

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ВЫПОЛНЕНИЮ
лабораторных работ по разделу
“ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ”
курса
“ОБЩАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА”

Воропаев В.В.

ТВЕРЬ 2007

Методические указания содержат описание 8 лабораторных работ, охватывающих вопросы теории электрических цепей. В работах проводятся исследования свойств и характеристик линейных цепей постоянного тока, цепей однофазного синусоидального тока с последовательным и параллельным соединением реактивных сопротивлений (резонанс напряжений и токов), цепей с взаимной индуктивностью, трёхфазных цепей с соединением нагрузок звездой и треугольником, цепей периодического несинусоидального тока и экспериментальная проверка законов коммутации на примере цепей постоянного тока.

Объём изучаемого материала охватывает широкий круг вопросов и является достаточным для освоения раздела “Электрические цепи” курса “Общей электротехники”.

Составитель: к.т.н. Воропаев В.В.

Лабораторная работа № 1
Исследование линейной цепи постоянного тока

Цель работы

1. Исследование электрического состояния цепи с одним источником питания при смешанном соединении пассивных элементов, проверка свойства линейности.
2. Экспериментальная проверка метода наложения.
3. Экспериментальное исследование выделения максимальной мощности в сопротивлении нагрузки активного двухполюсника.
4. Экспериментальная проверка метода эквивалентного генератора (активного двухполюсника).

Рабочее задание

1. Исследование электрического состояния цепи с одним источником питания.

1.1. Собрать схему рис. 1.1. Установить заданный преподавателем режим, измерить токи в ветвях схемы и напряжения на её участках. Результаты измерений свести в таблицу 1.1 (первая строка).

1.2. Уменьшить входное напряжение источника и измерить токи в ветвях и напряжения на участках схемы при двух значениях входного напряжения. Результаты измерений свести в таблицу 1.1 (вторая и третья строки).

1.3. Установить на входе схемы первоначальное напряжение и измерить токи в ветвях и напряжения на участках схемы для сопротивления R_2 равного половине своего первоначального значения и равного нулю. Результаты измерений свести в таблицу 1.1 (четвёртая и пятая строки).

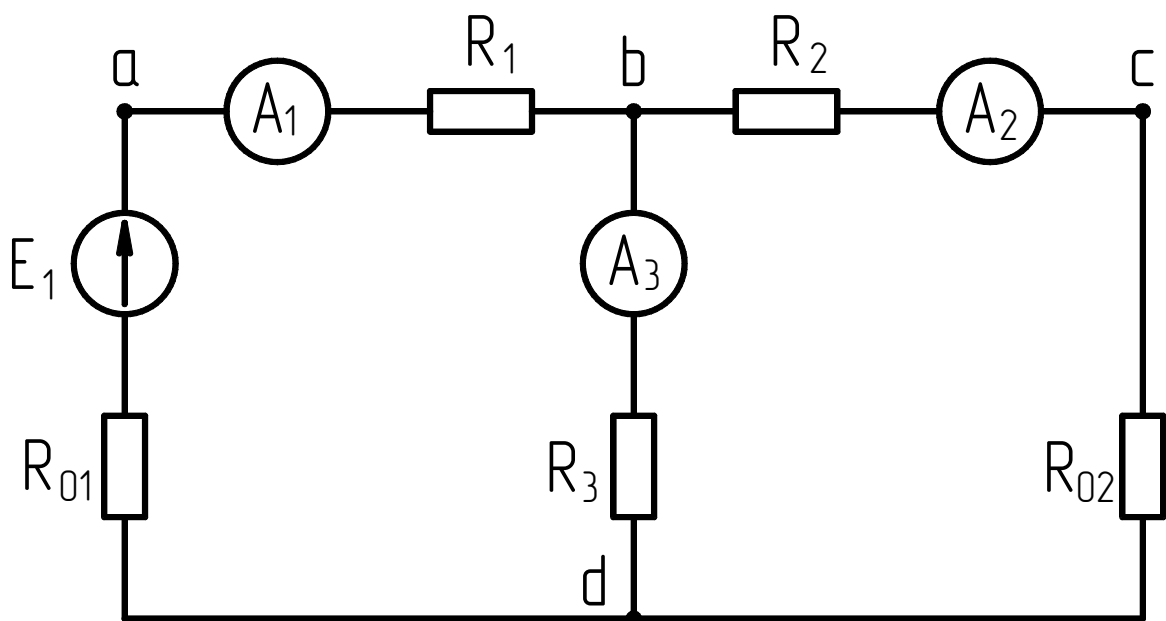


Рис. 1.1

1.4. По данным первых трёх строк таблицы 1.1. в одной системе координат построить зависимости I_1 , U_{bd} , $U_{ab} = f(U_{ad})$.

1.5. По данным таблицы 1.1 (строки 4 и 5) в одной системе координат построить зависимости I_1 , I_3 , $U_{ab} = f(I_2)$ и провести обоснование соотношений между токами в ветвях схемы до и после уменьшения сопротивления R_2 . Проверить свойство линейности.

1.6. Произвести вычисления величин эквивалентного входного сопротивления схемы R_3 (относительно узлов ad) и мощностей, выделяющихся в виде тепла на резисторах R_1 , R_2 , R_3 и R_3 при протекании по ним соответствующих электрических токов.

Таблица 1.1

№ п/п	Параметры схемы			Результаты измерений						Результаты вычислений				
	R_1	R_3	R_2'	U_{ad}	U_{ab}	U_{bd}	I_1	I_2	I_3	R_3	P_1	P_3	P_2'	P
	Ом	Ом	Ом	В	В	В	А	А	А	Ом	Вт	Вт	Вт	Вт
1														
2														
3														
4														
5														

Примечание: $R_2' = R_2 + R_{02}$

2. Экспериментальная проверка принципа наложения.

2.1. Собрать цепь по рис. 1.2. Установить значения сопротивлений и ЭДС источников согласно указаниям преподавателя. Установленные значения ЭДС и сопротивлений не изменять в течение всего опыта.

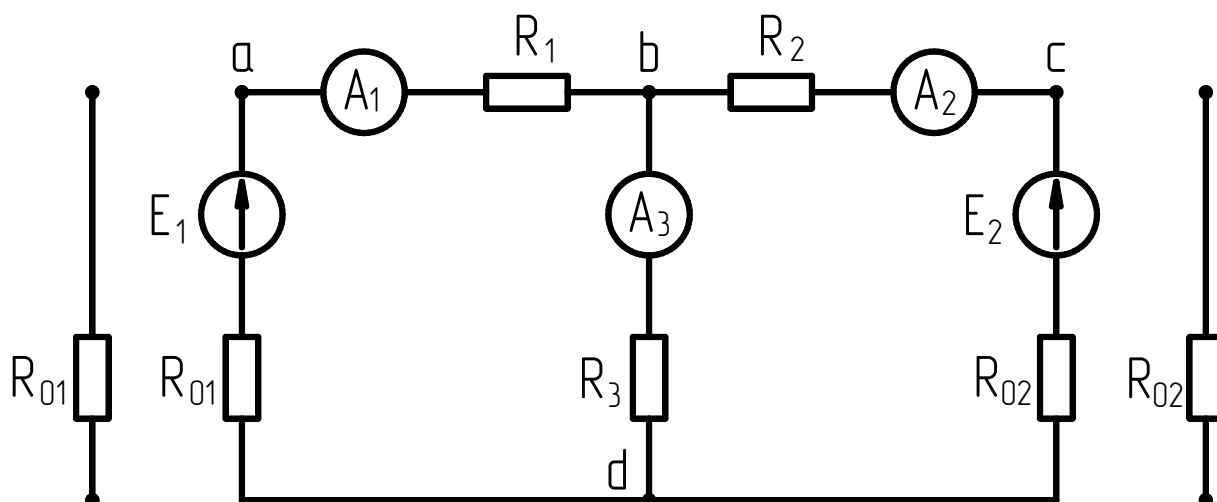


Рис. 1.2

2.2. Подключить оба источника ЭДС и произвести измерения токов и падений напряжений на всех участках электрической цепи. Результаты измерений свести в табл. 1.2 (строка для режима цепи с двумя источниками).

Таблица 1.2

Режим	I_1	I_2	I_3	U_{ad}	U_{ab}	U_{bd}	U_{cd}	U_{bc}	φ_a	φ_b	φ_c	φ_d
№ Подключены	А	А	А	В	В	В	В	В	В	В	В	В
1 E_1, E_2												
2 $E_1 = \text{В}$												
3 $E_2 = \text{В}$												

2.3. Отключить источник ЭДС E_2 , а вместо него к узлам cd подключить сопротивление R_{02} , эквивалентное внутреннему сопротивлению ЭДС E_2 . Произвести измерения частичных токов и падений напряжений на всех участках электрической цепи. Результаты измерений свести в табл. 1.2 (строка для режима цепи с источником E_1). После окончания измерений отключить резистор R_{02} и снова подключить источник ЭДС E_2 .

2.4. Отключить источник ЭДС E_1 , а вместо него к узлам ad подключить сопротивление R_{01} , эквивалентное внутреннему сопротивлению ЭДС E_1 . Произвести измерения частичных токов и падений напряжений на всех участках электрической цепи. Результаты измерений свести в табл. 1.2 (строка для режима цепи с источником E_2).

2.5. Для всех режимов цепи вычислить значения потенциалов узлов a, b, c, d по отношению к узлу с условно-нулевым потенциалом, принятым по табл. 1.3. Результаты расчётов свести в табл. 1.2.

2.6. По результатам измерений сделать вывод о выполнимости принципа наложения для токов, напряжений и потенциалов узлов.

Таблица 1.3

Вариант	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Зануляемый узел	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b

3. Экспериментальное исследование выделения максимальной мощности в сопротивлении нагрузки активного двухполюсника.

3.1. Собрать схему рис. 1.3. В качестве активного двухполюсника принимается подсхема с двумя источниками ЭДС, выделенная относительно узлов bd , а в качестве нагрузки – пассивная цепь с сопротивлением R_3 .

3.2. Установить величины сопротивлений R_1, R_{01}, R_2, R_{02} согласно указаниям преподавателя. Величины указанных сопротивлений не должны изменяться в течение всех последующих измерений.

3.3. Подключить вольтметр к узлам bd . При разомкнутом ключе S_3 измерить значения тока I_3 и напряжения между узлами bd . Результаты занести в таблицу 1.4.

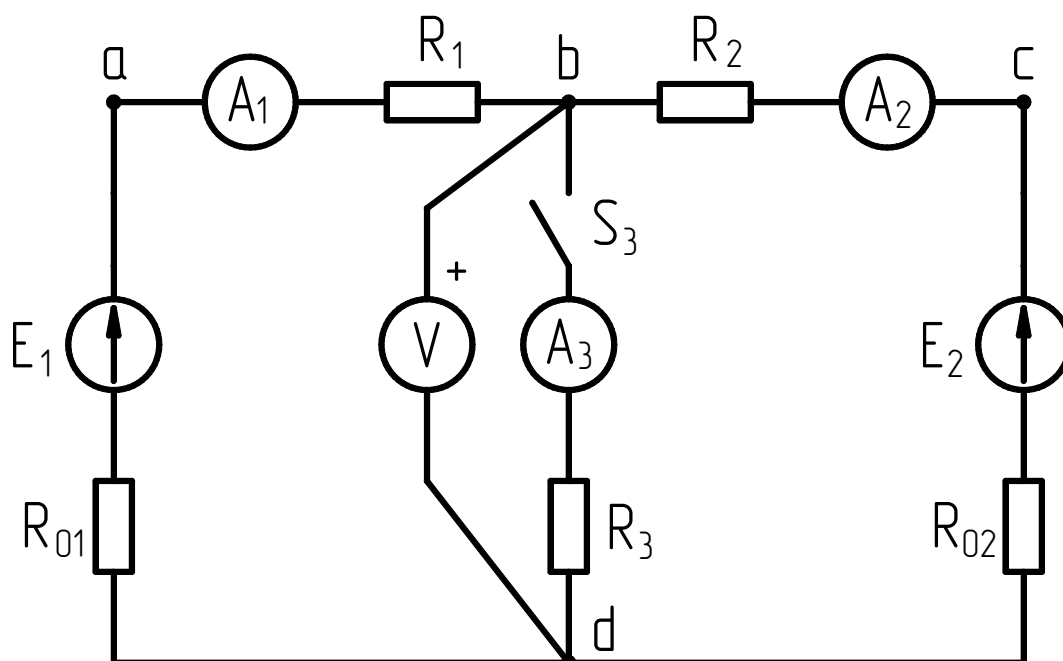


Рис. 1.3

3.4. Замкнуть ключ S_3 и сопротивлением R_3 изменять ток через него (I_3) с шагом 0,1 А. Результаты замеров на каждом шаге изменения тока сводятся в табл. 1.4.

3.5. По результатам измерений вычислить потребляемую сопротивлением R_3 мощность P_3 . Построить график зависимости $P_3 = f(R_3)$. По полученной графической зависимости определить сопротивление R_3 , соответствующее максимальной мощности P_3 , выделяемой в сопротивлении нагрузки активного двухполюсника.

3.6. По известным сопротивлениям схемы-замещения активного двухполюсника вычислить его входное сопротивление $R_{ВХ}$. Определить соотношение полученного $R_{ВХ}$ и снятого с графика R_3 . Сделать вывод о выполнении условия выделения максимальной мощности в сопротивлении нагрузки активного двухполюсника.

Таблица 1.4

$I_3, \text{ А}$	0	0,1	0,2	
$U_{bd}, \text{ В}$				
$R_3, \text{ Ом}$				
$P_3, \text{ Вт}$				

4. Экспериментальная проверка метода эквивалентного генератора.

4.1. В качестве эквивалентного генератора используется активный двухполюсник по подпункту 3 (рис. 1.3) при тех же значениях сопротивлений R_1, R_{01}, R_2, R_{02} . В качестве нагрузки используется сопротивление R_3 .

4.2. Установить произвольное (не нулевое) значение сопротивления R_3 и измерить величины тока I_3 и напряжения U_{bd} . Результаты измерений занести в табл. 1.5.

4.3. Провести опыт холостого хода, для чего разомкнуть ключ S_3 и измерить величину напряжения холостого хода U_{XX} между узлами bd . Результаты измерений свести в табл. 1.5.

4.4. Провести опыт короткого замыкания, для чего при замкнутом ключе S_3 установить нулевое значение сопротивления R_3 . Измерить ток короткого замыкания эквивалентного генератора $I_{KЗ}$ амперметром A_3 . Результаты измерений свести в табл. 1.5.

4.5. По результатам измерений вычислить входное сопротивление эквивалентного генератора $R_{ВХ} = U_{XX} / I_{KЗ}$. Значение $R_{ВХ}$ сравнить с результатами расчётов в п.п. 3.6.

4.6. Методом эквивалентного генератора вычислить ток I_3 и сравнить с экспериментальным значением.

Таблица 1.5

Измерено					Вычислено	
U_{bd}	I_3	R_3	U_{XX}	$I_{KЗ}$	$R_{ВХ}$	I_3
В	А	Ом	В	А	Ом	А

5. Исследование режимов работы источников электрической энергии.

5.1. Собрать схему рис. 1.3. Установить значения сопротивлений и величин ЭДС согласно указаниям преподавателя.

5.2. Изменением сопротивления R_3 для источника с меньшим значением ЭДС установить режимы потребителя, холостого хода, генератора. Для каждого режима измерить токи в ветвях, напряжения на участках цепи и зажимах источников. Результаты измерений свести в табл. 1.6.

5.3. По значениям измеренных напряжений для каждого из режимов работы источника ЭДС вычислить потенциалы узлов a, b, c, d (принимая за нулевой тот же, что и в п.п. 2.5 по табл. 1.3) и построить потенциальные диаграммы для внешнего контура схемы рис. 1.3.

5.4. Для каждого из режимов составить баланс мощности, для чего определить сумму мощностей источников и сумму мощностей потребителей.

5.5. Построить вольт–амперные характеристики обоих источников как линейных элементов (по двум точкам).

Таблица 1.6

Режим	I_1	I_2	I_3	U_{ad}	U_{ab}	U_{bd}	U_{cd}	U_{bc}	R_3	R_1	R_{01}	R_2	R_{02}
	А	А	А	В	В	В	В	В	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом
Генераторный													
Холостой ход													
Потребитель													

Контрольные вопросы

1. Режимы работы источников электрической энергии и их характерные особенности.
2. Способ экспериментального определения значений ЭДС источников.
3. Определения и формульные зависимости основных законов электрических цепей (законов Ома и Кирхгофа).
4. Понятие электрической цепи, узла электрической цепи, ветви, контура.
5. Понятие проводимости ветви.
6. Признаки последовательного соединения элементов цепи. Эквивалентное сопротивление участка цепи с последовательным соединением элементов.
7. Признаки параллельного соединения элементов цепи. Эквивалентное сопротивление участка цепи с параллельным соединением элементов.
8. Метод наложения. Порядок расчёта цепей с несколькими источниками электрической энергии методом наложения.
9. Последовательная и параллельная схемы замещения реального источника электрической энергии.
10. Вольт–амперная характеристика реального источника электрической энергии.
11. Метод эквивалентного генератора (активного двухполюсника). Порядок расчёта.
12. Активный двухполюсник. Условие выделения максимальной мощности в сопротивлении нагрузки активного двухполюсника.

Лабораторная работа № 2
Исследование цепи переменного тока
при последовательном соединении реактивных сопротивлений

Цель работы

1. Исследование явления резонанса напряжений.
2. Экспериментальное изучение влияния изменения одного из параметров электрической цепи на величины тока, мощности и напряжения.

Рабочее задание

1. Собрать схему рис. 2.1. Замкнуть ключ S , подать напряжение на указанную преподавателем катушку индуктивности и провести измерения тока, напряжения и мощности для определения её параметров. Результаты свести в табл. 2.1.
2. Рассчитать величины, указанные в табл. 2.1.
3. Используя параметры катушки индуктивности, рассчитать значение резонансной ёмкости C_0 . Частота питающей сети 50 Гц.
4. Разомкнуть ключ S . Установить ёмкость конденсатора равную резонансной ёмкости (округлив её в мкФ до десятых) и подать напряжение питания, при котором по электрической цепи протекает ток не менее 1 А, но и не более 5 А.
5. Провести измерения тока, напряжения на катушке индуктивности, напряжения на конденсаторе, потребляемой мощности при различных значениях ёмкости конденсатора. Ёмкость увеличивать с одинаковым шагом (взятым в пределах 2 – 10 мкФ) таким образом, чтобы получить 4 – 5 значений ёмкости менее C_0 , значение равное C_0 и 4 – 5 значений ёмкости более C_0 . Результаты измерений свести в табл. 2.2.
6. Рассчитать необходимые величины в табл. 2.2.
7. Построить в масштабе в одной системе координат зависимости U_K , U_A , U_L , $U_C = f(C)$.

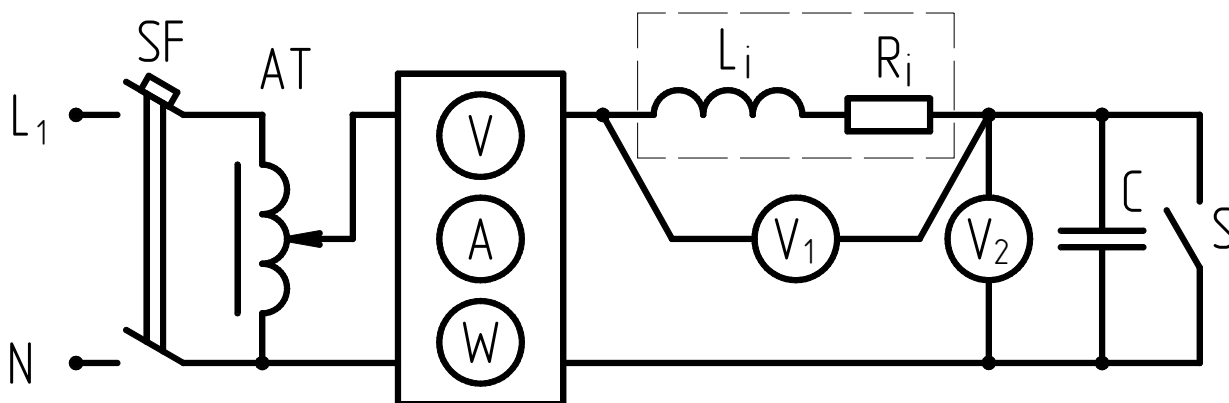


Рис. 2.1

Таблица 2.1

Измерено			Вычислено					
U	I	P	Z_K	R_K	X_L	L	φ_K	Q
В	А	Вт	Ом	Ом	Ом	мГн	град.	–

8. Построить векторные диаграммы напряжений для режимов работы электрической цепи при ёмкости меньшей, равной и большей резонансной ёмкости C_0 .

Таблица 2.2

Измерено						Вычислено				
U	C	I	P	U_K	U_C	Z	X_C	U_A	U_L	φ
В	мкФ	А	Вт	В	В	Ом	Ом	В	В	град.

Контрольные вопросы

1. Резонанс напряжений. Условие его возникновения.
2. Индуктивное и ёмкостное сопротивления. Их зависимость от частоты.
3. Изменение каких параметров электрической цепи может привести к резонансу напряжений.
4. Запишите комплекс полного сопротивления участка цепи, содержащего последовательное соединение L и C , в алгебраической, показательной и тригонометрической формах.
5. Для одной из строк таблицы 2.2 постройте треугольник сопротивлений.
6. Для одной из строк таблицы 2.2 постройте треугольник мощностей.
7. Запишите комплекс полной мощности в алгебраической, показательной и тригонометрической формах.
8. Запишите законы Ома и Кирхгофа применительно к цепям переменного тока.

Лабораторная работа № 3
Исследование цепи переменного тока
при параллельном соединении реактивных сопротивлений

Цель работы

1. Исследование явления резонанса токов.
2. Экспериментальное изучение влияния изменения одного из параметров электрической цепи на величины тока, мощности и напряжения.

Рабочее задание

1. Собрать схему рис. 3.1. Разомкнуть ключ S , подключить указанную преподавателем катушку индуктивности, подать напряжение и провести измерения тока, напряжения и мощности для определения её параметров. Результаты свести в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Измерено			Вычислено					
U	I	P	Z_K	R_K	X_L	L	φ_K	Q
В	А	Вт	Ом	Ом	Ом	мГн	град.	–

2. Рассчитать величины, указанные в табл. 3.1.
3. Используя параметры катушки индуктивности, рассчитать значение резонансной ёмкости C_0 . Частота питающей сети 50 Гц.
4. Замкнуть ключ S . Установить ёмкость конденсатора равную резонансной ёмкости (округлив её в мкФ до десятых) и подать напряжение питания, при котором электрическая цепь потребляет максимальный ток, но не более 5 А.

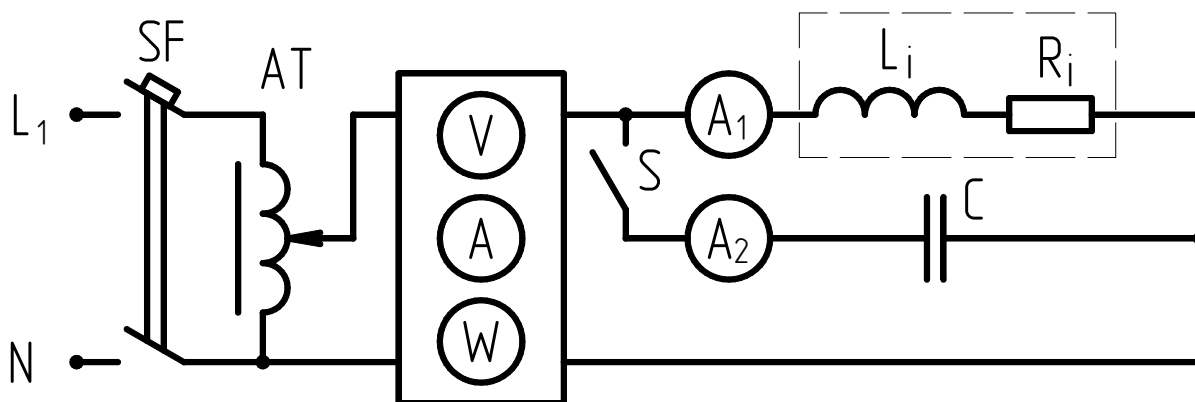


Рис. 3.1

5. Провести измерения силы тока I в неразветвлённой части цепи, силы тока через катушку индуктивности I_1 , силы тока через конденсатор I_2 ,

потребляемой мощности P при различных значениях ёмкости конденсатора. Ёмкость увеличивать с одинаковым шагом (взятым в пределах 2 – 10 мкФ) таким образом, чтобы получить 4 – 5 значений ёмкости менее C_0 , значение равное C_0 и 4 – 5 значений ёмкости более C_0 . Результаты измерений свести в табл. 3.2.

6. Рассчитать величины полного сопротивления цепи Z , потребляемой схемой реактивной мощности Q , полной проводимости цепи Y , реактивной ёмкостной проводимости b_C , угла фазового сдвига φ между током в неразветвлённой части цепи и напряжения питания, активной I_A и реактивной I_L составляющей тока катушки индуктивности, активной g и реактивной b_L проводимостей катушки индуктивности, общую реактивную проводимость электрической цепи b , указанные в табл. 3.2.
7. Построить в масштабе зависимости тока I в неразветвлённой части цепи, активной P и реактивной Q мощностей, потребляемых всей электрической цепью, полной проводимости цепи Y и угла нагрузки φ в функции ёмкости конденсатора, т.е. $I, P, Q, Y = f(C)$.
8. Построить векторные диаграммы токов для режимов работы электрической цепи при ёмкости меньшей, равной и большей резонансной ёмкости C_0 .

Таблица 3.2

Измерено						Вычислено									
U	C	I	P	I_1	I_2	Z	Q	Y	b_C	φ	I_A	I_L	g	b_L	b
В	мкФ	А	Вт	А	А	Ом	вар	См	См	град.	А	А	См	См	См

Контрольные вопросы

1. Резонанс токов. Условие его возникновения.
2. Объяснить зависимость активной мощности от ёмкости конденсатора.
3. Изменение каких параметров электрической цепи может привести к резонансу токов.
4. Запишите комплекс полного сопротивления участка цепи, содержащего параллельное соединение L и C , в алгебраической, показательной и тригонометрической формах.
5. Для одной из строк таблицы 3.2 постройте треугольник сопротивлений.
6. Объяснить зависимость реактивной мощности цепи Q от ёмкости.
7. Для одной из строк таблицы 3.2 постройте треугольник мощностей.
8. Запишите комплекс полной мощности в алгебраической, показательной и тригонометрической формах.
9. Объяснить зависимость угла фазового сдвига φ от ёмкости конденсатора.

Лабораторная работа № 4

Исследование цепи переменного тока с взаимной индуктивностью

Цель работы

1. Экспериментальное исследование соотношений между токами и напряжениями в электрических цепях переменного тока, содержащих магнитосвязанные элементы.
2. Ознакомление с методами определения взаимной индуктивности двух магнитосвязанных катушек.

Рабочее задание

1. Определение параметров катушек.

1.1. Собрать схему рис. 4.1 для определения параметров указанных преподавателем двух магнитосвязанных катушек индуктивности методом амперметра, вольтметра и ваттметра. Установить значения нагрузочных резисторов R_1 и R_2 равными нулю.

1.2. При измерении устанавливать напряжение и пределы измерительных приборов такими, чтобы показания приборов были, по возможности, в правой части шкалы. Это будет способствовать получению более точных результатов измерений.

1.3. Поочерёдно подключая катушки индуктивности ключами S_1 и S_2 , произвести измерения напряжения (U_1 и U_2), тока (I_1 и I_2) и мощности (P_1 и P_2). Результаты измерений свести в табл. 4.1.

1.4. Определить полное Z , активное r и реактивное X_L сопротивления и добротности Q катушек. Результаты расчётов свести в табл. 4.1.

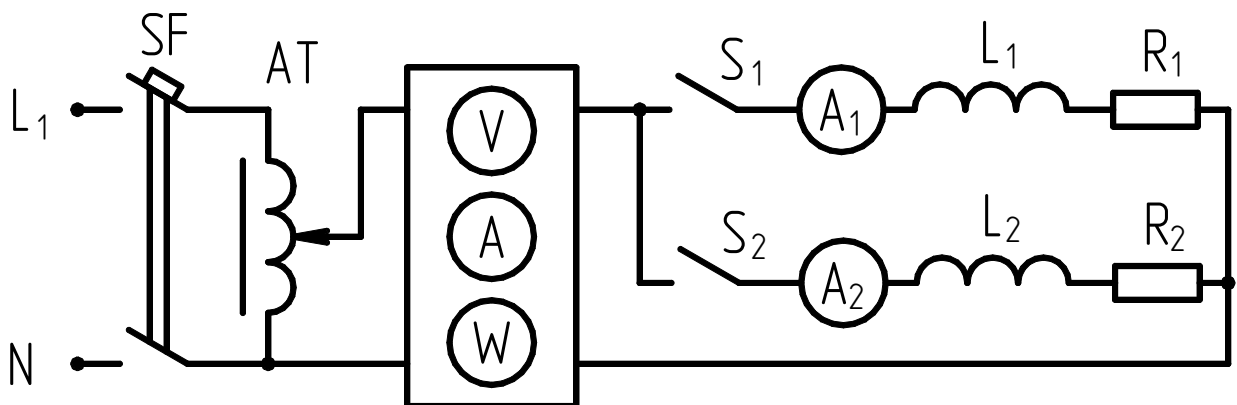


Рис. 4.1

Таблица 4.1

Измерено						Вычислено							
U_1	I_1	P_1	U_2	I_2	P_2	Z_1	r_1	X_{L1}	Q_1	Z_2	r_2	X_{L2}	Q_2
В	А	Вт	В	А	Вт	Ом	Ом	Ом	—	Ом	Ом	Ом	—

2. Последовательное соединение магнитосвязанных катушек индуктивности.

2.1. Соединить исследуемые катушки индуктивности согласно рис. 4.2 и произвести измерения напряжения U_1 , тока I_1 и мощности P_1 . Результаты измерений свести в табл. 4.2.

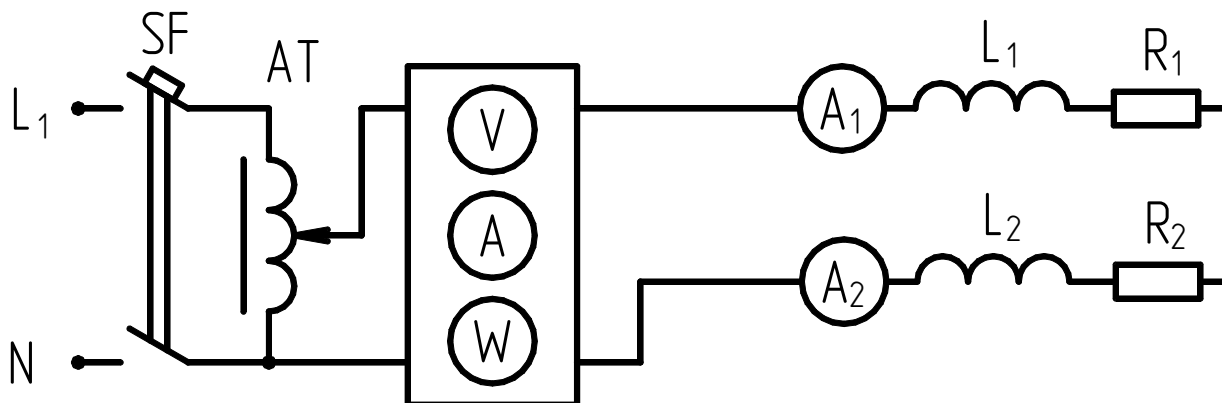


Рис. 4.2

2.2. Изменить направление протекания тока по второй катушке, соединив их в соответствии с рис. 4.3, и произвести измерения напряжения U_2 , тока I_2 и мощности P_2 . Результаты измерений свести в табл. 4.2.

2.3. Определить согласное и встречное включение. Вычислить сопротивление взаимной индукции, взаимную индуктивность и коэффициент связи. Результаты расчётов свести в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Измерено						Вычислено				
U_1	I_1	P_1	U_2	I_2	P_2	$X_{\text{СОГЛ.}}$	$X_{\text{ВСТР.}}$	X_M	M	$K_{\text{СВ}}$
В	А	Вт	В	А	Вт	Ом	Ом	Ом	Гн	—

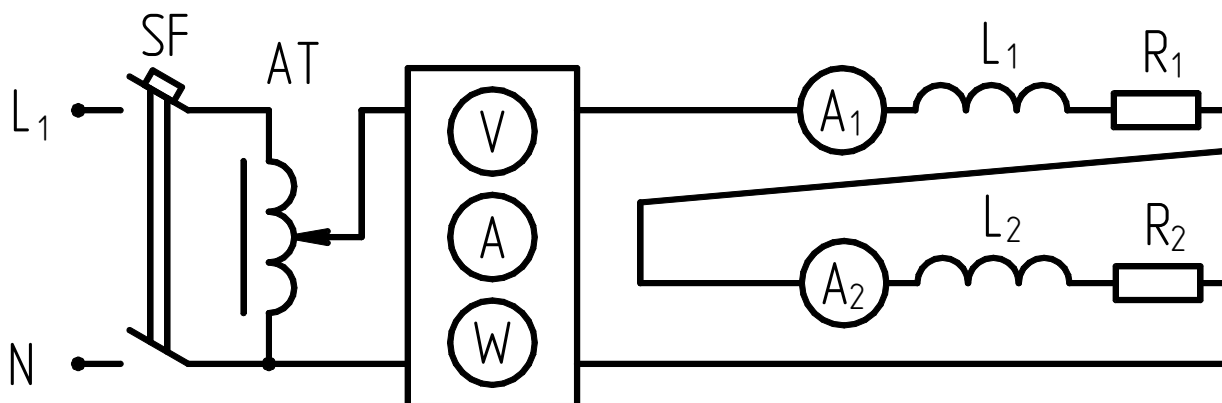


Рис. 4.3

3. Параллельное соединение двух магнитосвязанных катушек индуктивности

3.1. Соединить две магнитосвязанные катушки индуктивности параллельно в соответствии с рис. 4.1. В ветви с катушкой, обладающей меньшей индуктивностью, плавно увеличивать величину нагрузочного сопротивления (R_1 или R_2), начиная с нуля.

3.2. Для 5 – 6 различных значений нагрузки записать в табл. 4.3. значения силы тока I в неразветвлённой части цепи, силы тока в первой I_1 и второй I_2 катушках, подаваемого напряжения U , мощности P , поступающей в цепь, и мощности, поступающие в первую P_1 и вторую P_2 катушки, измеряя их с помощью ваттметра К-50, отключая ненужную при помощи ключей S_1 или S_2 .

3.3. Повторить измерения п.п. 3.2 при соединении двух магнитосвязанных катушек индуктивности в соответствии с рис. 4.4. Результаты измерений свести в табл. 4.3.

3.4. Для ветви с катушкой индуктивности, последовательно с которой вводилось нагрузочное сопротивление, вычислить значения напряжений на самой катушке U_K и на нагрузочном сопротивлении U_R для обеих схем соединения. Результаты расчётов свести в табл. 4.3.

Таблица 4.3

№	Измерено								Вычислено		Примечание
	U	I	I_1	I_2	P	P_1	P_2	R	U_K	U_R	
	В	А	А	А	Вт	Вт	Вт	Ом	В	В	
1 ... 5 (6)								0		0	Соединение по рис. 4.1
1 ... 5 (6)								0		0	Соединение по рис. 4.4

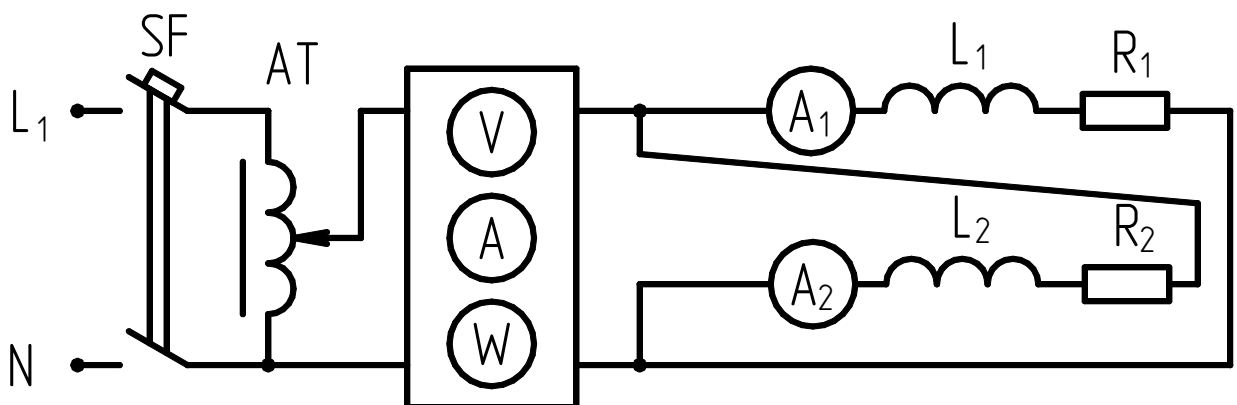


Рис. 4.4

3.5. Для одной из строк с ненулевым значением нагрузочного сопротивления для каждого способа соединения построить совмещённую векторную диаграмму токов и напряжений.

3.6. По диаграммам вычислить активные мощности, поступающие в каждую обмотку и мощность, передаваемую от одной обмотки к другой через магнитное поле. Полученные результаты сравнить с показаниями ваттметра.

Контрольные вопросы

1. Понятие взаимной индуктивности, сопротивления взаимной индукции и коэффициента связи.
2. Способ определения согласного и встречного включения магнитосвязанных катушек индуктивности при их последовательном соединении.
3. Способ определения согласного и встречного включения магнитосвязанных катушек индуктивности при их параллельном соединении.
4. Методика экспериментального определения взаимной индуктивности и коэффициента связи.
5. Составьте уравнения Кирхгофа в дифференциальной форме для согласного и встречного включения магнитосвязанных катушек индуктивности при их последовательном соединении.
6. Составьте уравнения Кирхгофа в дифференциальной форме для согласного и встречного включения магнитосвязанных катушек индуктивности при их параллельном соединении.
7. Влияние нагрузочного сопротивления в одной ветви на ток в другой при параллельном встречном соединении магнитосвязанных катушек индуктивности.
8. Влияние нагрузочного сопротивления в одной ветви на ток в другой при параллельном согласном соединении магнитосвязанных катушек индуктивности.

Лабораторная работа № 5
Исследование трёхфазной цепи при соединении
однофазных электрических нагрузок звездой

Цель работы

1. Изучение закономерностей изменения токов, напряжений и мощностей в трёхфазной цепи, соединённой “звездой” с нейтральным проводом и без него.
2. Определение роли нейтрального провода.
3. Исследование характеристик параметрического источника тока.

Рабочее задание

1. Исследование основных свойств трёхфазной цепи при соединении однофазных электрических нагрузок звездой.

1.1. Собрать схему рис. 5.1. Установить в трёхфазной цепи активную симметричную нагрузку при подключенном нейтральном проводе. Записать фазные токи (I_A , I_B , I_C), фазное напряжение источника U_A , потребляемые мощности (P_A , P_B , P_C), напряжение смещения нейтрали U_{nN} и ток в нейтральном проводе I_N при подключенном нейтральном проводе и без него в табл. 5.1.

1.2. Изменением активных сопротивлений в фазах установить несимметричный режим работы трёхфазной цепи и измерить фазные токи (I_A , I_B , I_C), фазное напряжение источника U_A , потребляемые мощности (P_A , P_B , P_C), напряжение смещения нейтрали U_{nN} и ток в нейтральном проводе I_N при подключенном нейтральном проводе и без него. Результаты измерений свести в табл. 5.1.

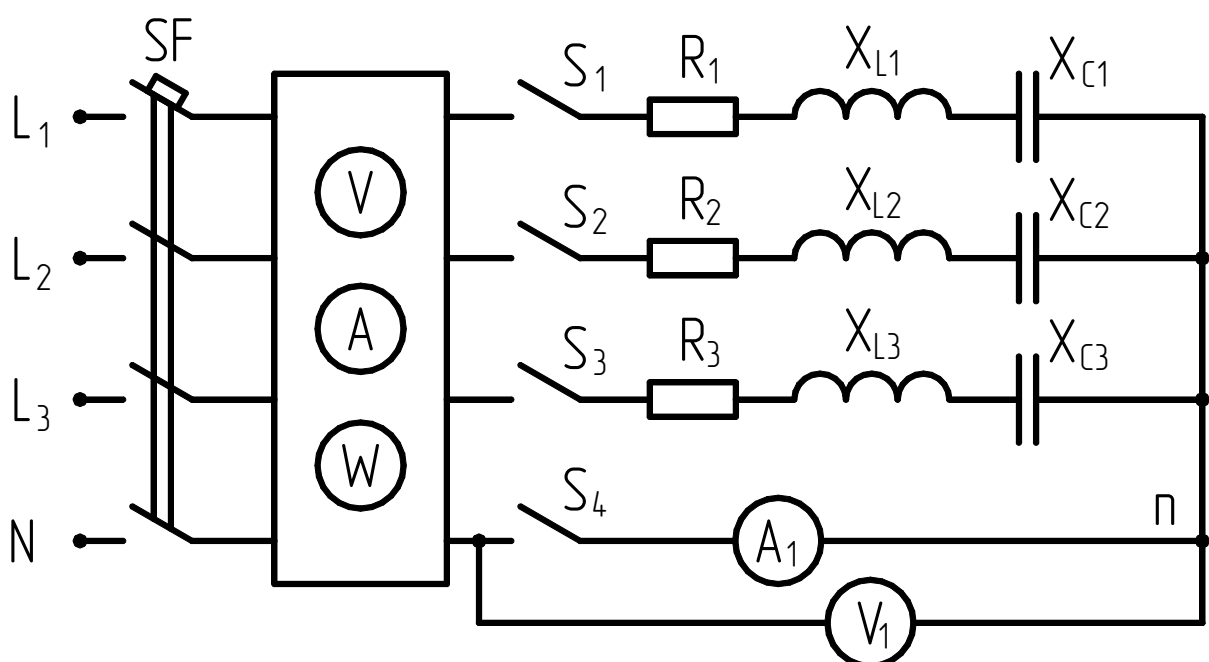


Рис. 5.1.

Таблица 5.1

Режим цепи		Измерено									Вычислено		
		I_A	I_B	I_C	I_N	U_A	U_{nN}	P_A	P_B	P_C	U_a	U_b	U_c
		А	А	А	А	В	В	Вт	Вт	Вт	В	В	В
Симм. акт.	4-х пр.												
	3-х пр.												
Несимм. акт.	4-х пр.												
	3-х пр.												
Несимм. акт. х.х. фазы	4-х пр.												
	3-х пр.												
Несимм. акт. к.з. фазы	4-х пр.												
	3-х пр.												
Несимм. акт.-индукт.	4-х пр.												
	3-х пр.												
Несимм. акт.-ёмкост.	4-х пр.												
	3-х пр.												

1.3. Разомкнув один из выключателей $S_1 - S_3$, установить режим холостого хода одной из фаз потребителя. Измерить фазные токи (I_A, I_B, I_C), фазное напряжение источника U_A , потребляемые мощности (P_A, P_B, P_C), напряжение смещения нейтрали U_{nN} и ток в нейтральном проводе I_N при подключенном нейтральном проводе и без него. Результаты измерений свести в табл. 5.1.

1.4. В одной из фаз установить нулевые значения сопротивлений – режим короткого замыкания фазы. Измерить фазные токи (I_A, I_B, I_C), фазное напряжение источника U_A , потребляемые мощности (P_A, P_B, P_C), напряжение смещения нейтрали U_{nN} и ток в нейтральном проводе I_N при подключенном нейтральном проводе и без него. Результаты измерений свести в табл. 5.1.

1.5. В одной фазе потребителя вместо активного сопротивления ввести индуктивное сопротивление и провести измерения, аналогичные предыдущим пунктам.

1.6. Повторить действия п.п. 6, но ввести не индуктивное, а ёмкостное сопротивление и повторить измерения необходимых величин.

1.7. Зная величины фазных сопротивлений и токи через них, рассчитать значения напряжений в фазах потребителя. Результаты вычислений свести в табл. 5.1.

1.8. Построить в масштабе совмещённые векторные диаграммы напряжений и токов по результатам опытов для четырёхпроводной и трёхпроводной схем. Для векторных диаграмм с реактивными элементами вычислить углы между векторами напряжения и тока.

2. Параметрический источник тока.

2.1. Собрать схему согласно рис. 5.2, для чего отключить нейтральный провод с помощью ключа S_4 , установить в фазе B (L_2) – индуктивное

сопротивление, а в фазе C (L_3) – ёмкостное сопротивление, равные по величине, т.е. $X_{L2} = X_{C3} = X$. В фазе A (L_1) ввести только активное сопротивление R_1 .

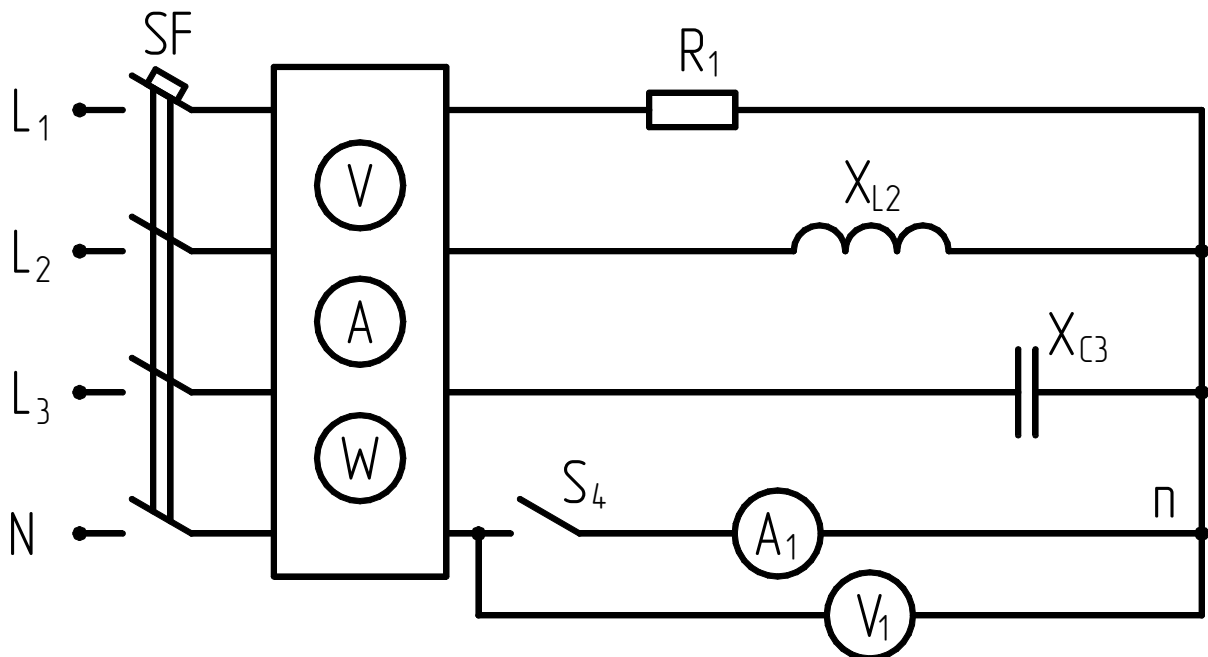


Рис. 5.2.

2.2. Снять зависимость напряжения смещения нейтрали, токов и потребляемых активных мощностей в фазах A (L_1), B (L_2), C (L_3) от величины активного сопротивления R_1 фазы A (L_1), начиная с нулевого значения так, чтобы получить 5 – 6 значений. Результаты свести в табл. 5.2 (опыт № 1).

2.3. Построить зависимость силы тока фазы A (L_1) I_A , напряжения фазы A (L_1) потребителя U_a и суммарной мощности P_Σ , потребляемой всеми тремя фазами, от величины активного сопротивления R_1 в фазе A (L_1).

2.4. Измерить напряжение смещения нейтрали, токи и потребляемые активные мощности в фазах A (L_1), B (L_2), C (L_3), изменяя величину реактивного сопротивления X фаз B (L_2) и C (L_3), чтобы получить 5 – 6 значений. Результаты свести в табл. 5.2 (опыт № 2).

Таблица 5.2

№ опыта	Измерено									Вычислено	
	R_1	X	I_A	I_B	I_C	U_{nN}	P_A	P_B	P_C	U_a	P_Σ
	Ом	Ом	А	А	А	В	Вт	Вт	Вт	В	Вт
1 $X = \text{const}$											
2 $R_1 = \text{const}$											

2.5. Построить зависимость силы тока фазы А (L_1) I_A , напряжения фазы А (L_1) потребителя U_a и суммарной мощности P_Σ , потребляемой всеми тремя фазами, от величины реактивного сопротивления X фаз В (L_2) и С (L_3).

2.6. Построить в масштабе совмещённую векторную диаграмму напряжений и токов по значениям одной из строк табл. 5.2 (с ненулевым сопротивлением R_1).

Контрольные вопросы

1. Принцип построения трёхфазных систем.
2. Понятие симметричной и несимметричной нагрузки.
3. Режимы короткого замыкания и холостого хода фазы в трёхпроводных и четырёхпроводных цепях при соединении нагрузок звездой.
4. Способ определения суммарной полной, активной и реактивной мощностей трехфазного потребителя.
5. Векторная диаграмма напряжений и токов (линейных и фазных) в случае соединения фаз потребителя звездой при симметричных активной, активно-индуктивной, активно-ёмкостной нагрузках.
6. Векторная диаграмма напряжений и токов (линейных и фазных) в случае соединения фаз потребителя звездой при несимметричных активной, активно-индуктивной, активно-ёмкостной нагрузках в трёхпроводной цепи.
7. Соотношения между линейными и фазными напряжениями и токами для соединения фаз потребителя звездой.
8. Опасность обрыва нейтрального провода.
9. Источник тока и источник ЭДС. Основные характеристики и режимы работы.

Лабораторная работа № 6
Исследование трёхфазной цепи при соединении
однофазных электрических нагрузок треугольником

Цель работы

1. Изучение закономерностей изменения токов, напряжений и мощностей в трёхфазной цепи, соединённой “треугольником”.
2. Изучение соотношений между фазными и линейными токами. Влияние параметров электрических нагрузок на режим работы трёхфазной цепи.

Рабочее задание

1. Собрать схему в соответствии с рис. 6.1. Установить напряжение питания, значения сопротивлений в фазах согласно указаниям преподавателя.

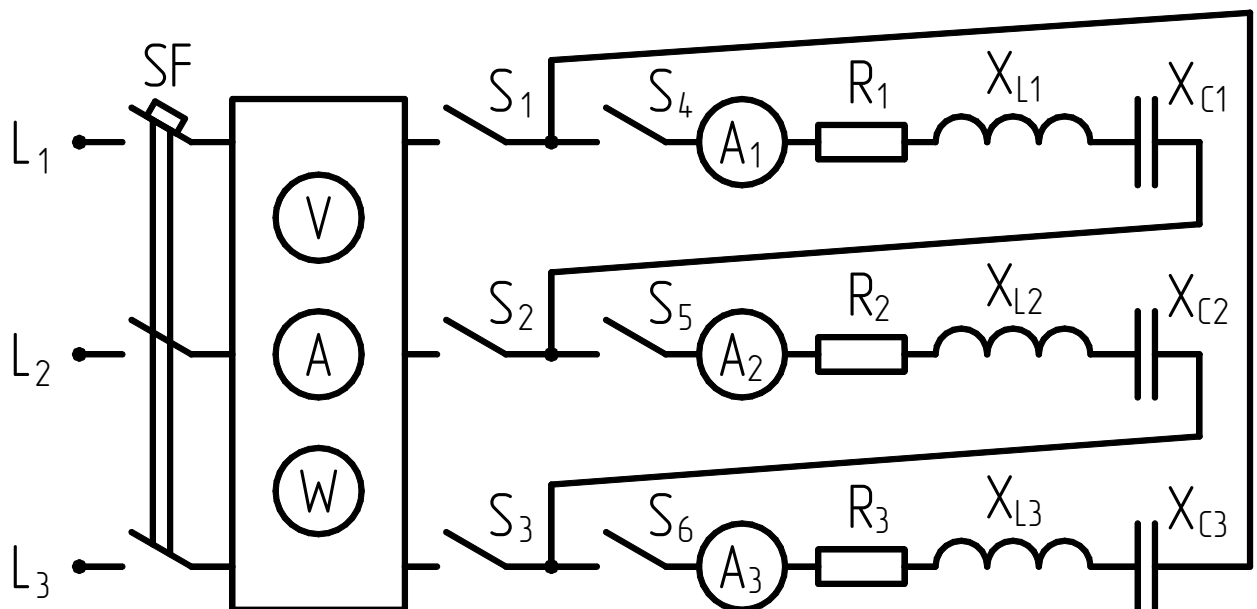


Рис. 6.1.

2. Установить активный симметричный режим работы трёхфазной цепи и произвести измерения линейных (I_A , I_B , I_C) и фазных (I_{AB} , I_{BC} , I_{CA}) токов, напряжения (U) и мощностей (P_A , P_B , P_C), показываемых ваттметром измерительного комплекса K-50. Результаты свести в табл. 6.1.

3. Вычислить значения активных мощностей фаз потребителя (P_{AB} , P_{BC} , P_{CA}), суммарную потребляемую всеми тремя фазами активную P_Σ и реактивную Q_Σ мощности. Результаты вычислений свести в табл. 6.1.

4. Отключить один из резисторов ($S_4 - S_6$), т.е. установить холостой ход или обрыв фазы. Провести измерения и вычисления величин, аналогично п.п. 2 и 3. Результаты свести в табл. 6.1.

Примечание: Включение двух однофазных приёмников в трёхпроводную цепь называют включением по схеме “открытого треугольника”.

5. Установить активно–индуктивный характер нагрузки, для чего в одной фазе ввести только активное сопротивление, в другой – только индуктивное, в третьей – активно-индуктивное. Произвести измерения напряжений, токов и мощностей. Результаты свести в табл. 6.1. Выполнить вычисления необходимых величин аналогично п.п. 3.

6. Установить активно–ёмкостный характер нагрузки, для чего в одной фазе ввести только активное сопротивление, в другой – только ёмкостное, в третьей – активно-ёмкостное. Произвести измерения напряжений, токов и мощностей. Результаты свести в табл. 6.1. Выполнить вычисления необходимых величин аналогично п.п. 3.

7. Установить характер нагрузки аналогичный п.п. 6 или п.п. 7. Отключить один из выключателей $S_1 - S_3$ (обрыв линии). Произвести измерения напряжений, токов и мощностей. Результаты свести в табл. 6.1. Выполнить вычисления необходимых величин аналогично п.п. 3.

Таблица 6.1

Характер нагрузки		акт. симм.	акт. несимм. (обрыв фазы)	акт. – индукт. несимм.	акт.– ёмк. несимм.	акт. –реакт. несимм. (обрыв линии)
U	B					
I_A	A					
I_B	A					
I_C	A					
I_{AB}	A					
I_{BC}	A					
I_{CA}	A					
P_A	$Вт$					
P_B	$Вт$					
P_C	$Вт$					
P_{AB}	$Вт$					
P_{BC}	$Вт$					
P_{CA}	$Вт$					
P_{Σ}	$Вт$					
Q_{Σ}	$вар$					
K	$-$					

8. По данным каждого опыта табл. 6.1 построить в масштабе совмещённые векторные диаграммы напряжений и токов. По векторным диаграммам определить фазовые углы: между векторами линейных токов; между векторами линейных и фазных токов.

9. По рассчитанным значениям суммарных активной и реактивной мощностей определить коэффициент мощности K трёхфазного потребителя.

Контрольные вопросы

1. Обрыв фазы и линейного провода. Отличительные признаки.
2. Понятие и способ определения коэффициента мощности трёхфазного потребителя и $\cos\varphi$ одной фазы.
3. Способ определения суммарной полной, активной и реактивной мощностей трехфазного потребителя в случае соединения фаз потребителя треугольником.
4. Векторная диаграмма напряжений и токов (линейных и фазных) в случае соединения фаз потребителя треугольником при несимметричной активной нагрузке.
5. Векторная диаграмма напряжений и токов (линейных и фазных) в случае соединения фаз потребителя треугольником при несимметричной активно-индуктивной нагрузке.
6. Векторная диаграмма напряжений и токов (линейных и фазных) в случае соединения фаз потребителя треугольником при несимметричной активно-ёмкостной нагрузке.
7. Соотношения между линейными и фазными напряжениями и токами для соединения фаз потребителя треугольником.

Лабораторная работа № 7
Исследование процессов коммутации в цепях постоянного тока

Цель работы

1. Экспериментальная проверка законов коммутации на примере цепей постоянного тока.
2. Опытное определение характеристик различных видов переходных процессов в цепях постоянного тока.

Рабочее задание

1. Собрать схему в соответствии с рис. 7.1 для исследования переходных процессов при коммутации цепей постоянного тока, обладающих индуктивностью.
 - 1.1. Установить согласно указаниям преподавателя величины ЭДС источника E , индуктивности L , сопротивлений R_1 и R_2 .
 - 1.2. При разомкнутых ключах S_1 и S_2 провести измерения величин силы тока I_{L0-} и напряжения U_{L0-} на индуктивности L до момента коммутации и зафиксировать их значения в табл. 7.1 (строка 1).
 - 1.3. Замкнуть ключ S_1 . При помощи осциллографов A и V измерить и занести в табл. 7.1 длительность переходного процесса $t_{п.п.}$, силу тока I_{L0+} и напряжения U_{L0+} на индуктивности L сразу после момента коммутации, принуждённое значение силы тока через индуктивность I_L *пр.*. Зарисовать осциллограммы тока и напряжения с экрана осциллографа.
 - 1.4. При замкнутом S_1 и разомкнутом S_2 провести измерения величин силы тока I_{L0-} и напряжения U_{L0-} на индуктивности L до момента коммутации и зафиксировать их значения в табл. 7.1 (строка 2).

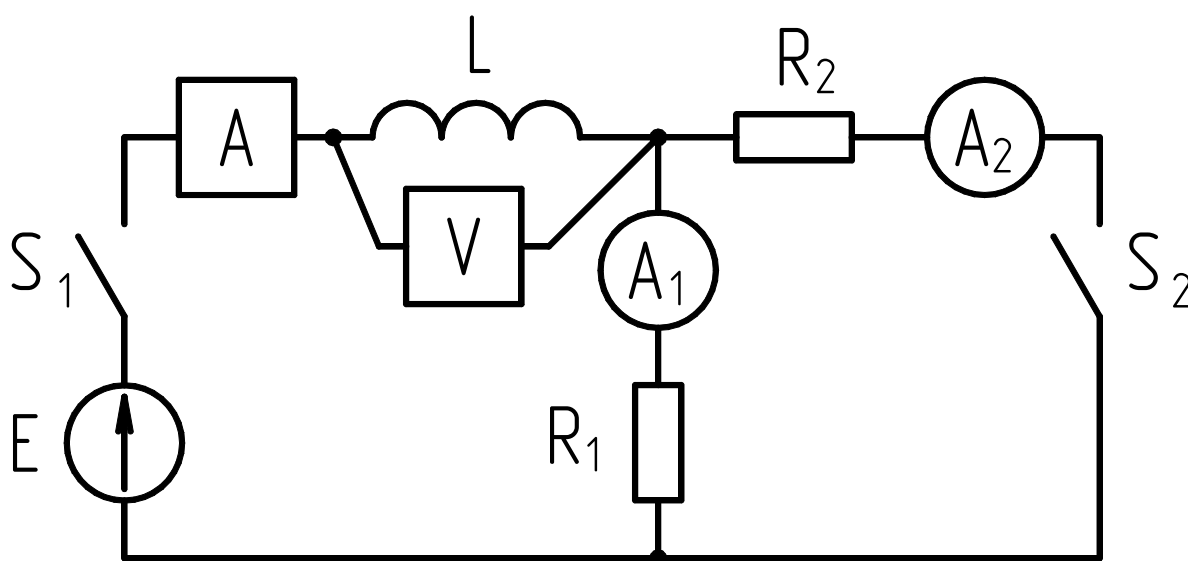


Рис. 7.1.

Таблица 7.1

№	I_{L0-}	I_{L0+}	$I_{L \text{ ПП.}}$	U_{L0-}	U_{L0+}	$t_{\text{П.П.}}$	$\tau_{\text{изм}}$	$\tau_{\text{теор.}}$	Примечание
	А	А	А	В	В	с	с	с	
1									S_2 – разомкнут, S_1 – замыкается
2									S_1 – замкнут, S_2 – замыкается
3									S_1 – замкнут, S_2 – размыкается

1.5. Замкнуть ключ S_2 . При помощи осциллографов A и V измерить и занести в табл. 7.1 длительность переходного процесса $t_{\text{П.П.}}$, силу тока I_{L0+} и напряжения U_{L0+} на индуктивности L сразу после момента коммутации, принуждённое значение силы тока через индуктивность $I_{L \text{ ПП.}}$. Зарисовать осциллограммы тока и напряжения с экрана осциллографа.

1.6. При замкнутых ключах S_1 и S_2 провести измерения величин силы тока I_{L0-} и напряжения U_{L0-} на индуктивности L до момента коммутации и зафиксировать их значения в табл. 7.1 (строка 3).

1.7. Разомкнуть ключ S_2 . При помощи осциллографов A и V измерить и занести в табл. 7.1 длительность переходного процесса $t_{\text{П.П.}}$, силу тока I_{L0+} и напряжения U_{L0+} на индуктивности L сразу после момента коммутации, принуждённое значение силы тока через индуктивность $I_{L \text{ ПП.}}$. Зарисовать осциллограммы тока и напряжения с экрана осциллографа.

1.8. По результатам измерений длительности переходных процессов из соотношения $t_{\text{П.П.}} \approx (3 \div 4) \cdot \tau$, определить значение постоянной времени τ и сравнить с его теоретическим значением.

2. Собрать схему в соответствии с рис. 7.2 для исследования переходных процессов при коммутации цепей постоянного тока, содержащих ёмкость.

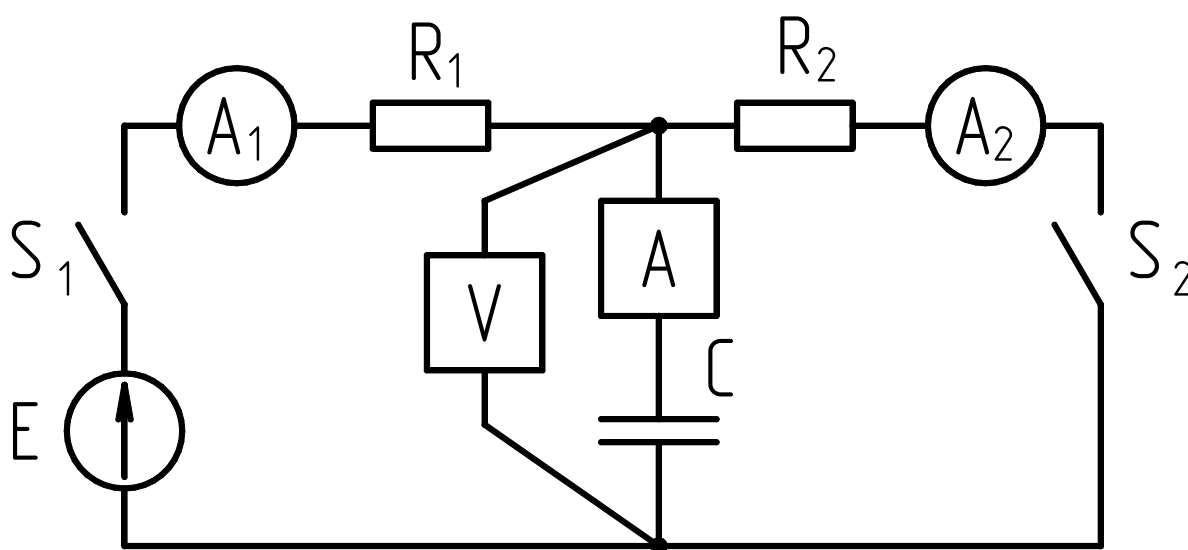


Рис. 7.2.

2.1. Установить согласно указаниям преподавателя величины ЭДС источника E , ёмкости C , сопротивлений R_1 и R_2 .

2.2. При разомкнутых ключах S_1 и S_2 провести измерения величин силы тока I_{C0-} и напряжения U_{C0-} на ёмкости C до момента коммутации и зафиксировать их значения в табл. 7.2 (строка 1).

2.3. Замкнуть ключ S_1 . При помощи осциллографов A и V измерить и занести в табл. 7.2 длительность переходного процесса $t_{П.П.}$, силу тока I_{C0+} и напряжения U_{C0+} на ёмкости C сразу после момента коммутации, принуждённое значение напряжения на ёмкости $U_{C\text{ пр.}}$. Зарисовать осциллограммы тока и напряжения с экрана осциллографа. Разомкнуть ключ S_1 и убедиться в отсутствии при этом каких-либо переходных процессов.

Таблица 7.2

№	I_{C0-}	I_{C0+}	U_{C0-}	U_{C0+}	$U_{C\text{ пр.}}$	$t_{П.П.}$	$\tau_{\text{изм}}$	$\tau_{\text{теор.}}$	Примечание
	А	А	В	В	В	с	с	с	
1									S_2 – разомкнут, S_1 – замыкается
2									S_1 – разомкнут, S_2 – замыкается
3									S_2 – замкнут, S_1 – замыкается
4									S_2 – замкнут, S_1 – размыкается

2.4. При разомкнутых ключах S_1 и S_2 и заряженном конденсаторе провести измерения величин силы тока I_{C0-} и напряжения U_{C0-} на ёмкости C до момента коммутации и зафиксировать их значения в табл. 7.2 (строка 2).

2.5. Замкнуть ключ S_2 . При помощи осциллографов A и V измерить и занести в табл. 7.2 длительность переходного процесса $t_{П.П.}$, силу тока I_{C0+} и напряжения U_{C0+} на ёмкости C сразу после момента коммутации, принуждённое значение напряжения на ёмкости $U_{C\text{ пр.}}$. Зарисовать осциллограммы тока и напряжения с экрана осциллографа.

2.6. При замкнутом S_2 и разомкнутом S_1 провести измерения величин силы тока I_{C0-} и напряжения U_{C0-} на ёмкости C до момента коммутации и зафиксировать их значения в табл. 7.2 (строка 3).

2.7. Замкнуть ключ S_1 . При помощи осциллографов A и V измерить и занести в табл. 7.2 длительность переходного процесса $t_{П.П.}$, силу тока I_{C0+} и напряжения U_{C0+} на ёмкости C сразу после момента коммутации, принуждённое значение напряжения на ёмкости $U_{C\text{ пр.}}$. Зарисовать осциллограммы тока и напряжения с экрана осциллографа.

2.8. При замкнутых ключах S_1 и S_2 провести измерения величин силы тока I_{C0-} и напряжения U_{C0-} на ёмкости C до момента коммутации и зафиксировать их значения в табл. 7.2 (строка 4).

2.9. Разомкнуть ключ S_1 . При помощи осциллографов A и V измерить и занести в табл. 7.2 длительность переходного процесса $t_{п.п.}$, силу тока I_{C0+} и напряжения U_{C0+} на ёмкости C сразу после момента коммутации, принуждённое значение напряжения на ёмкости $U_{C пр.}$. Зарисовать осциллограммы тока и напряжения с экрана осциллографа.

2.10. По результатам измерений длительности переходных процессов из соотношения $t_{п.п.} \approx (3 \div 4) \cdot \tau$, определить значение постоянной времени τ и сравнить с его теоретическим значением.

3. Собрать схему в соответствии с рис. 7.3 для исследования переходных процессов при коммутации цепей постоянного тока, обладающих индуктивностью и ёмкостью.

3.1. Установить согласно указаниям преподавателя величины ЭДС источника E , индуктивности L , ёмкости C , сопротивлений R_1 и R_2 .

3.2. При разомкнутых ключах S_1 и S_2 провести измерения величин силы тока I_{L0-} через индуктивность и напряжения U_{C0-} на ёмкости C до момента коммутации и зафиксировать их значения в табл. 7.3 (строка 1).

3.3. Замкнуть ключ S_1 . При помощи осциллографов A и V измерить и занести в табл. 7.3 длительность переходного процесса $t_{п.п.}$, период колебания T , силу тока I_{L0+} через индуктивность и напряжения U_{C0+} на ёмкости C сразу после момента коммутации, принуждённое значение напряжения на ёмкости $U_{C пр.}$, принуждённое значение силы тока через индуктивность $I_{L пр.}$. Зарисовать осциллограммы тока и напряжения с экрана осциллографа.

3.4. При замкнутом S_1 и разомкнутом S_2 провести измерения величин силы тока I_{L0-} через индуктивность и напряжения U_{C0-} на ёмкости C до момента коммутации и зафиксировать их значения в табл. 7.3 (строка 2).

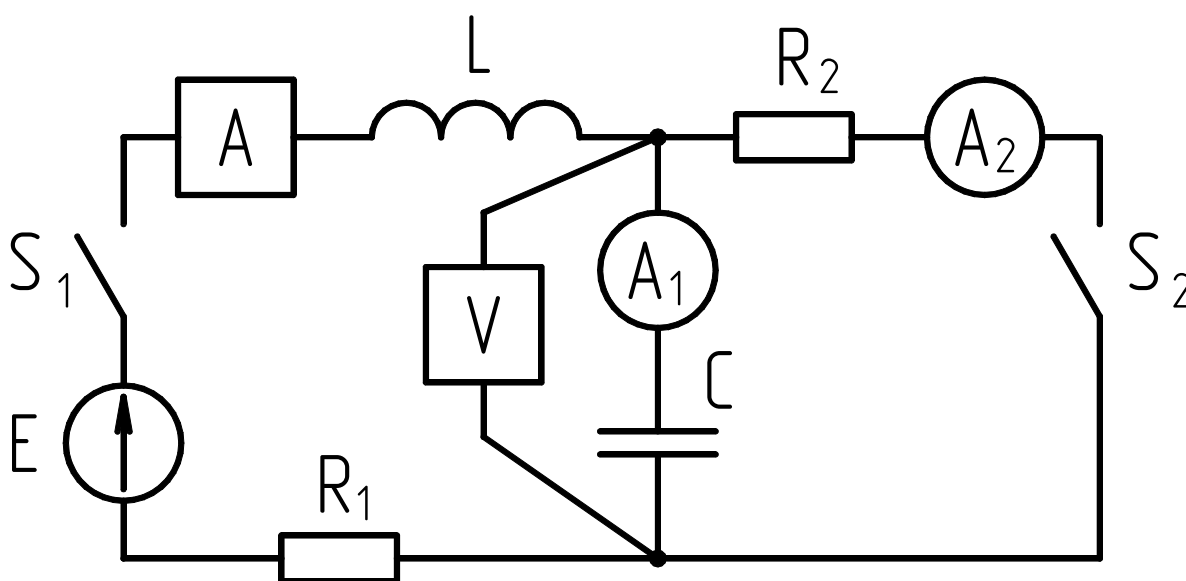


Рис. 7.3.

Таблица 7.3

№	I_{L0-}	I_{L0+}	$I_{L\text{ пр.}}$	U_{C0-}	U_{C0+}	$U_{C\text{ пр.}}$	$t_{\text{п.п.}}$	$\tau_{\text{изм}}$	T	Примечание
	A	A	A	B	B	B	с	с	с	
1										S_2 – разомкнут, S_1 – замыкается
2										S_1 – замкнут, S_2 – замыкается
3										S_1 – замкнут, S_2 – размыкается
4										S_1, S_2 – разомкнуты, $E = 0, S_1$ – замыкается

3.5. Замкнуть ключ S_2 . При помощи осциллографов A и V измерить и занести в табл. 7.3 длительность переходного процесса $t_{\text{п.п.}}$, период колебания T , силу тока I_{L0+} через индуктивность и напряжения U_{C0+} на ёмкости C сразу после момента коммутации, принуждённое значение напряжения на ёмкости $U_{C\text{ пр.}}$, принуждённое значение силы тока через индуктивность $I_{L\text{ пр.}}$. Зарисовать осциллограммы тока и напряжения с экрана осциллографа.

3.6. При замкнутых ключах S_1 и S_2 провести измерения величин силы тока I_{L0-} через индуктивность и напряжения U_{C0-} на ёмкости C до момента коммутации и зафиксировать их значения в табл. 7.3 (строка 3).

3.7. Разомкнуть ключ S_2 . При помощи осциллографов A и V измерить и занести в табл. 7.3 длительность переходного процесса $t_{\text{п.п.}}$, период колебания T , силу тока I_{L0+} через индуктивность и напряжения U_{C0+} на ёмкости C сразу после момента коммутации, принуждённое значение напряжения на ёмкости $U_{C\text{ пр.}}$, принуждённое значение силы тока через индуктивность $I_{L\text{ пр.}}$. Зарисовать осциллограммы тока и напряжения с экрана осциллографа.

3.8. При разомкнутых ключах S_1 и S_2 и заряженном конденсаторе провести измерения величин силы тока I_{L0-} через индуктивность и напряжения U_{C0-} на ёмкости C до момента коммутации и зафиксировать их значения в табл. 7.3 (строка 4).

3.9. Установить нулевое значение ЭДС источника, замкнуть ключ S_1 . При помощи осциллографов A и V измерить и занести в табл. 7.3 длительность переходного процесса $t_{\text{п.п.}}$, период колебания T , силу тока I_{L0+} через индуктивность и напряжения U_{C0+} на ёмкости C сразу после момента коммутации, принуждённое значение напряжения на ёмкости $U_{C\text{ пр.}}$, принуждённое значение силы тока через индуктивность $I_{L\text{ пр.}}$. Зарисовать осциллограммы тока и напряжения с экрана осциллографа.

3.10. По результатам измерений из соотношения $t_{\text{п.п.}} \approx (3 \div 4) \cdot \tau$, определить значение постоянной времени τ . Сравнить полученные при измерениях величины периода колебания и постоянной времени с их теоретическими значениями.

Контрольные вопросы

1. Сформулировать первый закон коммутации и составить расчётное дифференциальное уравнение для цепи постоянного тока с индуктивностью.
2. Сформулировать второй закон коммутации и составить расчётное дифференциальное уравнение для цепи постоянного тока с ёмкостью.
3. Расчётным путём определите принуждённые значения токов и напряжений для схемы рис. 7.1 по исходным данным лабораторного опыта и сравните их с измеренными.
4. Расчётным путём определите принуждённые значения токов и напряжений для схемы рис. 7.2 по исходным данным лабораторного опыта и сравните их с измеренными.
5. Расчётным путём определите принуждённые значения токов и напряжений для схемы рис. 7.3 по исходным данным лабораторного опыта и сравните их с измеренными.
6. Запишите расчётные формулы для определения частоты колебаний и постоянной времени для схемы рис. 7.3.
7. Запишите расчётные формулы для определения постоянной времени для схемы рис. 7.1.
8. Запишите расчётные формулы для определения постоянной времени для схемы рис. 7.2.

Лабораторная работа № 8
Исследование цепей периодического несинусоидального тока

Цель работы

1. Изучить методы расчёта линейных цепей с периодическими несинусоидальными источниками ЭДС.
2. Экспериментальная проверка метода наложения при расчёте цепей с периодическими несинусоидальными источниками ЭДС.

Рабочее задание

1. Согласно указаниям преподавателя установить величины пассивных элементов (L , C_1 , C_2 , R_1 , R , R_2), амплитудные значения ЭДС источников, кратность частот 2 – 4 источников, фазовые углы сдвига колебаний переменных сигналов источников.
2. Собрать схему рис. 8.1. При помощи ключей $S_1 - S_5$ установить чисто активный характер нагрузки источника несинусоидального сигнала.
 - 2.1. Подключить все четыре ЭДС (E_1 , E_2 , E_3 , E_4). Произвести измерения напряжения и силы тока через резистор R_2 , по осциллограмме напряжения определить амплитудное значение напряжения на R_2 . Результаты измерений свести в табл. 8.1. Зарисовать осциллограмму напряжения с экрана осциллографа.
 - 2.2. Повторить измерения при включённом только одном ЭДС E_1 . Результаты измерений свести в табл. 8.1.
 - 2.3. Повторить измерения при включённом только одном ЭДС E_2 . Результаты измерений свести в табл. 8.1.

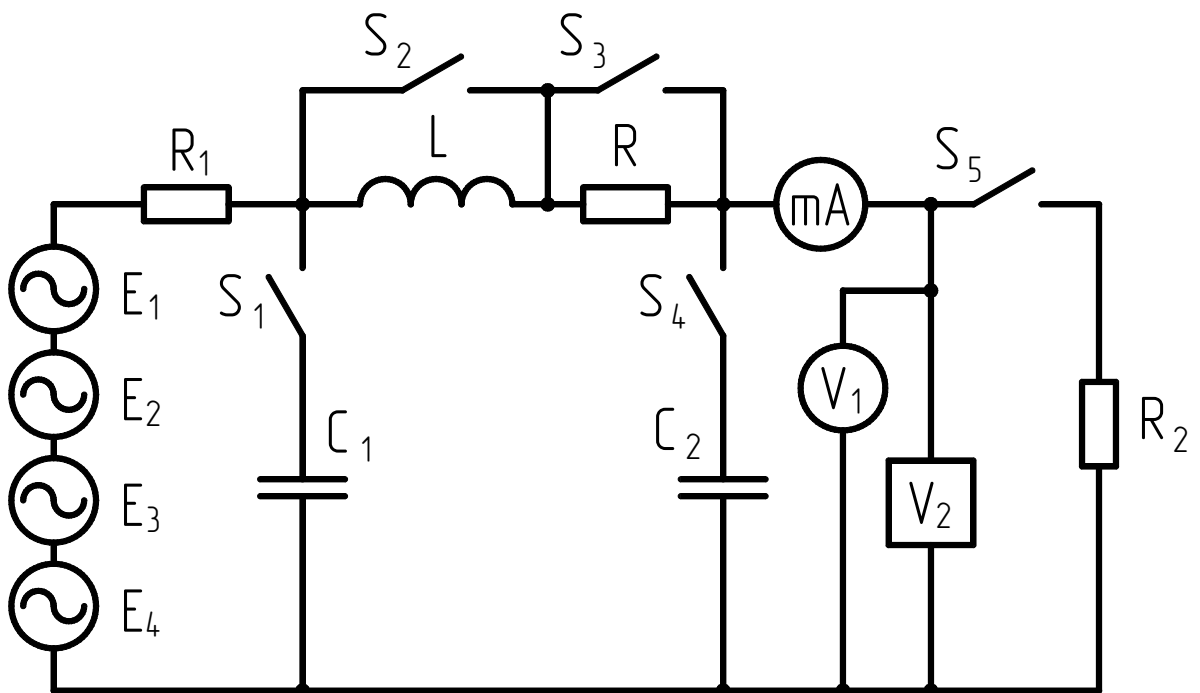


Рис. 8.1.

Таблица 8.1

№	Режим нагрузки	Акт.			Акт.-реакт. № 1			Акт.-реакт. № 2		
		I	U_m	U	I	U_m	U	I	U_m	U
	Включены	А	В	В	А	В	В	А	В	В
1	E_1, E_2, E_3, E_4									
2	E_1									
3	E_2									
4	E_3									
5	E_4									
$K_{НС}$										

2.4. Повторить измерения при включённом только одном ЭДС E_3 . Результаты измерений свести в табл. 8.1.

2.5. Повторить измерения при включённом только одном ЭДС E_4 . Результаты измерений свести в табл. 8.1.

3. Собрать схему рис. 8.1. По табл. 8.2 согласно варианту при помощи ключей $S_1 - S_5$ установить активно–реактивный характер нагрузки источника несинусоидального сигнала (нагрузка 1).

3.1. Подключить все четыре ЭДС (E_1, E_2, E_3, E_4). Произвести измерения напряжения и силы тока через резистор R_2 , по осциллограмме напряжения определить амплитудное значение напряжения на R_2 . Результаты измерений свести в табл. 8.1. Зарисовать осциллограмму напряжения с экрана осциллографа.

3.2. Повторить измерения при включённом только одном ЭДС E_1 . Результаты измерений свести в табл. 8.1.

3.3. Повторить измерения при включённом только одном ЭДС E_2 . Результаты измерений свести в табл. 8.1.

3.4. Повторить измерения при включённом только одном ЭДС E_3 . Результаты измерений свести в табл. 8.1.

3.5. Повторить измерения при включённом только одном ЭДС E_4 . Результаты измерений свести в табл. 8.1.

Таблица 8.2

Вариант	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Акт.-реакт. № 1	L	C_2	RC_2	C_1L	C_1LC_2	C_1RC_2	C_1R	L	C_2	LC_2
Акт.-реакт. № 2	C_2	LC_2	C_1L	C_1RC_2	C_1R	L	LC_2	RC_2	C_1L	C_1

4. Собрать схему рис. 8.1. По табл. 8.2 согласно варианту при помощи ключей $S_1 - S_5$ установить активно–реактивный характер нагрузки источника несинусоидального сигнала (нагрузка 2).

4.1. Подключить все четыре ЭДС (E_1, E_2, E_3, E_4). Произвести измерения напряжения и силы тока через резистор R_2 , по осциллограмме напряжения определить амплитудное значение напряжения на R_2 . Результаты измерений

свести в табл. 8.1. Зарисовать осциллограмму напряжения с экрана осциллографа.

4.2. Повторить измерения при включённом только одном ЭДС E_1 . Результаты измерений свести в табл. 8.1.

4.3. Повторить измерения при включённом только одном ЭДС E_2 . Результаты измерений свести в табл. 8.1.

4.4. Повторить измерения при включённом только одном ЭДС E_3 . Результаты измерений свести в табл. 8.1.

4.5. Повторить измерения при включённом только одном ЭДС E_4 . Результаты измерений свести в табл. 8.1.

5. По результатам измерений проверить выполнимость принципа наложения, сравнив измеренные и расчётные величины действующих значений несинусоидального тока и напряжения на резисторе R_2 .

Расчётное действующее значение напряжения $U = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 + U_4^2}$.

Расчётное действующее значение тока $I = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + I_4^2}$.

6. Определить коэффициент несинусоидальности $K_{\text{НС}}$ тока и напряжения на резисторе R_2 при различных характерах нагрузки. Результаты вычислений свести в табл. 8.1. Сделать вывод о воздействии реактивных элементов на форму и параметры несинусоидальных напряжений и токов.

$$K_{\text{НС}} = \frac{U}{U_1} = \frac{\sqrt{U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 + U_4^2}}{U_1}$$

Контрольные вопросы

1. Метод наложения при расчёте цепей с источниками периодического несинусоидального тока.
2. Коэффициент несинусоидальности. Способ определения. Физический смысл.
3. Влияние индуктивности на форму периодического несинусоидального сигнала.
4. Влияние ёмкости на форму периодического несинусоидального сигнала.

Библиографический список

1. Б.А.Волынский и др. Электротехника. Учебное пособие для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1987.
2. Касаткин А.С., Немцов М.В. Электротехника: Учеб. для вузов.– М.: Высш.шк., 2000.

Содержание

Работа № 1.	Исследование линейной цепи постоянного тока	3
Работа № 2.	Исследование цепи переменного тока при последовательном соединении реактивных сопротивлений	9
Работа № 3.	Исследование цепи переменного тока при параллельном соединении реактивных сопротивлений	11
Работа № 4.	Исследование цепи переменного тока с взаимной индуктивностью	13
Работа № 5.	Исследование трёхфазной цепи при соединении однофазных электрических нагрузок звездой	17
Работа № 6.	Исследование трёхфазной цепи при соединении однофазных электрических нагрузок треугольником	21
Работа № 7.	Исследование процессов коммутации в цепях постоянного тока	24
Работа № 8.	Исследование цепей периодического несинусоидального тока	30
Библиографический список		33

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ по разделу
“ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ”
курса “ОБЩАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА”

Составитель Воропаев В.В.