

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО ТЕОРЕТИЧЕСКИМ ОСНОВАМ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

Оглавление:

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ.....	2
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ	2
РАБОТА 1. ЗАКОНЫ ОМА И КИРХГОФА В ЦЕПЯХ ПОСТОЯННОГО ТОКА	4
РАБОТА 2. ИССЛЕДОВАНИЕ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА С ОДНИМ ИСТОЧНИКОМ ЭНЕРГИИ	6
РАБОТА 3. ПРИНЦИПЫ НАЛОЖЕНИЯ, ВЗАИМНОСТИ И ЭКВИВАЛЕНТНОГО ИСТОЧНИКА НАПРЯЖЕНИЯ В ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА	10
РАБОТА 4. ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗВЕТВЛЕННЫХ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА	13
РАБОТА 5. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ R,L	16
РАБОТА 6. R,C - ЦЕПИ СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА	19
РАБОТА 7. R,L,C - ЦЕПИ СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА	22
РАБОТА 8. ЦЕПИ С ИНДУКТИВНО СВЯЗАННЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ.....	26

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Перед началом лабораторной работы необходимо внимательно ознакомиться с ее содержанием, повторить теоретический материал по соответствующей теме и подготовить бланк отчета.

В лаборатории ТОЭ принят единый образец оформления отчета по лабораторной работе. Образец оформления титульного листа отчета приведен на стенде кафедры. На второй странице должны быть представлены схема исследуемой цепи (цепей) и таблицы для записи результатов измерений и вычислений. Последующие страницы отчета заполняются графиками, диаграммами и результатами промежуточных вычислений. Отчет оформляется каждым студентом индивидуально.

Перед началом работы в лаборатории необходимо взять провода и отобрать необходимые элементы для сборки цепи на коммутационной панели стенда. После окончания экспериментальной части следует отключить питание цепи, выключить приборы, затем показать результат измерений преподавателю и только после их проверки разобрать цепь, убрать провода и элементы.

Работа считается законченной, если выполнены все пункты экспериментальной и расчетной частей, не обозначенные буквой "Д". При оформлении отчета необходимо выделять пункты расчетной части.

Пропущенные лабораторные работы выполняются при наличии допуска из деканата в специально отведенное для дополнительных лабораторных работ время либо в конце семестра на дополнительном занятии и принимаются преподавателем группы (или, в случае его болезни, другим преподавателем).

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Лабораторные работы выполняются на учебном лабораторном стенде УИЛС-1, при этом используются следующие измерительные приборы: генератор сигналов низкочастотный (ГСН) ГЗ-109, цифровой универсальный вольтметр В7-16 и двухканальный универсальный осциллограф С1-83 (подробные описания стенда УИЛС-1 и измерительных приборов есть в учебных лабораториях). Основные измеряемые величины при исследовании электрических цепей - напряжения, токи и углы сдвига фаз между напряжениями и токами. Напряжения и токи измеряются цифровым вольтметром. Для определения тока в ветви измеряется напряжение на резисторе, включенном в данную ветвь. Значение тока рассчитывается по формуле закона Ома. Если сопротивление резистора равно 1 Ом, ток в ветви численно равен напряжению на резисторе. Такой резистор называется измерительным.

Для определения угла сдвига фаз между напряжением и током к цепи соответствующим образом (см. конкретные схемы) подключаются оба канала осциллографа.

При этом на экране осциллографа появляются две сдвинутые друг относительно друга синусоиды (рис.1).

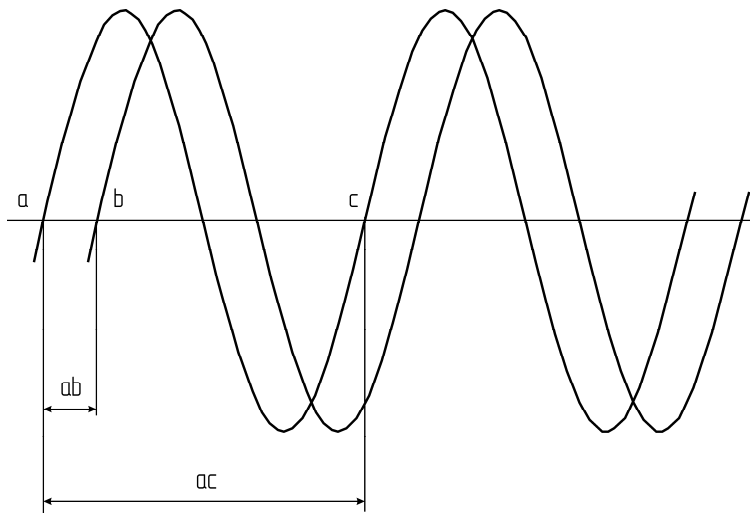


Рис.1

Для определения угла сдвига фаз между напряжением и током к цепи соответствующим образом (см. конкретные схемы) подключаются оба канала осциллографа.

При этом на экране осциллографа появляются две сдвинутые друг относительно друга синусоиды (рис.1). Угол сдвига фаз вычисляется по следующим формулам:

а) в градусах $\varphi = (ab/ac) * 360$ (градус);

а) в радианах $\varphi = (ab/ac) * 2\pi$ (радиан);

Здесь ab и ac-отрезки, измеренные на экране осциллографа (см. рис. 1).

Работа 1. ЗАКОНЫ ОМА И КИРХГОФА В ЦЕПЯХ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Цель работы - экспериментальная проверка справедливости закона Ома, первого и второго законов Кирхгофа; определение внутренних сопротивлений источников напряжения.

ЭЛЕМЕНТЫ И ПРИБОРЫ

Резисторы: $R_3=100$ Ом, $R_5=200$ Ом, $R_7=500$ Ом; источник постоянного напряжения с нерегулируемой ЭДС E_1 ; источник постоянного напряжения с регулируемой ЭДС E_2 ; цифровой вольтметр.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

ВНИМАНИЕ: Все измерения проводить с помощью универсального цифрового вольтметра, предварительно установив переключатель «Род работы» в положение измерения постоянного напряжения, а переключатель «Диапазон»-в положение 100 В.

Экспериментальная часть

1. Измерить значение ЭДС E_1 источника постоянного напряжения с нерегулируемой ЭДС, подключив цифровой вольтметр непосредственно к выводам источника.

2. Для определения внутреннего сопротивления источника $R_{вг1}$ собрать цепь по схеме рис.2.

3. Измерить напряжение U_{12} . Результат записать в отчет.

4. Для определения $R_{вг2}$ собрать цепь по схеме рис.3.

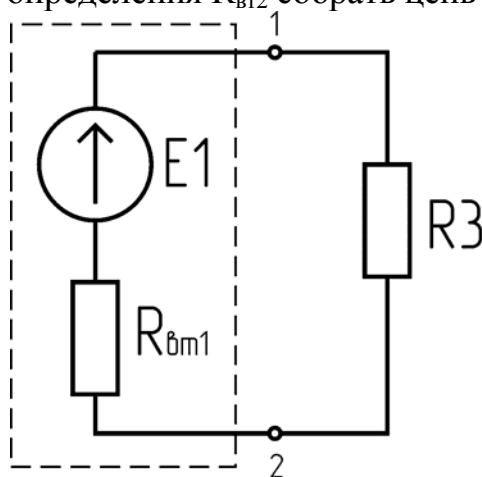


Рис.2

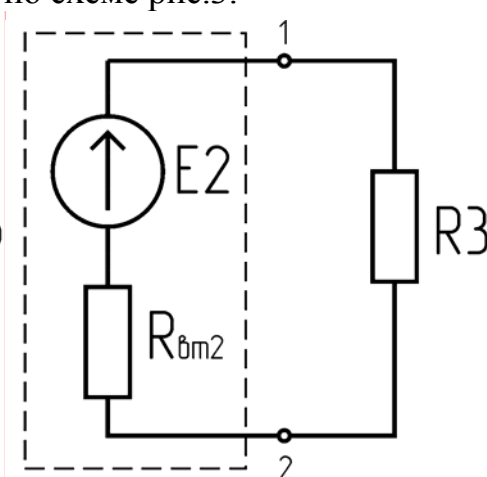


Рис.3

5. Установить значение ЭДС источника постоянного напряжения с регулируемой ЭДС $E_2=10$ В.

6. Измерить напряжение U_{12} . Результат записать в отчет.

7. Для экспериментальной проверки законов Кирхгофа собрать цепь по схеме рис.4, установив $E_2=10$ В.

8. Измерить напряжения U_{14} , U_{24} , U_{34} . Результаты записать в отчет.

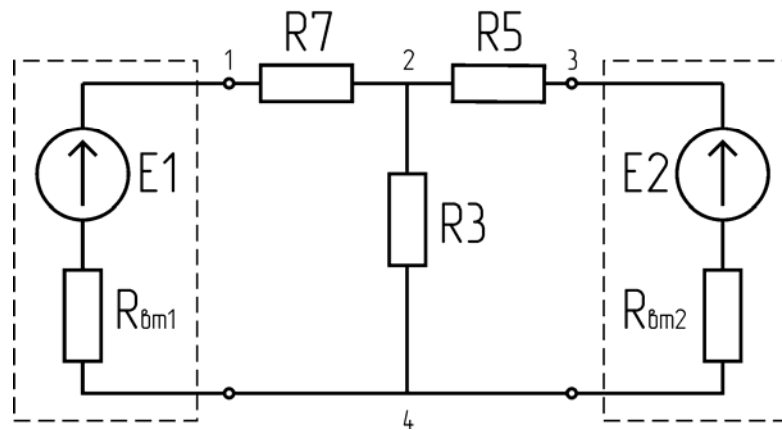


Рис.4

Расчетная часть

1. На основании закона Ома вычислить значение тока I в цепи рис.2, используя результат измерения п.3 экспериментальной части.
2. Составить уравнение по 2-му закону Кирхгофа для исследуемой цепи рис.2 и используя результаты, полученные в п.1 и п.3 экспериментальной части и в п.1 расчетной части, определить внутреннее сопротивление $R_{вт1}$ источника E_1 с нерегулируемой ЭДС.
3. Вычислить значение тока I в цепи рис.3, используя результат измерения п.6 экспериментальной части.
4. Составить уравнение по 2-му закону Кирхгофа для исследуемой цепи рис.3 и используя результаты, полученные в п.5 и п.6 экспериментальной части и в п.3 расчетной части, определить внутреннее сопротивление $R_{вт2}$ источника E_2 с регулируемой ЭДС.
5. Вычислить на основании закона Ома значения токов I_7 , I_3 , I_5 , протекающих через резисторы R_7 , R_3 , R_5 цепи рис.4, используя результаты измерений п.8 экспериментальной части.
6. Записать уравнение по первому закону Кирхгофа для одного из узлов цепи рис.4, подставив в уравнение результаты, полученные в п.5 расчетной части. Проверить справедливость первого закона Кирхгофа.
7. Составить уравнения по второму закону Кирхгофа для независимых контуров цепи рис.4, используя результаты, полученные в п.1 и п.5 экспериментальной части и пп.2,4,5 расчетной части. Проверить справедливость второго закона Кирхгофа.

Работа 2. ИССЛЕДОВАНИЕ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА С ОДНИМ ИСТОЧНИКОМ ЭНЕРГИИ

Цель работы: экспериментальная проверка условий эквивалентности источников тока и напряжения; проверка эквивалентных преобразований электрических цепей.

ЭЛЕМЕНТЫ И ПРИБОРЫ

Резисторы: $R_1=10$ Ом, $R_2=50$ Ом, $R_3=100$ Ом, $R_5=200$ Ом, $R_6=300$ Ом, $R_7=500$ Ом; источник постоянного тока $I_{ист}=0,1$ А с внутренним сопротивлением $R_{вн1}=10$ Ом; источник постоянного напряжения с регулируемой ЭДС E_2 с внутренним сопротивлением $R_{вн2}=2$ Ом; цифровой вольтметр; блок переменного сопротивления $R_4=1-999$ Ом.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

ВНИМАНИЕ: Все измерения проводить с помощью универсального цифрового вольтметра, предварительно установив переключатель «Род работы» в положение измерения постоянного напряжения, а переключатель «Диапазон» - в положение 100 В.

Экспериментальная часть

1. Используя условия эквивалентности источников конечной мощности тока (рис.5) и напряжения (рис. 6), определить параметры E_2 и $R_{доб}$ цепи рис.6, если известны параметры источника тока ($I_{ист}=0,1$ А, $R_{вн1}=10$ Ом) и $R_{вн2}=2$ Ом.

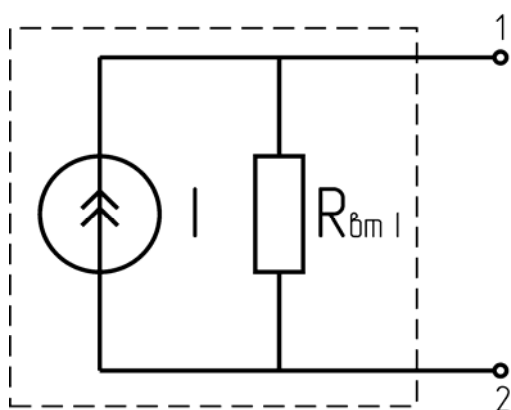


Рис.5

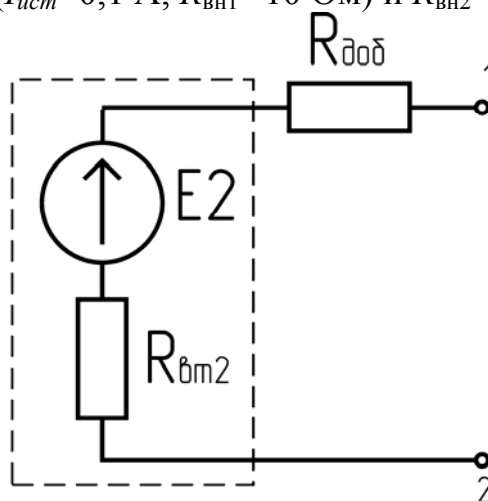


Рис.6

2. Проверить эквивалентность источников (схемы рис.5 и рис.6). Для этого:
2.1. измерить напряжение U_{12} при разомкнутых выводах 1-2 источника тока $I_{ист}$ (см. рис.5);

2.2. измерить напряжение U_{12} источника тока $I_{ист}$ (см. рис.5) поочередно подключая к клеммам 1-2 резисторы R_2 и R_3 .

2.3. результаты измерений записать в табл.1;

Т а б л и ц а 1

		Холостой ход	$R_2=50 \text{ Ом}$	$R_3=100 \text{ Ом}$
$U_{12} \text{ (В)}$	Источник тока			
$U_{12} \text{ (В)}$	Источник напряжения			

2.4. собрать схему в соответствии с рис.6 предварительно установив, рассчитанные в п.2, величину ЭДС E_2 на источнике с регулируемой ЭДС и величину $R_{доб}$ на блоке переменного сопротивления R_4 .

2.5 повторить измерения аналогичные п.2.1. и п.2.2. для источника напряжения (см. рис.6), записать результаты измерений в табл.1 и сравнить с данными для источника тока.

3. Проверить правило разделения тока между параллельными ветвями цепи (рис.7).

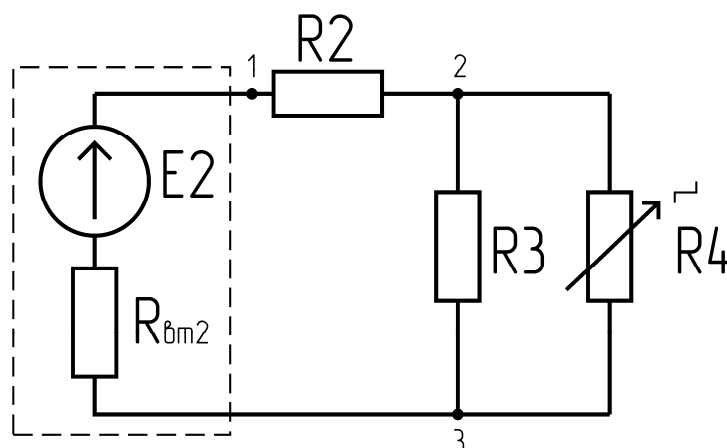


Рис.7

Для этого:

- 3.1. установить значение ЭДС источника постоянного напряжения с регулируемой ЭДС $E_2=20 \text{ В}$;
- 3.2. установить $R_4=50 \text{ Ом}$;
- 3.3. собрать цепь по схеме рис.7 и измерить напряжения U_{12} и U_{23} ;
- 3.4. на основании закона Ома вычислить экспериментальные значения токов I_2, I_3, I_4 и записать их в табл.2;
- 3.5. установить $R_4=100 \text{ Ом}$. Повторить п.3.3. и п.3.4.

Т а б л и ц а 2

$R_4, \text{ Ом}$	Эксперимент			Расчет		
	$I_2, \text{ А}$	$I_3, \text{ А}$	$I_4, \text{ А}$	$I_2, \text{ А}$	$I_3, \text{ А}$	$I_4, \text{ А}$
50						
100						

4. Для проверки справедливости эквивалентного преобразования собрать цепь по схеме рис.8, установив $R_4=150 \text{ Ом}$, $E_2=20 \text{ В}$.

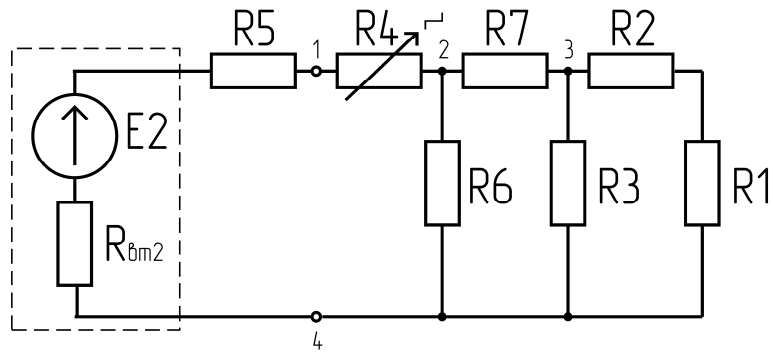


Рис.8

5. Измерить напряжения U_{14} , U_{12} , U_{23} , U_{24} , U_{34} и, используя закон Ома, определить токи во всех ветвях и эквивалентное сопротивление цепи $R_{экв}$ относительно клемм 1-4 цепи рис.8. Результаты записать в табл.3.

Т а б л и ц а 3

	I_{ex}, A	I_2, A	I_3, A	I_6, A	I_7, A	$R_{экв}, Ом$
Эксперимент						
Расчет						

6. Заменить пассивную часть цепи относительно клемм 1-4 блоком переменного сопротивления R_4 (рис.9), предварительно установив на нем значение $R_4 = R_{экв}$, определенное в п.5.

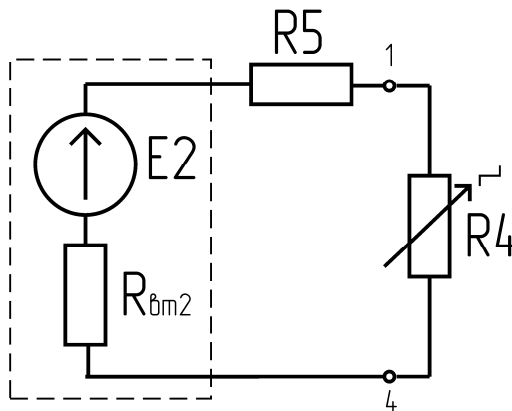


Рис.9

Измерить напряжение U_{14} . Определить ток в цепи и сравнить его со значением тока I_{ex} в табл.3.

7. Собрать цепь по схеме рис.10, установив $R_4 = 250 \text{ Ом}$.

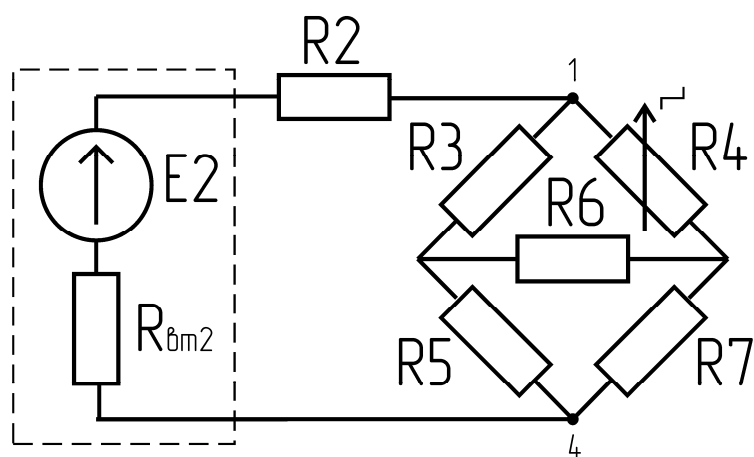


Рис.10

8. Определить все токи в цепи. Результаты записать в табл.4.

Т а б л и ц а 4

	I_2, A	I_3, A	I_4, A	I_5, A	I_6, A	I_7, A
Эксперимент						
Расчет						

Расчетная часть

1. Рассчитать:

1.1. сопротивление резистора, который необходимо подключить к источнику тока (рис.5) для получения $U_{12}=0,5$ В;

1.2. сопротивление резистора, который необходимо подключить к источнику напряжения (рис.6) для получения $U_{12}=0,5$ В;

1.3. результаты расчетов поместить в отчет.

2. Рассчитать значения токов I_2, I_3, I_4 в цепи рис.7 для $R_4=50$ Ом и $R_4=100$ Ом.

Результаты записать в табл.2.

3. Рассчитать входное сопротивление пассивной части цепи рис.8 относительно клемм 1-4 $R_{экв}$. Расчеты привести в отчете, результат записать в табл.3.

4. Рассчитать значения токов I_2, I_3, I_6, I_7 и $I_{вх}$ цепи рис.8. Расчеты привести в отчете, результаты записать в табл.3.

Работа 3. ПРИНЦИПЫ НАЛОЖЕНИЯ, ВЗАИМНОСТИ и ЭКВИВАЛЕНТНОГО ИСТОЧНИКА НАПРЯЖЕНИЯ В ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Цель работы - экспериментальная проверка справедливости принципов наложения, взаимности и определение параметров эквивалентного источника напряжения.

ЭЛЕМЕНТЫ И ПРИБОРЫ

Резисторы: $R_2=50$ Ом, $R_3=100$ Ом, $R_5=200$ Ом, $R_6=300$ Ом, $R_7=500$ Ом, $R_{19}=1$ Ом; источник постоянного напряжения с нерегулируемой ЭДС E_1 ; источник постоянного напряжения с регулируемой ЭДС E_2 ; блок переменного сопротивления $R_4=1-999$ Ом.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

ВНИМАНИЕ: Все измерения проводить с помощью универсального цифрового вольтметра, предварительно установив переключатель «Род работы» в положение измерения постоянного напряжения, а переключатель «Диапазон»-в положение 100 В.

При измерении напряжения на сопротивлении R_{19} переключатель «Диапазон» установить в положение 1 В.

Экспериментальная часть

1. Установить значение ЭДС источника постоянного напряжения с регулируемой ЭДС $E_2=10$ В. Результат записать в отчет.

2. Собрать цепь по схеме рис.11.

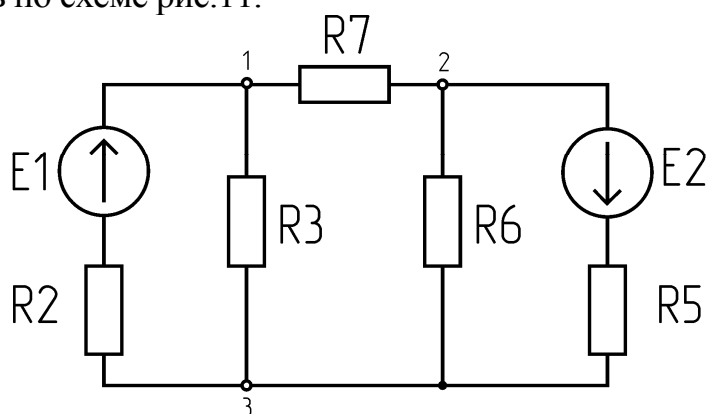


Рис.11

3. Измерить напряжения U_{13} , U_{23} . Результаты записать в табл.5.

4. С целью проверки принципов наложения и взаимности:

4.1. исключить из цепи рис.11 источник E_2 (закоротив клеммы, куда он был подключен);

4.2. измерить напряжения U_{13} , U_{23} . Результаты записать в табл.4;

4.3. подключить к цепи рис.11 источник E_2 , исключив из неё источник E_1 (закоротив клеммы, куда он был подключен);

4.4. измерить напряжения U_{13} , U_{23} . Результаты записать в табл.5.

Т а б л и ц а 5

	Подключены E_1 и E_2	Подключен E_1	Подключен E_2	Подключен экв.источник
U_{13} , В				
U_{23} , В				
I_2 , А				
I_3 , А				
I_5 , А				
I_6 , А				
I_7 , А				

5. Разомкнуть цепь рис.11 так, чтобы образовались две цепи согласно схемам рис.12а и 12б.

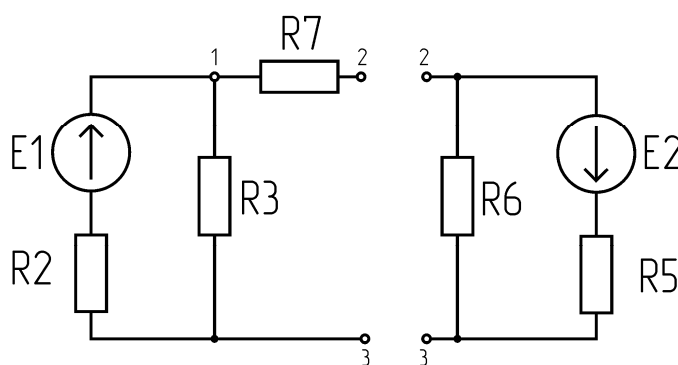


рис.12а

Рис.12б

6. Определить параметры источника напряжения эквивалентного цепи рис.12б. Для этого:

6.1 измерить напряжение холостого хода U_{23xx} в цепи рис.12б, разомкнув сопротивление R_7 ;

6.2. включить между узлами 2 и 3 цепи рис.12б резистор $R_{19}=1$ Ом, что равнозначно короткому замыканию клемм 1 и 2, так как $R_{19}=1$ Ом много меньше всех остальных сопротивлений цепи. Измерить на нем напряжение и рассчитать I_{K3} . Результаты записать в отчет;

6.3. вычислить входное сопротивление цепи рис.12б относительно узлов 2 и 3 используя результаты измерений п.6.1 и п.6.2;

6.4. используя источник с регулируемой ЭДС E_2 и блок переменного сопротивления R_4 , собрать цепь эквивалентного источника, установить его параметры, определенные в п.6.1 и п.6.2, и подключить к цепи рис.12а;

6.5. измерить напряжения U_{13} , U_{23} рис.12а с подключенным эквивалентным источником. Результаты записать в табл.5.

Расчетная часть

1. Используя результаты измерений в п.3 и п.4 экспериментальной части, на основании закона Ома и первого закона Кирхгофа вычислить токи I_2 , I_3 , I_5 , I_6 , I_7 протекающие через резисторы R_2 , R_3 , R_5 , R_6 , R_7 для трёх случаев подключения источников в цепи рис.9. Результаты записать в табл.5.

2. Проверить справедливость принципа наложения, используя результаты, полученные в п.1 расчетной части.

3. Проверить справедливость принципа взаимности (обратимости), используя результаты табл.5

4. Используя результаты измерений п.6 экспериментальной части, рассчитать токи I_2 , I_3 , I_7 в цепи рис.11а с подключенным эквивалентным источником. Значение токов записать в табл.5. Сравнить результаты, полученные в п.1 и п.4 расчетной части.

5. Используя параметры цепи рис.12б. рассчитать теоретически ЭДС и внутреннее сопротивление эквивалентного источника напряжения. Расчеты и полученный результат записать в отчет. Сравнить расчетные значения с экспериментальными.

Работа 4. ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗВЕТВЛЕННЫХ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Цель работы: экспериментальное определение токов и напряжений в разветвленных цепях постоянного тока; проверка экспериментальных данных с помощью методов эквивалентного источника и узловых напряжений.

ЭЛЕМЕНТЫ И ПРИБОРЫ

Резисторы: $R_1=10$ Ом, $R_2=50$ Ом, $R_3=100$ Ом, $R_5=200$ Ом, $R_6=300$ Ом, $R_7=500$ Ом, $R_9=1000$ Ом, $R_{19}=1$ Ом; источник постоянного напряжения с ЭДС E_1 ; источник постоянного напряжения с регулируемой ЭДС E_2 ; источник тока $I_{ист}=0,1$ А с внутренним сопротивлением $R_{внт}=10$ Ом; цифровой вольтметр; блок переменного сопротивления $R_4=1-999$ Ом.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

ВНИМАНИЕ: Все измерения проводить с помощью универсального цифрового вольтметра, предварительно установив переключатель «Род работы» в положение измерения постоянного напряжения, а переключатель «Диапазон»-в положение 100 В.

При измерении напряжения на сопротивлении R_{19} переключатель «Диапазон» установить в положение 1 В.

Экспериментальная часть

1.Собрать цепь по схеме рис.13, установив $E_2=10$ В

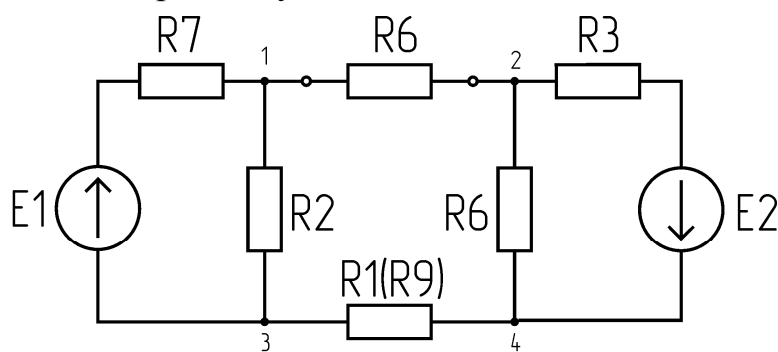


Рис.13.

2.Измерить напряжение U_{12} на резисторе R_6 и вычислить ток в резисторе R_6 . Результаты записать в отчет.

3.Заменить резистор R_1 резистором R_9 . Повторить измерения по п.2.

4. Определить параметры эквивалентного источника напряжения (ЭДС и внутреннее сопротивление) относительно клемм 1-2 цепи рис.14.

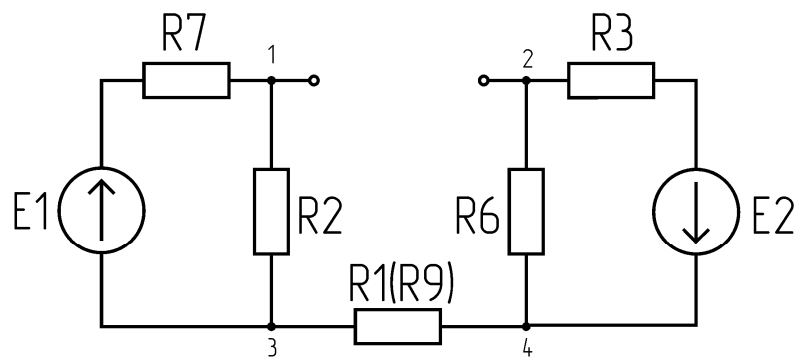


Рис.14

Для этого:

4.1. исключить сопротивление R_6 из цепи с резистором R_1 (рис.14);

4.2. измерить напряжение холостого хода относительно клемм 1-2 $U_{12}=U_{xx}$.

Результат записать в отчет;

4.3. включить между клеммами 1 и 2 резистор $R_{19}=1$ Ом, что равнозначно короткому замыканию клемм 1 и 2, так как $R_{19}=1$ Ом много меньше всех остальных сопротивлений цепи. Измерить напряжение $U_{12кз}$ на сопротивлении R_{19} . Результаты записать в отчет.

5. Для оценки влияния сопротивления резистора, включенного в цепи между узлами 3 и 4, на параметры эквивалентного источника напряжения заменить в цепи рис.13 резистор R_1 на резистор R_9 и повторить п.4.2 и п.4.3.

6. Собрать цепь по схеме рис.15, установив $E_2=10$ В. Измерить напряжения U_{01} , U_{12} , U_{13} , U_{23} . Результаты измерений записать в отчет.

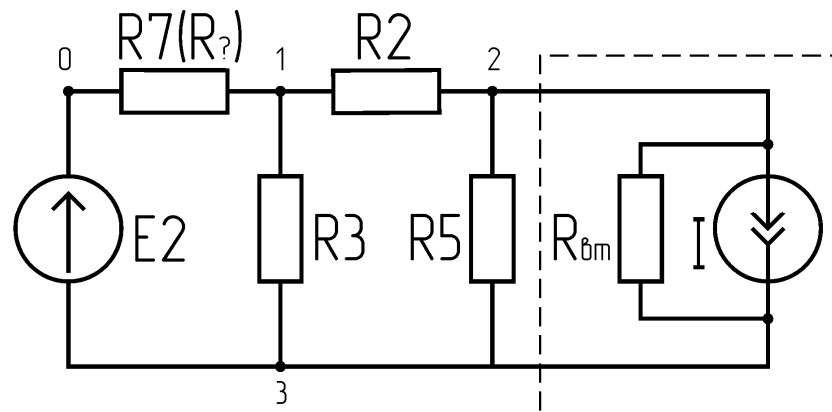


Рис.15

Расчетная часть

1. Используя параметры эквивалентных источников напряжения, определенные в п.4 и п.5 экспериментальной части, вычислить ток в резисторе R_6 цепи рис.14 для двух случаев (включено сопротивление R_1 или R_9). Сравнить расчетные значения тока в сопротивлении R_6 со значениями, вычисленными по экспериментальным данным п.2 и п.3. Сделать заключение о влиянии величины сопротивления резистора между узлами 3 и 4 на параметры эквивалентного источника напряжения.

2. Рассчитать теоретически параметры $E_{эkv}$ и $R_{эkv}$ эквивалентного источника напряжения для цепи рис.14 для двух случаев (включено сопротивление R_1 или R_9). Сравнить результаты расчета с результатами эксперимента.

3. Рассчитать токи в ветвях схемы рис.14, используя результаты измерений п.6 экспериментальной части.

4. Используя метод узловых напряжений, рассчитать напряжения U_{13} и U_{23} для цепи рис.15. Определить токи в ветвях и записать их значения в табл. 6. Сравнить результаты расчетов с результатами, полученными по экспериментальным данным.

Т а б л и ц а 6

	I_2, A	I_3, A	I_5, A	I_7, A
Эксперимент				
Расчет				

Работа 5. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ R, L

Цель работы: исследование цепи синусоидального тока при последовательном соединении элементов R, L ; построение векторных диаграмм.

ЭЛЕМЕНТЫ И ПРИБОРЫ

Блок переменного сопротивления $R_4=1-999$ Ом; блок переменных индуктивностей $L_4=0,1-99,9$ мГн; резистора $R_{19}=1$ Ом; генератор сигналов низкочастотный (ГСН); двухканальный осциллограф; цифровой вольтметр, источник постоянного напряжения с регулируемой ЭДС E_2 .

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

ВНИМАНИЕ: Все измерения проводить с помощью универсального цифрового вольтметра, предварительно установив переключатель «Род работы» в положение измерения переменного напряжения, а переключатель «Диапазон»-в положение 100 В.

При измерении напряжения на сопротивлении R_{19} переключатель «Диапазон» установить в положение 1 В.

Экспериментальная часть

1. Собрать цепь по схеме рис.16, установив $R_4=50$ Ом.

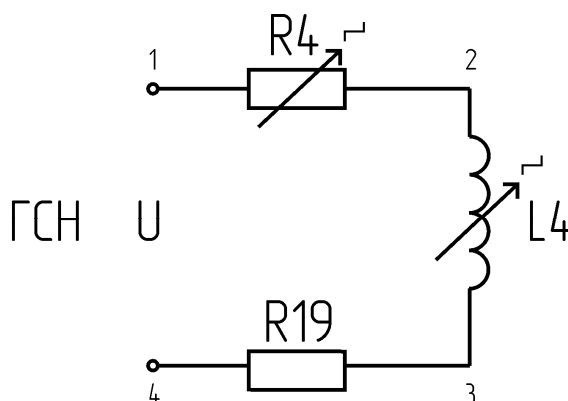


Рис.16

2. Для определения активного сопротивления R_k катушки индуктивности в блоке переменных индуктивностей L_4 подключить к клеммам 1-4 цепи рис.16 источник постоянного напряжения с регулируемой ЭДС E_2 и установить на входе цепи напряжение $U=10$ В.

3. Измерить постоянные напряжения U_{L4} на клеммах блока переменной индуктивности и U_{R19} на резисторе R_{19} , установив индуктивность на блоке переменных индуктивностей $L_4=50$ мГн. Результаты записать в отчет.

4. Установить $L_4=100$ мГн и повторить измерения п.3.

5. Установить частоту генератора $f=400$ Гц; сопротивление в блоке переменного сопротивления $R_4=126$ Ом; индуктивность в блоке переменной индуктивности $L_4=50$ мГн.

6. Для исследования установившегося синусоидального режима подключить к клеммам 1-4 цепи рис.16 генератор и цифровой вольтметр. Вращением ручки генератора "регулировка вых." установить на входе цепи напряжение $U=10$ В.

7. Измерить напряжения: U_{I9} -на резисторе R_{I9} ; U_{R4} -на клеммах блока переменного сопротивления R_4 ; U_{L4} -на клеммах блока переменной индуктивности. Результаты записать в табл.7.

Т а б л и ц а 7

Результаты измерений							Результаты вычислений					
№	U, В	I, А	U_{R4} , В	U_{L4} , В	φ°	φ_k°	Z, Ом	U_{KA} , В	U_{KP} , В	S, ВА	P, Вт	Q, ВАр

8. Измерить углы сдвига фаз: φ - между входным напряжением u и током в цепи i ; φ_k -между напряжением на катушке индуктивности блока переменной индуктивности и током в цепи.

Для измерения φ и φ_k подключить к цепи рис.17 осциллограф согласно схемам рис.17а и рис.17б соответственно. Результаты записать в табл.7.

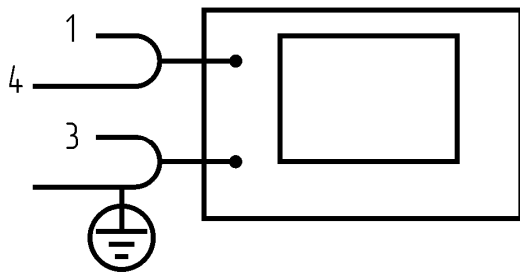


Рис.17а

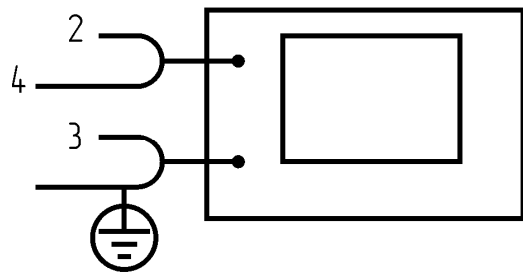


Рис.17б

9. Установить $R_4=63$ Ом и повторить пп.6-8.
 10. Установить $R_4=126$ Ом, $L_4=100$ мГн и повторить пп.6-8.
 11. Установить частоту генератора $f=800$ Гц и при $R_4=252$ Ом, $L_4=50$ мГн повторить пп.6-8.

Расчетная часть

1. Используя результаты измерений пп.3 и 4 экспериментальной части, вычислить активное сопротивление катушек индуктивности в блоке переменной индуктивности $L_4=50$ мГн ($L_4=100$ мГн).

2. Используя данные и результаты измерений пп.5 - 8 экспериментальной части, вычислить:

- 2.1 полное сопротивление (Z) цепи рис.16;
 2.2 активную (U_{KA}) и реактивную (U_{KP}) составляющие напряжения на катушке индуктивности L_4 ;

2.3 полную (S), активную (P) и реактивную (Q) мощности. Результаты записать в табл.7.

3.Рассчитать теоретически величины, указанные в п.2 расчетной части.

4.Повторить пп.2 и 3 расчетной части для п.11 экспериментальной части.

5.Используя данные и результаты измерений пп.5-7 экспериментальной части, построить с помощью циркуля и линейки векторную диаграмму напряжений. Определить из нее углы φ и $\varphi_{кв}$ и сравнить полученные значения с измеренными с помощью осциллографа.

6.Повторить п.5 расчетной части для пп.9-11 экспериментальной части.

Р а б о т а 6. R, C - ЦЕПИ СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА

Цель работы: исследование установившегося режима R, C - цепях.
 Экспериментальная проверка справедливости эквивалентных преобразований;
 построение векторных диаграмм.

ЭЛЕМЕНТЫ И ПРИБОРЫ

Блок переменного сопротивления $R_4=1-999$ Ом; блок переменной емкости $C_4= 0-9,99$ мкФ; резисторы $R_{19}=1$ Ом, $R_{20}=1$ Ом, $R_{21}=1$ Ом; генератор сигналов низкочастотный (ГСН); двухканальный осциллограф; цифровой вольтметр.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

ВНИМАНИЕ: Все измерения проводить с помощью универсального цифрового вольтметра, предварительно установив переключатель «Род работы» в положение измерения переменного напряжения, а переключатель «Диапазон»-в положение 100 В.

При измерении напряжения на сопротивлениях R_{19} , R_{20} , R_{21} переключатель «Диапазон» установить в положение 1 В.

Экспериментальная часть

1. Для исследования установившегося режима в R, C -цепи собрать цепь по схеме рис.18, установив $R_4=400$ Ом, $C_4=1$ мкФ.

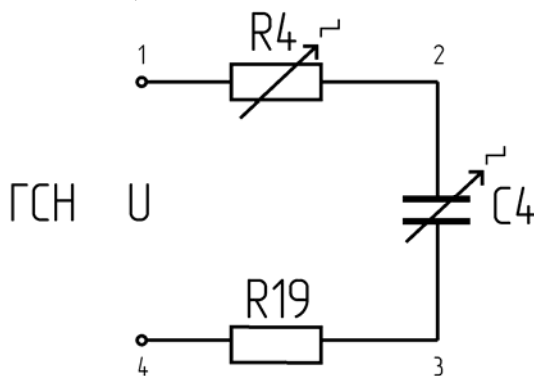


Рис.18

2. Подключить к клеммам 1-4 цепи рис.18 генератор, настроенный на частоту $f=400$ Гц, и цифровой вольтметр. Вращением ручки генератора “регулировка вых.” установить входное напряжение $U=20$ В.

3. Измерить напряжения: U_{I9} на резисторе R_{19} ; U_{R4} на клеммах блока переменного сопротивления R_4 и U_{C4} на клеммах блока переменной емкости C_4 . Результаты записать в табл.8.

Т а б л и ц а 8

Результаты измерений						Результаты вычислений						
№	U, В	I, А	U_{R4} , В	U_{C4} , В	φ°	φ_k°	Z, Ом	U_{KA} , В	U_{KP} , В	S, ВА	P, Вт	Q, Вар

4. Измерить углы сдвига фаз: φ - между входным напряжением u и током в цепи i ; φ_C - между напряжением на конденсаторе C_4 , блока переменной емкости и током в цепи. Для этого подключить осциллограф согласно схемам рис.19а и рис.19б соответственно.

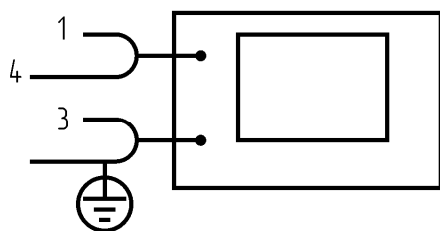


Рис.19а

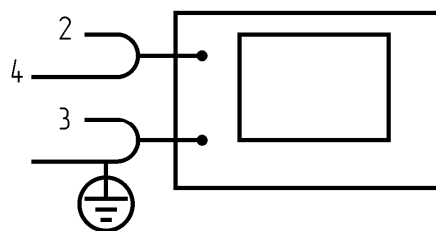


Рис.19б

Значения φ и φ_C записать в табл.8.

5. Рассчитать значение емкости C_4 , для которой при $R_4=400$ Ом $U_{C4}=2U_{R4}$.

6. Установив расчетное значение C_4 , измерить напряжения U_{R4} , U_{C4} , U_{I9} .

Результаты записать в табл.8.

7. Собрать цепь по схеме рис.20, предварительно рассчитав значения R_4 и емкости C_4 , из условия эквивалентности электрических цепей (см. схемы рис. 18 и 20). Для цепи рис.17 принять $R_4=400$ Ом, $C_4=1$ мкФ.

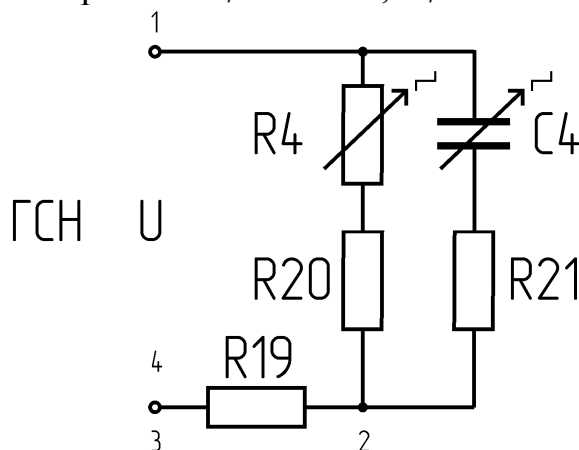


Рис.20

8. Установить на входе цепи рис.20 $U=20$ В. Измерить напряжения U_{I9} , U_{20} , U_{21} на резисторах R_{I9} , R_{20} , R_{21} . Включив осциллограф согласно схеме рис.21, измерить угол сдвига фаз φ .

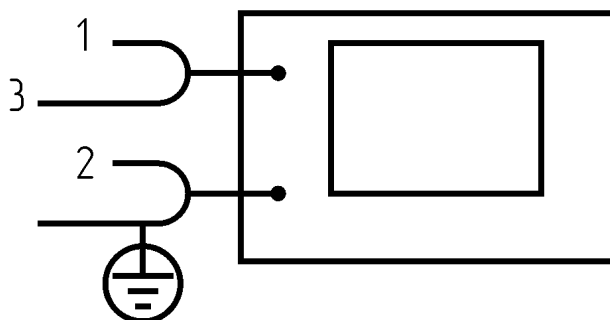


Рис.21

Результаты измерений записать в табл.9

Таблица 9.

Результаты измерений					Результаты вычислений			
U, В	U ₁₉ , В	U ₂₀ , В	U ₂₁ , В	φ°	Y, Сим	S, ВА	P, Вт	Q, ВАр

Расчетная часть

1.Используя данные и результаты измерений пп. 2 и 3 экспериментальной части для цепи рис.18, вычислить:

1.1. полное сопротивление цепи (Z);

1.2. полную (S), активную (P) и реактивную (Q) мощности.

2.Используя данные и результаты измерений п.8 экспериментальной части для цепи рис.20 вычислить:

2.1. полную проводимость (Y);

2.2. полную (S), активную (P) и реактивную (Q) мощности.

3.Рассчитать теоретически величины, указанные в пп. 1 и 2 расчетной части, и угол сдвига фаз φ .

4.Для цепи рис.18 построить векторную диаграмму напряжений. Определить из диаграммы угол сдвига фаз φ . Для цепи рис.20 построить векторную диаграмму токов. Определить угол сдвига фаз φ . Сравнить полученные значения φ между собой и со значениями, измеренными с помощью осциллографа.

Работа 7. R,L,C - ЦЕПИ СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА

Цель работы: исследование установившегося синусоидального режима в цепях R,L,C , при последовательном и смешанном соединениях. Построение векторных диаграмм напряжений.

ЭЛЕМЕНТЫ И ПРИБОРЫ

Блок переменного сопротивления $R_4=1-999$ Ом; блок переменной индуктивности $L_4=0,1-99,9$ мГн; блок переменной емкости $C_4=0,01-9,99$ мкФ; резисторы $R_{19}=1$ Ом, $R_{20}=1$ Ом, $R_{21}=1$ Ом, $R_3=100$ Ом; генератор сигналов низкочастотный (ГСН); двухканальный осциллограф; цифровой вольтметр.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

ВНИМАНИЕ: Все измерения проводить с помощью универсального цифрового вольтметра, предварительно установив переключатель «Род работы» в положение измерения переменного напряжения, а переключатель «Диапазон»-в положение 100 В.

При измерении напряжения на сопротивлениях R_{19} , R_{20} , R_{21} переключатель «Диапазон» установить в положение 1 В.

Экспериментальная часть

1.Для исследования синусоидального режима собрать цепь по схеме рис.22, установив $R_4=30$ Ом, $L=20$ мГн, $C_4=4$ мкФ.

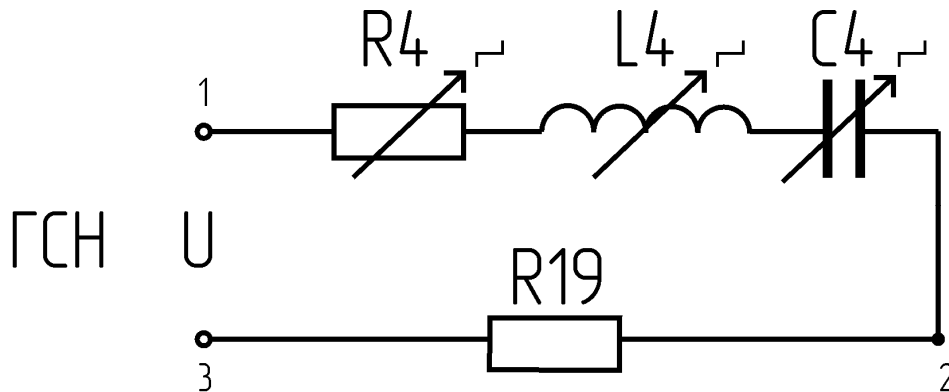


Рис.22

2.Подключить к клеммам 1-3, настроенный на частоту $f=400$ Гц генератор, и цифровой вольтметр. Вращением ручки генератора "регулировка вых." установить на входе цепи напряжение $U=10$ В.

3.Измерить напряжения: U_{R4} -на клеммах блока переменного сопротивления R_4 ; U_{L4} -на клеммах блока переменной индуктивности L_4 ; U_{C4} -на клеммах блока переменной емкости C_4 ; U_{19} на резисторе R_{19} . Результаты записать в табл.10.

Таблица 10

Результаты измерений							Результаты вычислений		
№	U, В	I, А	U _{R4} , В	U _{L4} , В	U _{C4} , В	φ°	S, ВА	P, Вт	Q, ВАр

4. Измерить угол сдвига фаз φ между напряжением и током на входе цепи. Для этого подключить к цепи осциллограф согласно схеме рис.23. Значение φ записать в табл.10.

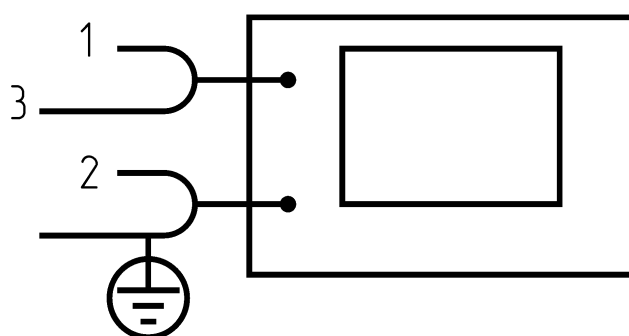


Рис.23

5. Изменить величины элементов цепи таким образом, чтобы:

5.1. значение угла сдвига фаз φ осталось бы прежним, а знак поменялся;

5.2. угол приближенно стал бы равным нулю.

6. Для п.5.1. повторить пп.3 и 4; для п.5.2. повторить п.4.

7. Собрать исследуемую цепь по схеме рис.24, предварительно установив $R_4=50$ Ом, $L_4=2$ мГн, $C_4=4$ мкФ. Подключить к цепи генератор, настроенный на частоту $f=400$ Гц, и установить напряжение $U=20$ В.

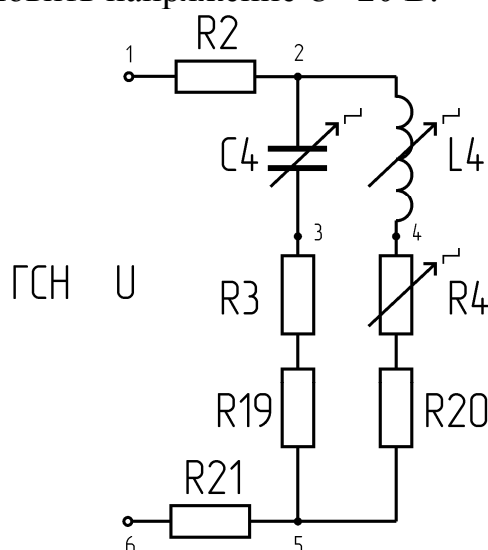


Рис.24

8. Измерить напряжения: U_{I9} , U_{20} , U_{21} - на резисторах R_{19} , R_{20} , R_{21} ; U_2 , U_3 - на резисторах R_2 и R_3 ; U_{R4} , U_{L4} , U_{C4} - соответственно на блоках переменного сопротивления, переменной индуктивности и переменной емкости. Результаты записать в табл. 10.

9. Измерить углы сдвига фаз: φ -между напряжением на входе цепи u и током неразветвленной части цепи i ; φ_1 -между напряжением на параллельных ветвях u_{12} (напряжение между узлами 2 и 5) и током i_c в ветви с конденсатором; φ_2 -между напряжением u_{12} и током i_L в ветви с катушкой индуктивности. Для этого подключить к цепи осциллограф согласно схемам рис.25а,б и в. Результаты записать в табл.11.

Т а б л и ц а 11

Результаты измерений												Результаты вычислений		
№	I, A	I ₉ , A	I ₄ , A	U ₂ , В	U ₃ , В	U _{R4} , В	U _{L4} , В	U _{C4} , В	φ°	φ_1°	φ_2°	φ°	φ_1°	φ_2°

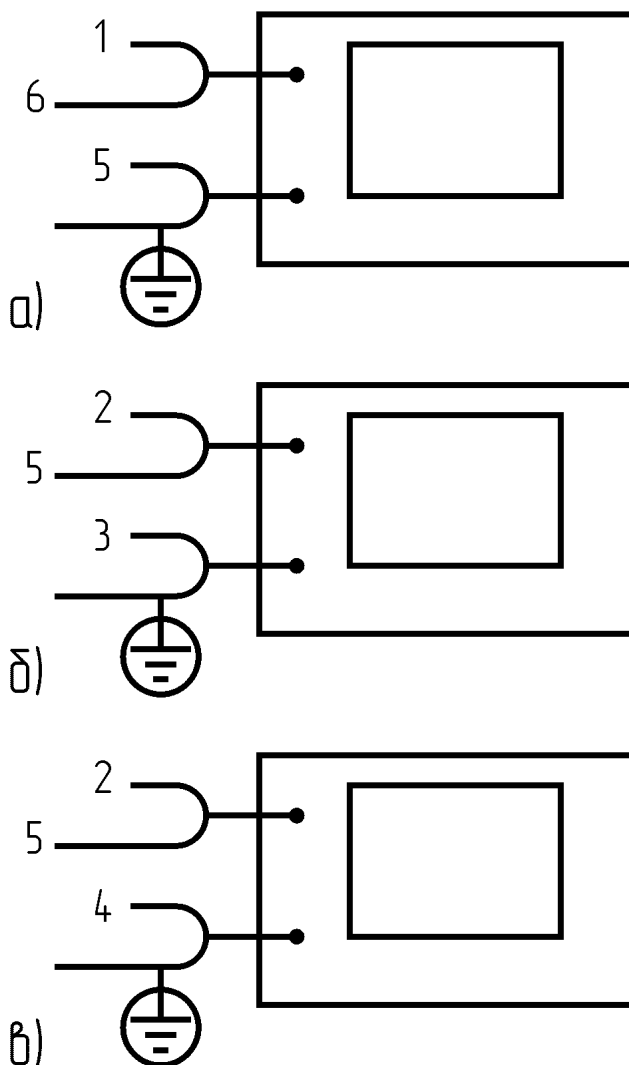


Рис.25

Расчетная часть

1. Для цепи рис.22, используя данные и результаты измерений пп.2,3 экспериментальной части, вычислить полное сопротивление цепи Z и действующее значение тока I .

2. Используя данные п.1 экспериментальной части и учитывая, что активное сопротивление катушки $L_4=20$ мГн в блоке переменной индуктивности $R=11$ Ом, рассчитать теоретически для цепи рис.22: полное сопротивление цепи Z ; действующее значение тока в цепи I ; угол сдвига фаз φ . Сравнить расчетные результаты с экспериментальными.

3. Рассчитать полную, активную и реактивную мощности в цепи рис.22 для случаев, когда значения элементов цепи соответствуют установленным в пп.1,5а и 5б экспериментальной части. Результаты записать в табл.10.

4. Полагая, что начальная фаза напряжения на входе цепи рис.24 $\psi_U=0$, рассчитать комплексные значения токов в ветвях и напряжения на элементах цепи. Сравнить расчетные действующие значения токов, напряжений и углов сдвига фаз с экспериментальными. Расчетные значения углов сдвигов фаз записать в табл.10.

5. Используя результаты измерений пп.8 и 9 для цепи рис.24, составить баланс активной и реактивной мощностей.

6. Используя данные и результаты измерений пп.1,3,5.1 и 5.2 для цепи рис.22, построить векторные диаграммы напряжений.

Примечание. Активные сопротивления катушек индуктивности блока переменной индуктивности L_4 принимаются равными: при $L_4=20$ мГн - $R_k=11$ Ом; при $L_4=40$ мГн - $R_k=21$ Ом; при $L_4=60$ мГн - $R_k=34$ Ом. Более точные значения активных сопротивлений катушек индуктивности могут быть измерены с помощью цифрового вольтметра при включении переключателя «Род работы» в положение измерения сопротивления R , а переключателя «Диапазон» в положение Ом (1).

Работа 8. ЦЕПИ С ИНДУКТИВНО СВЯЗАННЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

Цель работы: исследование явления взаимной индукции в электрических цепях; определение входного и вносимого сопротивлений.

ЭЛЕМЕНТЫ И ПРИБОРЫ

Конденсатор $C_{11}=0,1$ мкФ; резисторы $R_9=1$ кОм, $R_{10}=1$ кОм; катушки индуктивности L_1 и L_2 (активные сопротивления катушек указаны на стенде); генератор сигналов низкочастотный (ГСН); двухканальный осциллограф; цифровой вольтметр.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

ВНИМАНИЕ: Все измерения проводить с помощью универсального цифрового вольтметра, предварительно установив переключатель «Род работы» в положение измерения переменного напряжения, а переключатель «Диапазон»-в положение 100 В.

Экспериментальная часть

1. Для исследования цепи при условии последовательного согласного включения индуктивно связанных катушек собрать цепь по схеме рис.26.

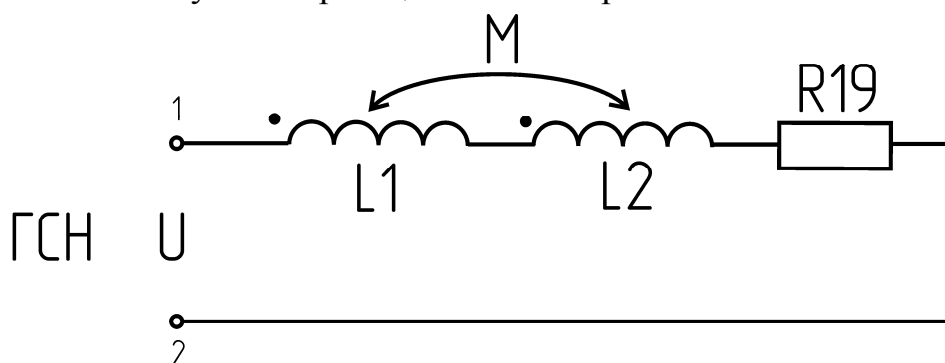


Рис.26

2. Подключить к клеммам 1 и 2 ГСН, настроенный на частоту $f=400$ Гц, и цифровой вольтметр. Вращением ручки генератора "регулировка вых." установить $U=20$ В. Измерить напряжение на резисторе R_{10} и определить на основании закона Ома ток в цепи. Измерить напряжения на катушках индуктивности U_{L1} и U_{L2} . Результаты записать в табл. 11.

Таблица 11

Включение	I, А	I, А	U_{L1} , В	U_{L2} , В	Z, Ом	X_L , Ом	L, Гн	M, Гн
Согласное								
Встречное.								

3. Определить ток в цепи и измерить напряжения U_{L1} и U_{L2} при последовательном встречном включении катушек индуктивности ($U = 20$ В). Результаты записать в табл. 11.

4. Для исследования параллельного включения двух индуктивно-связанных катушек собрать цепь согласно схеме рис.27.

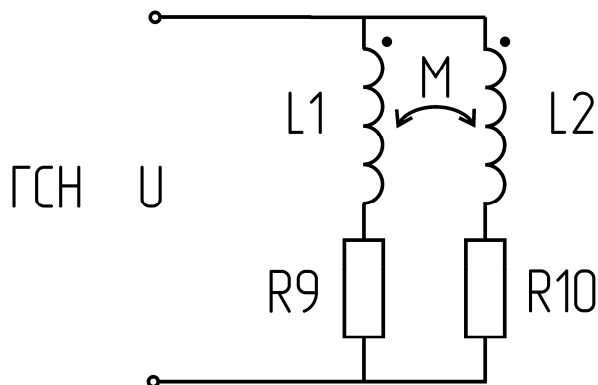


Рис.27

5. Установить на входе цепи напряжение $U=20$ В. Измерить напряжения U_9 и U_{10} на резисторах R_9 и R_{10} . Определить токи I_9 и I_{10} и записать их значения в табл. 12.

6. Изменить включение катушек в цепи рис.27 с согласного на встречное. Повторить п.5.

Таблица 12

Включение	U, В	$I_9, А$	$I_{10}, А$
Согласное			
Встречное.			

7. Для исследования трансформатора собрать цепь по схеме рис. 28.

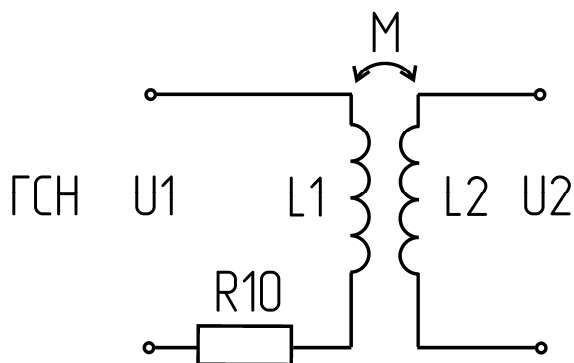


Рис.28

8. Установить на входе первичной цепи напряжение $U_1=10$ В. Измерить напряжения: U_{10} на резисторе R_{10} ; U_2 на выводах вторичной цепи. Результаты записать в отчет.

9. В цепи рис.28 поменять местами катушки индуктивности L_1 и L_2 . Установив входное напряжение $U_2=10$ В, измерить U_{10} и U_1 . Результаты записать в отчет.

10. Собрать цепь трансформатора с активным сопротивлением нагрузки во вторичной цепи по схеме рис.29а.

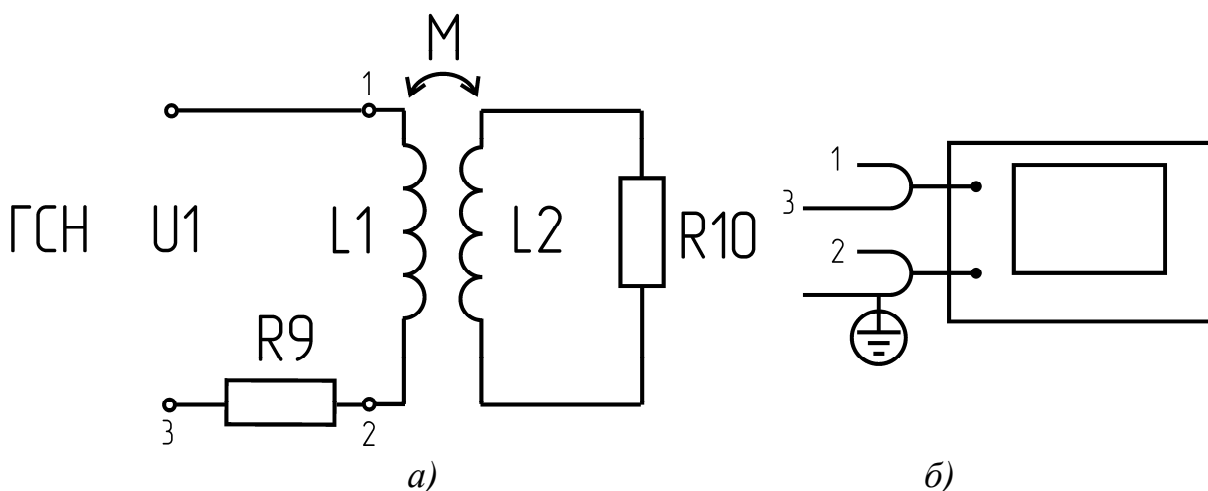


Рис.29

11. Установить на входе цепи напряжение $U_1=20$ В. Измерить напряжение U_9 и U_{10} на резисторе R_9 и R_{10} . Определить значение тока I_9 и записать его в табл.13.

Таблица 13

Результаты измерений				Расчетные значения			
U, В	I_9 , мА	φ°	Z_{bx} , Ом	Z_{bx} , Ом	P_1 , Вт	P_2 , Вт	P, Вт

12. Для измерения угла сдвига фаз между входным напряжением и током подключить к исследуемой цепи осциллограф по схеме рис.29б.

13. "Д"В цепи рис.29а последовательно с резистором R_{10} включить конденсатор емкостью $C_{11}=0,1$ мкФ. Повторить пп.11,12.

Расчетная часть

1. Используя результаты измерений пп.2,3 экспериментальной части, вычислить полное сопротивление Z , индуктивное сопротивление X_L и индуктивность L цепи при последовательном согласном включении катушек индуктивности. Повторить вычисления для встречного включения катушек. Рассчитать взаимную индуктивность M . Результаты вычислений записать в табл.11.

2. Составить систему уравнений для цепи рис.27 для согласного и встречного включения и рассчитать токи I_9 и I_{10} . Сравнить полученные расчетные значения токов с результатами измерений.

3. Используя результаты измерений пп.8 или 9 экспериментальной части, определить взаимную индуктивность M и коэффициент связи K .

4. Пользуясь результатами измерений пп. 11 и 12, определить полное входное сопротивление цепи рис.29а, угол сдвига фаз между входным напряжением и током в первичной цепи. Результаты записать в табл.13.

5. Рассчитать комплексные вносимое и входное сопротивления для схемы цепи рис.29а. Сравнить расчетное значение полного входного сопротивления с экспериментальным из табл.13. Сравнить расчетное и экспериментальное значения угла сдвига фаз φ между входным напряжением и током.

6. Для цепи рис.29а рассчитать активные мощности: P -первичной цепи, P_2 -вторичной цепи, P всей цепи. Результаты записать в табл.13.

7"Д". Используя результаты измерений п.13"Д" экспериментальной части, выполнить расчеты, аналогичные п.4 расчетной части. Записать их в табл.13.

8"Д". Для цепи с конденсатором C_{11} выполнить расчеты п.5 расчетной части.