



МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
"Московский технологический университет"

МИРЭА

филиал МИРЭА в г. Фрязино

Кафедра общенаучных дисциплин

ПРИНЯТО
на заседании кафедры ОНД
(протокол № 4
от «24» декабря 2015 г.)

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ (_____)
«__» _____ 2015 г.

А.С. КАЛИНИН

ОСНОВЫ ТЕОРИИ ЦЕПЕЙ

Методические указания для проведения лабораторных работ
для студентов направления подготовки 11.03.04 «Электроника и
наноэлектроника»

Лабораторная работа № 1. ЛИНЕЙНАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЦЕПЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА

1. Цель работы

Получение навыков сборки простых электрических цепей, включения в электрическую цепь измерительных приборов. Научиться измерять токи и напряжения, убедиться в соблюдении законов Ома и Кирхгофа в линейной электрической цепи. Исследовать влияние изменения параметров одного потребителя на режим работы других потребителей при последовательном, параллельном и смешанном соединении.

2. Предварительное домашнее задание

2.1. Изучить тему «Линейные электрические цепи постоянного тока», содержание данной лабораторной работы и быть готовым ответить на все контрольные вопросы к ней.

2.2. Начертить принципиальные схемы исследуемых цепей с измерительными приборами.

3. Порядок выполнения работы

3.1. Ознакомиться с лабораторной установкой (модуль питания, модуль резисторов, модуль цифровых индикаторов).

3.2. Собрать линейную электрическую цепь постоянного тока с последовательным соединением элементов (рис. 1). В качестве измерительных приборов использовать приборы модуля цифровых индикаторов в режиме измерения постоянного тока (тумблеры изменения режима работы в позиции «= \Rightarrow »). Установить в соответствии с заданием переключатели модуля резисторов SA1, SA2 в соответствующие позиции. Представить схему для проверки преподавателю.

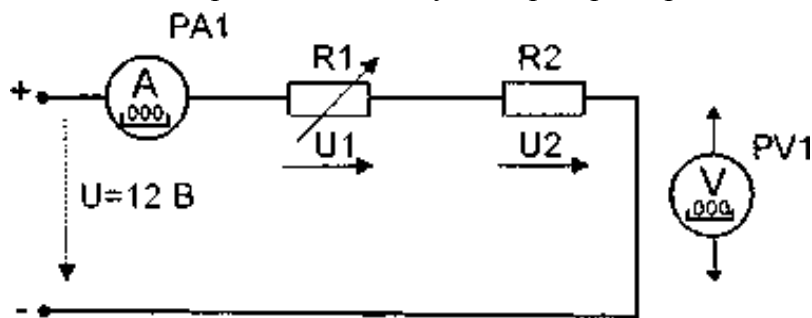


Рис. 1

3.3. Включить электропитание стенда (автоматические выключатели QF модуля питания, выключатель SA2 модуля питания). Измерить ток в цепи, напряжение на входе цепи и напряжения на резисторах R1, R2. Результаты измерений занести в табл. 1. Изменить величину сопротивления R1 и снова провести аналогичные измерения. Выключить питание. По результатам измерений вычислить сопротивление каждого потребителя (R1, R2) и общее (эквивалентное) сопротивление R₃ цепи. Результаты вычислений занести в табл. 1.

Таблица 1

Измерено			Вычислено			
Напряжение на входе цепи $U, В$	Ток в цепи, $I, А$	Напряжение на потребителях, В		Сопротивление потребителей? Ом		Эквивалентное сопротивление цепи, $R_{\Sigma}, Ом$
		U_1	U_2	R_1	R_2	

Сравнить результаты измерений и убедиться в том, что сумма сопротивлений отдельных потребителей равна сопротивлению всей цепи. Убедиться в соблюдении второго закона Кирхгофа. Объяснить, используя законы Ома и Кирхгофа, изменение режима работы всей цепи и отдельных потребителей при изменении величины сопротивления одного из резисторов.

3.4. Собрать линейную цепь с параллельным соединением резисторов (рис. 2). Установить переключатели SA1, SA2 модуля резисторов в позицию « ∞ ». После проверки собранной цепи включить электропитание. Установить с помощью переключателя SA1 значение резистора R1 в соответствии с заданием. Измерить напряжение и токи в цепи. Результаты измерений занести в табл. 2. Установить с помощью переключателя SA2 заданное преподавателем значение второго резистора R2 и снова измерить напряжение и токи в цепи. Результаты измерений занести в табл. 2.

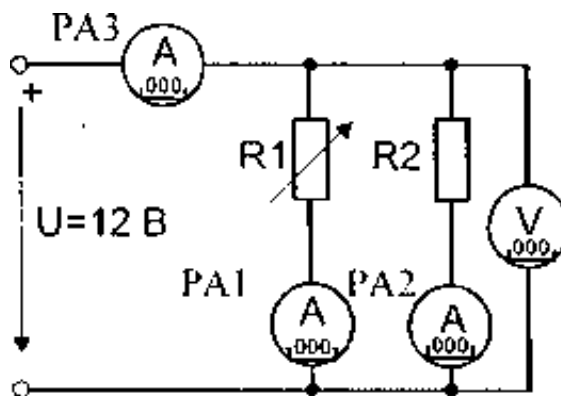


Рис. 2

Таблица 2

Измерено				Вычислено					
$U, В$	$I_1, А$	$I_2, А$	$I_{\Sigma}, А$	$R_1, Ом$	$R_2, Ом$	$g_1, См$	$g_2, См$	$R_{\Sigma}, Ом$	$g_{\Sigma}, См$
			—						

Изменить в соответствии с заданным вариантом величину сопротивления R2 и снова провести измерения. Выключить электропитание. По результатам измерений рассчитать сопротивления резисторов R1, R2 и сопротивление всей цепи R_{Σ} , проводимости отдельных ветвей g_1, g_2 и всей цепи g_{Σ} . Результаты вычислений занести в табл. 2. Убедиться в соблюдении первого закона Кирхгофа. Сделать вывод об изменении режима работы всей цепи и отдельных потребителей при изменении величины сопротивления резистора R2.

3.5. Собрать линейную цепь со смешанным соединением резисторов (рис. 3).

Установить переключатели SA1, SA2, SA3 модуля резисторов в соответствии с заданием. После проверки схемы преподавателем включить электропитание. Измерить напряжения на входе цепи и на всех участках цепи, а также все токи. Результаты занести в табл. 3. Установить новое заданное значение резистора R1 и снова измерить напряжения и токи в цепи. Выключить электропитание. По результатам измерений вычислить мощность каждого участка цепи P_1 , P_2 , P_3 и всей цепи P . определить эквивалентное сопротивление цепи R_{Σ} , Результаты вычислений занести в табл. 3. Проверить выполнение баланса мощностей в исследуемой цепи.

Объяснить, используя законы Кирхгофа и Ома, изменение режима работы всей цепи и отдельных потребителей при изменении величины резистора R1.

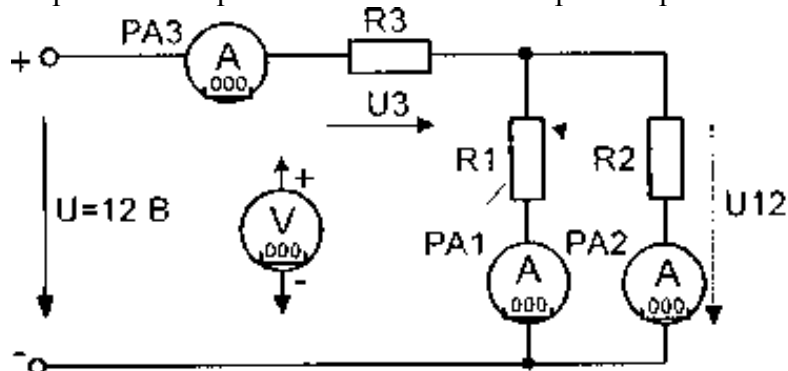


Рис. 3

Таблица 3

Измерено						Вычислено				
U, В	U ₁₂ , В	U ₃ , В	I ₁ , А	I ₂ , А	I ₃ , А	P ₁ , Вт	P ₂ , Вт	P ₃ , Вт	P, Вт	R _Σ , Ом

4. Содержание отчета

Отчет по работе должен содержать:

- наименование работы и цель работы;
- схемы экспериментов;
- таблицы полученных экспериментальных данных;
- результаты расчетов;
- выводы по работе.

5. Контрольные вопросы

- Что такое «линейный элемент» в электрической цепи?
- Привести примеры линейных элементов электрических цепей.
- Как по показаниям амперметра и вольтметра можно определить величину сопротивления участка электрической цепи постоянного тока?
- В каких единицах измеряются сила тока, напряжение и сопротивление?
- Нарисуйте схемы для измерения методом амперметра и вольтметра больших и малых электрических сопротивлений.
- Для исследуемых электрических цепей запишите уравнения по законам Кирхгофа.
- Как определить величину эквивалентного сопротивления при параллельном соединении двух, трех сопротивлений?

Лабораторная работа № 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕМЕНТОВ ЦЕПЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

1. Цель работы

Приобретение навыков определения параметров элементов в цепях переменного тока по результатам измерений, снятия вольтамперной характеристики, применения закона Ома в цепи переменного тока, построения векторных диаграмм для элементов электрической цепи переменного тока.

2. Предварительное домашнее задание

2.1. Изучить тему «Простейшие цепи переменного тока», содержание данной лабораторной работы и быть готовым ответить на все контрольные вопросы к ней.

2.2. Начертить принципиальные схемы исследуемых цепей с включенными измерительными приборами.

3. Порядок выполнения работы

3.1. Ознакомиться с лабораторной установкой (автотрансформатор, измеритель мощности, модуль резисторов, модуль реактивных элементов).

3.2. Собрать электрическую цепь для снятия вольтамперной характеристики резистора (рис. 1). В качестве регулируемого источника питания использовать выход пониженного напряжения автотрансформатора (клеммы « $\sim 0 \dots 12 \text{ В}$ »). Установить заданное преподавателем значение сопротивления резистора R1. Ручку регулятора напряжения автотрансформатора установить в крайнее левое положение. На измерителе мощности установить пределы измерений «30 В» и «2 А».

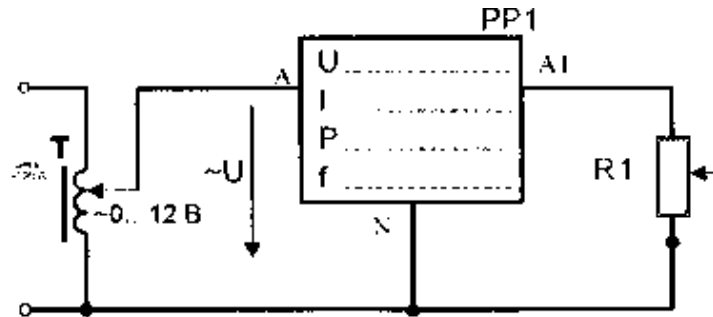


Рис. 1

После проверки собранной цепи преподавателем включить электропитание стенда (выключатель QF модуля питания), включить автотрансформатор и измеритель мощности.

Плавно увеличивая величину выходного напряжения автотрансформатора, измерять при каждом установленном значении напряжения величину напряжения и тока в цепи. Не допускать превышения тока в 1 А. Результаты занести в табл. 1. Выключить автотрансформатор.

Таблица 1

U, В	0									
I, А										
$R=U/I$, Ом										

По результатам измерений используя закон Ома определить фактическое значение сопротивления резистора и построить вольтамперную характеристику резистора. Сделать вывод о её характере. Построить векторную диаграмму.

3.4. Собрать электрическую цепь для исследования реальной катушки индуктивности Z_K (рис. 2). Ручку регулятора напряжения автотрансформатора установить в крайнее левое положение. На измерителе мощности установить пределы измерений «30 В» и «2 А». Предъявить схему для проверки преподавателю.

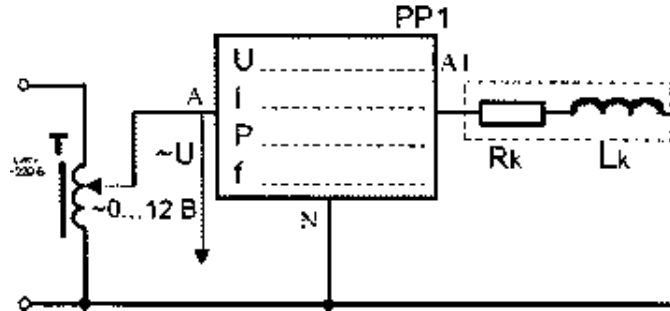


Рис. 2

Включить электропитание стенда, измеритель мощности и автотрансформатор. Плавно увеличивая величину выходного напряжения автотрансформатора, измерять при каждом установленном значении напряжения величину напряжения U , тока I и активной мощности P в цепи. Не допускать превышения тока в 1 А. Результаты занести в табл. 2. Выключить автотрансформатор.

Таблица 2

		0	2	4	6	8	10
Измерено	U, В						
	I, А						
	P, Вт						
Вычислено	Z_K , Ом						
	R_X , Ом						
	X_K , Ом						
	L, Гн						
	$\cos \varphi_K$						
	φ_K , град						

По результатам измерений рассчитать полное сопротивление реальной индуктивности Z_K , активное сопротивление катушки R_K , реактивное индуктивное сопротивление катушки X_K , величину индуктивности катушки L , коэффициент мощности катушки $\cos \varphi_K$, угол сдвига фаз между напряжением и током на катушке φ_K . При расчетах учесть, что частота напряжения сети 50 Гц. Построить вольтамперную характеристику и векторную диаграмму реальной катушки индуктивности. Сделать вывод о характере вольтамперной характеристики.

3.5. Собрать схему для снятия вольтамперной характеристики конденсатора (рис. 3). Установить в заданную позицию переключатель SA1. Предъявить схему для проверки преподавателю.

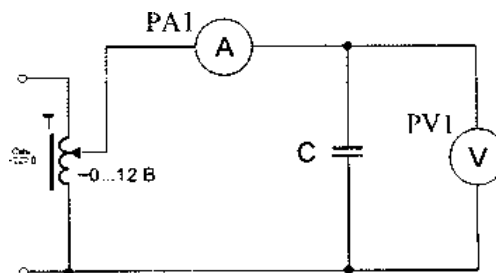


Рис. 3

Включить автотрансформатор и изменяя его выходное напряжение снять вольтамперные характеристики для заданных значений емкости батареи конденсаторов. Результаты измерений записать в табл. 3.

Таблица 3

Включено	C1	C2	C3
U, В			
I, А			
$X_C=U/I$, Ом			
$C=1/2\pi f X_C$, мкФ			

Рассчитать, используя закон Ома, величину емкостного сопротивления X_C . Считая, что частота сети $f = 50$ Гц, определить величину емкости конденсаторов C1, C2 и C3. Построить векторную диаграмму и вольтамперную характеристику. Сделать вывод о характере вольтамперной характеристики.

4. Содержание отчета

Отчет по работе должен содержать:

- а) наименование работы и цель работы;
- б) электрические схемы опытов;
- в) таблицы с результатами опытов и вычислений;
- г) расчетные соотношения;
- д) векторные диаграммы для резистора, реальной катушки и конденсатора;
- е) выводы по работе.

5. Контрольные вопросы

- 5.1. В каких единицах измеряется ток, напряжение, сопротивление?
- 5.2. Что такое Ом, Ампер, Вольт?
- 5.3. Что такое «полное сопротивление»?
- 5.4. Что такое «активное сопротивление»?
- 5.5. Что такое «реактивное индуктивное сопротивление» и как оно определяется?
- 5.6. Что такое «реактивное емкостное сопротивление» и как оно определяется?
- 5.7. Какая связь между полным, активным и реактивным сопротивлениями цепи переменного тока?
- 5.8. Как формулируется закон Ома для цепи переменного тока?
- 5.9. Может ли через конденсатор протекать постоянный ток?

Лабораторная работа № 3. ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЦЕПЬ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМ СОЕДИНЕНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ

1. Цель работы

Приобретение навыков сборки простых электрических цепей, измерение напряжений на отдельных участках цепи, изучение свойств цепей при последовательном соединении активных и реактивных элементов, знакомство с явлением резонанса напряжений, построение векторных диаграмм.

2. Предварительное домашнее задание

2.1. Изучить тему «Последовательное соединение в цепи переменного тока», содержание данной лабораторной работы и быть готовым ответить на все контрольные вопросы к ней.

2.2. Нарисовать принципиальные электрические схемы исследуемых цепей с измерительными приборами.

3. Порядок выполнения работы

3.1. Ознакомиться с лабораторной установкой (автотрансформатор, измеритель мощности, модуль резисторов, модуль реактивных элементов, модуль мультиметров).

3.2. Собрать электрическую цепь (рис. 1). Установить в соответствии с заданием значения сопротивления резистора R и емкости батареи конденсаторов C .

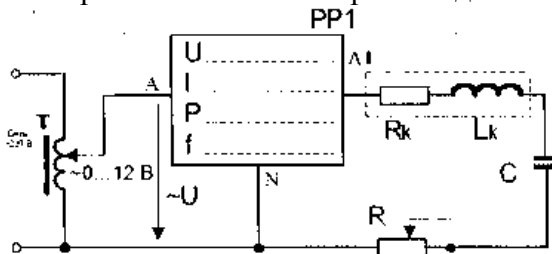


Рис. 1

3.3. Подсоединить параллельно конденсатору дополнительный проводник (исключив этим конденсатор из цепи). На измерителе мощности установить пределы измерений «30 В» и «2 А», ручку автотрансформатора установить в крайнее левое положение. Предъявить схему для проверки преподавателю.

3.4. Включить электропитание стенда, измеритель мощности и автотрансформатор. Установить заданное значение входного напряжения и произвести измерения указанных в табл. 1 величин в цепи с последовательным соединением резистора R и катушки Z_K (схема R, Z_K). Перед измерением напряжения перевести мультиметр в режим измерения переменного напряжения. Результаты измерений занести в табл. 1.

Таблица 1

Схема	$U, В$	$I, А$	$U_R, В$	$U_K, В$	$U_C, В$	$P, Вт$	$\cos \varphi$	φ
R, Z_K					—			
R, X_C				—				
R, Z_K, X_{C1}								
R, Z_K, X_{C2}								

3.5. Выключить электропитание, подсоединить параллельно катушке дополнительный проводник (исключив этим катушку из цепи). После проверки схемы преподавателем включить электропитание и произвести измерения указанных в табл. 1 величин для цепи с последовательным соединением резистора R и конденсатора X_C

(схема R, X_C). Результаты измерений занести в табл. 1. Выключить электропитание, убрать дополнительный проводник.

3.6. Исследовать цепь с последовательным соединением резистора, катушки и конденсатора (схема R, Z_K , X_{C1}). Для этого включить электропитание и измерить указанные в таблице величины. Результаты измерений занести в табл. 1.

Перевести измеритель мощности в режим измерения угла сдвига фаз (Φ). Изменяя величину емкости конденсатора C с помощью переключателя SAI модуля реактивных элементов, добиться наименьшего угла сдвига фаз между приложенным напряжением и током, то есть обеспечить состояние цепи близкое к резонансу напряжений (схема R, Z_K , X_{C2}). Результаты измерений занести в табл. 1.

3.7. Для цепи с последовательным соединением трех элементов (R, Z_K , X_C) по результатам измерений определить полную мощность цепи S и отдельных участков S_R , S_K , S_C , активные мощности резистора и катушки индуктивности P_R и P_K , реактивные мощности катушки и конденсатора, а также полное Z, активное R и реактивное X сопротивления всей цепи. Результаты расчета занести в табл. 2.

Таблица 2

S, ВА	S_R , ВА	S_K , ВА	S_C , ВА	P_R , Вт	P_K , Вт	Q_K , ВАр	Q_C , ВАр	R, Ом	X, Ом	Z, Ом

3.8. По результатам измерений построить для исследованных цепей в масштабе векторные диаграммы и объяснить их различие.

3.9. Объяснить влияние величины емкости конденсатора на режим работы исследованной цепи.

3.10. Сделать вывод о применении 2-го закона Кирхгофа в цепях переменного тока.

4. Содержание отчета

Отчет по работе должен содержать:

- наименование работы и цель работы;
- схему исследуемой цепи;
- таблицы с результатами опытов и вычислений;
- расчетные соотношения;
- векторные диаграммы для всех опытов и объяснение их различий;
- выводы по работе.

5. Контрольные вопросы

- Что такое активная, реактивная и полная мощности в цепи переменного тока?
- Какая взаимосвязь между полной, активной и реактивной мощностями?
- Что такое «коэффициент мощности»?
- Как вычислить полное сопротивление катушки, если известны её активное сопротивление, индуктивность и частота сети?
- Как вычислить полное сопротивление цепи с последовательным соединением резистора, реальной катушки и конденсатора?
- От чего зависит угол сдвига фаз между напряжением и током на участке электрической цепи переменного тока?
- Что такое «треугольник сопротивлений»?
- Чему равны реактивное сопротивление цепи и реактивная мощность цепи при резонансе?

Лабораторная работа № 4. ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЦЕПЬ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ СОЕДИНЕНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ. ПОВЫШЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ

1. Цель работы

Ознакомиться с особенностями параллельного соединения активных и реактивных элементов в цепи переменного тока, явлением резонанса токов, повышением коэффициента мощности, применением 1-го закона Кирхгофа в цепях переменного тока.

2. Предварительное домашнее задание

2.1. Изучить тему «Параллельное соединение в цепи переменного тока», содержание данной лабораторной работы и быть готовым ответить на все контрольные вопросы к ней.

2.2. Нарисовать принципиальные электрические схемы исследуемых цепей с измерительными приборами.

3. Порядок выполнения работы

3.1. Ознакомиться с лабораторной установкой (модуль питания, модуль автотрансформатора, модуль резисторов, модуль реактивных элементов, измеритель мощности, модуль измерительный).

3.2. Собрать электрическую цепь с параллельным соединением резистора, катушки и конденсатора (рис. 1), установив в соответствии с заданием значения сопротивления резистора и емкости батареи конденсаторов. На измерителе мощности установить пределы измерений «30 В» и «2 А», ручку автотрансформатора установить в крайнее левое положение. Схему предъявить для проверки преподавателю.

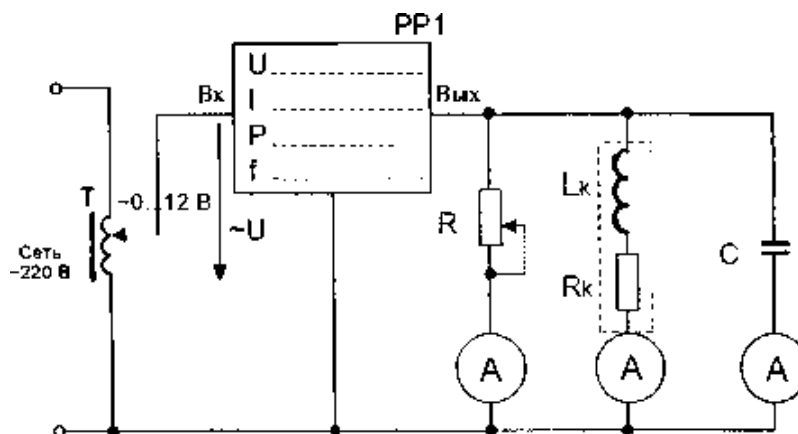


Рис. 1

3.3. Исследовать цепь с параллельным соединением резистора и конденсатора. Для этого удалить один проводник в ветви с катушкой индуктивности. Включить электропитание стенда, измеритель мощности и автотрансформатор. На измерителе мощности установить режим измерения угла сдвига фаз (Fi). Установить заданное значение выходного напряжения автотрансформатора и измерить напряжение на входе цепи U , токи в ветвях (I_R , I_C) и ток I , потребляемый от источника питания, угол сдвига фаз φ между входным напряжением U и потребляемым цепью током I , активную мощность цепи P . Результаты измерений занести в табл. 1. По результатам измерений рассчитать коэффициент мощности цепи ($\cos\varphi$). Выключить электропитание.

Таблица 1

Включены ветви	U, В	I, А	I_R , А	I_C , А	I_K , А	φ	P, Вт	$\cos\varphi$
R,C								
R, Z_k								
R, Z_k , C,								
Z_k , C1								
Z_k , C2								
Z_k , C3								

3.4. Исследовать цепь с параллельным соединением резистора и реальной катушки индуктивности. Для этого разомкнуть ветвь с емкостью и замкнуть ветвь с катушкой индуктивности. Включить электропитание и выполнять исследование аналогично п. 3.3.

3.5. Исследовать цепь с параллельным соединением резистора, конденсатора и реальной катушки индуктивности. Для этого замкнуть ветвь с емкостью, включить электропитание и выполнять исследование аналогично п. 3.3.

3.6. Исследовать влияние емкости, включенной параллельно индуктивной катушке, на величину потребляемого от источника питания тока и коэффициент мощности цепи. Для этого разомкнуть ветвь с резистором, установив переключатель величины сопротивления в позицию « ∞ ». Включить электропитание, перевести измеритель мощности в режим измерения угла сдвига фаз (Φ_i) и установить такое значение емкости, при котором будет обеспечен минимальный угол сдвига фаз φ между входным напряжением U и током I , потребляемым от источника питания. Обратит при этом внимание на зависимость потребляемого тока и угла сдвига фаз от величины емкости. Измерить токи в ветвях и ток, потребляемый из сети. Результаты занести в табл. 1.

3.7. По опытным данным построить в масштабе векторные диаграммы для каждого опыта, отметив на диаграммах для каждого случая угол сдвига фаз φ между напряжением и током, потребляемым от источника питания.

3.8. Сделать выводы

- о применении 1-го закона Кирхгофа в цепях переменного тока,
- о влиянии параллельно включенных потребителей друг на друга,
- о влиянии величины емкости конденсатора на величину активной мощности цепи P , тока I , потребляемого от источника питания, объяснив это влияние;
- о влиянии величины емкости конденсатора на коэффициент мощности цепи, объяснив это влияние.

4. Содержание отчета

- а) наименование работы и цель работы;
- б) электрическую схему эксперимента и таблицу полученных результатов;
- в) векторные диаграммы всех опытов и объяснение их различий;
- г) выводы по работе.

5. Контрольные вопросы

- 5.1. Как при параллельном включении потребителей определить величину тока, потребляемого из сети?
- 5.2. С какой целью повышают коэффициент мощности цепи?
- 5.3. Как можно определить коэффициент мощности цепи?
- 5.4. Как изменится величина тока, потребляемого из сети, и активная мощность цепи, если параллельно активно-индуктивному потребителю включить конденсатор?
- 5.5. Почему уменьшается ток, потребляемый из сети, при подключении параллельно индуктивной катушке конденсатора?
- 5.6. Как применяется 1-й закон Кирхгофа в цепях переменного тока?
- 5.7. Как построить векторную диаграмму для цепи, которая содержит параллельно включенные индуктивную катушку и конденсатор?
- 5.8. Что такое «резонанс токов»?

Лабораторная работа № 5. НЕЛИНЕЙНАЯ ЦЕПЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА

1. Цель работы

Экспериментальное получение вольтамперных характеристик нелинейных резистивных элементов, графический расчет нелинейной электрической цепи постоянного тока и экспериментальная проверка результатов расчета.

2. Предварительное домашнее задание

2.1. Изучить тему «Нелинейные цепи постоянного тока», содержание данной лабораторной работы и быть готовым ответить на все контрольные вопросы к ней.

2.2. Начертить электрические схемы исследуемых цепей с измерительными приборами.

3. Порядок выполнения работы

3.1. Ознакомиться с лабораторной установкой (модуль питания, модуль нелинейных элементов, модуль автотрансформатора, модуль мультиметров, измеритель мощности).

3.2. Собрать электрическую цепь для снятия вольтамперных характеристик элементов цепи (рис. 1). В качестве регулируемого источника постоянного напряжения использовать выход пониженного постоянного напряжения автотрансформатора = 0...12В (модуль автотрансформатора). Установить пределы измерений напряжения и тока у измерителя мощности «30 В» и «2 А» соответственно.

Обратить внимание на полярность напряжения на нелинейном элементе $R1$.

Предъявить схему для проверки преподавателю.

3.3. Снять вольтамперную характеристику нелинейного элемента $R1$. Для этого установить регулятор напряжения автотрансформатора в крайнее левое положение, включить последовательно модули питания (выключатель $QF1$), автотрансформатора (выключатель $SA1$), измеритель мощности. На измерителе мощности установить режим измерения постоянного тока. Увеличивая плавно напряжение питания провести необходимые измерения при изменении тока от 0 до 80... 100 мА. Результаты измерений занести в табл. 1. Выключить электропитание стенда.

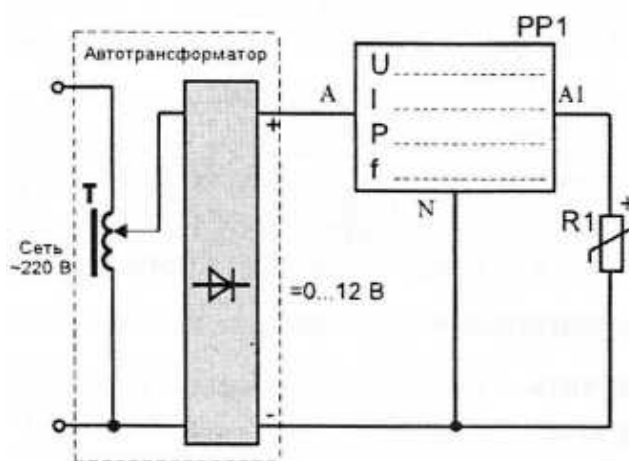


Рис. 1

Таблица 1

U, В	0								
I, А	0								

3.4. Собрать цепь с последовательным соединением лампы накаливания HL и резистора $R2$. Величину сопротивления резистора установить по указанию преподавателя. Снять вольтамперную характеристику лампы накаливания, резистора $R2$ и всей цепи. Выполнять аналогично п. 3.3. Результаты измерений занести в табл. 2.

Таблица 2

U, В	0								
I, А	0								
U_L , В	0								
U_R , В	0								

3.5. Собрать разветвленную нелинейную электрическую цепь (рис. 2) и предъявить её для проверки преподавателю.

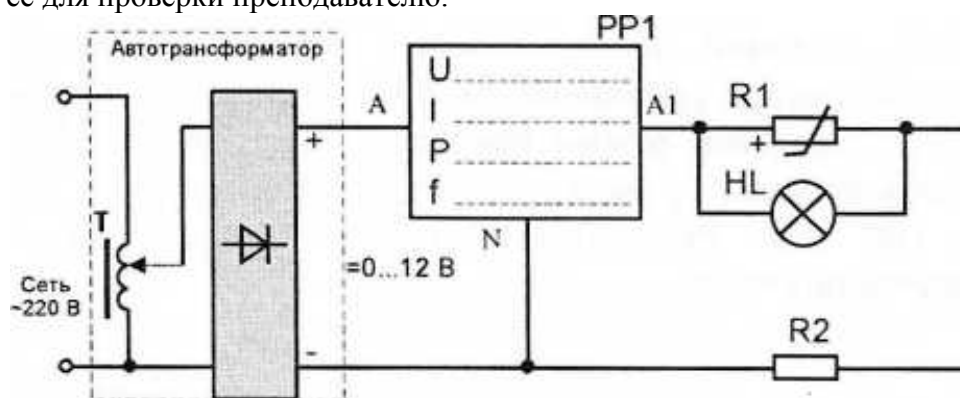


Рис. 2

3.6. Включить электропитание стенда и снять вольтамперную характеристику всей цепи $U_{ЭКСП}=f(I)$. Выполнять аналогично п. 3.3. Результаты измерений занести в табл. 3. Выключить электропитание.

Таблица 3

U, В	0								
I, А	0								

3.7. Построить по экспериментальным данным вольтамперные характеристики отдельных элементов цепи.

3.8. Записать уравнения законов Кирхгофа для исследуемой цепи. Используя результаты эксперимента, построить расчетную вольтамперную характеристику всей цепи $U_{РАСЧ}=f(I)$. Здесь же нарисовать полученную экспериментальную вольтамперную характеристику цепи $U_{ЭКСП}=f(I)$ и сравнить их.

3.9. Для указанного преподавателем значения входного напряжения выполнить графический расчет токов ветвей и напряжений на отдельных участках цепи по рис. 2. Результаты расчета занести в табл. 4.

Таблица 4

	U, В	U_1 , В	U_2 , В	I_{R1} , А	I_{HL} , А	I, А
Расчет						
Эксперимент						

3.10. Для проверки расчета нелинейной цепи собрать электрическую цепь по рис. 3 и предъявить её для проверки преподавателю. В качестве амперметров использовать мультиметры в режиме измерения постоянного тока в режиме «мА». После проверки схемы включить электропитание и установить заданное значение входного напряжения U . Измерить токи I_{R1} и I_{HL} измерить напряжения U_1 и U_2 на отдельных участках цепи. Определить величину тока I . Результаты занести в табл. 4.

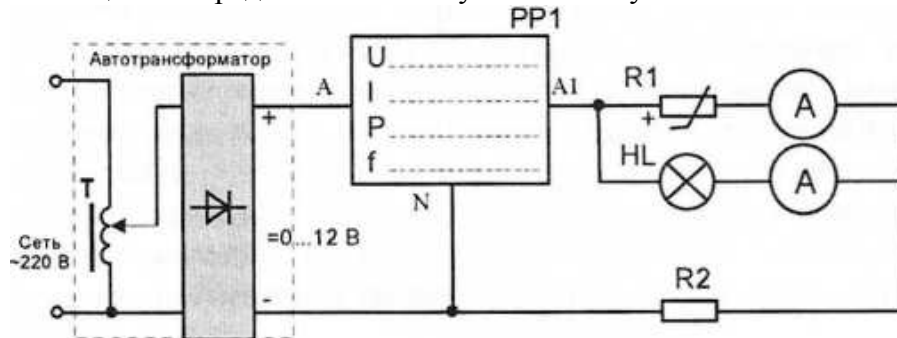


Рис. 3

3.11. Сделать вывод об особенностях применения законов Кирхгофа в нелинейной цепи постоянного тока.

3.12. Рассчитать статическое и дифференциальное сопротивления нелинейного элемента при указанном преподавателем значении напряжения.

4. Содержание отчета

Отчет по работе должен содержать:

- наименование и цель работы;
- схемы экспериментов и таблицы с результатами измерений;
- расчетные и экспериментальные вольтамперные характеристики;
- сравнение результатов расчета с экспериментальными данными;
- выводы.

5. Контрольные вопросы

Что такое «нелинейный элемент» в электрической цепи?

5.1. Привести примеры нелинейных элементов электрических цепей и их вольтамперных характеристик.

5.2. Почему для нелинейной цепи удобен графический способ анализа?

5.3. Справедливы ли для нелинейных цепей законы Кирхгофа?

5.4. Как построить вольтамперную характеристику последовательного соединения нелинейных элементов?

5.5. Как построить вольтамперную характеристику параллельного соединения нелинейных элементов?

5.6. Как определяется статическое сопротивление нелинейного элемента? Будет ли оно одинаковым для разных точек вольтамперной характеристики нелинейного элемента?

5.7. Как определяется динамическое сопротивление нелинейного элемента? Будет ли оно одинаковым для разных точек вольтамперной характеристики нелинейного элемента?

Лабораторная работа № 6. НЕЛИНЕЙНАЯ ЦЕПЬ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

1. Цель работы

Экспериментальное исследование вольтамперных характеристик катушки индуктивности с ферромагнитным сердечником и конденсатора. Изучение формы кривой тока в катушке с сердечником. Знакомство с явлением феррорезонанса. Сравнение экспериментальных результатов с расчетными данными. Знакомство с работой двустороннего ограничителя уровня напряжения.

2. Предварительное домашнее задание

2.1. Изучить тему «Нелинейные цепи переменного тока», содержание данной лабораторной работы и быть готовым ответить на все контрольные вопросы к ней.

2.2. Нарисовать принципиальные электрические схемы исследуемых цепей с измерительными приборами.

3. Порядок выполнения работы

3.1. Ознакомиться с лабораторной установкой (модуль питания, модуль нелинейных элементов, модуль автотрансформатора, модуль реактивных элементов, модуль мультиметров, измеритель мощности, осциллограф).

3.2. Для снятия вольтамперной характеристики катушки с сердечником собрать электрическую цепь по рис. 1. В качестве регулируемого источника переменного напряжения использовать выход пониженного переменного напряжения автотрансформатора $\sim 0 \dots 12$ В (модуль автотрансформатора). Подключить параллельно добавочному резистору R_3 модуля нелинейных элементов выводы осциллографа. Установить пределы измерений напряжения и тока у измерителя мощности «30 В» и «0,2 А» соответственно. Установить ручку автотрансформатора в крайнее левое положение. Представить схему для проверки преподавателю.

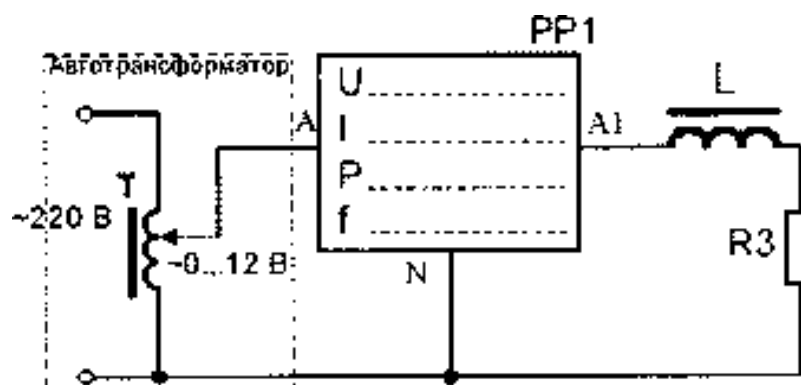


Рис. 1

3.3. Изменяя величину выходного напряжения автотрансформатора от нуля, снять вольтамперную характеристику катушки с ферромагнитным сердечником. При проведении измерений наблюдать с помощью осциллографа форму кривой тока в цепи. Для этого подключить осциллограф к резистору R_3 . При проведении опытов не допускать превышения тока свыше 250 мА. Результаты измерений занести в табл. 1. При последнем измерении зарисовать осциллограмму кривой тока. Выключить электропитание стенда.

Таблица 1

$U_k, \text{ В}$	0						
$I, \text{ А}$							

3.4. Для снятия вольтамперной характеристики конденсатора подключить к выходу автотрансформатора вместо катушки с сердечником батарею конденсаторов (модуль реактивных элементов). Величину емкости батареи конденсаторов установить по указанию преподавателя. Снять вольтамперную характеристику конденсатора, изменяя выходное напряжение автотрансформатора от нуля. Результаты измерений занести в табл. 2. Выключить электропитание.

Таблица 2

$U_K, В$	0						
$I, А$							

3.5. Используя полученные экспериментальные результаты, построить в одной системе координат вольтамперные характеристики катушки с ферромагнитным сердечником и конденсатора. Для случая последовательного соединения катушки с ферромагнитным сердечником и исследованного конденсатора построить вольтамперную характеристику такой цепи и по ней определить величину напряжения, при котором будет наблюдаться триггерный эффект (феррорезонанс).

3.6. Собрать электрическую цепь с последовательным соединением катушки с ферромагнитным сердечником и конденсатора (рис. 2) и представить для проверки преподавателю.

3.7. Плавно изменяя величину выходного напряжения автотрансформатора, снять вольтамперную характеристику всей цепи при увеличении и уменьшении входного напряжения. Обратит внимание на скачок тока при увеличении и уменьшении напряжения. Результаты измерений занести в табл. 3. Выключить электропитание.

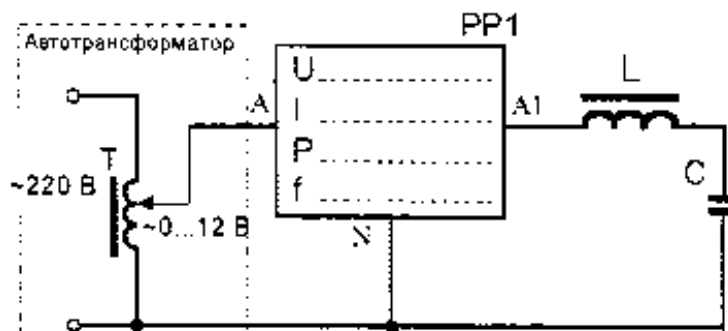


Рис. 2

Таблица 3

$U_{увел}, В$	0	2	4	6	8	10	12
$I_{увел}, В$							
$U_{уменьш}, В$	12	10	8	6	4	2	0
$I_{уменьш}, В$							

3.8. По экспериментальным результатам построить ВАХ цепи с последовательным соединением катушки с ферромагнитным сердечником и конденсатора. Сравнить полученную характеристику с расчетной характеристикой.

3.9. Ознакомиться с работой ограничителя уровня напряжения. Для этого собрать схему по рис. 3. Подключить осциллограф параллельно двуханодному стабилитрону VD3.

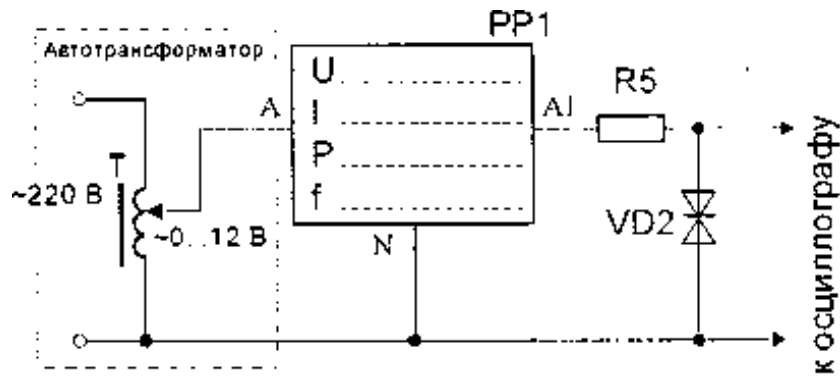


Рис. 3

После проверки схемы преподавателем плавно увеличивая выходное напряжение автотрансформатора наблюдать по осциллографу форму выходного напряжения. Обратит внимание на величину тока, при котором начинается ограничение выходного напряжения. Измерить осциллографом амплитуду напряжения на стабильтроне, при котором начинается ограничение выходного напряжения. Сравнить полученные значения тока и напряжения с паспортными данными стабильтрона КС162А (табл. 4). Зарисовать осциллограммы наибольшего входного и соответствующего выходного напряжений. Выключить электропитание.

Таблица 4

Напряжение стабилизации номинальное	Минимальный ток стабилизации	Максимальный ток стабилизации	Эффективное значение синусоидального тока в режиме двустороннего ограничения на частоте 50 Гц	Рассеиваемая мощность
6,2 В	3 мА	22 мА	22 мА	75 мВт

5. Содержание отчета

Отчет по работе должен содержать:

- наименование и цель работы;
- схемы экспериментов и таблицы с результатами измерений;
- расчетные и экспериментальные вольтамперные характеристики;
- осциллограммы напряжений и токов;
- сравнение результатов расчета с экспериментальными данными;
- выводы о свойствах исследованных цепей.

6. Контрольные вопросы

6.1. Объяснить назначение ферромагнитного сердечника катушки индуктивности.

6.2. Пояснить влияние сердечника на величину индуктивности катушки.

6.3. Как изменится вольтамперная характеристика катушки индуктивности при наличии воздушного зазора в сердечнике?

6.4. Почему ферромагнитный сердечник часто выполняется из изолированных друг от друга пластин электротехнической стали?

6.5. Объяснить причину искажения синусоидальной формы тока при питании катушки индуктивности синусоидальным напряжением.

6.6. Как определить параметры схемы замещения катушки с ферромагнитным сердечником?

6.7. Каким образом в цепи с последовательным соединением линейной катушки индуктивности и конденсатора можно обеспечить возникновение резонанса напряжений?

6.8. В чем особенности явления феррорезонанса напряжений?

6.9. Почему с увеличением емкости конденсатора возможно изменение величины питающего напряжения, при котором происходит триггерный эффект?

6.10. Каково практическое применение феррорезонансных явлений?

6.11. Объяснить причину изменения формы выходного напряжения у ограничителя уровня напряжения.