

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра электроснабжения горных и промышленных предприятий

Составитель В. А. Андреев

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ

Методические материалы к лабораторным работам

Рекомендовано цикловой методической комиссией
специальности 15.02.17
Монтаж, техническое обслуживание, эксплуатация и ремонт
промышленного оборудования (по отраслям)
в качестве электронного издания
для использования в образовательном процессе

Кемерово 2026

Рецензенты:

Кудряшов Д. С. – кандидат технических наук, заведующий кафедрой электроснабжения горных и промышленных предприятий

Черкасова В. В. – преподаватель кафедры энергоресурсосберегающих процессов в химической и нефтегазовой технологиях, председатель ЦМК специальности 15.02.17 Монтаж, техническое обслуживание, эксплуатация и ремонт промышленного оборудования (по отраслям)

Андреев Виктор Александрович

Электротехника и основы электроники : методические материалы к лабораторным работам для обучающихся направления подготовки 15.02.17 Монтаж, техническое обслуживание, эксплуатация и ремонт промышленного оборудования (по отраслям) / Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, Кафедра электроснабжения горных и промышленных предприятий ; составитель В. А. Андреев. – Кемерово : КузГТУ, 2026. – 1 файл (2004 КБ). – Текст: электронный.

Содержит основные теоретические положения, необходимые для выполнения и защиты лабораторных работ по дисциплине «Электротехника и основы электроники».

Назначение издания – помощь обучающимся в получении знаний по дисциплине «Электротехника и основы электроники» и организация лабораторных работ.

© Кузбасский государственный
технический университет
имени Т. Ф. Горбачева, 2026
© Андреев В. А.,
составление, 2026

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	3
Лабораторная работа № 1:	6
«Основные измерительные приборы и измерение сопротивлений методом.....	6
«ВОЛЬТМЕТРА – АМПЕРМЕТРА»	6
Лабораторная работа № 2:	9
«Исследование простейших электрических цепей»	9
Лабораторная работа № 3:	13
«Цепь переменного тока с последовательным соединением элементов. Резонанс напряжений»	13
Лабораторная работа № 4:	18
«Цепь переменного тока с параллельным соединением элементов. Резонанс токов».....	18
Лабораторная работа №5:	23
«Исследование режимов работы трехфазных цепей, соединенных по схемам «ЗВЕЗДА» и «ТРЕУГОЛЬНИК»	23
Лабораторная работа № 6:	26
«Исследование диодов, неуправляемого выпрямителя..... и параметрического стабилизатора напряжения»	26
Список рекомендуемой литературы	36

ВВЕДЕНИЕ

Выполнение, оформление и защита лабораторных работ являются главной составной частью изучения дисциплины «Электротехника и основы электроники», способствующей более глубокому и правильному пониманию студентом процессов и явлений, протекающих в электрической цепи (электротехническом устройстве), изученных на лекционных занятиях.

Подготовка к лабораторному занятию

При подготовке к выполнению лабораторных работ следует:

1. верно уяснить цель и задачи работы;
2. изучить теоретический материал, соответствующий данной работе, по учебнику и конспекту лекций. Список рекомендуемой литературы приведен в конце описания каждой работы;
3. подготовить бланки отчетов, содержащие название лабораторной работы, цель, электрические схемы и таблицы;
4. запомнить порядок выполнения работы;
5. понимать сущность проводимых замеров и опытов;
6. уметь проводить построение таблиц графиков и диаграмм;
7. уметь анализировать состояние объекта исследования при изменении параметров.

Выполнение лабораторной работы

Каждая работа выполняется бригадой из 2–4 человек за определенным лабораторным стендом. Студенты должны ознакомиться со стендом, приборами и рабочей установкой. После этого собирается электрическая цепь по схеме, приведенной в методических указаниях.

Перед включением стенда необходима проверка исходного состояния источников регулируемого напряжения (**рукоятка автотрансформатора находится в положении «0»**) и приемников (**ползунки реостатов находятся в положении «Максимальное сопротивление», все конденсаторы выключены, сердечники катушек индуктивности полностью введены внутрь катушек**). После проверки правильности сборки электрической цепи преподаватель дает разрешение на

включение стенда. По окончании работы стенд отключается, опытные данные проверяются преподавателем, электрическая цепь разбирается.

Оформление отчета о проделанной работе

Отчет о проделанной работе составляется каждым студентом и оформляется в тетради в клетку аккуратным каллиграфическим почерком. Рисунки, графики и таблицы выполняются простым карандашом.

Отчет должен содержать:

- титульный лист с указанием номера и наименования лабораторной работы, фамилии и инициалов студента, номера группы;
- описание цели работы и задач;
- электрические схемы, выполненные в соответствии с требованиями ГОСТа;
- таблицы с измерениями и расчетными данными;
- графики зависимостей;
- основные выводы, полученные в результате анализа.

Порядок проведения защиты

Перед защитой лабораторной работы студент должен сдать отчет для проверки преподавателю и только после этого он может защищать проделанную работу. Защита лабораторной работы осуществляется с помощью вопросно-ответных упражнений с использованием или без использования технических средств обучения (ТСО).

Перечень контрольных вопросов приведен в конце описания каждой лабораторной работы. Он охватывает ту часть материала теоретического курса, которая непосредственно относится к данной работе. Студент, не защитивший две лабораторные работы, для выполнения следующей работы не допускается.

Основные правила техники безопасности

На первом занятии в лаборатории электротехники студенты под руководством преподавателя проходят обязательный инструктаж по технике безопасности и правилам поведения в лабораториях кафедры электроснабжения горных и

промышленных предприятий и расписываются в журнале регистрации инструктажа обучающихся при проведении лабораторных и практических занятий.

КАТЕГОРИЧЕСКИ ЗАПРЕЩАЕТСЯ:

- касаться незащищенных частей включенной электрической цепи;
- использовать проводники с поврежденной изоляцией;
- оставлять без надзора стенд с включенным питанием;
- выполнять переключения в цепи при включенном питании.

РЕКОМЕНДУЕТСЯ:

- перед включением питания проверить положение рукоятки регулятора напряжения (она должна быть в исходном состоянии – когда напряжение на выходе регулятора равно нулю);
- пределы измерения приборов выбирать в соответствии с ожидаемыми максимальными значениями величин;
- подавать питание на стенд и разбирать схему электрической цепи **только после разрешения преподавателя.**

Лабораторная работа № 1: «Основные измерительные приборы и измерение сопротивлений методом «ВОЛЬТМЕТРА – АМПЕРМЕТРА»

Цель работы

Выработать навык сборки электрических цепей и умение выбирать электроизмерительные приборы.

Домашнее задание

По учебнику изучить устройство и принцип действия приборов магнитоэлектрической и электромагнитной систем, достоинства и недостатки каждой системы. Ознакомиться с таблицей условных знаков на шкалах приборов, с классами точности, а также с правилами включения амперметра, вольтметра и ваттметра.

Порядок выполнения работы

Записать основные технические характеристики амперметра, вольтметра и ваттметра, используемых на лабораторных стендах, в табл. 1.1.

Таблица 1.1

№ п/п	Название прибора	Тип системы	Пределы измерения X_N	Цена деления	Класс точности γ
1	Амперметр		$U_N =$		
2	Вольтметр		$I_N =$		
3	Ваттметр		$P_N =$		

Измерение сопротивления методом вольтметра-амперметра

Соберите электрическую цепь по схеме рис. 1.1, сделайте измерения значения сопротивления R_X .

Не изменяя значения сопротивления R_X и движка лабораторного автотрансформатора (ЛАТР) включите вольтметр по схеме рис. 1.2 и сделайте аналогичные измерения, как и в предыдущем опыте.

Рассчитайте по показаниям приборов сопротивление R_X , абсолютную и относительные погрешности, а также определите интервал вероятностного значения изменяемой величины $R_{ист}$.

Сделайте вывод о зависимости точности измерений от схемы измерения и величины сопротивления. Результаты занести в таблицу 1.2.

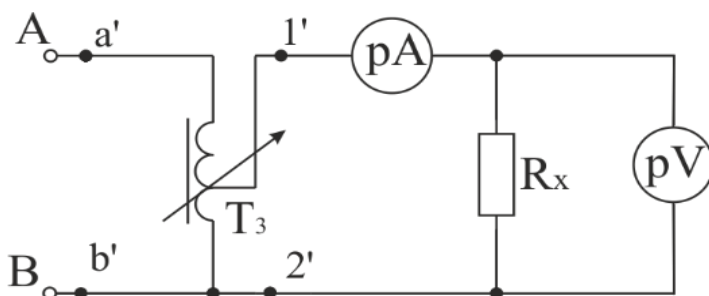


Рис. 1.1. Схема для измерения сопротивления №1

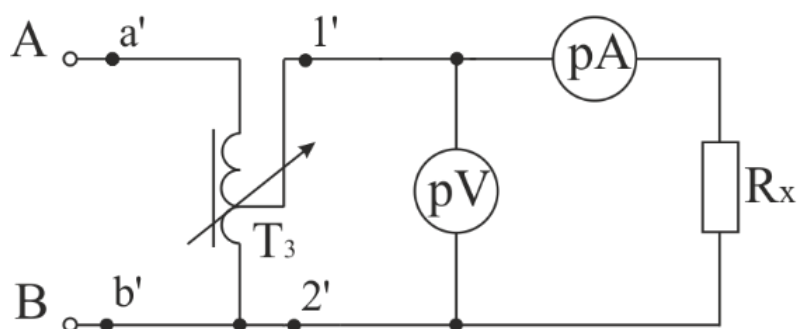


Рис. 1.2. Схема для измерения сопротивления №2

Таблица 1.2

			Схема измерения			
			Рис. 1.1		Рис. 1.2	
Задано	R_X	Ом				
Измерено	U	В				
	I	А				
Вычислено	$R'_x = \frac{U}{I}$	Ом				
	$\Delta R_X = R'_x - R_X$	Ом				
	$\delta_U = \gamma \frac{U_N}{U}$	%				
	$\delta_I = \gamma \frac{I_N}{I}$	%				
	$\delta_R = \delta_U + \delta_I$	%				
	$R_{ист} = (1 \pm \frac{\delta_R}{100}) \cdot R'_x$	Ом				

Контрольные вопросы

1. Расшифруйте условные обозначения на шкалах электроизмерительных приборов лабораторного стенда.
2. Как включаются в электрическую цепь вольтметр и амперметр?
3. Объясните принцип действия приборов магнитоэлектрической и электромагнитной систем.
4. Объясните, почему сопротивление амперметра должно быть мало, а вольтметра велико.
5. Перечислите достоинства и недостатки приборов магнитоэлектрической и электромагнитной систем.
6. Какие погрешности бывают при измерениях электрических величин? У вольтметра с пределом 150 В класс точности 0,5. Что означает эта цифра?
7. Как влияет предел измерения приборов на величину погрешности?
8. Как зависит точность измерений от внутренних сопротивлений приборов?
9. Что такое шунт и добавочное сопротивление?

Литература

[1, §11.2–11.3; §12.1–12.3; 2, § 12.1–12.3; §12.10; 3, §7.1.1–7.1.3; §7.2.1–7.2.5; §7.4.1–7.4.4; §7.5.1–7.5.2; §7.6.1–7.6.2].

Лабораторная работа № 2: «Исследование простейших электрических цепей»

Цель работы

Выработать умение анализировать электрическое состояние простейших цепей.

Домашнее задание

Изучить закон Ома и законы Кирхгофа, а также распределение напряжений и токов в электрических цепях с последовательным, параллельным и смешанным соединением приемников в зависимости от величины их сопротивлений. Записать формулы, определяющие общее сопротивление для данных схем.

Порядок выполнения работы

Последовательное соединение приемников

Соберите цепь по схеме рис. 2.1.

Введите полностью реостаты R_1 и R_2 . Установите с помощью лабораторного автотрансформатора (ЛАТР) заданное напряжение. При неизменном сопротивлении R_1 уменьшите сопротивление R_2 так, чтобы ток изменялся в заданных пределах. Запишите показания приборов в табл. 2.1. Для каждого опыта вычислите значения мощностей P_1 , P_2 , $P_{общ}$ и сопротивлений R_1 , R_2 , R_3 .

Постройте на одном рисунке графики:

$$I, U_1, U_2, P_1, P_2, P_{общ} = f(R_2).$$

Проведите анализ и сделайте выводы о работе изученной схемы.

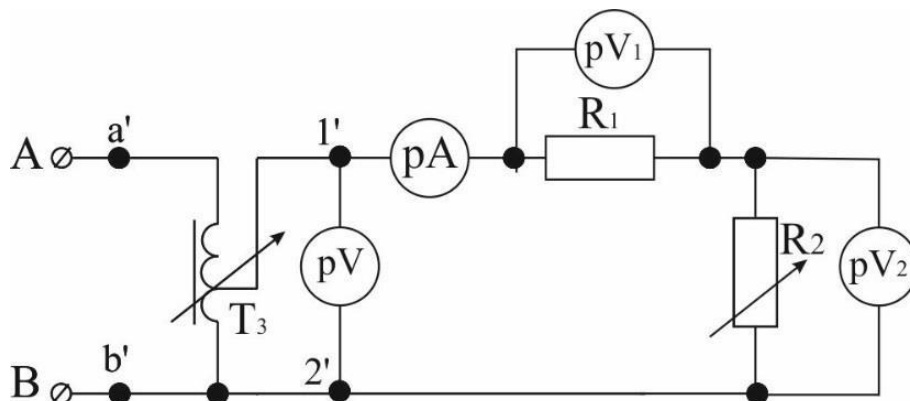


Рис. 2.1. Цепь с последовательным соединением элементов

Таблица 2.1

[illegible]

Параллельное соединение приемников

Соберите цепь по схеме рис. 2.2.

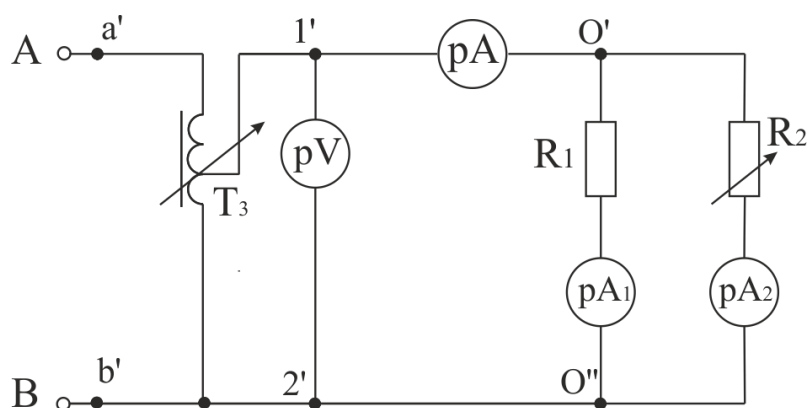


Рис. 2.2. Цепь с параллельным соединением элементов

Введите реостаты R_1 и R_2 . Изменяя сопротивление R_2 так, чтобы ток изменялся в заданных пределах, запишите показания приборов в табл. 2.2. Для каждого опыта вычислите значения мощностей $P_1, P_2, P_{\text{общ}}$ и проводимостей g_1, g_2, g_3 .

Постройте на одном рисунке графики:

$$I_1, I_2, I_{обш}, P_1, P_2, P_{обш} = f(g_2).$$

Проведите анализ и сделайте выводы о работе изученной схемы.

Таблица 2.2

[illegible]

Смешанное соединение приемников

Соберите цепь по схеме рис. 2.3.

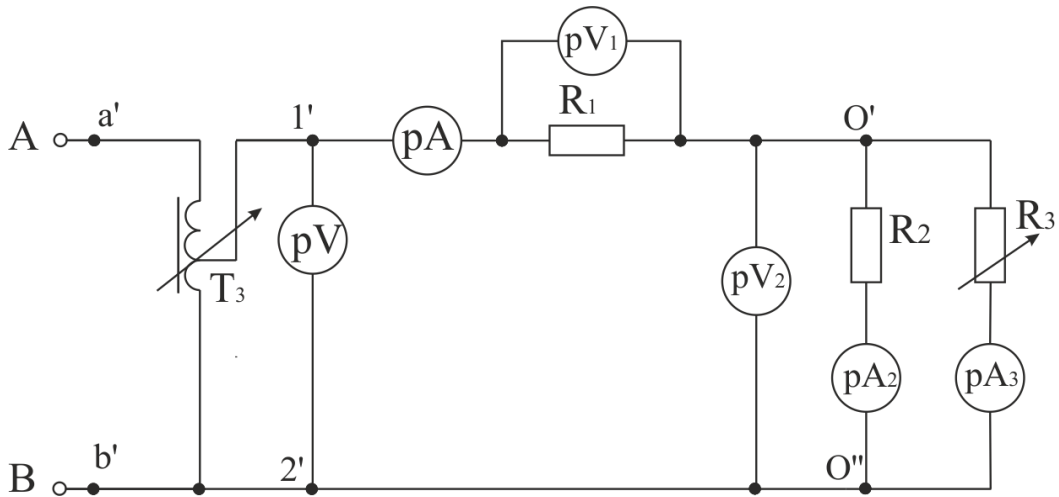


Рис. 2.3. Цепь со смешанным соединением элементов

Введите реостаты. Изменяя сопротивление R_3 так, чтобы ток изменялся в заданных пределах, запишите показания приборов в табл. 2.3. Для каждого опыта вычислите значения мощностей P_1 , P_2 , $P_{общ}$.

Постройте на одном рисунке графики:

$$I, I_1, I_2, U_1, U_2, P_1, P_2, P_3 = f(R_3).$$

Проведите анализ и сделайте выводы о работе изученной схемы.

Таблица 2.3

№ п/п	Измерено						Вычислено									
	U	U_1	U_2	I	I_1	I_2	U_1+U_2	I_1+I_2	$P_{общ}$	P_1	P_2	P_3	R_1	R_2	R_3	$R_э$
	В	В	В	А	А	А	В	А	Вт	Вт	Вт	Вт	Ом	Ом	Ом	Ом
1																
2																
3																

Контрольные вопросы

1. Основные законы линейных электрических цепей.
2. Основные свойства цепей с последовательным, параллельным и смешанным соединением приемников.
3. Перечислите основные электрические единицы измерения.

4. Поясните закон Джоуля-Ленца.
5. Каким образом измеряется работа и мощность тока?
6. Как найти эквивалентное сопротивление смешанного соединения?
7. Почему при изменении R_3 в смешанной цепи происходят также изменения токов, напряжений и мощностей на R_1 и R_2 ?

Литература

[1, §1.1–1.9; 2, §1.1–1.4; §1.6–1.10].

Лабораторная работа № 3: «Цепь переменного тока с последовательным соединением элементов. Резонанс напряжений»

Цель работы

Выработать умение анализировать электрическое состояние цепи переменного тока с последовательным соединением резистора, катушки индуктивности и конденсатора, ознакомиться с условиями возникновения резонанса напряжений и последствиями этого режима.

Домашнее задание

Изучить основные теоретические положения, относящиеся к работе резистивного, индуктивного и емкостного элементов в цепях синусоидального тока. Рассмотреть схемы опытов и построение векторных диаграмм напряжений.

Выписать формулы расчетов параметров, представленных в таблицах лабораторной работы. Записать условия возникновения резонанса напряжений.

Порядок выполнения работы

Последовательное соединение резистора и катушки индуктивности

Соберите цепь по схеме рис. 3.1. При помощи ЛАТРа установите напряжение 100 В и проведите три замера, меняя сопротивление R_1 . Показания приборов занесите в табл. 3.1.

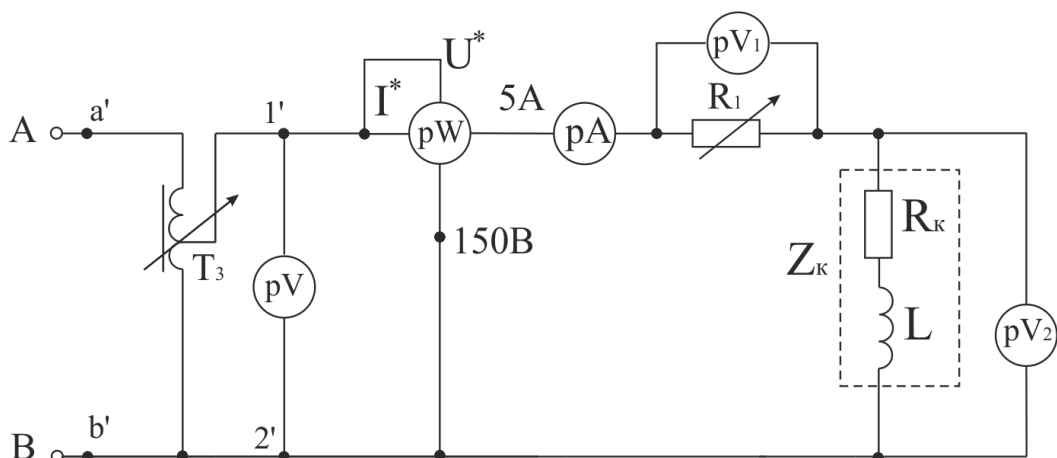


Рис. 3.1. Схема цепи с последовательным соединением резистора и реальной индуктивной катушки

По опытным данным рассчитайте параметры всей цепи и катушки индуктивности. Постройте векторные диаграммы токов и напряжений.

Таблица 3.1

№			1	2	3	1	2	3
Условие опыта			$R_1 - \text{var}$			$L_K - \text{var}$		
Измерено	U	В						
	P	Вт						
	I	А						
	U_1	В						
	U_2	В						
Вычислено	$\cos\varphi$	–						
	Z	Ом						
	R	Ом						
	R_1	Ом						
	R_K	Ом						
	Z_K	Ом						
	x_{LK}	Ом						
	L_K	Гн						
	U_{AK}	В						
	U_{PK}	В						
	U_K	В						

Последовательное соединение резистора и конденсатора

Соберите цепь по схеме рис. 3.2.

Полностью введите реостат R_1 . Включите половину конденсаторов. Установите с помощью ЛАТРа напряжение 100 В. Изменяя сопротивление R_1 , сделайте три замера, при этом поддерживайте напряжение 100 В. Показания приборов запишите в табл. 3.2.

Установите заданное значение сопротивления R_1 . При неизменном напряжении 100 В и сопротивлении R_1 , изменяя емкость конденсаторов C , сделайте три опыта. Показания приборов запишите в табл. 3.2.

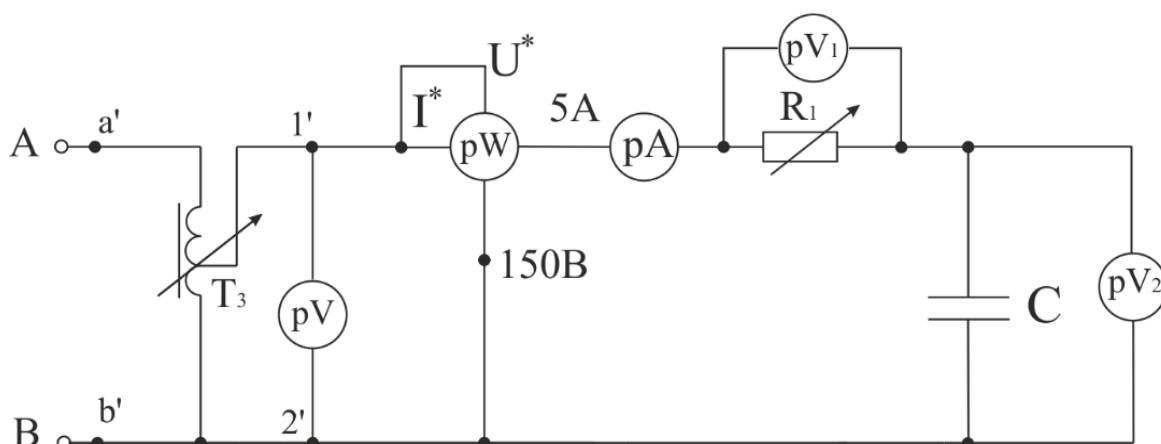


Рис. 3.2. Схема цепи с последовательным соединением активного и емкостного элементов

Таблица 3.2

№			1	2	3	1	2	3
Условие опыта			$R_1 - \text{var}$			$C - \text{var}$		
Измерено	U	В						
	P	Вт						
	I	А						
	U_1	В						
	U_2	В						
Вычислено	$\cos \varphi$	—						
	Z	Ом						
	R_1	Ом						
	x_C	Ом						
	C	мкФ						
	U_a	В						
	U_C	В						

По опытным данным рассчитайте параметры всей цепи и конденсатора. Постройте векторные диаграммы токов и напряжений.

Последовательное соединение резистора, катушки индуктивности и конденсатора

Соберите цепь по схеме рис. 3.3.

Установите с помощью ЛАТРа напряжение 100 В, выключите конденсаторы, установите заданные значения R_1 и Z_k .

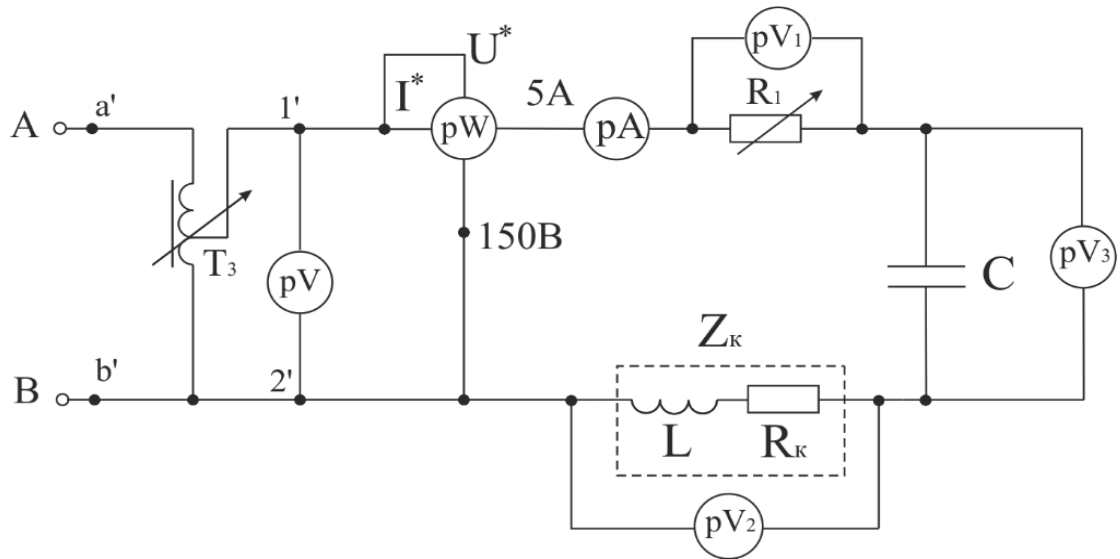


Рис. 3.3. Схема цепи с последовательным соединением активного, емкостного и индуктивного элементов

Таблица 3.3

№ п/п			1	2	3
Условия опыта			$X_C > X_L$	$X_C = X_L$	$X_C < X_L$
Измерено	U	В			
	I	А			
	P	Вт			
	U_1	В			
	U_2	В			
	U_3	В			
Вычислено	$\cos \varphi$	-			
	Z	Ом			
	R	Ом			
	R_1	Ом			
	R_K	Ом			
	X_L	Ом			
	Z_K	Ом			
	L	Гн			
	X_C	Ом			
	C	Ф			
	U_{AK}	В			
	U_{PK}	В			

Увеличивая количество включенных конденсаторов, убедитесь в том, что в схеме ток будет возрастать (до резонанса) достигнув максимума при резонансе напряжений ($X_L = X_C$). При дальнейшем увеличении емкости ток начинает уменьшаться (после резонанса).

Проделайте один опыт до резонанса, второй опыт – резонанс и третий опыт – после резонанса. Результаты измерений запишите в табл. 3.3.

По опытным данным рассчитайте параметры всей цепи, реостата, конденсатора и катушки индуктивности (табл. 3.3).

Постройте векторные диаграммы токов и напряжений

Контрольные вопросы

1. Напишите уравнение электрического состояния для каждой схемы в комплексной форме.
2. Запишите комплексные полные сопротивления каждой цепи.
3. Построение треугольника сопротивлений.
4. Построение треугольника мощностей.
5. Коэффициент мощности ($\cos \varphi$) и его значение.
6. Условия возникновения резонанса напряжений.
7. Электрические явления, возникающие в цепи при резонансе напряжений.
8. В чем заключается опасность резонанса напряжений?
9. Чему равен $\cos \varphi$ при резонансе напряжений?
10. Чему равна реактивная мощность всей цепи при резонансе?

Литература

[1, §2.1.–2.12; 2, §2.1–2.15; 3, §2.1–2.9].

Лабораторная работа № 4:
«Цепь переменного тока с параллельным соединением
элементов. Резонанс токов»

Цель работы

Выработать умение анализировать электрическое состояние цепи переменного тока с параллельным соединением резистора, катушки индуктивности и конденсатора, ознакомиться с условиями возникновения резонанса токов.

Домашнее задание

Изучить:

- основные теоретические положения, относящиеся к разветвленным цепям переменного тока;
- понятия о проводимостях параллельных ветвей в таких цепях;
- принцип построения векторных диаграмм токов.

Выписать формулы расчета параметров, указанных в таблицах лабораторной работы. Записать условия возникновения резонанса токов.

Порядок выполнения работы

Параллельное соединение резистора и катушки индуктивности

Соберите цепь по схеме 4.1. Введите реостат R_1 . Установите заданное напряжение и в течение опыта поддерживайте постоянным это значение.

Изменяя сопротивление R_1 , произведите три замера. Показания приборов запишите в табл. 4.1. По результатам опытов вычислите требуемые параметры электрической цепи (табл. 4.1). Постройте векторные диаграммы токов и напряжения.

Изменяя индуктивность катушки перемещением ее сердечника, произведите три замера. Показания приборов занесите в табл. 4.1.

По результатам опытов вычислите требуемые параметры электрической цепи (табл. 4.1). Постройте векторные диаграммы токов и напряжения.

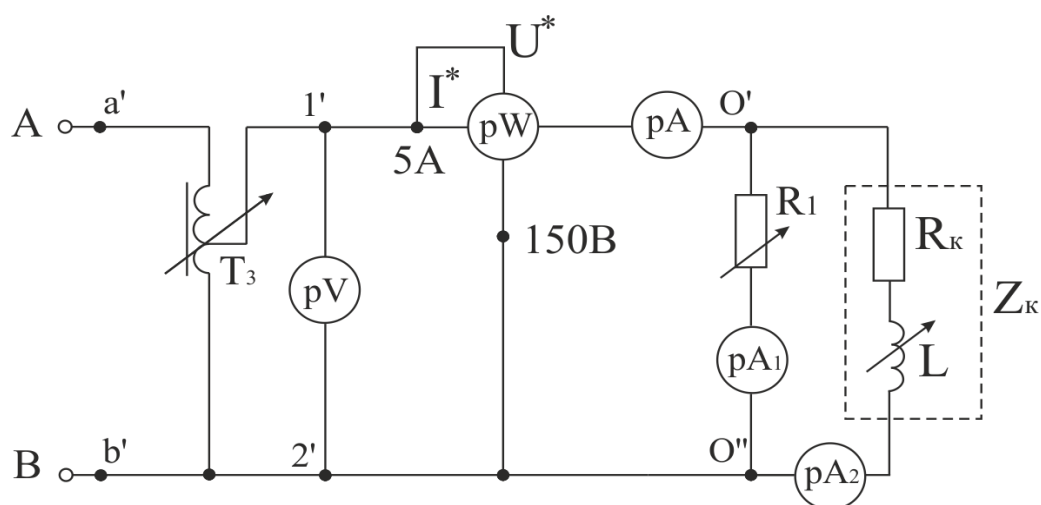


Рис. 4.1. Схема цепи с параллельным соединением резистивного элемента и реальной индуктивной катушки

Таблица 4.1

№			1	2	3	1	2	3
Условие опыта			$R_1 - \text{var}$			$L_K - \text{var}$		
Измерено	U	В						
	P	Вт						
	I	А						
	I_1	А						
	I_2	А						
Вычислено	$\cos \varphi$	—						
	Y	1/Ом						
	g	1/Ом						
	g_1	1/Ом						
	g_k	1/Ом						
	Y_k	1/Ом						
	b_{LK}	1/Ом						
	L_k	Гн						
	I_{ak}	А						
	I_L	А						

Параллельное соединение резистора и конденсатора

Соберите цепь по схеме на рис. 4.2.

Введите полностью реостат R_1 . Установите заданное напряжение и в течение опыта поддерживайте это напряжение посто-

янным. Изменяя сопротивление R_1 , проведите три замера, результаты которых занесите в табл. 4.2.

По результатам опытов вычислите требуемые параметры электрической цепи (табл. 4.2). Постройте векторные диаграммы токов и напряжения.

Установите ток I_1 согласно значению, указанному в таблице 4.2. Изменяя емкость конденсаторов, проведите три замера, результаты которых занесите в табл. 4.2.

По результатам опытов вычислите требуемые параметры электрической цепи в табл. 4.2. Постройте векторные диаграммы токов и напряжения

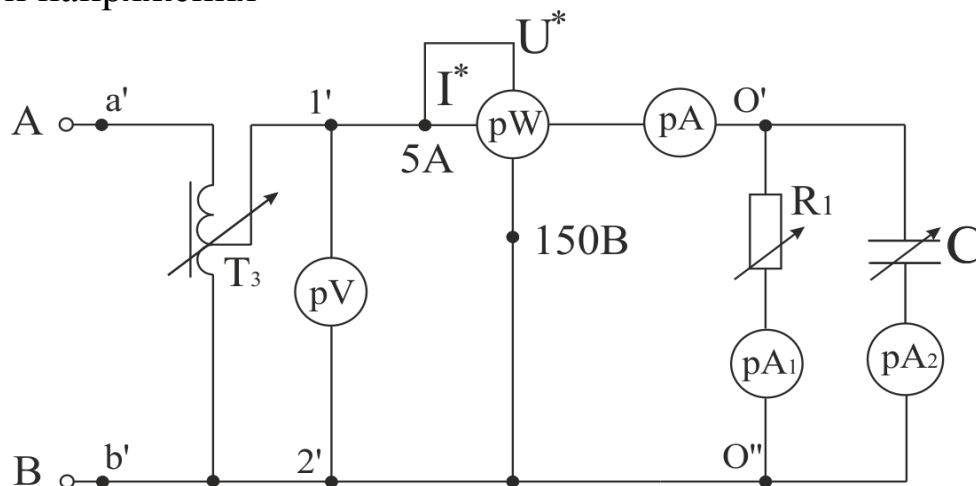


Рис. 4.2. Схема цепи с параллельным соединением резистивного и емкостного элементов

Таблица 4.2

№			1	2	3	1	2	3
Условие опыта			$R_1 - \text{var}$			$C - \text{var}$		
Измерено	U	В						
	P	Вт						
	I	А						
	I_1	А						
	I_2	А						
Вычислено	$\cos \varphi$	—						
	Y	1/Ом						
	g	1/Ом						
	b_C	1/Ом						
	C	мкФ						

Параллельное соединение резистора, катушки индуктивности и конденсатора

Соберите цепь по схеме на рис. 4.3.

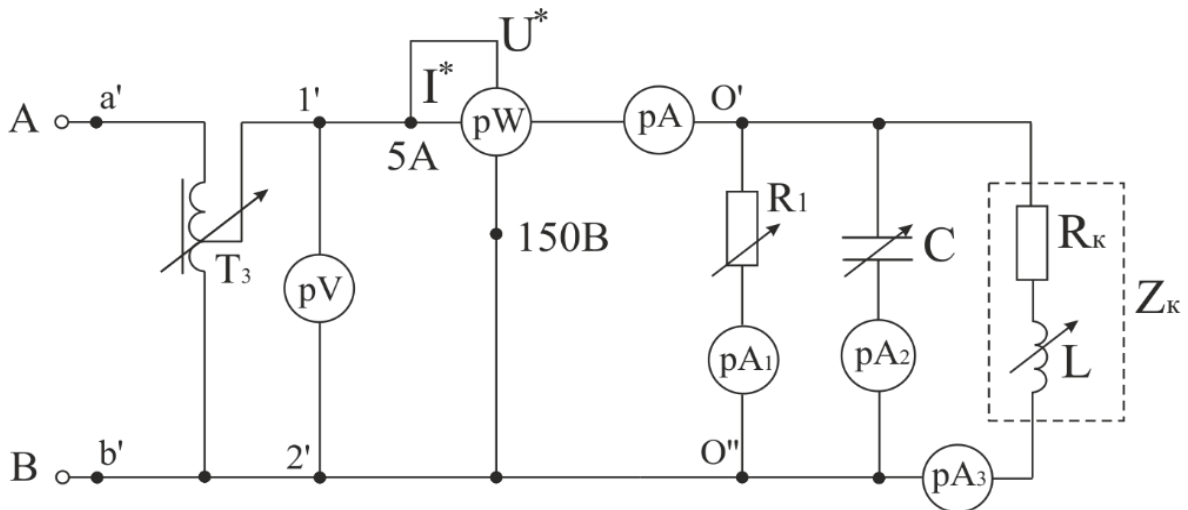


Рис. 4.3. Схема цепи с параллельным соединением резистора, катушки индуктивности и конденсатора

Таблица 4.3

№			1	2	3
Условие опыта			$b_c < b_L$	$b_c = b_L$	$b_c > b_L$
Измерено	U	В			
	P	Вт			
	I	А			
	I_1	А			
	I_2	А			
	I_3	А			
Вычислено	$\cos \varphi$	—			
	Y	1/Ом			
	g	1/Ом			
	b	1/Ом			
	g_L	1/Ом			
	g_k	1/Ом			
	Y_k	1/Ом			
	b_c	1/Ом			
	b_{LK}	1/Ом			
	$I_{ак}$	А			
	I_L	А			

Введите полностью реостат R_1 . Установите напряжение $U = 100$ В. Установите емкость конденсаторов $C = 0$ (конденсаторы выключены). Проведите первый замер. Постепенно включая конденсаторы, добейтесь минимального значения общего тока (резонанс токов). Проведите второй замер. Установите максимальную емкость конденсаторов. Проведите третий замер. Результаты опытов занесите в табл. 4.3.

Контрольные вопросы

1. Напишите уравнения электрического состояния для каждой схемы в комплексной форме.
2. Запишите комплексные значения полной проводимости каждой цепи.
3. Переход от векторной диаграммы токов к треугольнику проводимостей и мощностей.
4. Влияние параметров параллельной цепи на $\cos \varphi$.
5. Условия возникновения резонанса токов.
6. Электрические явления, возникающие при резонансе токов.

Литература

[1, §2.13, 2.17, 2.19; 2, §2.15–2.17, 2.20, 2.21; 3, §2.13–2.19].

Лабораторная работа №5: «Исследование режимов работы трехфазных цепей, соединенных по схемам «ЗВЕЗДА» и «ТРЕУГОЛЬНИК»

Цель работы

Проверить на опыте основные закономерности работы трехфазной электрической цепи при симметричной и несимметричной нагрузках, а также исследовать влияние нейтрального провода на соотношение фазных и линейных напряжений и токов приемника при соединении по схеме «звезда».

Домашнее задание

Изучить основные понятия трехфазной цепи: фазы генератора; трехфазную систему электродвижущих сил (ЭДС), напряжений и токов и способы их представления; соединение приемников по схемам «звезда» и «треугольник»; особенности симметричной и несимметричной нагрузки.

Порядок выполнения работы

Соединение приемников по схеме «звезда»

Соберите цепь по схеме на рис. 5.1.

Введите полностью сопротивления реостатов. Нейтральный провод включен. Подайте напряжение на приемник. Посредством реостатов R_a , R_b , R_c установите симметричную нагрузку, при этом фазные токи $I_A = I_B = I_C$, а ток в нейтральном проводе $I_N = 0$.

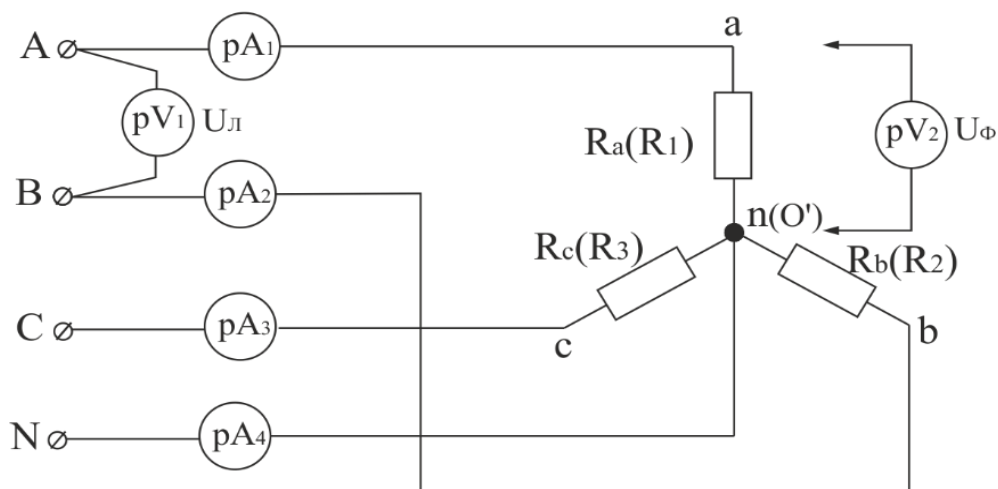


Рис. 5.1. Схема цепи с соединением приемников в «звезду»

Проведите первый замер. Поочередно включая вольтметр V_2 в точки a, b, c , измерьте напряжение в каждой фазе. Убедитесь, что напряжение между точками N и n $U_{nN} = 0$. Результаты замеров запишите в табл. 5.1.

Отключите нейтральный провод и выполните все измерения, как и в предыдущем пункте (опыт 2).

Измените положение двух любых реостатов так, чтобы токи в фазах отличались в два раза. Включите нейтральный провод и измерьте токи и напряжения. Результаты замеров занесите в табл. 5.1 (опыт 3).

Отключите нейтральный провод и проведите аналогичные измерения при несимметричной нагрузке (опыт 4). Убедитесь в наличии напряжения смещения нейтрали U_{nN} . Для каждого опыта по данным табл. 5.1 постройте векторные диаграммы токов и напряжений. Значения U_{nN} и I_N , полученные из этих графических построений, занесите в табл. 5.1.

Таблица 5.1

№	Измерено									Из вekt. диаграммы		Состояние приемников	Нейтр. провод
	U_L	U_a	U_b	U_c	U_{nN}	I_A	I_B	I_C	I_N	U_{nN}	I_N		
1												$R_a = R_b = R_c$	Вкл.
2												$R_a \neq R_b \neq R_c$	Откл.
3												$R_a = R_b = R_c$	Вкл.
4												$R_a \neq R_b \neq R_c$	Откл.

Соединение приемников по схеме «треугольник»

Соберите цепь по схеме на рис. 5.2.

Введите полностью реостаты R_{ab} , R_{bc} , R_{ca} . Подайте напряжение и с помощью реостатов установите одинаковые токи I_{ab} , I_{bc} , I_{ca} , что будет соответствовать симметричной нагрузке. Результаты замеров запишите в табл. 5.2.

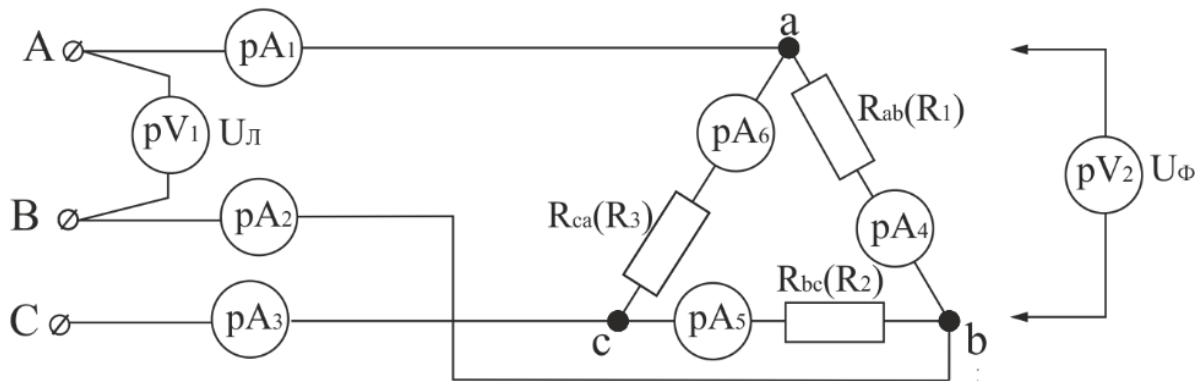


Рис. 5.2. Схема цепи с соединением «треугольник»

Произвольно изменяя сопротивления реостатов, остановите несимметричную нагрузку ($I_{ab} \neq I_{bc} \neq I_{ca}$). Следите, чтобы фазные токи не превысили 2 А. Произведите второй замер и его результаты занесите в табл. 5.2.

Таблица 5.2

№	Измерено										Из вekt. диаграммы			Состояние приемников
	U_{JI}	U_{ab}	U_{bc}	U_{ca}	I_{ab}	I_{bc}	I_{ca}	I_A	I_B	I_C	I_A	I_B	I_C	
1														$R_{ab} = R_{bc} = R_{ca}$
2														$R_{ab} \neq R_{bc} \neq R_{ca}$

Для двух опытов постройте векторные диаграммы токов и напряжений, полученные токи I_A, I_B, I_C занесите в табл. 5.2.

Контрольные вопросы

1. Определение трехфазной цепи, виды соединений.
2. Назначение нейтрального провода.
3. Основные соотношения между фазными и линейными токами, фазными и линейными напряжениями при симметричной и несимметричной нагрузках.
4. От чего зависит величина напряжения U_{nN} и тока I_N ?
5. Как определить активную мощность и $\cos\phi$ приемника при симметричной и несимметричной нагрузках?

Лабораторная работа № 6: **«Исследование диодов, неуправляемого выпрямителя** **и параметрического стабилизатора напряжения»**

Цель работы

Изучить характеристики и параметры выпрямительных диодов Шоттки, стабилитронов и светодиодов. Ознакомиться с применением: выпрямительных диодов в неуправляемых выпрямителях, стабилитронов в параметрических стабилизаторах постоянного напряжения, светодиодов в индикаторах.

Домашнее задание

Изучить тему курса «Полупроводниковые диоды» и содержание данной работы, быть готовым ответить на все контрольные вопросы; изучить схему для исследования параметрического стабилизатора. Начертить схему для снятия вольтамперных характеристик (ВАХ) выпрямительного диода на постоянном токе и схему для исследования параметрического стабилизатора. Начертить схему для снятия ВАХ выпрямительного диода на переменном токе и схему для исследования светодиода. Начертить схему для снятия ВАХ стабилитрона на переменном токе и схему для исследования выпрямителя.

Построить в масштабе временные диаграммы переменного синусоидального напряжения и, выпрямленного напряжения U_H , анодного тока i_A и напряжения на вентиле U_A . Амплитудное значение U_{max} переменного напряжения взять из таблицы вариантов. Вентиль считать идеальным.

Для идеализированной ВАХ стабилитрона построить линию нагрузки, если напряжение стабилизации стабилитрона $U_{cm} = 6,8$ В, его дифференциальное сопротивление r_d на участке стабилизации равно нулю, напряжение питания U_{II} – в соответствии с таблицей вариантов (выдается преподавателем каждому студенту индивидуально). Определить ток I_6 через балластный резистор.

Для светодиода определить величину балластного сопротивления R_6 , если максимально возможный ток через светодиод $I_{max} = 10$ мА, пороговое напряжение светодиода $U_0 = 2$ В, напряжение питания U_{II} взять из таблицы вариантов.

Описание лабораторной установки. Порядок выполнения работы

При выполнении работы используются следующие модули лабораторного стенда «Электроники и схемотехника: «Диоды», «Мультиметры», а также двухканальный осциллограф. Лицевая панель модуля «Диоды» представлена на рис. 6.1. На ней приведена мнемосхема и установлены коммутирующие и регулирующие элементы. На мнемосхеме изображены: выпрямительный диод VD_1 , диод Шоттки VD_2 , светодиод VD_3 , стабилитрон VD_4 , потенциометр RP_1 для изменения подаваемого напряжения, резистор $R_H = 150 \text{ Ом}$, и балластный резистор $R_6 = 1,1 \text{ кОм}$. Резистор R_H используется в качестве ограничивающего ток при снятии характеристик и в качестве сопротивления нагрузки при исследовании выпрямителя. Переключатель $SA1$ предназначен для включения переменного или постоянного напряжения (положительного или отрицательного), а также выключения питания модуля. Шунт $R_{ш} = 10 \text{ Ом}$ служит для осциллографирования сигнала, пропорционального току через диод. На передней панели размещены также гнезда для осуществления внешних соединений ($X1 - X15$).

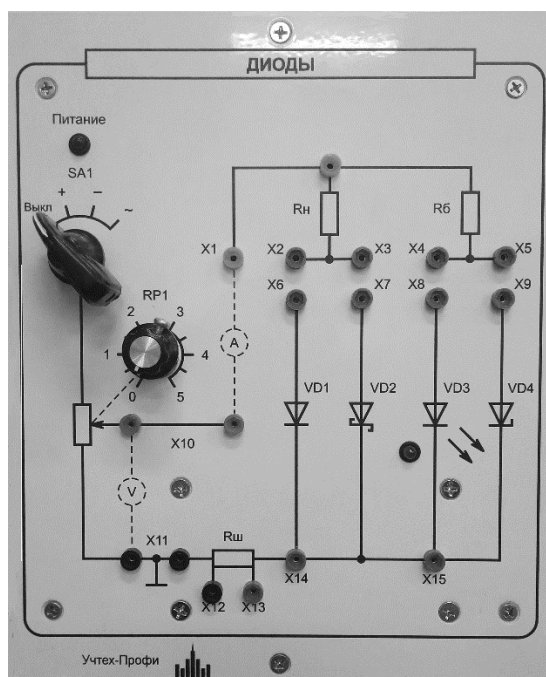


Рис. 6.1. Модуль «Диоды»

Питание модуля осуществляется от источников сетевого переменного $\sim 220\text{В}$ и постоянного напряжения $\pm 15\text{ В}$.

Экспериментальное исследование выпрямительного диода

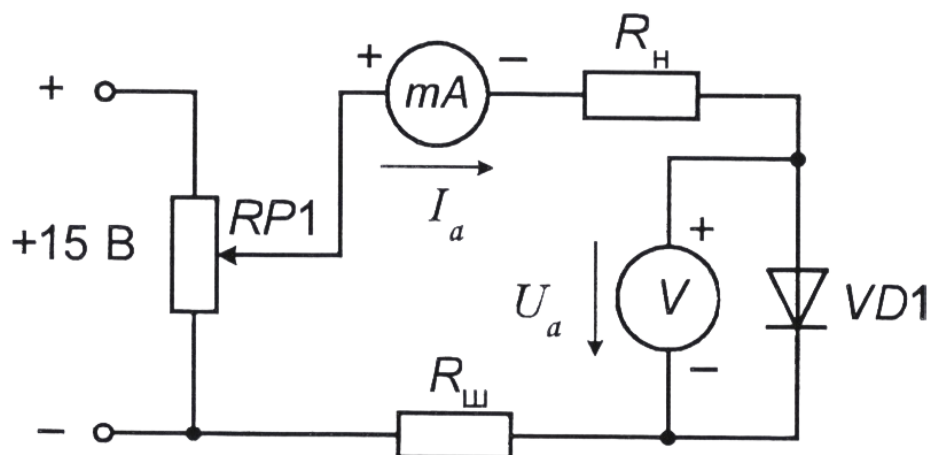


Рис. 6.2. Схема для исследования выпрямительного диода на постоянном токе

Собрать схему для исследования выпрямительного диода на постоянном токе (рис. 6.2). Соединить перемычкой гнезда X2 – X6. Для измерения анодного тока подключить мультиметр (модуль «Мультиметры») на пределе «400 мА» (максимальный ток 400 мА) между гнездами X1 – X10. Для измерения анодного напряжения между гнездами X3, X14 включить мультиметр на пределе «2 В», при больших напряжениях перейти на предел «20 В». Переключить тумблер SA1 положение «+».

Снять по точкам вольтамперную характеристику выпрямительного диода на постоянном токе. Для этого потенциометром RP1 изменять напряжение на входе, фиксируя анодный ток I_a и анодное напряжение U_a на диоде VD1. ВАХ снимать сначала для прямой, а затем обратной ветви, установив переключатель SA1 на «–». **При смене ветви не забыть изменить полярности мультиметра и вольтметра и их пределы измерения!** После выполнения эксперимента перевести переключатель SA1 в положение «Выкл». Ручку потенциометра RP1 установить в положение «0».

По построенной вольтамперной характеристике определить основные параметры диода: пороговое напряжение U_0 , дифференциальное сопротивление r_d , обратный ток $I_{обр}$, прямое падение напряжения $U_{a\max}$ при максимальном анодном токе $I_{a\max}$.

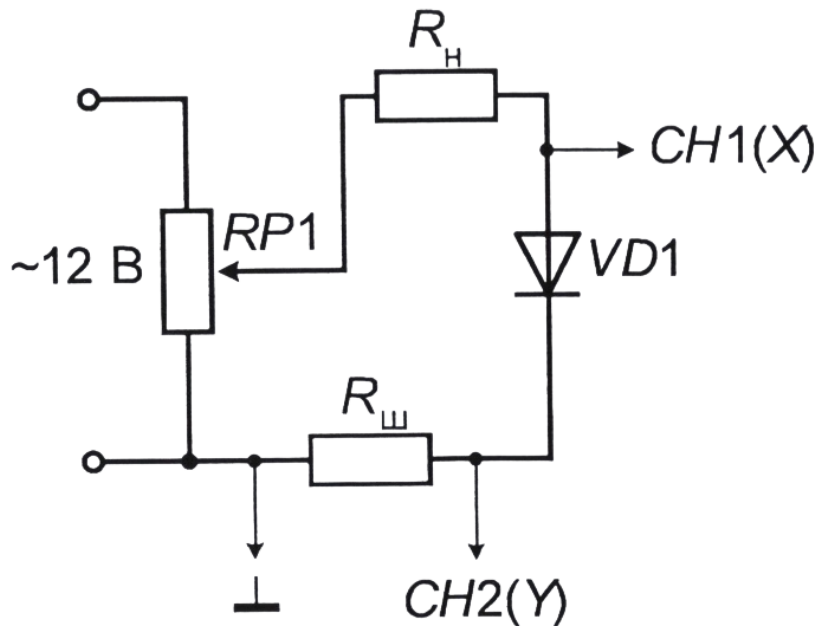


Рис. 6.3. Схема для исследования выпрямительного диода на переменном токе

Собрать схему для исследования выпрямительного диода на переменном токе с целью получения ВАХ диода на экране осциллографа (рис. 5.3). Вход CH2(Y) осциллографа подключить к шунту R (гнездо X13), а корпус осциллографа «1» соединить с гнездом X12. Вход CH1(X) осциллографа подключить к гнезду X3. При этом переключатель развертки осциллографа должен быть переведен в положение X/Y. Подать питание – переключатель SA1 установить в положение «—». Светящуюся точку на экране осциллографа поместить в начало координат. Вращать ручку потенциометра RP1 до положения «5». Зарисовать ВАХ диода. Определить масштабы по току и напряжению. После выполнения эксперимента перевести переключатель SA1 в положение «Выкл». Ручку потенциометра RP1 установить в положение «0».

Определить по осциллограмме параметры диода: пороговое напряжение U дифференциальное сопротивление r_d , обратный

ток $I_{обр}$, прямое падение напряжение $U_{a\max}$ при максимальном анодном токе $I_{a\max}$.

Экспериментальное исследование однополупериодного выпрямителя на диоде

Собрать схему выпрямителя (рис. 5.3) – это не потребует никаких переключений на модуле. Переключатель развертки осциллографа перевести на временную развертку. Установить синхронизацию от сети. На экране осциллографа Вы увидите осциллограммы анодного тока i_a и напряжения на диоде u_a

Исследовать выпрямитель, для этого установить на входе напряжение с амплитудой U_m , указанной в таблице вариантов. Измерение напряжения производить при помощи осциллографа, подключив вход CH2 осциллографа к гнезду X10, а корпус осциллографа «⊥» – к гнезду X12. Канал CH1 осциллографа рекомендуется отключить от модуля;

Снять осциллограммы напряжения на диоде u_a (вход CH1 осциллографа подключить к гнезду X3) и анодного тока i_a (вход CH2 осциллографа подключить к гнезду X13, а корпус осциллографа «⊥» уже соединен с гнездом X12). Переключить осциллограф в двухканальный режим развертки во времени. Зарисовать с экрана осциллографа временные диаграммы сигналов друг под другом. Снять осциллограмму напряжения на нагрузке u_n . Для этого корпус осциллографа подключить к гнезду X3, а вход канала CH2 к гнезду XI (не забудьте определить масштабы по току и напряжению).

После выполнения эксперимент перевести переключатель SA1 «Выкл». Ручку потенциометра RP1 установить в положение «0».

Экспериментальное исследование диода Шоттки

Собрать схему для исследования диода Шоттки на постоянном токе (рис. 6.4). Соединить перемычкой гнезда X3, X7. Для измерения анодного тока включить мультиметр (модуль «Мультиметры») на пределе «400 мА» (максимальный ток 400 мА) между гнездами X1 – X10. Для измерения анодного

напряжения между гнездами X2 – X14 включить другой мультиметр. Переключить тумблер SA1 в положение «+».

Снять по точкам вольтамперную характеристику диода Шоттки на постоянном токе. Для этого потенциометром RP1 изменять напряжение на входе, фиксируя анодный ток i_a и анодное напряжения u_a на диоде VD2. ВAX снять сначала для прямой, а затем обратной ветви, установив переключатель SA1 на «–». **При смене ветви не забыть изменить полярности миллиамперметра и вольтметра и их пределы измерения!** После выполнения эксперимента перевести переключатель SA1 в положение «Выкл». Ручку потенциометра RP1 установить в положение «0».

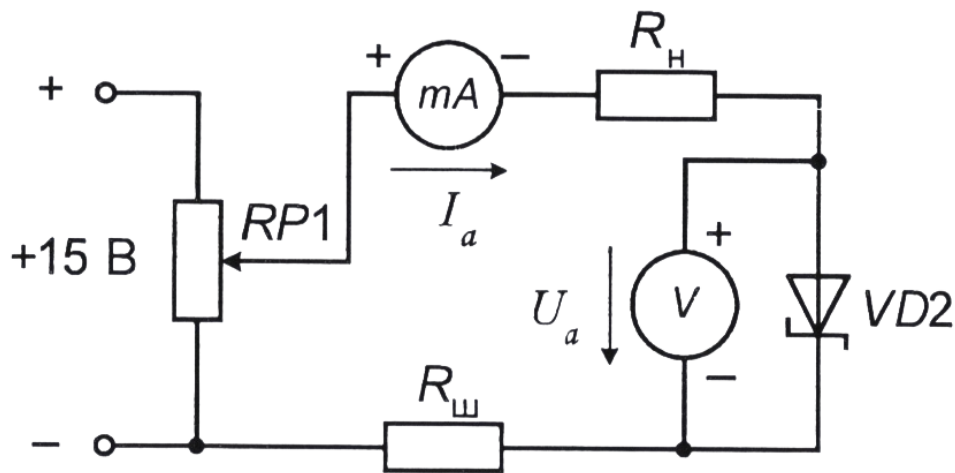


Рис. 6.4. Схема для исследования диода Шоттки на постоянном токе

По построенной вольтамперной характеристике определить основные параметры диода Шоттки: пороговое напряжение U_0 , дифференциальное сопротивление r_d обратный ток $I_{обр}$, прямое падение напряжения $U_{a\max}$ при максимальном анодном токе $I_{a\max}$. Сравнить с параметрами выпрямительного диода.

Экспериментальное исследование стабилитрона

Собрать схему для исследования стабилитрона VD4 на переменном токе (рис. 6.5). Соединить перемычкой гнезда X5 – X9. Вход CH2(Y) осциллографа подключить к шунту $R_{ш}$ (гнездо X13), а корпус осциллографа «L» соединить с гнездом

X12. Вход CH1(X) осциллографа подключить к гнезду X4. При этом переключатель развертки осциллографа должен быть переведен в положение X/Y. Подать питание – переключатель SA1 установить в положение «~». Светящуюся точку на экране осциллографа поместить в начало координат. Вращать ручку потенциометра RP1 до положения «5». Зарисовать ВАХ стабилитрона, определить масштабы по току и напряжению. После выполнения эксперимента перевести переключатель SA1 в положение «Выкл». Ручку потенциометра RP1 установить в положение «0».

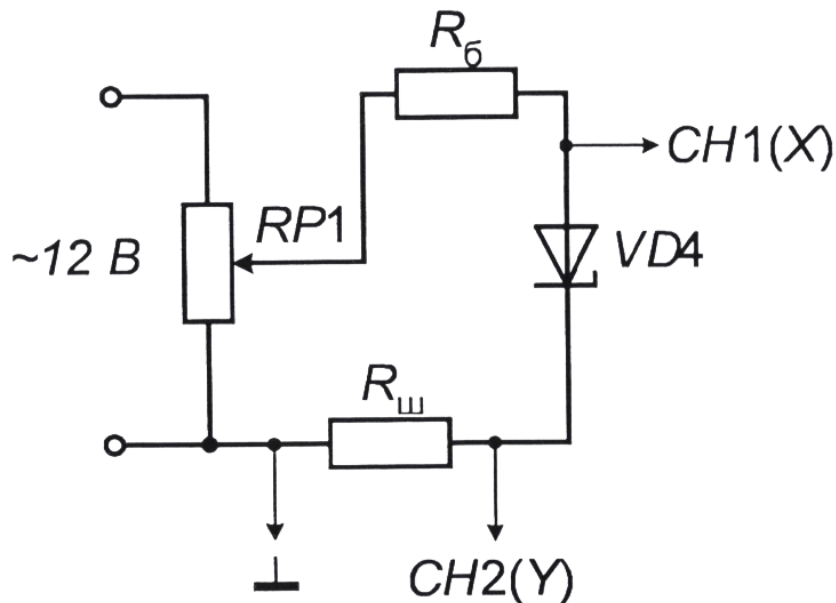


Рис. 6.5. Схема для исследования стабилитрона

По снятой ВАХ определить напряжение стабилизации $U_{ст}$ дифференциальное сопротивление r_d на участке стабилизации.

Экспериментальное исследование параметрического стабилизатора

Собрать схему параметрического стабилизатора напряжения (рис. 6.6). Включить вольтметры измерительного модуля на вход и выход стабилизатора, соответственно между гнездами X10 – X11 и X4 – X15. Подать постоянное напряжение переключателем SA1 (см. рис. 6.6, обратите внимание на полярность).

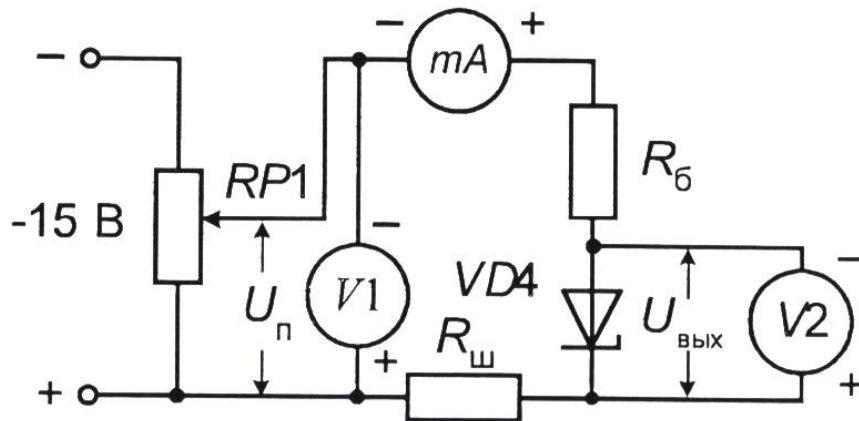


Рис. 6.6. Схема для исследования параметрического стабилизатора

Снять и построить зависимость выходного напряжения от напряжения источника питания $U_{\text{вых}} = f(U_{\text{п}})$. Для этого, изменяя потенциометром напряжение питания $U_{\text{п}}$ на входе стабилизатора, замерять соответствующее ему выходное напряжение $U_{\text{вых}}$. Определить напряжение стабилизации стабилизатора $U_{\text{вых}}$. Сравнить его с напряжением $U_{\text{ст}}$. Перевести переключатель SA1 в положение «Выкл». Ручку потенциометра RP1 установить в положение «0».

Определить коэффициент стабилизации стабилизатора $K_{\text{ст}}$ и выходное сопротивление $R_{\text{вых}}$ на участке стабилизации.

$$K_{\text{ст}} = \frac{\Delta U_{\text{п}}}{\Delta U_{\text{вых}}}; R_{\text{вых}} = r_{\text{д}}.$$

Экспериментальное исследование светодиода

Собрать схему для исследования светодиода на постоянном токе.

Соединить перемычкой гнезда X4 – X8 (рис. 6.7). Для измерения анодного тока включить мультиметр (модуль «Мультиметры») на пределе «400 мА» (максимальный ток 400 мА) между гнездами X1 – X10. Для измерения анодного напряжения между гнездами X5 – X15 включить другой мультиметр. Переключить тумблер SA1 в положение «+».

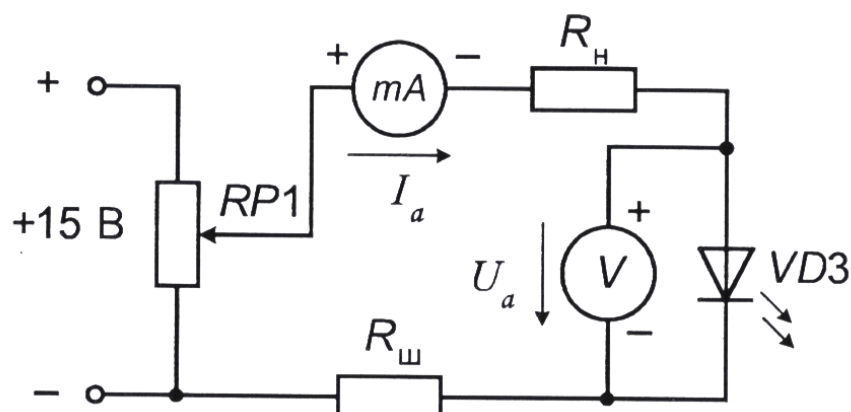


Рис. 6.7. Схема для исследования светодиода

Снять по точкам вольтамперную характеристику светодиода на постоянном токе. Для этого, вращая ручку потенциометра RP1 до положения «5», изменять напряжение на входе, фиксируя анодный ток I_a и анодное напряжение U_a светодиоде VD3. Снимать только прямую ветвь ВАХ светодиода. Записать значение анодного тока I_a при котором становится заметным свечение. Перевести переключатель SA1 в положение «Выкл». Ручку потенциометра RP1 установить в положение «0».

Содержание отчета

Отчет должен содержать следующие пункты:

- а) наименование и цель работы;
- б) принципиальные электрические схемы для выполненных экспериментов в соответствии с мнемосхемой, представленной на рис. 6.1;
- в) результаты экспериментальных исследований и проведенных по ним расчетов, помещенные в соответствующие таблицы;
- г) экспериментально снятые и построенные характеристики;
- д) обработанные осциллограммы;
- е) выводы по работе. Обязательно ответить на контрольные вопросы 7, 12–15, указать причины отличий результатов, полученных на постоянном токе и с помощью осциллографа.

Контрольные вопросы

1. Чем отличаются полупроводники типа p и n?
2. Каковы свойства p-n перехода?

3. Объясните вид ВАХ р-п перехода?
4. Как снять по точкам ВАХ диода?
5. Как снять ВАХ диода с помощью осциллографа?
6. Поясните вид ВАХ стабилитрона.
7. В чем отличие ВАХ выпрямительного диода, диода Шоттки, стабилитрона светодиода?
8. Как работает неуправляемый выпрямитель?
9. Как и для чего строят временные диаграммы токов и напряжений в схеме выпрямителя?
10. Как работает параметрический стабилизатор напряжения? Для чего служит балластный резистор?
11. Как изменится напряжение на выходе стабилизатора при повышении температуры?
12. При каком минимальном напряжении на входе стабилизатора еще возможна стабилизация напряжения?
13. От какого параметра зависит качество стабилизации напряжения?
14. От чего зависит яркость свечения светодиода?
15. Какой элемент обязателен в схеме индикатора на светодиоде? Почему?
16. Каким образом на экране осциллографа получают изображение функциональной зависимости двух напряжений?
17. Каким образом на экране осциллографа получается изображение периодической функции времени?

Список рекомендуемой литературы

1. Кузовкин, В. А. Электротехника и электроника: учебник для среднего профессионального образования / В. А. Кузовкин, В. В. Филатов. – Москва : Юрайт, 2026. – 416 с. – (Профессиональное образование). – ISBN 978-5-534-20474-2 // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/583958> (дата обращения: 17.06.2026).

2. Гальперин, М. В. Электротехника и электроника: учебник / М. В. Гальперин. – 2-е изд. – Москва : ИНФРА-М, 2026. – 480 с. – (Среднее профессиональное образование). – ISBN 978-5-16-021532-7. – URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2228880> (дата обращения: 17.06.2026).

3. Миленина, С. А. Электротехника, электроника и схемотехника: учебник для вузов / С. А. Миленина, Н. К. Миленин; под редакцией Н. К. Миленина. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Юрайт, 2026. – 450 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-19750-1 // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/583201> (дата обращения: 17.06.2026).

4. Лунин, В. П. Электротехника. Электрические и магнитные цепи: учебник и практикум для среднего профессионального образования / В. П. Лунин, Э. В. Кузнецов; под общей редакцией В. П. Лунина. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Юрайт, 2026. – 301 с. – (Профессиональное образование). – ISBN 978-5-534-19692-4 // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/585681> (дата обращения: 17.06.2026).

5. Электротехника и электроника : учебник и практикум для среднего профессионального образования. В 3 т. Том 2. Электромагнитные устройства и электрические машины / В. И. Киселев, Э. В. Кузнецов, А. И. Копылов, В. П. Лунин; под общей редакцией В. П. Лунина. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Юрайт, 2023. – 184 с. – (Профессиональное образование). – ISBN 978-5-534-03754-8 // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/514896> (дата обращения: 17.06.2026).

6. Славинский, А. К. Электротехника с основами электроники : учебное пособие / А. К. Славинский, И. С. Туревский. – Москва : ФОРУМ: ИНФРА-М, 2025. – 448 с. – (Среднее профессиональное образование). – ISBN 978-5-8199-0747-4. – URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2166878> (дата обращения: 17.06.2026).

7. Миленина, С. А. Электротехника : учебник и практикум для вузов / С. А. Миленина, Н. К. Миленин ; под редакцией Н. К. Миленина. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Юрайт, 2026. – 245 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-19815-7 // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/585263> (дата обращения: 17.06.2026).