

Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана

Журнал лабораторных работ по курсу
«Электротехника и электроника»
(раздел «Линейные электрические цепи»)

Выполнил студент _____
Группа _____
Дата _____

Москва
Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана
2010

УДК 621.3

ББК 31.2

Ж92

Рецензент *A. B. Смирнов*

Журнал лабораторных работ по курсу «Электротехника и электроника» (раздел «Линейные электрические цепи»)
Ж92 / Л. А. Сперанская, В. В. Лаврентьев, В. И. Волченков и др.
– М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010. – 16, [4] с. : ил.

Журнал содержит задания и порядок выполнения лабораторных работ № 1 и 3 по разделу «Линейные электрические цепи», электрические схемы исследуемых устройств, таблицы для записи экспериментальных и расчетных данных, размерные сетки и свободное место для построения необходимых графиков зависимостей и векторных диаграмм соответственно.

Для студентов 2-го и 3-го курсов машиностроительных специальностей факультетов МТ, РК, СМ, Э, АК, ФН, ИБМ, РКТ.

УДК 621.3

ББК 31.2

Лабораторная работа № 1

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Цель работы:

- исследовать режимы работы линейной электрической цепи постоянного тока;
- экспериментально определить внешнюю характеристику источника электрической энергии и рассчитать параметры его схемы замещения;
- оценить влияние параметров элементов цепи на энергетические соотношения при различных режимах работы электрической цепи;
- ознакомиться с электроизмерительными приборами в цепях постоянного тока.

Описание лабораторного стенда

Лабораторная работа выполняется на универсальном лабораторном стенде.

Электрическая схема содержит:

$E1$ — нерегулируемый источник напряжения с ЭДС $E1$;
 $E2, E3$ — регулируемые источники напряжения с ЭДС $E2$ и $E3$,
значения которых изменяют лабораторным автотрансформатором
(ЛАТРом) $T1$;

$T1$ — лабораторный автотрансформатор (ЛАТР), расположенный на стенде слева внизу. Напряжение регулируют двумя галетными переключателями (расположены на стенде справа внизу): левый переключатель позволяет регулировать напряжение от 0 до 210 В с шагом $\Delta U = 10$ В, правый — от 0 до 10 В с шагом $\Delta U = 1$ В;

S42 — выключатель ЛАТРа, обеспечивающий регулирование напряжения левым галетным переключателем в нижнем положении — от 0 до 100 В против хода часовой стрелки (синяя шкала), в верхнем положении — от 110 В до 210 В по ходу часовой стрелки (красная шкала);

S45 — выключатель ЛАТРа (включен — вверх, выключен — вниз);

S2 — выключатель источника *E1* (включен — влево, выключен — вправо);

S3 — выключатель источника *E2* (включен — вправо, выключен — влево);

S4 — выключатель источника *E3* (включен — вверх, выключен — вниз);

«+»/«-» — переключатель полярности амперметров *A1* и *A2*;

A1, *A2* — амперметры магнитоэлектрической системы;

V1, *V2* — вольтметры магнитоэлектрической системы, имеющие шкалу с номинальным напряжением 100 В (под ними имеются переключатели, позволяющие выбирать номинальное напряжение 100 или 50 В, соответственно изменяется цена деления шкалы прибора);

R1...*R7* — резисторы;

R17 — резистор, регулируемый двумя галетными переключателями (в работе использовать левый переключатель с диапазоном от 100 Ом до нуля с шагом $\Delta R = 10 \text{ Ом}$);

S1 — общий выключатель электропитания стенда (включен — вверх, выключен — вниз).

Задания и порядок выполнения работы

Задание 1. Исследовать неразветвленную электрическую цепь с одним источником энергии (рис. 1).

Для выполнения задания необходимо следующее.

1. Выбрать на стенде схему с одним источником постоянного напряжения *E3*.

2. Убедиться, что стенд обесточен (*S1* выключен) и все выключатели (*S2*, *S3*, *S4*, *S45*) находятся в положении «выключено».

3. Присоединить вольтметр *V1* параллельно источнику *E3*.

4. Установить выключатель *S42* в положение, при котором напряжение на выходе ЛАТРа регулируется от 0 до 100 В (вниз), и

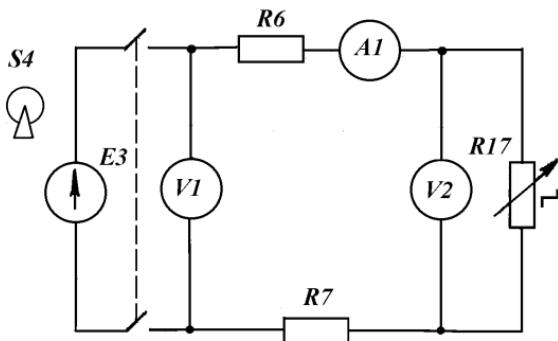


Рис. 1

убедиться, что ручки галетных переключателей находятся в нулевом положении.

5. Включить $S1$ (перевести его в верхнее положение).
6. Включить $S45$ и $S4$ и установить на источнике $E3$ напряжение $U = 20$ В.

7. Выключить $S4$.

8. Собрать электрическую схему (см. рис. 1) и предъявить для проверки преподавателю.

9. Для вольтметров $V1$ и $V2$ установить диапазон измерений 50 В, сопротивление резистора $R17$ установить равным 100 Ом.

10. Включить $S4$ и снять экспериментально внешнюю характеристику источника $E3$, дискретно изменяя сопротивление на резисторе $R17$ в сторону уменьшения, начиная со 100 Ом, что будет сопровождаться увеличением тока. При этом показания амперметра $A1$ не должны превышать 0,3 А! Результаты измерений занести в табл. 1.

Закончив измерения, стенд обесточить (все выключатели вернуть в исходное положение).

11. По результатам опытов (см. табл. 1) рассчитать мощность P , выделяемую на резисторе $R17$, для каждого значения тока. Полученное записать в табл. 1. Зафиксировать наличие экстремума мощности при определенном значении тока, что указывает на достижение согласованного режима работы источника питания с нагрузкой.

Построить внешнюю характеристику источника $E3$ $U_1 = f(I)$ с внутренним сопротивлением R_{03} и характеристику $U_2 = f(I)$

Таблица 1

$R17$, Ом	$A1$, А	$V1$, В	$V2$, В	$P = IU_2$, Вт
—	0			
100				
80				
60				
40				
20				

с искусственно увеличенным внутренним сопротивлением $R_0 = R_{03} + R6 + R7$, а также график зависимости $P = f(I)$ в одних осях координат (рис. 2).

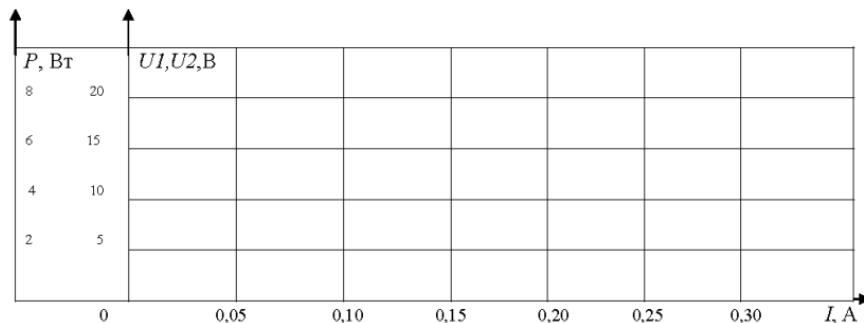


Рис. 2

12. Определить по результатам проведенных исследований:
 - а) параметры $E3$ и R_{03} ;
 - б) суммарное значение сопротивлений резисторов $R6 + R7$;
 - в) значение сопротивления резистора $R17$, при котором на нем выделяется максимальная мощность P_{\max} (согласованный режим);
 - г) значение КПД источника η при согласованном режиме работы, приняв за внутреннее сопротивление источника $R_0 = R_{03} + R6 + R7$, а за нагрузку — резистор $R17$.
13. Занести результаты вычислений п. 12 в табл. 2.
14. Записать уравнение баланса мощностей.

15. Рассчитать мощность источника P_{ii} и сумму мощностей потребителей P_{ii} . Результаты вычислений занести в табл. 2.

Таблица 2

E_3 , В	R_{03} , Ом	$(R_6 + R_7)$, Ом	R_{17} , Ом	η	P_{ii} , Вт	P_{ii} , Вт

Примечание. Для выполнения расчетов использовать закон Ома, Первый и Второй законы Кирхгофа, а также уравнение баланса мощности в общем виде

$$\sum_{\rightarrow} E \cdot I + \sum_{\leftarrow} U \cdot I = \sum I_i^2 \cdot R_i + \sum_{\rightarrow} E \cdot I + \sum_{\leftarrow} U \cdot I .$$

Задание 2. Исследовать разветвленную электрическую цепь с двумя источниками энергии $E1$ и $E2$.

Порядок выполнения задания.

1. Выбрать на стенде электрическую схему с двумя источниками $E1$ и $E2$.

2. Измерить величину ЭДС источника $E1$. Для этого: подключить вольтметр $V1$ параллельно источнику $E1$, включить питание стенда переключателем $S1$, переключатель $S2$ поставить в положение 1. Результаты измерения занести в табл. 3. Установить ручки галетных переключателей ЛАТРа в нулевое положение. Выключить $S1$.

Таблица 3

Измерено					Вычислено
$E1$, В	$E2$, В	$U3$, В	$I1$, А	$I3$, А	$I2$, А

3. Установить на источнике $E2$ напряжение, равное $E1$. Для этого: а) подключить вольтметр $V1$ параллельно $E2$; б) установить $S3$ в положение 1; в) включить $S1$ и $S45$ и галетными переключателями установить на источнике $E2$ напряжение, равное $E1$; г) выключить $S1$; д) отсоединить вольтметр $V1$ от источника $E2$.

4. Собрать электрическую схему рис. 3 и обязательно предъявить ее для проверки преподавателю.

5. Подключить вольтметр $V1$ параллельно ветви с резистором $R3$ и поставить $S2$ и $S3$ в положение 1.

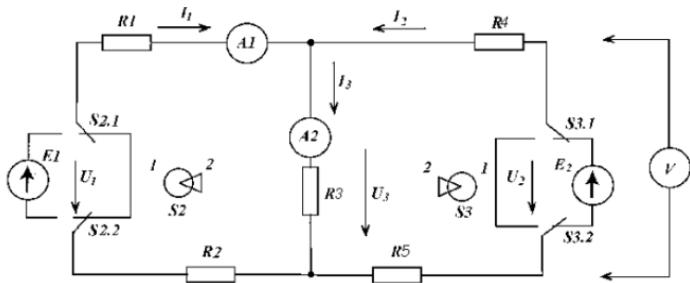


Рис. 3

6. Включить $S1$ и записать показания приборов, измеряющих токи $I1$ и $I3$, а также напряжение $U3$ в табл. 3.

7. Выключить $S1$.

8. Рассчитать значение тока $I2$ и занести его в табл. 3.

9. Рассчитать по данным табл. 3 значения сопротивлений, указанных в табл. 4.

Таблица 4

$R_{01} + R1 + R2$, Ом	$R3$, Ом	$R_{02} + R4 + R5$, Ом	P_i , Вт	P_n , Вт

10. Составить уравнение баланса мощности для исследованной цепи, используя данные измерений и вычислений из табл. 3 и 4. Рассчитать мощность источников P_i и потребителей P_n . Результаты занести в табл. 4.

После выполнения всех расчетов результаты показать преподавателю и, получив его разрешение, разобрать схему.

Задание 3. Записать в табл. 5 данные электроизмерительных приборов $A1$, $V1$ и рассчитать их абсолютные погрешности измерений ΔA .

Таблица 5

Прибор	Обозначение прибора в схеме	Номинальное значение	Цена деления шкалы	Система прибора	Класс точности	Абсолютная погрешность

Лабораторная работа № 3

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА

Цель работы:

- изучение основных свойств, законов и режимов работы линейных электрических цепей синусоидального тока;
- экспериментальное определение значений параметров элементов электрической цепи, изучение их влияния на режим ее работы;
- экспериментальное исследование режимов резонанса напряжений и токов;
- изучение методов построения векторных диаграмм напряжений и токов;
- изучение электроизмерительных приборов электромагнитной и электродинамической систем.

Описание лабораторной установки

Стенд содержит нижеперечисленные элементы:

ЛАТР, $T1$ — регулируемый источник синусоидального напряжения от 0 до 210 В частотой 50 Гц;

$S42$ — выключатель источника $T1$:

а) при положении вниз позволяет регулировать напряжение от 0 до 100 В поворотом левого галетного переключателя против хода часовой стрелки;

б) при положении вверх — от 110 до 210 В поворотом левого галетного переключателя по ходу часовой стрелки.

Правый переключатель позволяет плавно регулировать напряжение от 0 до 10 В;

$S45$ — выключатель источника $T1$, обеспечивающий его включение (вверх) и выключение (вниз).

ВНИМАНИЕ! Включение источника производить, убедившись, что переключатели напряжения находятся в положении «0»;

$C1$ — батарея конденсаторов, соединенных параллельно. Емкость конденсаторов указана в мкФ;

$S17 \dots S27$ — выключатели в батарее конденсаторов (ВКЛ — вверх);

A3, A4, A5, A6 – амперметры электромагнитной системы, номинальные величины которых зависят от положения переключателей под приборами (0,1 А; 0,5 А; 1 А);

V3, V4, V5 – вольтметры электромагнитной системы, номинальные величины которых зависят от положения переключателей под приборами (75 В, 250 В);

W1/W2 – ваттметр электродинамической системы, номинальная величина прибора при нажатой кнопке 75 Вт, при отжатой кнопке – 150 Вт;

L2 – катушка индуктивности (переключатель под катушкой индуктивности должен находиться в положении 2 – катушка с сердечником с зазором);

S12 – выключатель, обеспечивающий подачу напряжения от источника *T1*.

Задания и порядок выполнения работы

Задание 1. Исследовать свойства линейной электрической цепи синусоидального тока при последовательном соединении катушки индуктивности *L2* и батареи конденсаторов *C1*. Исследовать резонанс напряжений.

Для выполнения задания необходимо следующее.

1. Собрать с помощью проводов электрическую схему (рис. 1). Предъявить схему для проверки преподавателю.

2. Поставить выключатель *S42* в положение, при котором напряжение регулируется от 0 до 100 В (вниз). Регуляторы напряжения установить в нулевое положение. Выключатели батареи конденсаторов *C1* поставить в положение «выключено» (вниз).

3. Переключатели под амперметрами включить на 0,5 А, переключатели под вольтметрами – на 250 В. Определить цену деления приборов. Если измеряемые величины меньше значения первого оцифрованного деления, воспользоваться более точной шкалой измерения, цену деления пересчитать.

4. Включить выключатели *S1*, *S45* и *S12*, плавно увеличивать напряжение галетными переключателями ЛАТРа от 0 до 24 В.

5. Изменяя емкость батареи конденсаторов *C1*, установить в цепи резонанс напряжений, которому соответствует максимальное значение общего тока *I*, измеряемое амперметром *A6*, но не более

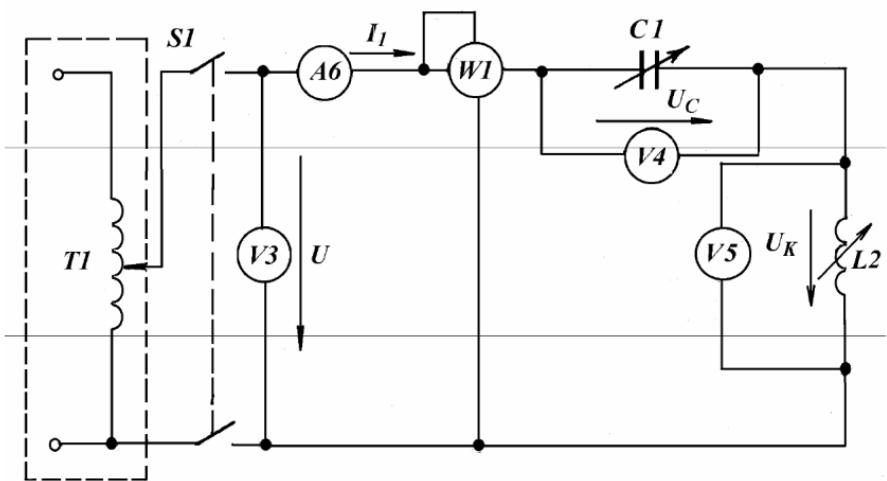


Рис. 1

0,5 А. Если при резонансе значение тока меньше 0,4 А, то можно увеличить напряжение до 30 В (не более).

6. Точность настройки на резонанс проверить по коэффициенту мощности $\cos \varphi = \frac{P}{UI}$, определив цену деления ваттметра. Результаты всех измерений по п. 5 (U, I, U_K, U_c, P) занести в табл. 1 в строку $C = C_{\text{рез}}$.

Таблица 1

Значения C , мкФ	Измерено					Вычислено			
	U , В	I , А	U_K , В	U_c , В	P , Вт	S , ВА	Z , Ом	X_C , Ом	$\cos \varphi$
$C < C_{\text{рез}}$									
$C = C_{\text{рез}}$									
$C > C_{\text{рез}}$									

7. Провести аналогичные измерения для трех значений $C < C_{\text{рез}}$ и трех значений $C > C_{\text{рез}}$, напряжение поддерживать постоянным. Результаты измерений занести в табл. 1.

8. Вычислить S , Z , X_C , $\cos \phi$ по результатам измерений пп. 5 и 7 и занести их в табл. 1.

9. Для цепи, находящейся в состоянии резонанса ($C = C_{\text{рез}}$), произвести необходимые вычисления параметров, указанных в табл. 2. Результаты вычислений занести в табл. 2.

Таблица 2

Вычислено при $C = C_{\text{рез}} =$														
$R = R_K$	Z_K	X_L	L	$\cos \phi_K$	ϕ_K	S_K	Q_L	X	X_C	C	Q_C	$\cos \phi_C$		
Ом	Ом	Гн	Гн	–	град	ВА	ВАр	Ом	Ом	мкФ	ВАр	–		

10. Построить по результатам проведенных измерений и вычислений (табл. 1) графики зависимостей:

- 1) $Z(X_C)$, $I(X_C)$, $\cos \phi(X_C)$ в общих осях координат (рис. 2);
- 2) $P(X_C)$, $S(X_C)$ в общих осях координат (рис. 3).

11. Сделать вывод о том, как зависит характер изменения величин Z , I , $\cos \phi$, P и S от емкостного сопротивления конденсатора X_C .

Выводы:

12. Построить векторные диаграммы цепи в масштабе для трех случаев $C < C_{\text{рез}}$, $C = C_{\text{рез}}$, $C > C_{\text{рез}}$, пояснив их уравнением, составленным по второму закону Кирхгофа.

13. Определить характер эквивалентной нагрузки цепи в каждом случае и указать его под каждой векторной диаграммой (рис. 4).

Задание 2. Исследовать свойства линейной электрической цепи синусоидального тока при параллельном соединении катушки индуктивности и батареи конденсаторов $C1$. Исследовать резонанс токов.

Порядок выполнения задания.

1. Собрать электрическую схему (рис. 5) и предъявить ее для проверки преподавателю.

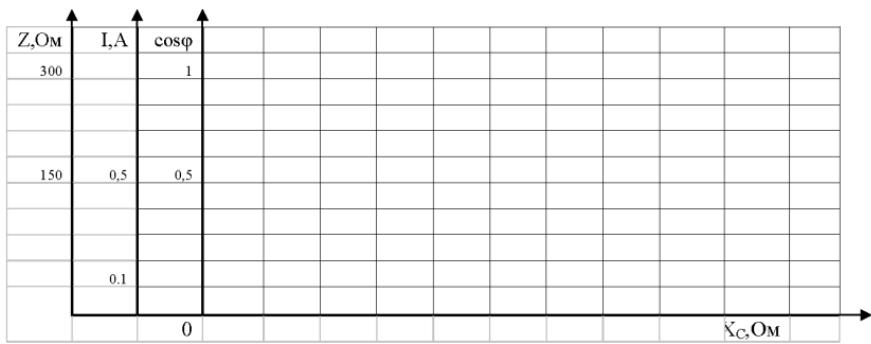


Рис. 2

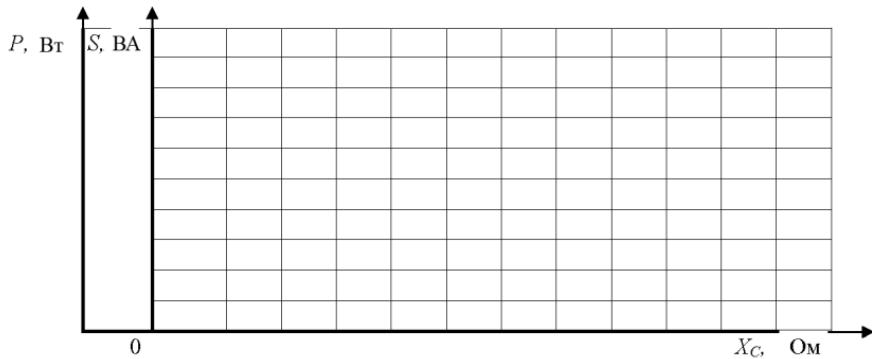
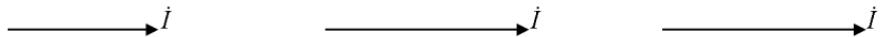


Рис. 3



$$C < C_{\text{рез}}$$

$$C = C_{\text{рез}}$$

$$C > C_{\text{рез}}$$

Рис. 4

2. Включить выключатели $S1$, $S45$ и $S12$, галетным переключателем ЛАТРа установить напряжение $U = 60$ В. Перед включением убедиться, что переключатели ЛАТРа находятся на нуле, а выключатели батареи конденсаторов — в положении «выключено» (вниз).

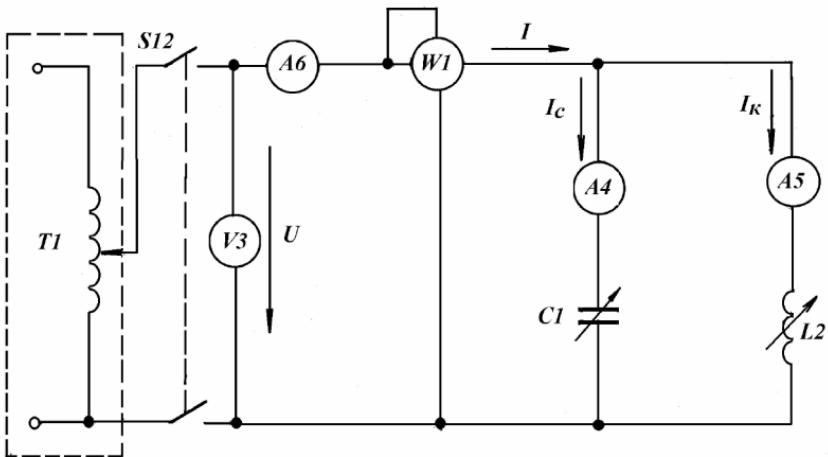


Рис. 5

3. Измерить и записать в табл. 3 при отключенной батарее конденсаторов значения напряжения U , тока I и активной мощности P для катушки индуктивности L_2 . Ток через катушку индуктивности не должен превышать 0,5 А. Вычислить параметры катушки и записать их в табл. 3.

Таблица 3

Измерено			Вычислено								
U , В	I , А	P , Вт	Z , Ом	R , Ом	X_L , Ом	L , Гн	S , ВА	Q , ВАр	$\cos \varphi_K$	φ_K , град	

4. Отключить источник $T1$ (ЛАТР) выключателями $S12$ и $S45$. Переключатели ЛАТРа поставить в нулевое положение.

5. Рассчитать, какую емкость необходимо включить параллельно катушке индуктивности L_2 , чтобы в цепи установить резонанс токов.

6. Выставить расчетное значение $C1_{\text{рез}}$, включить выключатели $S12$ и $S45$ и плавно увеличивать напряжение от 0 В до напряжения, при котором значение общего тока цепи (отслеживать по амперметру $A6$) станет равным 0,15 А. Результаты измерений занести в табл. 4.

Таблица 4

Значения C , мкФ		Измерено				Вычислено			
		U , В	I , А	I_K , А	I_C , А	P , Вт	S , ВА	Z , Ом	X_C , Ом
$C < C_{\text{рез}}$									
$C = C_{\text{рез}}$									
$C > C_{\text{рез}}$									

7. Убедиться, что при резонансе токов общий ток цепи будет минимальным. Точность настройки на резонанс проверить расчетом $\cos \varphi$ (значение $\cos \varphi$ должно быть близко к 1).

8. Произвести аналогичные измерения для трех случаев $C < C_{\text{рез}}$ и трех случаев $C > C_{\text{рез}}$ при постоянном напряжении, значения общего тока цепи не должны превышать 0,5 А. Результаты измерений и расчетов занести в табл. 4.

9. Построить по результатам проведенных измерений и вычислений (см. табл. 4) графики зависимостей:

- 1) $Z(X_C), I(X_C), \cos \varphi(X_C)$ в общих осях координат (рис. 6);
- 2) $P(X_C), S(X_C)$ в общих осях координат (рис. 7).

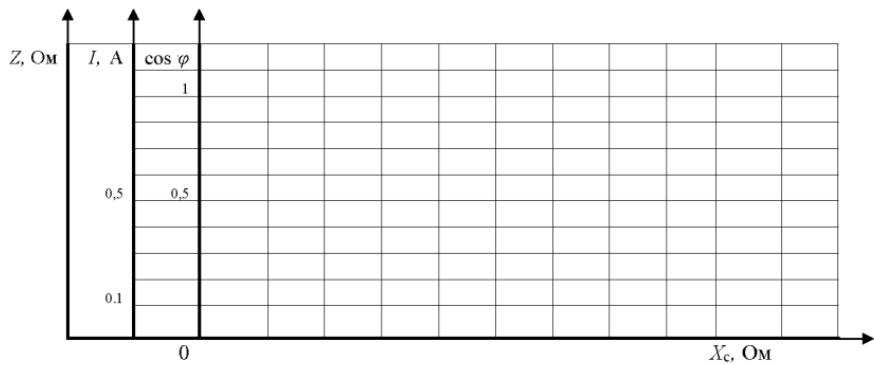


Рис. 6

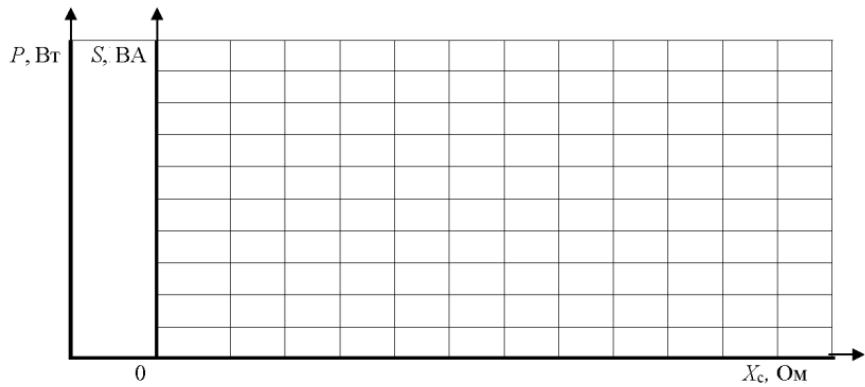


Рис. 7

10. Сделать вывод о том, как зависит характер изменения величин Z , I , $\cos \varphi$, P и S от емкостного сопротивления конденсатора X_C .

Выводы: _____

11. Построить в масштабе векторные диаграммы для каждого случая, указав на них векторы токов и напряжений, а также угол сдвига фаз φ и характер нагрузки. Использовать данные произведенных измерений и расчетов.

12. Рядом с векторной диаграммой указать характер эквивалентной нагрузки (рис. 8).

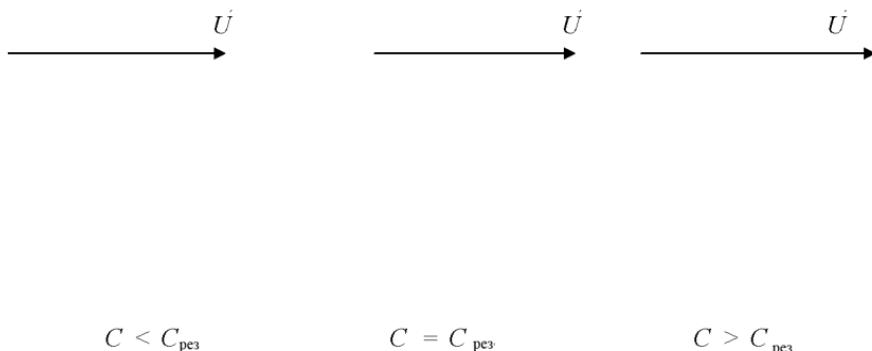


Рис. 8

Задание 3. Ознакомиться с приборами, используемыми в работе. Определить систему прибора, номинальную величину, класс точности и рассчитать абсолютную погрешность измерений. Заполнить табл. 5.

Таблица 5

Наименование прибора	Условное обозначение	Система прибора	Номинальное значение	Класс точности	Относительная погрешность

ЛИТЕРАТУРА

1. *Борисов Ю.М., Липатов Д.Н., Зорин Ю.Н.* Электротехника. М.: Энергоатомиздат, 1985.
2. Электротехника и электроника: В 3 кн. Кн. 1 / В.Г. Герасимов, Э.В. Кузнецов, О.В. Николаева и др.; Под ред. В.Г. Герасимова. М.: Энергоатомиздат, 1996.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Лабораторная работа № 1 Исследование линейных электрических цепей постоянного тока	3
Лабораторная работа № 3 Исследование линейных электрических цепей синусоидального тока.....	9
Литература	18

Учебное издание

Сперанская Людмила Александровна
Лаврентьев Вадим Владимирович
Волченков Валерий Иванович
Корниенко Анатолий Николаевич
Маханьков Виктор Васильевич
Зорин Юрий Николаевич

**Журнал лабораторных работ по курсу
«Электротехника и электроника»
(раздел «Линейные электрические цепи»)**

Редактор *E.K. Кошелева*
Корректор *M.A. Василевская*
Компьютерная верстка *В.И. Товстоног*

Подписано в печать 01.12.2009. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 1,25. Тираж 1500 экз. Изд. № 55.
Заказ

Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана.
Типография МГТУ им. Н.Э. Баумана.
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., 5.