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

Кафедра общей электротехники

Составители
И. П. Маслов, Т. М. Черникова

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ

Методические указания к лабораторным занятиям
для студентов специальности СПО
15.02.12 Монтаж, техническое обслуживание и ремонт промышленного
оборудования (по отраслям)

Рекомендованы цикловой методической комиссией
общепрофессиональных дисциплин
в качестве электронного издания
для использования в образовательном процессе

Кемерово 2019

Рецензенты:

Захаров С. А. – доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры электроснабжения горных и промышленных предприятий ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»

Маслов Иван Петрович
Черникова Татьяна Макаровна
Электротехника и основы электроники: методические указания к лабораторным занятиям [Электронный ресурс] для студентов специальности СПО 15.02.12 Монтаж, техническое обслуживание и ремонт промышленного оборудования (по отраслям) / сост. И. П. Маслов, Т. М. Черникова; КузГТУ. – Электрон. издан. – Кемерово, 2019.

Содержит основные теоретические положения, необходимые для анализа цепей постоянного тока, цепей синусоидального тока, трехфазных цепей, порядок выполнения лабораторных, требования к оформлению отчета, вопросы для защиты лабораторных работ и список необходимой литературы.

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

© КузГТУ, 2019
© Маслов И. П.,
© Черникова Т. М.,
составление, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа № 1 «Исследование простейших электрических цепей» 5
Лабораторная работа № 2 «Цепь переменного тока с последовательным соединением элементов. Резонанс напряжений» 8
Лабораторная работа № 3 «Цепь переменного тока с параллельным соединением элементов. резонанс токов» 12
Лабораторная работа № 4 «Исследование трехфазных приемников, соединенных по схемам звезда и треугольник» 16
Лабораторная работа № 5 «Испытание однофазного трансформатора» 19
Лабораторная работа № 6 «Испытание асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором» 24
Лабораторная работа № 7 «Основные измерительные приборы и измерение сопротивлений методом «вольтметра – амперметра» 28
Лабораторная работа № 8. Исследование входных и выходных характеристик биполярного транзистора на стенде 31
Список рекомендуемой литературы 34

ВВЕДЕНИЕ

Выполнение, оформление и защита лабораторных работ являются главной составной частью электротехники, способствующей более глубокому и правильному пониманию студентом процессов и явлений, протекающих в электрической цепи (электротехническом устройстве), изученных на лекциях и практических 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 характеристик и векторных диаграмм;

7) уметь анализировать состояние объекта исследования при изменении параметров.

Выполнение лабораторной работы

Каждая работа выполняется бригадой из 2-4 человек за определенным 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 (должны быть полностью выведены) и приемников (реостаты полностью введены). 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 должен содержать:

1) описание цели работы;

2) электрические схемы, выполненные в соответствии с требованиями ГОСТа;

3) таблицы с измерениями и расчетными данными;

4) графики и векторные диаграммы;

5) основные выводы, полученные в результате анализа;

6) титульный лист с указанием номера и наименования лабораторной работы, фамилии и инициалов студента, номера группы.

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 производится с помощью вопросно-ответных упражнений с использованием или без использования 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 общей электротехники и расписываются в журнале.

КАТЕГОРИЧЕСКИ ЗАПРЕЩАЕТСЯ:

- касаться неизолированных 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 проверять 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
«Исследование простейших электрических цепей»

Цель работы

Выработка умения 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. Запишите формулы, определяющие общее сопротивление для данных схем.

Порядок выполнения работы

1. Последовательное соединение приемников.

1.1. Соберите цепь по схеме рис. 1.1.

1.2. Введите полностью реостаты R_1 и R_2. Установите с помощью 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, $R_э$.

1.3. Постройте на одном рисунке графики:

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

1.4. Проведите анализ и сделайте выводы о работе изученной схемы.

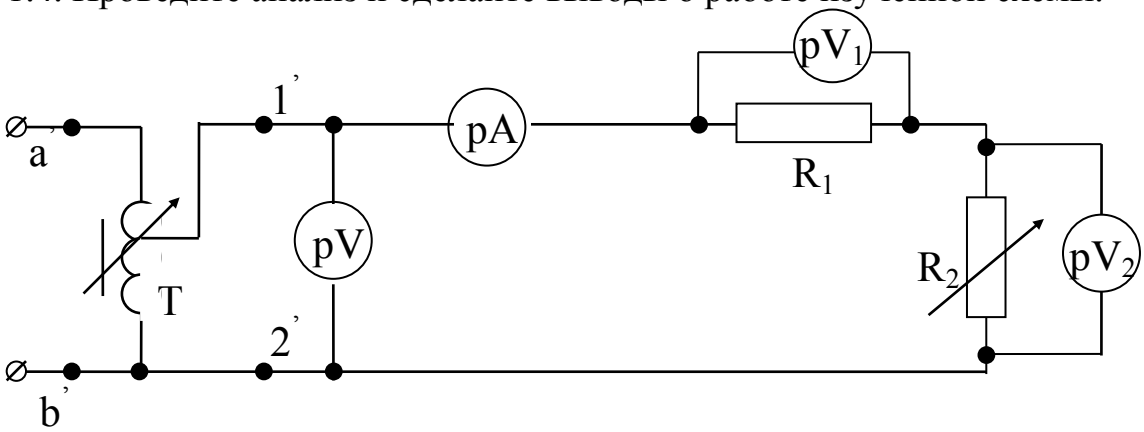

Рис. 1.1

Таблица 1.1

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

2. Параллельное соединение приемников.

2.1. Соберите цепь по схеме рис. 1.2.

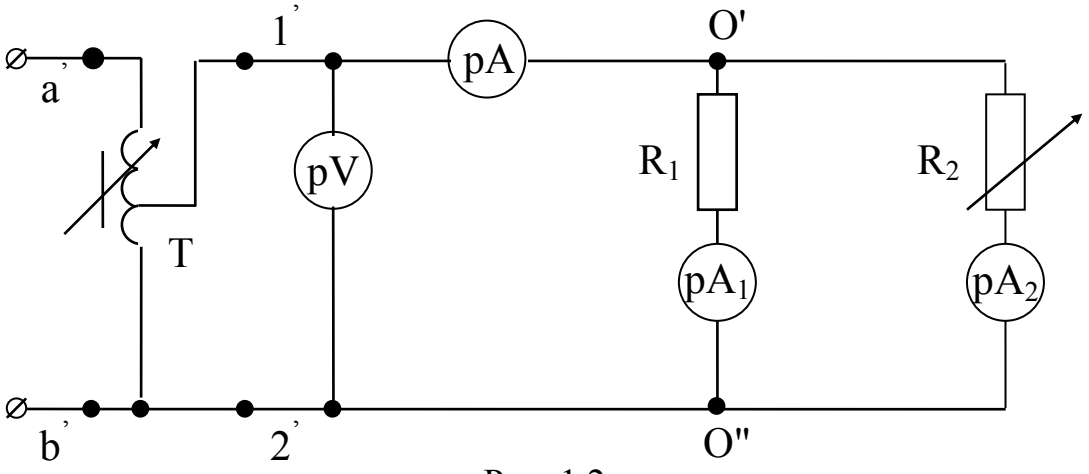

Рис. 1.2

.2. Введите реостаты R_1 и R_2. Изменяя сопротивление R_2 так, чтобы ток изменялся в заданных пределах, запишите показания приборов в табл. 1.2. Для каждого опыта вычислите значения мощностей P_1, P_2, $P_{общ}$ и проводимостей g_1, g_2, $g_э$.

2.3. Постройте на одном рисунке графики:

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

2.4. Проведите анализ и сделайте выводы о работе изученной схемы.

Таблица 1.2

№ п/п	Измерено				Вычислено						
	U	I	I_1	I_2	I_1+I_2	P_1	P_2	$P_{общ}$	g_1	g_2	$g_э$
	В	А	А	А	А	Вт	Вт	Вт	1/Ом	1/Ом	1/Ом
1											
2											
3											

3. Смешанное соединение приемников.

3.1. Соберите цепь по схеме рис. 1.3.

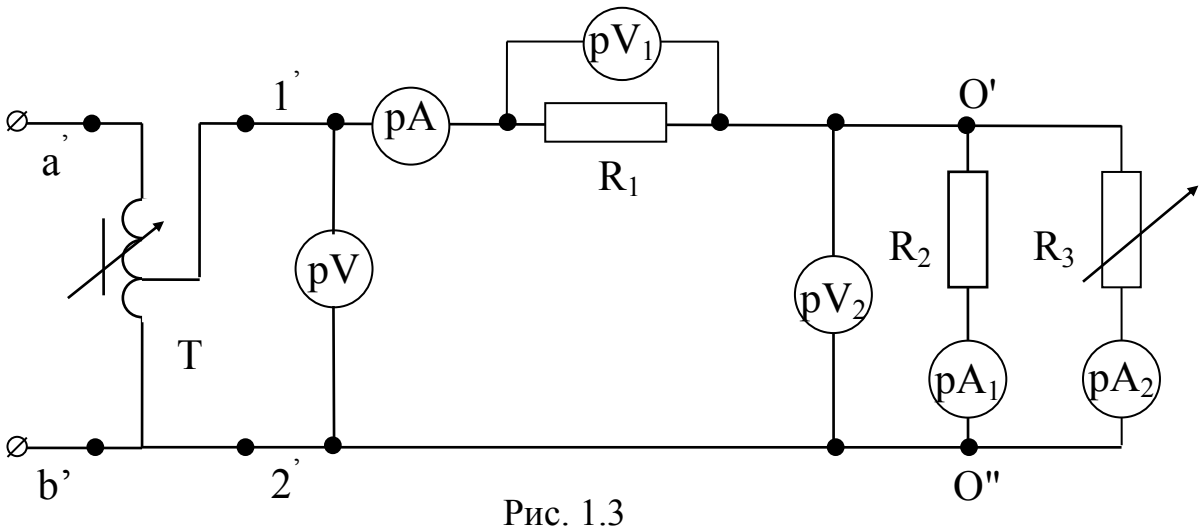

Рис. 1.3

3.2. Введите реостаты. Изменяя сопротивление R_3 так, чтобы ток изменялся в заданных пределах, запишите показания приборов в табл. 1.3. Для каждого опыта вычислите значения мощностей P_1, P_2, $P_{общ}$.

3.3. Постройте на одном рисунке графики:

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

3.4. Проведите анализ и сделайте выводы о работе изученной схемы.

Таблица 1.3

№ 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. Баланс мощности для каждой из изученных схем.

4. Расчет электрических цепей методом эквивалентных преобразований.

5. 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 № 2 «Цепь переменного тока с последовательным соединением элементов. Резонанс напряжений»

Цель работы

Выработка умения анализировать электрическое состояние цепи переменного тока с последовательным соединением резистора, катушки индуктивности и конденсатора, ознакомление с условиями возникновения резонанса напряжений и последствиями этого режима.

Домашнее задание

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

Выпишите формулы расчетов параметров, представленных в таблицах лабораторной работы. Запишите условия возникновения резонанса напряжений.

Порядок выполнения работы

1. Соберите цепь по схеме рис. 2.1.

2. При помощи ЛАТРа установите напряжение 100 В и проведите три замера, меняя сопротивление R_1. Показания приборов занесите в табл. 3.1.

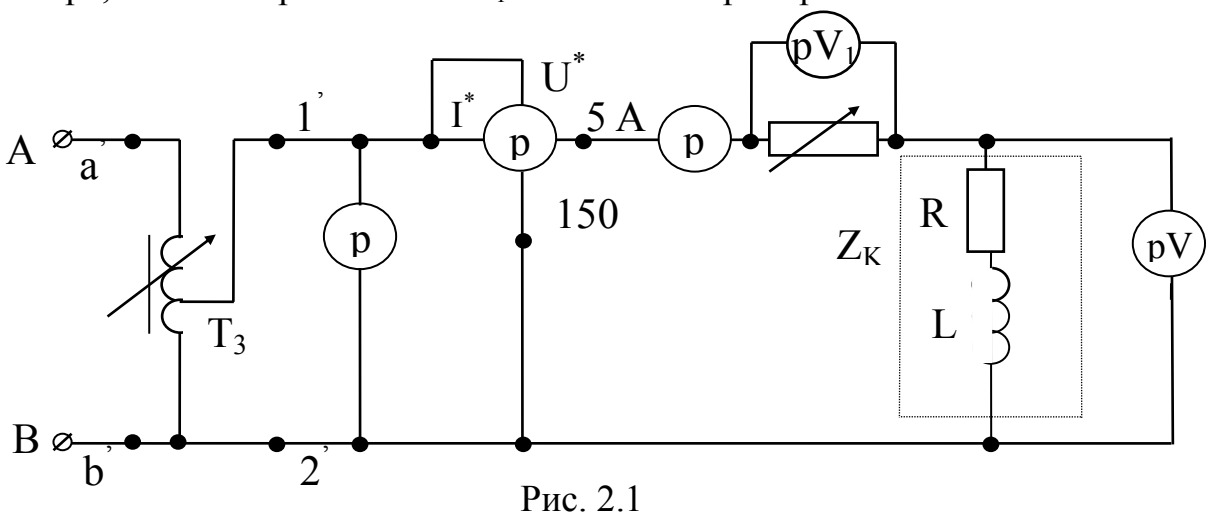

Рис. 2.1

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

Таблица 2.1

№	За-да-но	Измерено					Вычислено										
		U	I	P	U_1	U_2	cosφ	Z	R	R_1	R_K	Z_K	X_L	L	U_{AK}	U_{PK}	U_K
		В	А	Вт	В	В	-	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом	Гн	В	В	В
1	R_1 - var																
2																	
3																	

4. Соберите цепь по схеме рис. 2.2.

5. 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. 2.2.

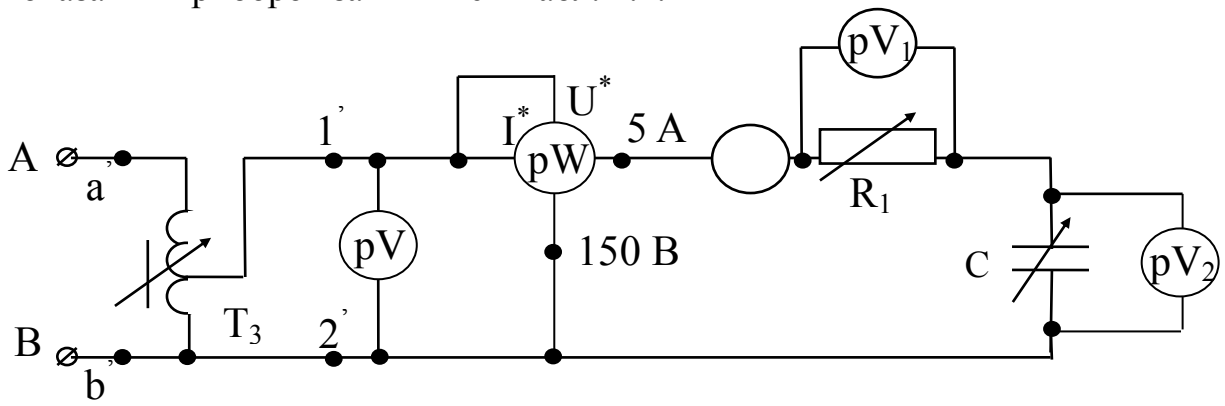

Рис. 3.2

6. Установите заданное значение сопротивления R_1. При неизменном напряжении 100 В и сопротивлении R_1, изменяя емкость конденсаторов С, сделайте три опыта. Показания приборов запишите в табл. 2.2.

Таблица 2.2

№	Условия опыта	Измерено					Вычислено						
		U	P	I	U_1	U_2	Ua	Uc	cosφ	Z	R_1	Xc	C
		В	Вт	А	В	В	В	В	-	Ом	Ом	Ом	Ф,10^{-6}
1	R_1 - var												
2													
3													
1	C - var												
2													
3													

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

8. Соберите цепь по схеме рис. 2.3.

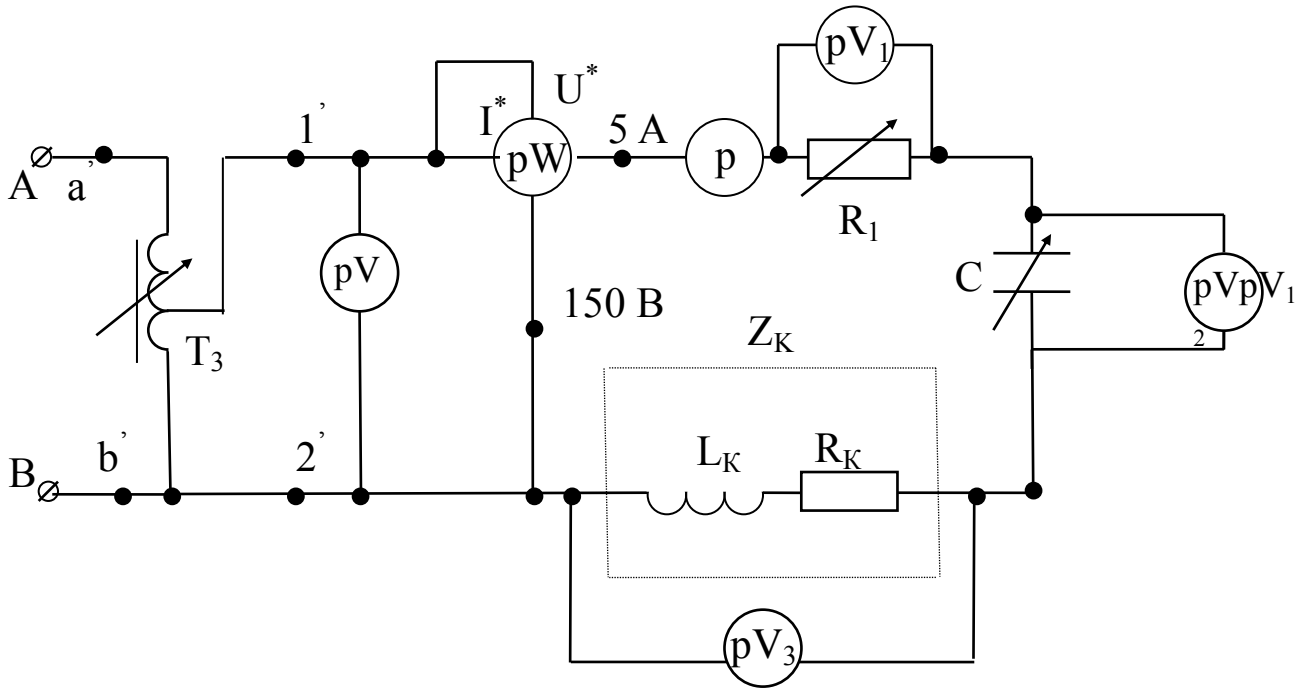

Рис. 2.3

9. Установите с помощью ЛАТРа напряжение 100 В, выключите конденсаторы, установите заданные значения R_1 и $Z_к$. 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. 2.3.

10. По опытным данным рассчитайте параметры всей цепи, реостата, конденсатора и катушки индуктивности (табл. 2.3).

Постройте векторные диаграммы токов и напряжений

Таблица 2.3

№ 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			
	cos φ	-			

№ п/п			1	2	3
Условия опыта			$X_C>X_L$	$X_C=X_L$	$X_C<X_L$
Вычислено	Z	Ом			
	R	Ом			
	R_1	Ом			
	R_K	Ом			
	X_L	Ом			
	Z_K	Ом			
	L	Гн			
	X_C	Ом			
	C	Ф,10^{-6}			

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 φ) 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 φ 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 № 3 «Цепь переменного тока с параллельным соединением элементов. резонанс токов»

Цель работы

Выработка умения анализировать электрическое состояние цепи переменного тока с параллельным соединением резистора, катушки индуктивности и конденсатора, ознакомление с условиями возникновения резонанса токов.

Домашнее задание

Изучите основные теоретические положения, относящиеся к разветвленным цепям переменного тока. Понятия о проводимостях параллельных ветвей в таких цепях. Принцип построения векторных диаграмм токов. Выпишите формулы расчета параметров, указанных в таблицах лабораторной работы. Запишите условия возникновения резонанса токов.

Порядок выполнения работы

1. Параллельное соединение резистора и катушки индуктивности.

1.1. Соберите цепь по схеме рис. 3.1.

1.2. Введите полностью реостат R_1. Установите заданное напряжение. В течение опыта поддерживайте постоянным это значение.

1.3. Изменяя сопротивление R_1, произведите три измерения тока I_1. Показания приборов запишите в табл. 3.1.

1.4. По результатам опытов вычислите требуемые параметры электрической цепи (табл. 3.1). Постройте векторные диаграммы токов, напряжений.

1.5. Изменяя индуктивность катушки перемещением ее сердечника, произведите три измерения тока I_2. Показания приборов занесите в табл. 3.1.

1.6. По результатам опытов вычислите требуемые параметры электрической цепи (табл. 3.1). Постройте векторные диаграммы токов и напряжений.

Таблица 3.1

№ п/п			1	2	3	1	2	3
Условия опыта			R_1 - var			L_K – var		
Измерено	U	В						
	P	Вт						
	I	А						
	I_1	А						
	I_2	А						
Вычислено	cos φ	-						
	Y	1/Ом						
	g	1/Ом						
	g_1	1/Ом						
	g_K	1/Ом						
	Y_K	1/Ом						
	$в_{LK}$	1/Ом						
	L_K	Гн						
	I_{AK}	А						
	I_{PK}	А						

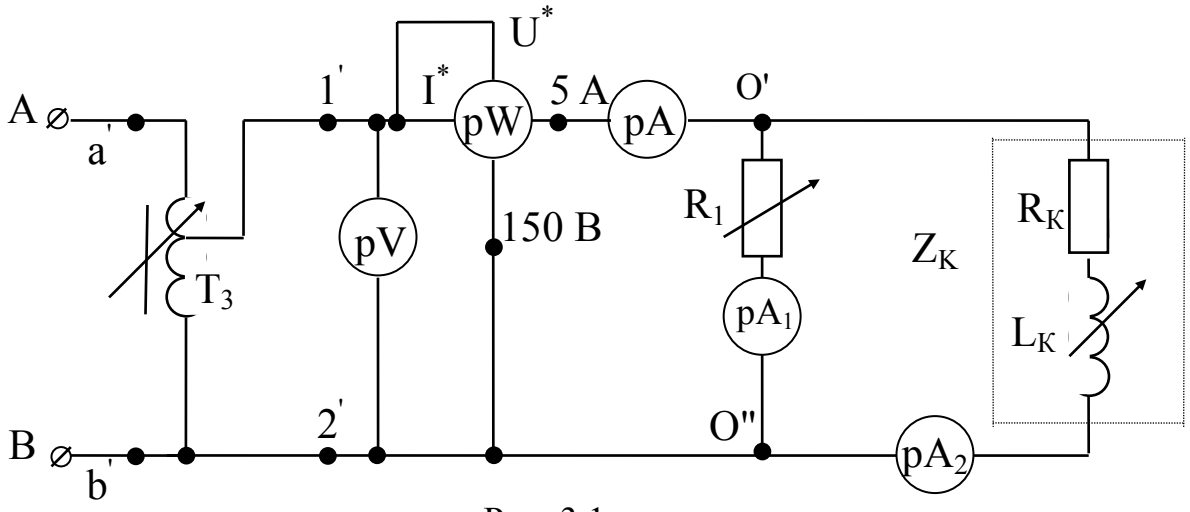

Рис. 3.1

2. Параллельное соединение резистора и конденсатора.

2.1. Соберите цепь по схеме рис. 3.2.

2.2. Введите полностью реостат R_1. Установите заданное напряжение. В течение опыта поддерживайте это напряжение постоянным. Изменяя сопротивление R_1, проведите три опыта, результаты которых занесите в табл. 3.2.

2.3. По результатам опытов вычислите требуемые параметры электрической цепи (табл. 3.2). Постройте векторные диаграммы токов и напряжения.

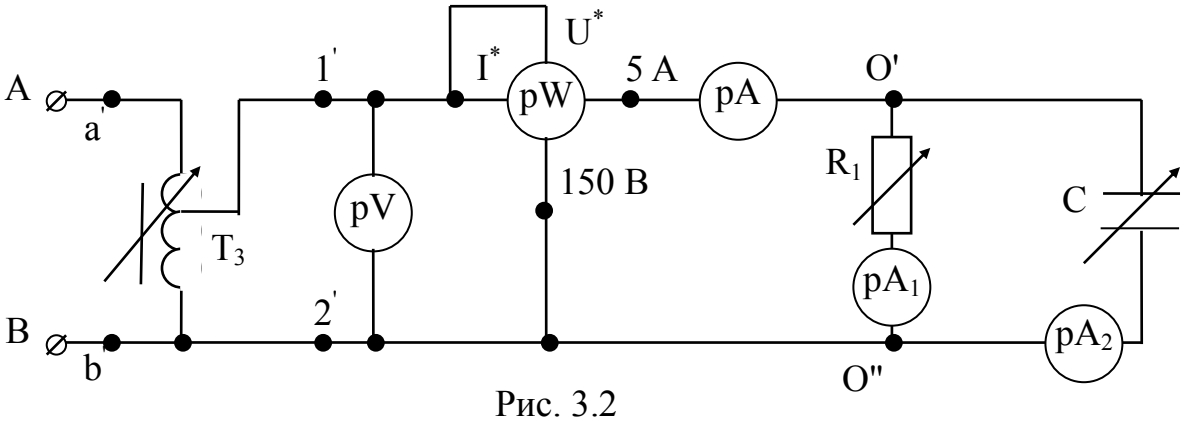

Рис. 3.2

Таблица 3.2

№ п/п	Условия опыта	Измерено					Вычислено				
		U	P	I	I_1	I_2	cos φ	Y	g	$в_C$	C
		В	Вт	А	А	А	-	1/Ом	1/Ом	1/Ом	Ф,10^{-6}
1	R_1 - var										
2											
3											
1	C - var										
2											
3											

2.4. Изменяя емкость конденсаторов, проведите три опыта, результаты которых занесите в табл. 3.2.

2.5. По результатам опытов вычислите требуемые параметры электрической цепи (табл. 3.2). Постройте векторные диаграммы токов и напряжения.

3. Параллельное соединение резистора, катушки индуктивности и конденсаторов.

3.1. Соберите цепь по схеме (рис. 3.3).

3.2. Введите полностью реостат R_1. Установите напряжение 100 В.

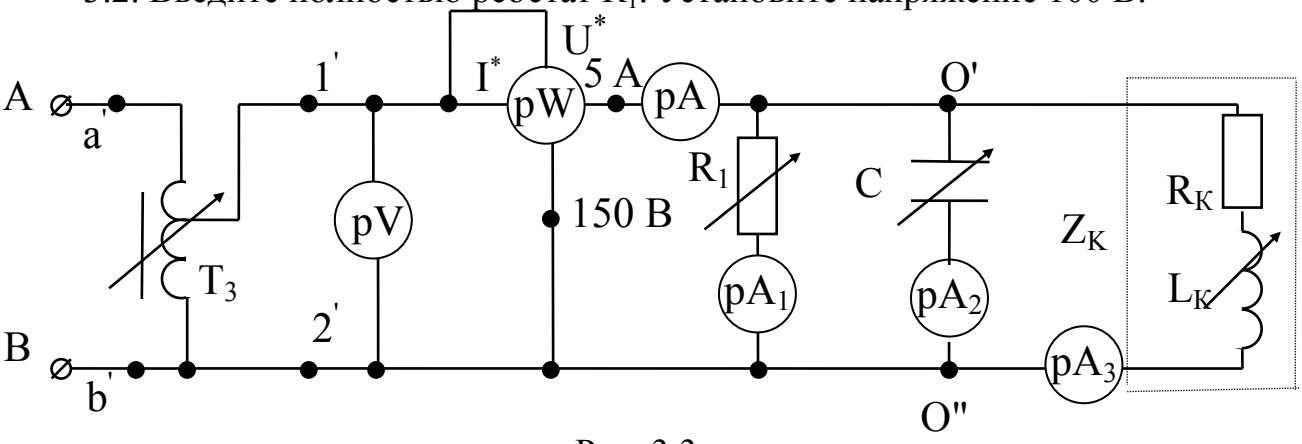

Рис. 3.3

3.3. Установите емкость конденсатора C=0 (конденсаторы выключены). Проведите первый замер.

3.4. Постепенно включая конденсаторы, добейтесь минимального значения общего тока (резонанс токов). Проведите второй замер.

Таблица 3.3

№ п/п			1	2	3
Условия опыта			$в_C<в_L$	$в_C=в_L$	$в_C>в_L$
Измерено	U	В			
	P	Вт			
	I	А			
	I_1	А			
	I_2	А			
	I_3	А			
	cos φ	-			
Вычислено	Y	1/Ом			
	g	1/Ом			
	в	1/Ом			
	g_1	1/Ом			
	g_K	1/Ом			
	Y_K	1/Ом			
	$в_C$	1/Ом			
	$в_{LK}$	1/Ом			
	I_{AK}	А			
	I_{PK}	А			

3.5. Установите максимальную емкость конденсаторов. Проведите третий замер. Результаты опытов занесите в табл. 3.3.

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 φ.
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 № 4 «Исследование трехфазных приемников, соединенных по схемам звезда и треугольник»

Цель работы

Опытная проверка основных закономерностей трехфазной электрической цепи при симметричной и несимметричной нагрузках, а также влияния нейтрального провода на соотношение трехфазных напряжений и токов приемника.

Домашнее задание

Изучите основные понятия трехфазной цепи: фазы генератора, трехфазная система ЭДС, напряжений и токов, способы их представления; соединение потребителей в звезду и треугольник, симметричная и несимметричная нагрузка.

Порядок выполнения работы

1. Схема соединения приемника в звезду.

1.1. Соберите цепь по схеме (рис. 4.1).

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

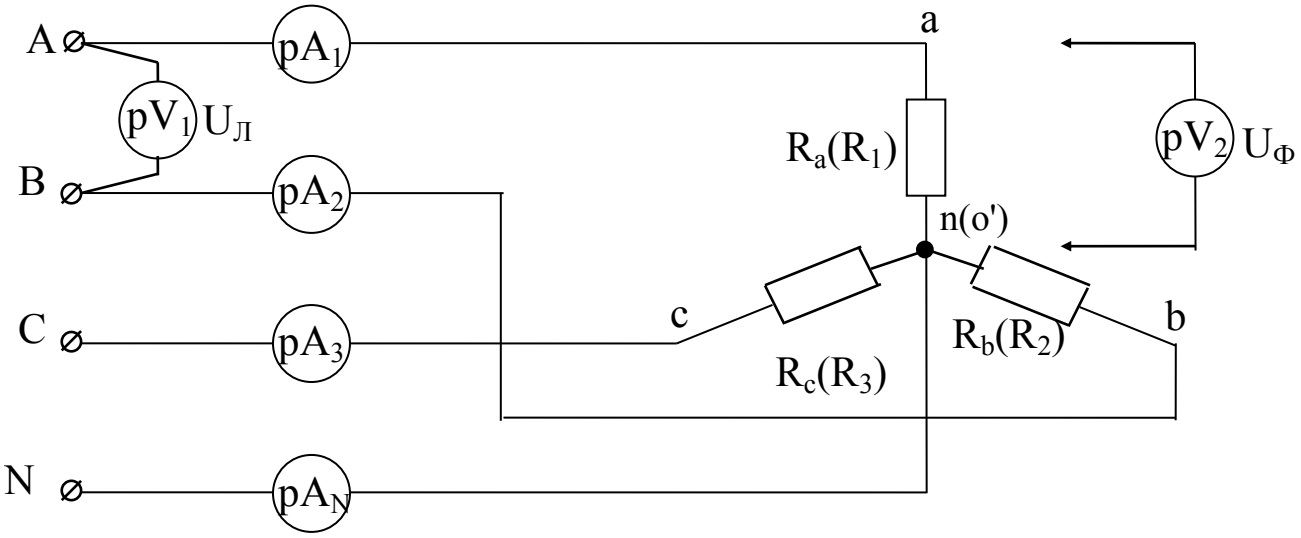

Рис. 4.1

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

Таблица 4.1

№ п/п	Измерено									Из вект. диагр.		Состоян. приемн.	Нейтр. провод
	$U_Л$	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												$R_a=R_b=R_c$	Откл.
3												$R_a\neq R_b\neq R_c$	Вкл.
4												$R_a\neq R_b\neq R_c$	Откл.

1.4. 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. 4.1 (опыт 3).

1.5. 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. 4.1 постройте топографические векторные диаграммы токов и напряжений. Значения U_{nN} и I_N, полученные из этих графических построений, занесите в табл. 5.1.

2. Схема соединения приемника в треугольник.

2.1. Соберите цепь по схеме (рис. 4.2).

2.2. 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. 4.2.

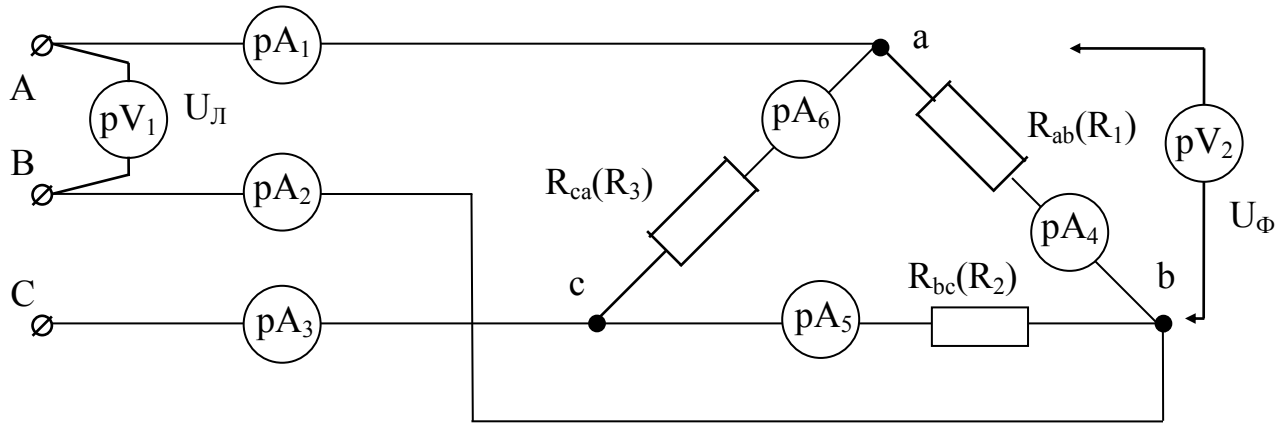

Рис. 4.2

2.3. Произвольно изменяя сопротивления реостатов, установите несимметричную нагрузку ($I_{ab}\neq I_{bc}\neq I_{ca}$). Следите, чтобы токи не превысили 2,5 А. Произведите второй замер и его результаты занесите в табл. 4.2.

2.4. Для двух опытов постройте векторные диаграммы токов и напряжений.

Таблица 4.2

№ п/п	Измерено										Из ветор. диаграммы			Состояние приемника
	$U_Л$	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														$R_{ab}\neq R_{bc}\neq R_{ca}$

Контрольные вопросы

1. Дать определение трехфазной цепи.
2. От чего зависит симметричная нагрузка?
3. Назначение нейтрального провода.
4. Основные соотношения между фазными и линейными токами, фазными и линейными напряжениями при симметричной и несимметричной нагрузках.
5. От чего зависит величина напряжения U_{nN} и тока I_N?
6. Как определить активную мощность и cos φ приемника при симметричной и несимметричной нагрузках?

Литература

[1, §3.1–3.10; 2, §3.1–3.6; 3, §3.1–3.5, 3.7].

Лабораторная работа № 5
«Испытание однофазного трансформатора»

Цель работы:

Изучение устройства, принципа действия, исследование трансформатора в режиме холостого хода, короткого замыкания и под нагрузкой, экспериментальное определение параметров трансформатора.

Домашнее задание

По учебнику и конспекту лекций ознакомиться с назначением, устройством и принципом действия однофазного трансформатора, с особенностями физических процессов, протекающих при режимах холостого хода, короткого замыкания и при рабочей нагрузке.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с паспортными данными трансформатора:

а) число фаз – одна;

б) частота – 50 Гц;

в) номинальная мощность – S_H = 300 ВА;

г) номинальное первичное напряжение – U_{1H} = 220 В;

д) номинальный первичный ток – I_{1H} = 1,36 А;

е) номинальный вторичный ток – I_{2H} = 3А;

2. Опыт короткого замыкания.

2.1. Собрать схему согласно рис. 5.1.

2.2. Проверьте, полностью ли выведен автотрансформатор (Т), т.е. напряжение на его вторичной обмотке должно быть равно нулю.

2.3. Включите схему, постепенно увеличивая напряжение от $U_{1K} = 0$ до напряжения, при котором ток во вторичной обмотке трансформатора $I_{2K} = I_{2H} = 3$ А. Произвести один замер и данные занести в табл. 5.1.

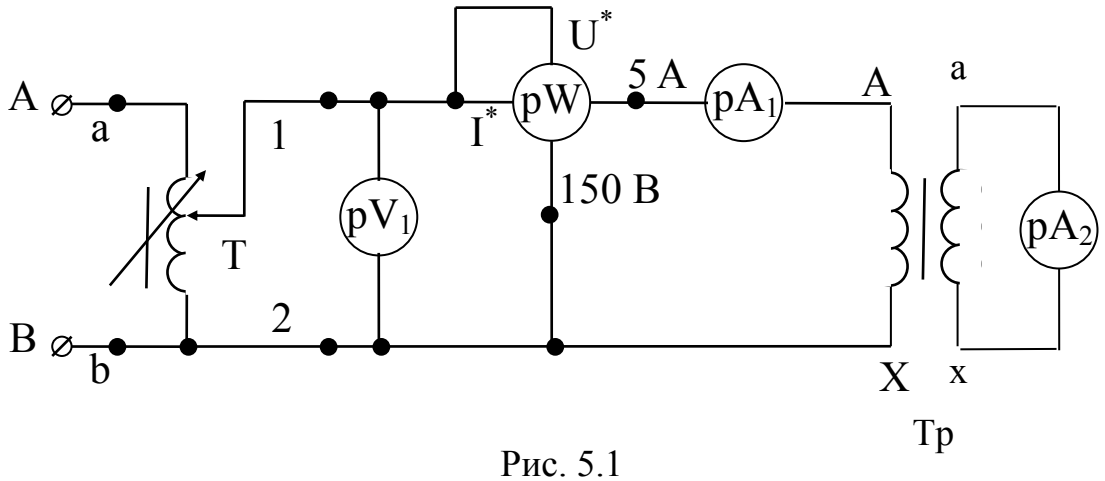

Рис. 5.1

Таблица 5.1

№ п/п	Измерено				Вычислено						
	U_{1K}	I_{1K}	I_{2K}	P_K	$\cos\varphi_K$	u^*_K	u^*_{AK}	u^*_{PK}	Z_K	R_K	X_K
	В	А	А	Вт	–	%	%	%	Ом	Ом	Ом
1											

2.4. По опытным данным вычислите следующие параметры трансформатора:

– полное сопротивление короткого замыкания трансформатора

$$Z_к = \frac{U_{1к}}{I_{1к}};$$

– активную составляющую этого сопротивления

$$R_к = \frac{P_к}{I_{1к}^2};$$

– реактивную составляющую этого сопротивления

$$X_к = \sqrt{Z_к^2 - R_к^2};$$

– напряжение короткого замыкания трансформатора

$$u^*_к = \frac{U_к}{U_{1н}} \cdot 100\%;$$

– активную составляющую

$$u^*_{ак} = \frac{P_к}{10 \cdot S_н};$$

где P_K – в ваттах,

S_H – в киловольтамперах;

– реактивную составляющую

$$u^*_{рк} = \sqrt{u^{*2}_к - u^{*2}_{ак}}.$$

3. Опыт холостого хода.

3.1. Собрать схему согласно рис. 5.2.

3.2. Включить схему и установить с помощью автотрансформатора номинальное напряжение на первичной обмотке трансформатора (U_{1H} = 220 В).

3.3. Произвести один замер и данные занести в табл. 5.2.

3.4. По опытным данным вычислите следующие параметры трансформатора:

- коэффициент трансформации

$$k = \frac{W_1}{W_2} \approx \frac{U_1}{U_2};$$

- коэффициент мощности при холостом ходе

$$\cos\varphi_o = \frac{P_o}{U_1 \cdot I_o};$$

- электрические потери

$$P_{эл.1} = I_o^2 \cdot R_1;$$

$$R_1 = R_k/2;$$

- потери в стали сердечника

$$P_{ст} = P_0 - P_{эл1}.$$

4. Рабочий режим трансформатора.

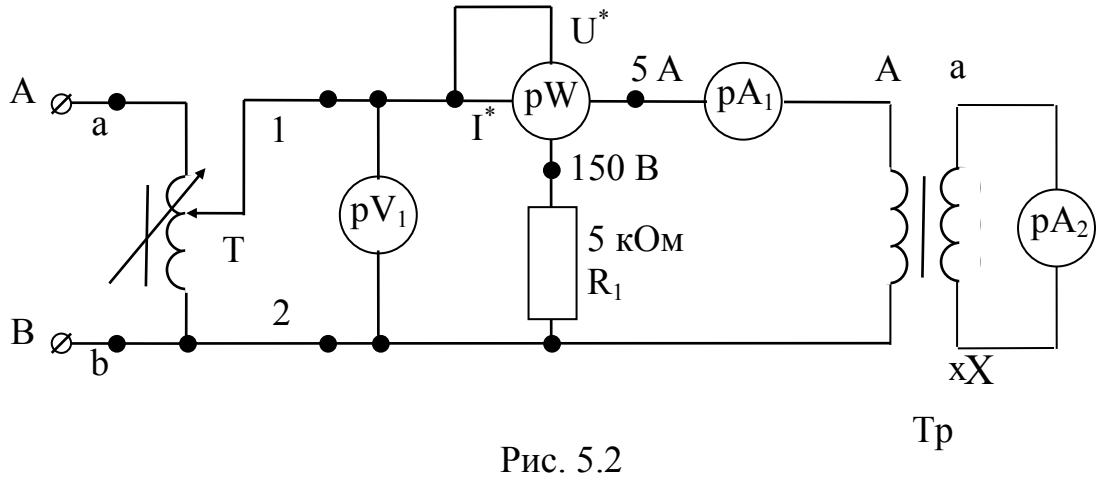

Рис. 5.2

Таблица 5.2

№ п/п	Измерено				Вычислено						
	U_1	U_2	I_o	P_o	k	cos φ	$P_{эл}$	$P_{ст}$	Z_o	R_o	X_o
	В	В	А	Вт	–	–	Вт	Вт	Ом	Ом	Ом
1											

4.1. Собрать схему согласно рис. 5.3.

4.2. При полностью введенных реостатах R_1 и R_2 включить схему и установить напряжение на первичной обмотке U_1=220 В.

4.3. Произвести первый замер при полностью введенном сопротивлении R_1.

4.4. Произвольно уменьшая сопротивление R_1, произвести еще три замера. Результаты замеров занести в табл. 5.3.

Внимание: ток I_2 не должен превышать I_2=3 А !

4.5. Выключите стенд, вместо реостата R_2 подключить параллельно реостату R_1 конденсаторы С (рис. 5.3, б) максимальной емкости.

4.6. Включить схему и произвести один замер при U_1=220 В. Результат замера занести в табл. 5.3.

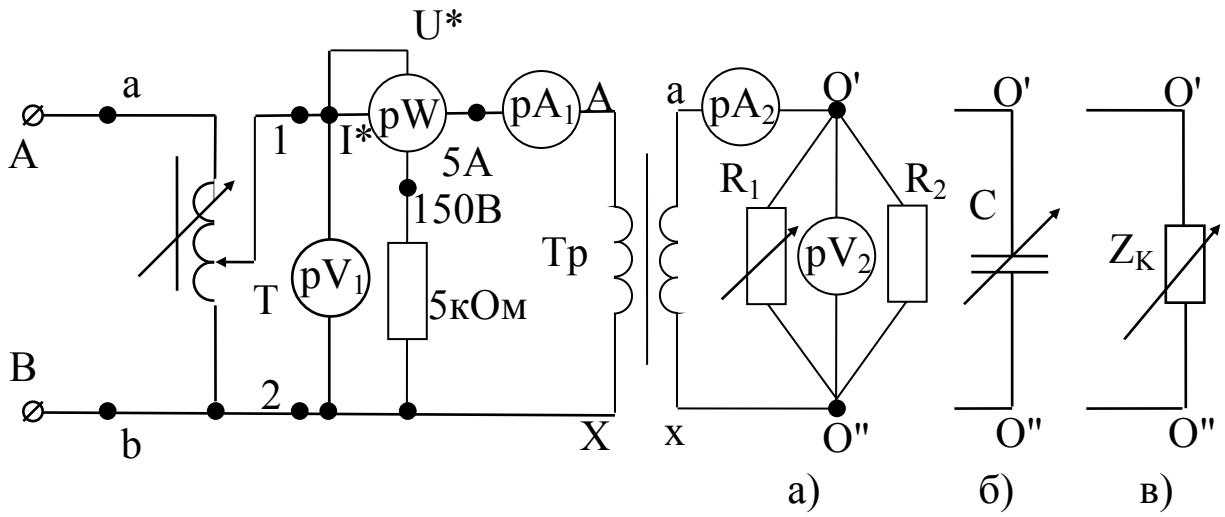

Рис. 5.3

4.7. Выключить стенд, вместо конденсатора С подключить параллельно реостату R_1 катушку (рис. 5.3, в).

4.8. Включить схему и произвести один замер при U_1=220 В. Результат занести в табл. 5.3.

Таблица 5.3

Вид нагрузки		R - нагрузка			C - нагрузка	Z_K - нагрузка
№ п/п		1	2	3	1	1
U_1	В					
U_2	В					
I_1	А					
I_2	А					
P_1	Вт					
$\cos\varphi_2$	-					

4.9. Коэффициент мощности нагрузки $\cos\varphi_2$ (табл. 5.3) может быть определен по формуле

$$\cos\varphi_2 = \frac{P_2}{S_2},$$

где $P_2 = P_1 - \left(P_м + \beta^2 \cdot P_к\right)$ – активная мощность нагрузки;

$\beta = \dfrac{I_2}{I_{2Н}}$ – коэффициент нагрузки;

P_O, P_K – мощность потерь холостого хода и короткого замыкания соответственно (табл. 5.1, 5.2);

$S_2 = U_2 \cdot I_2$ – полная мощность нагрузки.

4.10. По результатам табл. 5.3 и опыта холостого хода построить внешние характеристики трансформатора $U_2 = f(I_2)$ при различной нагрузке.

Контрольные вопросы

1. Назначение и устройство трансформаторов.
2. Физические принципы действия трансформатора.
3. Классификация трансформаторов по использованию.
4. Основные законы электротехники, характеризующие работу трансформатора.
5. Чем объяснить постоянство магнитного потока трансформатора при изменениях его нагрузки?
6. Система основных уравнений трансформатора при его работе под нагрузкой.
7. Основные виды потерь мощности трансформатора.
8. Что позволяют определить опыты холостого хода и короткого замыкания?
9. Что такое внешняя характеристика трансформатора и от чего она зависит?

Литература

[1, §10.1–10.6; 2, §8.1–8.10; 3, §8.1–8.6].

Лабораторная работа № 6 «Испытание асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором»

Цель работы

Ознакомление с устройством трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором, изучение основных свойств этого двигателя.

Описание установки

Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором.

Номинальные данные двигателя

АО-32-4; $К_П = М_П/М_Н = 1,5$; $К_М = М_К/М_Н = 1,7$.

Генератор постоянного тока в данной работе используется в качестве нагрузки для снятия рабочих и механических характеристик двигателя. Для измерения тока, напряжения и мощности асинхронного двигателя применяется измерительный комплект.

Домашнее задание

По учебнику и конспекту лекций изучить условия получения вращающегося магнитного поля, устройство и принцип действия трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором, электромагнитные процессы в нем, ознакомиться с рабочими свойствами двигателя и его механической характеристикой, изучить его работу в однофазном режиме.

Порядок выполнения работы

1. Собрать схему согласно рис. 6.1.

2. Включить асинхронный двигатель и снять возбуждение генератора постоянного тока. Произвести первый замер и занести в табл. 6.1 (холостой ход установки).

3. Возбудить генератор постоянного тока и, изменяя с помощью выключателей нагрузку, включенную в цепь якоря генератора, сделать еще 4-5 замеров.

4. Отключить нагрузку и снять возбуждение генератора постоянного тока.

3. Возбудить генератор постоянного тока и, изменяя с помощью выключателей нагрузку, включенную в цепь якоря генератора, сделать еще 4-5 замеров.

4. Отключить нагрузку и снять возбуждение генератора постоянного тока.

5. Разомкнуть выключателем К фазу А при включенном двигателе, т.е. перевести двигатель в однофазный режим работы.

6. Произвести один замер и занести в табл. 6.1.

7. Продолжить опыт согласно п. 3.

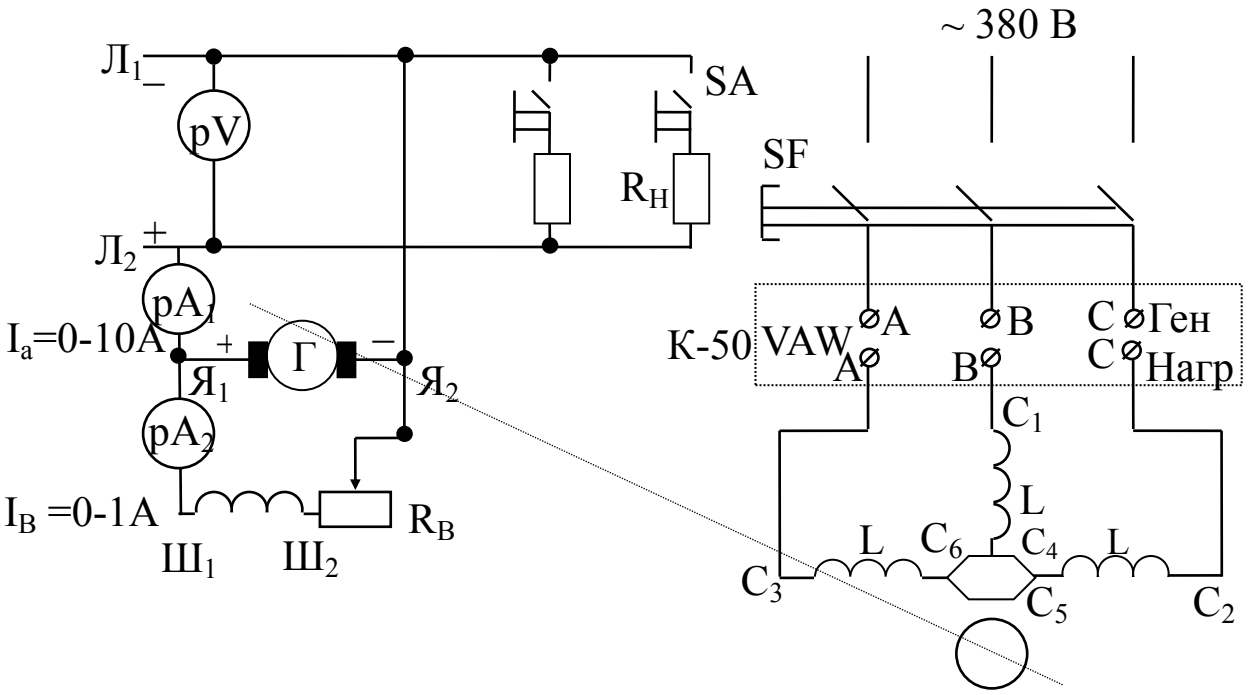

Рис.

Обработка результатов

1. По результатам замеров (пп. 2,3.) рассчитать и построить рабочие характеристики двигателя $P_1 = f_1 (P_2)$, $I_1 = f_2 (P_2)$, $\eta = f_3 (P_2)$ в трех- и однофазном режимах работы.

2. Построить механическую характеристику двигателя.

Таблица 6.1

Режим работы	№ п/п	Измерено									Вычислено			
		Асинхронный двигатель							Генератор ПТ		$P_1 = P_A+P_B+P_C$	P_2	I_1	η
		P_A	P_B	P_C	I_A	I_B	I_C	U_1	U_A	$I_A=I_1+I_2$				
		Вт	Вт	Вт	А	А	А	В	В	А	Вт	Вт	А	%
Трехфазный	1													
	2													
	3													
	4													
	5													
Однофазный	1													
	2													
	3													
	4													
	5													

Методические указания

1. Отдаваемая мощность асинхронного двигателя

$$P_2 = \frac{U_A \cdot I_A}{\eta_{ном}},$$

где $\eta_{ген}$ – КПД генератора, принимается из паспорта.

2. Номинальный момент асинхронного двигателя

$$M_{2н} = 9{,}55\frac{P_{2н}}{n_{2н}},$$

где $P_{2Н}$, $n_{2Н}$ – соответственно номинальные отдаваемая мощность и скорость вращения двигателя (из паспорта двигателя).

3. Критическое скольжение

$$S_K = S_H\left(K_M + \sqrt{K_M^2 - 1}\right),$$

где $S_Н$ – номинальное скольжение

$$S_H = \frac{n_1 - n_2}{n_1},$$

$$n_1 = \frac{60 \cdot f_1}{\rho}$$

где $К_М$ – кратность максимального момента (по каталогу).

4. Максимальный (критический) момент

$$M_к = К_M \cdot M_{2н}.$$

5. Задаваясь значениями S от 0 до 1 (табл. 6.2), определить скорость вращения и электромагнитный момент:

$$n_2 = n_1(1 - S);$$

$$M_2 = \frac{2 \cdot M_к}{\frac{S_K}{S} + \frac{S}{S_K}}.$$

Таблица 6.2

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
S	$S_Н$	0,1	$S_К$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
n_2, об/мин												
M_2, Н.м												

Контрольные вопросы

1. Принцип возникновения вращающегося магнитного поля статора.
2. От чего зависит величина тока, потребляемого из сети?
3. Принцип возникновения момента вращения асинхронного двигателя.
4. Что называется скольжением?

5. От чего зависит величина скольжения?

6. Что такое короткозамкнутый контур?

7. Каковы достоинства и недостатки асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором?

8. Как расходуется мощность, подводимая к двигателю?

9. Что такое номинальные данные двигателя?

10. Что понимается под рабочей частью механической характеристики?

11. Каково назначение механической характеристики асинхронного двигателя?

Литература

[1, §15.1–15.10; 2, §14.1–14.15; 3, §10.1–10.9].

Лабораторная работа № 7 «Основные измерительные приборы и измерение сопротивлений методом «вольтметра – амперметра»

Цель работы

Выработка умения выбирать электроизмерительные приборы, получение навыков в выборе метода и проведении измерения сопротивлений.

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, правилами включения амперметра, вольтметра и ваттметра.

Порядок выполнения работы

1. Запишите основные технические характеристики амперметра, вольтметра и ваттметра, используемых на лабораторных стендах, в табл. 7.1.

Таблица 7.1

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

2. Подбор приборов по пределам измерения

2.1. Выберите два прибора (амперметра или вольтметра) с разными пределами измерения и их данные запишите в табл. 7.2.

Таблица 7.2

№ п/п	Название прибора	Предел измерения X_N	Класс точности γ	Вычислено	
				$\delta = \pm\gamma \frac{X_N}{X}, \%$	$X_{ист} = \left(1 \pm \frac{\delta}{100}\right) \cdot X$
1					
2					

2.2. По указанию преподавателя задайтесь одинаковыми показаниями приборов X.

2.3. Вычислите относительные погрешности измерений δ_1 и δ_2.

2.4. Определите интервал вероятного истинного значения измеряемой величины $X_{ист1}$ и $X_{ист2}$.

2.5. Оцените: какое из измерений выполнено более точно, как изменится погрешность измерений при изменении пределов приборов.

3. Измерение сопротивления методом вольтметра-амперметра.

3.1. Соберите электрическую цепь по схеме рис. 7.1, сделайте измерения для заданного в табл. 7.3 значения сопротивления R_X.

3.2. Не изменяя значения сопротивления R_X и движка ЛАТРа включите вольтметр по схеме рис. 7.2 и сделайте аналогичные измерения, как и в предыдущем опыте.

3.3. Проделайте опыты согласно пп. 1 и 2, но с другими значениями заданного в таблице сопротивления $R_{ист}$.

3.4. Рассчитайте по показаниям приборов сопротивление R_X, абсолютную ΔR_X и относительные погрешности δ_U, δ_I, δ_R, а также определите интервал вероятностного значения изменяемой величины $R_{ИСТ}$.

3.5. Сделайте вывод о зависимости точности измерений от схемы измерения и величины сопротивления.

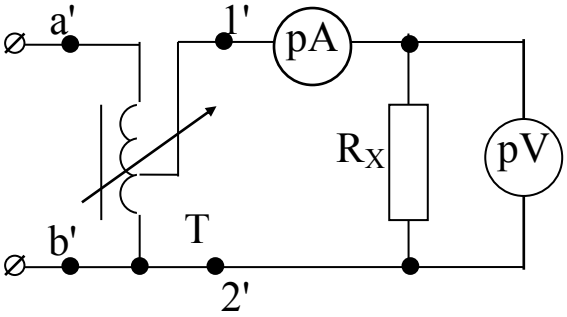

Рис. 7.1

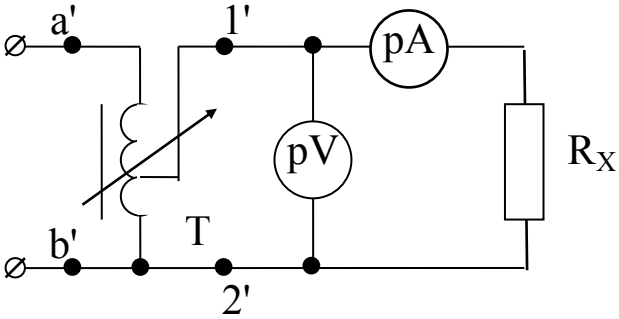

Рис. 7.2

Таблица 7.3

			Схема измерения			
			Рис. 7.1		Рис. 7.2	
Задано	R_X	Ом	100	5000	100	5000
Измерено	U	В				
	I	А				
Вычислено	R'_X	Ом				
	$\Delta R_X = R'_X - R_X$	Ом				
	$\delta_U = \gamma \frac{U_N}{U}$	%				
	$\delta_I = \gamma \frac{I_N}{I}$	%				
	$\delta_R = \delta_U + \delta_I$	%				
	$R_{ИСТ}$	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?

7. У вольтметра с пределом 150 В класс точности 0,5. Что означает эта цифра?

8. Как влияет предел измерения приборов на величину погрешности?

9. Как зависит точность измерений от внутренних сопротивлений приборов?

10. 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 № 8. Исследование входных и выходных характеристик биполярного транзистора на стенде

Цель работы

Изучение принципов работы, основных параметров и характеристик биполярных транзисторов.

Домашнее задание

По учебнику изучить устройство и принцип полупроводниковых приборов, ознакомится с УГО на электрических схемах.

Краткие теоретические сведения

Биполярный транзистор (БПТ) – это трехэлектродный полупроводниковый прибор с двумя p-n переходами, применяющийся для усиления и генерации электрических сигналов, имеющий три и более выводов. Биполярные транзисторы строятся на основе структур p-n-p или n-p-n. Процессы в данных структурах проходят одинаково.

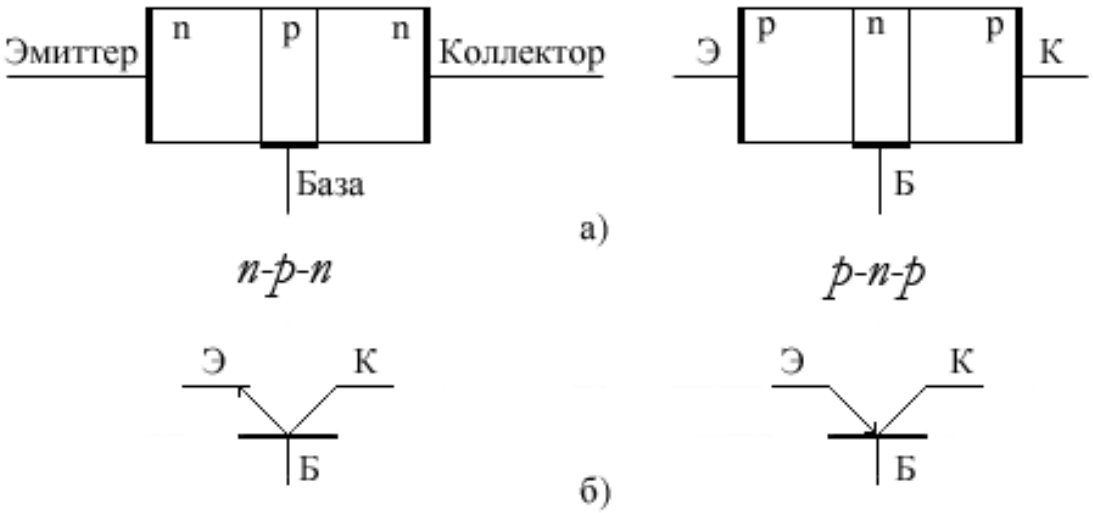

Рис. 8.1 Структура(а) и обозначение БПТ(б)

Центральная область структуры называется базой, две другие области, являющиеся источниками зарядов и приемниками называются эмиттер и коллектор соответственно.

В основном рабочем режиме, который носит название Активный, эмиттерный переход смещен в прямом направлении, что означает что к переходу эмиттер база прикладывается прямое напряжение, а переход коллектор-база смещен в обратном.

Основной схемой включения БПТ считают схему, где общим электродом для входной и выходной цепи является электрод эмиттера.

Для анализа усилительных свойств транзистора применяются семейства входных и выходных характеристик. Для схемы с общим эмиттером (ОЭ) входными будут являться зависимости $I_б = f(U_б)$ при $U_к = const$ (рис.8.2 а), а выходными – $I_к = f(U_к)$ при $I_б = const$ (рис 8. б).

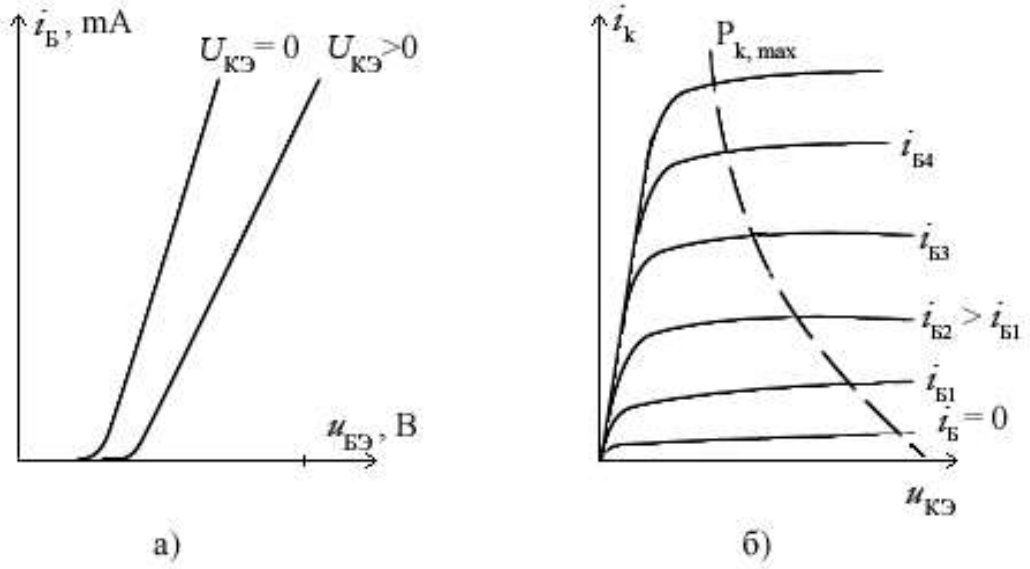

Рис. 8.2 Входные (а) и выходные характеристики (б) БПТ

Наклон характеристик в активном режиме обусловлен модуляцией ширины базы коллекторным напряжением. С ростом обратного напряжения на коллекторе увеличивается ширина ОПЗ коллекторного перехода и уменьшается ширина базы, вследствие чего рекомбинация дырок в базе становится меньше и коллекторный ток возрастает.

В схеме с общим эмиттером помимо большого усиления по напряжению происходит значительное усиление по току и, как следствие, по мощности.

К параметрам транзистора отвечающим за усиление электрического сигнала относят статический коэффициент усиления по току для схемы с общим эмиттером $\beta = \frac{\Delta I_к}{\Delta I_б}$, при $U_к = const$ и α – коэффициент усиления по току для схемы с общей базой, $\alpha = \frac{\Delta I_к}{\Delta I_э}$ при $U_{кб} = const$. Данные коэффициенты связанны между собой зависимостью $\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}$.

Порядок выполнения работы

1. Снять семейство входных характеристик транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером при напряжении коллектора 0; –5; –10 В, ток базы изменять в пределах 0–200 мкА
2. Снять семейство выходных характеристик транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером, при фиксированных значениях тока базы 0, 40, 80, 120, 160, 200 мкА напряжение коллектора изменять в диапазоне от 0 до –10 В.
3. Исходя из полученных результатов определить параметры транзистора.

Контрольные вопросы

1. Объясните принцип действия биполярного транзистора.
2. Приведите основные параметры БПТ.
3. Какие характеристики являются входными и выходными при различных схемах включения?
4. Привести примеры схем включения БПТ различных типов?
5. Чем обусловлен ток коллекторного перехода в случае, когда ток через эмиттерный переход равен нулю?
6. Как определить по входным и выходным характеристикам БПТ h-параметры?

Список рекомендуемой литературы

1. Кузовкин, В. А. Электротехника и электроника [Электронный ресурс]. – Москва: Юрайт, 2018. – 431 с. – Режим доступа: https://biblio-online.ru/book/elektrotehnika-i-elektronika-423620.

2. Гальперин, М. В. Электротехника и электроника. – Москва: НИЦ ИНФРА-М, 2019. – 480 с. – Режим доступа: http://znanium.com/go.php?id=987378.

3. Миленина, С. А. Электротехника. – 2-е изд., пер. и доп. [Электронный ресурс]. – Москва: Юрайт, 2018. – 263 с. – Режим доступа: https://biblio-online.ru/book/elektrotehnika-415282.

4. Лунин, В. П. Электротехника и электроника в 3 т. Том 1. Электрические и магнитные цепи. – 2-е изд., пер. и доп. [Электронный ресурс]. – Москва: Юрайт, 2018. – 255 с. – Режим доступа: https://biblioonline.ru/book/elektrotehnika-i-elektronika-v-3-t-tom-1-elektricheskie-i-magnitnye-cepi-425470.

5. Киселев, В. И. Электротехника и электроника в 3 т. Том 2. Электромагнитные устройства и электрические машины. – 2-е изд., пер. и доп. [Электронный ресурс]. – Москва: Юрайт, 2018. – 184 с. – Режим доступа: https://biblio-online.ru/book/elektrotehnika-i-elektronika-v-3-t-tom-2-elektromagnitnye-ustroystva-ielektricheskie-mashiny-425471.

6. Славинский, А. К. Электротехника с основами электроники. – Москва: НИЦ ИНФРА-М, 2019. – 448 с. – Режим доступа: http://znanium.com/go.php?id=989315.

7. Миленина, С. А. Электротехника, электроника и схемотехника. – 2-е изд., пер. и доп. [Электронный ресурс]. – Москва: Юрайт, 2018. – 406 с. – Режим доступа: https://biblio-online.ru/book/elektrotehnikaelektronika-i-shemotehnika-413623.