденсатор C1 и записать показания всех приборов в таблицу 2.
6. Дополнительно включить конденсатор C2 и опять записать показания всех приборов в табл. 2, затем, поочерёдно подключая конденсаторы C3, C4. C5 и т.д., записывать показания в табл. 2. Отметить, когда будет наблюдаться резонанс токов, выделив в табл. 2 строчку с показаниями приборов.

Таблица 2

№	Данные наблюдений					Результаты вычислений				
	U1	I ₁	I _κ	I _c	P	Z	Z _κ	Z _c	C	cos φ
	В	А	А	А	Вт	Ом	Ом	Ом	мкФ	-
1.										
2.										
3.										

4.										
5.										
6.										
7.										
8.										
9.										

7. Рассчитать параметры, используя следующие формулы:

$$Z = \frac{U_1}{I_1}, \quad \text{где: } Z - \text{ полное сопротивление цепи,}$$

U_1 – напряжение электрической цепи,
 I_1 – общий ток в цепи.

$$Z_K = \frac{U_K}{I_K}, \quad \text{где: } Z_K - \text{ сопротивление катушки,}$$

U_K – напряжение на катушке,
 I_K – ток в катушке.

$$X_C = \frac{U_C}{I_C}, \quad \text{где: } X_C - \text{ сопротивление конденсатора,}$$

U_C – напряжение на конденсаторе,
 I_C – ток в ёмкостной ветви.

$$C = \frac{1}{2\pi * f * X_C}, \quad \text{где: } C - \text{ ёмкость конденсатора,}$$

f – частота, равная 50 Гц.

$$\cos \varphi = \frac{P}{U_1 I_1}, \quad \text{где: } \cos \varphi - \text{ коэффициент мощности.}$$

Контрольные вопросы:

1. Назвать условие резонанса токов.
2. Чему равен $\cos \varphi$ при резонансе токов?

Практическое занятие №4 Исследование трёхфазной цепи при соединении электроприёмников звездой.

Цель работы:

1. Научиться собирать трёхфазные цепи по схеме звездой
2. Выявить особенности трёхфазных систем при соединении звездой симметричной и несимметричной нагрузки.
3. Рассчитать мощность каждой фазы и полную потребляемую мощность нагрузки.

Приборы и оборудование, используемые в лабораторной работе:

Таблица № 1

Обозначение	Наименование	Класс точности	Предел измерения	Цена деления	Примечание
-------------	--------------	----------------	------------------	--------------	------------

				шкалы	
A1	Амперметр				
A2	Амперметр				
A3	Амперметр				
A4	Амперметр				
V	Вольтметр				
W	Вольтметр				

Порядок выполнения работы:

1. Проверить положение автоматического выключателя SA, он должен быть отключен (контрольные лампы либо не горят, либо горит зелёная).
2. Ознакомиться с приборами, используемыми в схеме рис. 1, и их данные записать в таблицу № 1.
3. Собрать схему согласно рис. 1.

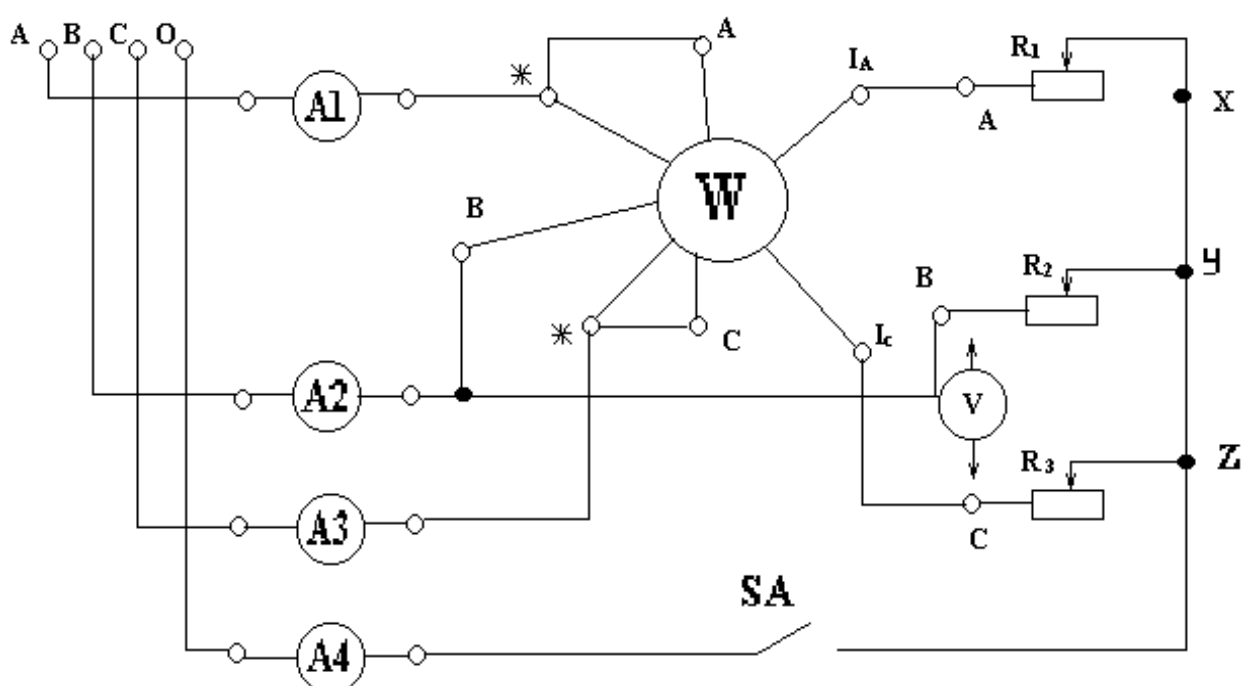


Рис. 1 Схема включения потребителя в звезду.

и трёхполюсный выключатель SA. С помощью реостатов R1, R2, R3, установить симметричную нагрузку в фазах, при этом показания амперметров A1, A2, A3 должны быть одинаковыми. Ток установить ---А.

4. С помощью вольтметра измерить фазные U_A , U_B , U_C и линейные U_{AB} , U_{AC} , U_{BC} напряжение на зажимах приемников. Записать показатель всех приборов, в том числе и амперметров, в таблицу №2.
5. Отключить выключатель S1, провести те же измерения, записав их в таблицу №2.
6. Включить S1, установить несимметричный режим, для чего реостатом R1 установить ток в фазе ---А. Произвести измерения и записать в таблицу №2.
7. Отключить выключатель S1 и произвести все те же измерения и записать в таблицу №2.

№	Данные наблюдения											Результаты вычисления				
	Напряжение, В						P	Ток, А				Мощность, Вт				
	U _{AB}	U _A C	U _B C	U _A	U _B	U _C		J _A	J _B	J _C	J ₀	P _A	P _B	P _C	P	P ^l
Симме																

трична я																
Несим метрич ная																
Обруб ленны й																

8. Определить отношение линейного и фазного напряжений для случая симметричной нагрузки.
9. Вычислить активную мощность трехфазного приемника. Активная мощность всех фаз при любой нагрузке равна $P = P_A + P_B + P_C$,
 $P = \sqrt{3} U_{\text{л}}, J_{\text{л}}, \cos \varphi$, мощность для каждой из фаз, например А, равна:
 $P_A = U_A J_A \cos \varphi$. При соединении нагрузки в звезду ток фазный равен линейному $J_A = J_{\text{ф}} = J_{\text{л}}$.

Контрольные вопросы:

1. Как соединить фазы токоприемника звездой?
2. Какие напряжения называются фазными, а какие линейными?
3. При каких условиях система называется симметричной?
4. В каких условиях можно обойтись без нейтрального провода?

Практическое занятие №5 Испытание однофазного трансформатора

- Цель работы:**
1. Изучить конструкцию трансформатора.
 2. Определить основные параметры трансформатора.
 3. Снять и построить характеристики трансформатора.

Порядок выполнения работы:

1. Проверить положение автоматического выключателя SA, он должен быть отключён (контрольные лампы либо не горят, либо горит зелёная).
2. Ознакомиться с приборами, используемыми в схеме.
3. Собрать схему в соответствии с рис. 1. (См. схему включения на лабораторном стенде).
4. Провести опыт холостого хода. Для этого отключить нагрузочный реостат «R», включить выключатель SA, ручкой ЛАТРа установить номинальное напряжение U_1 на первичной обмотке и записать показания приборов в таблицу 1.
5. Провести опыты трансформатора под нагрузкой. Для этого отключить выключатель SA, подключить нагрузочный реостат «R», установить его максимальное сопротивление и включить выключатель SA. Установить нагрузочным реостатом вторичный ток I_2 , равным: $I_2 = 25; 50; 75; 100; 125\%$ его номинального значения и поддерживая ЛАТРом напряжение 220 В на первичной обмотке, записать показания приборов.
6. Провести следующие расчёты:
 - определить коэффициент трансформации на холостом ходу: $K = U_1/U_2$; - определить для всех опытов коэффициент загрузки: $\beta = I_2/I_{1н}$;
 - определить КПД трансформатора для всех опытов: $\eta = P_2/P_1$.
7. Построить в масштабе характеристики: $U_2 = f(I_2)$; $\eta = f(\beta)$.

Табл. 1

№	Р ежим Работы	Данные наблюдений					Результаты вычислений			
		$U_1, В$	$U_2, В$	$I_1, А$	$I_2, А$	$P_1, Вт$	$P_2, Вт$	β	η	К
1.	Холостой ход									
2.	Под нагрузкой									
3.	###									
4.	###									
5.	###									
6.	###									

Контрольные вопросы:

1. Что называется трансформатором?
2. Что называется коэффициентом трансформатора?
3. Что означает коэффициент загрузки?
4. Какие режимы работы трансформатора вы знаете?

Отчёт должен содержать:

1. Схему электрической цепи для испытания однофазного трансформатора.
2. Таблицу с данными наблюдений и результатами вычислений.
3. График зависимости $U_2 = f(I_2)$.
4. График зависимости $\eta = f(\beta)$.
5. Ответы на контрольные вопросы.

Практическое занятие №6

Схема управления асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором

- Цель работы:**
1. Сборка реверсивной схемы управления асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором.
 2. Проверка работы схемы.

Оборудование:

1. Трёхфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором.
2. Два магнитных пускателя, оснащенные тепловыми реле защиты от перегрузки.
3. Автоматический выключатель с электромагнитным расцепителем для защиты от токов короткого замыкания.
4. Кнопки управления «Пуск», «Стоп».

Порядок выполнения работы:

1. Проверить положение автоматического выключателя SA, он должен быть отключен. (Контрольные лампы либо не горят, либо горит зелёная).
2. Собрать электрическую схему согласно схеме на лабораторном стенде.
3. Показать собранную схему преподавателю. Включить автоматический выключатель SA (должна загореться лампа красного цвета).
4. Осуществить пуск, остановку и реверс. Убедиться, что при одновременном нажатии кнопок «Вперед» и «Назад» двигатель не начинает работать.

Контрольные вопросы:

1. Что называется электродвигателем?
2. Что такое реверс?
3. Каково назначение блок-контактов магнитного пускателя?
4. Объясните работу теплового реле защиты электродвигателя.
5. Какими аппаратами можно защитить электродвигатель от короткого замыкания?
6. Укажите достоинства тепловых реле по сравнению с плавкими предохранителями.
7. Объясните принцип действия магнитного пускателя.

Отчет должен содержать:

1. Схему управления трехфазным асинхронным электродвигателем с помощью реверсивного магнитного пускателя, изображённую на лабораторном стенде.
2. Ответы на контрольные вопросы.

Практическое занятие №7

Генератор постоянного тока с параллельным возбуждением

Цель урока:

1. Научиться собирать схему генератора постоянного тока с параллельным возбуждением.
2. Произвести испытания и построить рабочие характеристики генератора.

Приборы и оборудование, используемые в лабораторной работе:

Таблица 1

№	Обозначение	Наименование	Класс точности	Предел измерения	Цена деления	Примечание
1.	V1	Вольтметр				
2.	A1	Амперметр				
3.	A2	Амперметр				

Порядок выполнения работы:

1. Проверить положение автоматического выключателя: он должен быть отключён (контрольная лампа либо не горит, либо горит зеленая).
2. Ознакомиться с приборами, используемыми в электрической цепи по схеме на лабораторном стенде. Их данные записать в таблицу 1.
3. Собрать электрическую цепь по изображённой схеме.
4. Выключатели нагрузки генератора: S1,.....S6 установить в положение «Выкл.». Сопротивление регулировочного реостата R в цепи возбуждения установить максимальным. Включить асинхронный двигатель выключателем Sa.
5. Снять характеристику холостого хода, для этого плавно увеличивая ток возбуждения реостатом R (до полного его выведения) снять и записать в таблицу 2 показания приборов V1 и A1 (ЭДС генератора и ток возбуждения) для пяти точек.

Таблица 2

№	U _г , В	I _в , А
1.		

2.		
3.		
4.		
5.		

Построить график зависимости: $U_g = f(I_B)$.

- Установить реостатом номинальное напряжение генератора и снять внешнюю характеристику $U_g = f(I_A)$ генератора. Для этого включить выключатель S_a и записать показания приборов V_1 , A_1 и A_2 в таблицу 3. После этого последовательно нагружать генератор ламповым реостатом выключателями $S_1 \dots S_5$, снимая показания приборов для каждого изменения нагрузки. Все результаты измерений записать в таблицу 3.

Таблица 3

№	Данные наблюдений			Результаты вычислений		
	$U_g, В$	$I_A, А$	$I_B, А$	$R_H = \frac{U_g}{I_A}, Ом$	$\Delta U = U_{xx} - U_g, В$	$R_A = \frac{\Delta U}{I_A}, Ом$
х.х.						
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						

Построить график зависимости: $U_g = f(I_A)$.

- На основании показаний приборов определить сопротивление лампового реостата R_H и сопротивление якоря генератора R_A .

Контрольные вопросы:

- Почему данный генератор называют генератором параллельного возбуждения?
- Какие способы возбуждения магнитного поля в МПТ Вам известны?
- Как регулируется напряжение генератора постоянного тока?

Отчет должен содержать:

- Таблицы с данными наблюдений и результатами вычислений.
- График зависимости: $U_g = f(I_B)$.
- График зависимости: $U_g = f(I_A)$.
- Ответы на контрольные вопросы.

Практическое занятие №8 Схемы выпрямителей

Цель урока:

- Изучить принцип действия выпрямителей.
- Ознакомиться со схемами сглаживающих фильтров.

Порядок выполнения:

1. Привести схему однополупериодного выпрямителя. Изобразить временные диаграммы.
2. Привести достоинства и недостатки этой схемы.
3. Изобразить мостовую схему двухполупериодного выпрямителя.
4. Пояснить с помощью графиков напряжения и токов в мостовой схеме выпрямителя принцип действия схемы. Указать достоинства и недостатки.
5. Изобразить схему трехфазного выпрямителя. Пояснить принцип действия.

Рекомендуемая литература:

1. Данилов И.А., Иванов П.М., «Общая электротехника с основами электроники». - М.: Высшая школа, 2008.

Контрольные вопросы:

1. Что называется выпрямительным устройством?
2. Какой полупроводниковый диод используется в выпрямителях?
3. Какой основной показатель характеризует работу выпрямителя?
4. Назвать особенности мостовой схемы двухполупериодного выпрямителя.
5. Выберите параметры, соответствующие идеальному диоду:

$R_{пр}=0 \text{ Ом}$

$R_{обр}=100 \div 200 \text{ кОм}$

5.2. $R_{пр}=0 \text{ Ом}$

$R_{обр}=\infty$

6. Назвать преимущество электровакуумного диода перед полупроводниковым.

Отчет должен содержать:

1. Схему однополупериодного выпрямителя.
2. Схему двухполупериодного выпрямителя.
3. Мостовую схему двухполупериодного выпрямителя.
4. Схему трехфазного выпрямителя.
5. Ответы на контрольные вопросы.
6. Схемы заданных сглаживающих фильтров.

Библиографический список

- 1.Новожилов, О. П. Электротехника и электроника : учебник для среднего профессионального образования / О. П. Новожилов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 653 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-20741-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL
- 2.Сборник задач по электротехнике и основам электроники : учеб. пособие для студ. неэлектрич. спец. вузов [Текст] / под ред. В. С. Пантюшина .- 3-е изд., перераб. и доп. .- Москва, Высш. шк., 1979.- 253 с.
- 3.Немцов М.В. Электротехника и электроника: учебник/ М.В. Немцов, М.Л. Немцова, — М.: Издательство Академия, 2022. — 480 с.
- 4.Гальперин, М.В. Электротехника и электроника: учебник / М.В. Гальперин. - М.: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2021. - 480 с.
- 5.Синдеев, Ю.Г. Электротехника с основами электроники: учебник/ Ю.Г. Синдеев. - Ростов н/Д.: Феникс, 2020. — 368 с.
- 6.Кацман, М.М. Сборник задач по электрическим машинам: учебное пособие/ М.М. Кацман. — М.: ИЦ Академия, 2018. — 160 с.
- 7.Гальперин, М. В. Электротехника и электроника: учебник / М.В. Гальперин. — 2-е изд. — Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2018. — 480 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-104802-3. - Текст: электронный. - URL: <https://new.znaniy.com/catalog/product/987378>
- 8.Земляков, В. Л. Электротехника и электроника: учебник / Земляко В.Л. - Ростов-на-Дону: Издательство ЮФУ, 2018. - 304 с. ISBN 978-5-9275-0454-1. - Текст: электронный. - URL: <https://new.znaniy.com/catalog/product/553466>
- 9.Электротехника и электроника в электромеханических системах горного производства [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Б. С. Заварыкин, О. А. Кручек, Т. А. Сайгина, И. А. Герасимов. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2014. - 304 с. - ISBN 978-5-7638-2971-6. - Текст: электронный. - URL: <https://new.znaniy.com/catalog/product/505897> (дата обращения: 25.04.2020)
- 10.Информационно-коммуникационные технологии в образовании режим доступа <http://www.ict.edu.ru>
- 11.Книги и журналы по электротехнике и электронике [Электронный ресурс]-режим доступа <http://www.master-electronic.ru>
- 12.Школа для электрика. Все секреты мастерства[Электронный ресурс]-режим доступа <http://www.electrical.info/electrotechru>
- 13.Березкина Т. Ф. Задачник по общей электротехнике с основами электроники: учебное пособие / Т. Ф. Березкина, Н. Г. Гусев, В. В. Масленников. - Москва: Высшая школа, 2001. — 391 с.
- 14.Федорченко А.Л. Электротехника с основами электроники: учебник/ А.Л. Федорченко, Ю.Г. Синдеев. - М.: Дашков и К, 2009. — 200 с.
- 15.Задачник по электротехнике: учебное пособие/ П.Н. Новиков, В.Я. Кауфман, О.В. Толчеев и др. — М.: Высшая школа, 1998. — 336с.
- 16.Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах- ГОСТ 2.710-81.
- 17.Правила выполнения электрических схем – ГОСТ 2.702-75