

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный
университет им. Х.М. Бербекова»
(КБГУ)

Институт электроники, робототехники и искусственного интеллекта

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ОЦОП


Александр Р.Ш. Тешев

«12» февраля 2025 г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
Б1.О.28 «ОСНОВЫ ТЕОРИИ ЦЕПЕЙ»**

Специальность

11.05.01 Радиозлектронные системы и комплексы

Профиль подготовки

Радиозлектронные системы передачи информации

Квалификация (степень) выпускника

Инженер

Форма обучения

Очная

Нальчик 2025

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Таблица 1

Код и формулировка компетенции	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУН)
ОПК-2. Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и принятия решения.	ОПК-2.1. Способен оперировать научными фактами, опираясь на законы логики ОПК-2.2. Способен осознанно выбирать методы и средства изучения объектов и проблем. ОПК-2.3 Способен применять современные достижения компьютерных технологий для решения практических задач.	Знать: современное состояние области профессиональной деятельности.
		Уметь: искать и представлять актуальную информацию о состоянии предметной области.
		Владеть: навыками работы за персональным компьютером, в т.ч. пакетами прикладных программ для разработки и представления документации.

2 Шкала оценивания планируемых результатов обучения

2.1 Текущий контроль

Оценка результатов текущей успеваемости в рамках контрольных точек осуществляется посредством 70-балльной системы, при этом за добросовестное посещение занятий обучающийся может набрать до 10 баллов, за качественное прохождение оценочных мероприятий - до 60 баллов.

Таблица 2

Карта распределения рейтинговых баллов в рамках текущего контроля в 3 семестре

№	Оценочное средство	Форма проведения	Порядок проведения	Максимальное количество баллов	Критерии оценивания
1	Лабораторная работа №1 «Измерения приборами лабораторного стенда».	письменная	Работа включает в себя два задания, выполняется студентами попарно.	5	5 - все задания выполнены верно, выводы по работе обоснованы; 4 - все задания выполнены верно, выводы по работе некорректны; 3- все задания выполнены с ошибками или одно из заданий выполнено не верно. 2 - задания выполнены частично, выводы содержат ошибки.

					1 – задания выполнены частично или одно из заданий выполнено неверно, выводы содержат ошибки. 0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно.
2	Лабораторная работа №2 «Определение эквивалентных параметров пассивного двухполюсника R-L».	письменная	Работа включает в себя два задания, выполняется студентами попарно.	5	5 - все задания выполнены верно, выводы по работе обоснованы; 4 - все задания выполнены верно, выводы по работе некорректны; 3- все задания выполнены с ошибками или одно из заданий выполнено неверно. 2 - задания выполнены частично, выводы содержат ошибки. 1 – задания выполнены частично или одно из заданий выполнено неверно, выводы содержат ошибки. 0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно.
3	Лабораторная работа №3 «Определение эквивалентных параметров пассивного двухполюсника R-C».	письменная	Работа включает в себя два задания, выполняется студентами попарно.	5	5 - все задания выполнены верно, выводы по работе обоснованы; 4 - все задания выполнены верно, выводы по работе некорректны; 3- все задания выполнены с ошибками или одно из заданий выполнено неверно. 2 - задания выполнены частично, выводы содержат ошибки. 1 – задания выполнены частично или одно из заданий выполнено неверно, выводы содержат ошибки. 0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно.
4	Лабораторная работа №4 «Определение эквивалентных	письменная	Работа включает в себя два задания, выполняется студентами	5	5 - все задания выполнены верно, выводы по работе обоснованы;

	параметров R-L-C».		попарно.		4 - все задания выполнены верно, выводы по работе некорректны; 3- все задания выполнены с ошибками или одно из заданий выполнено не верно. 2 - задания выполнены частично, выводы содержат ошибки. 1 – задания выполнены частично или одно из заданий выполнено не верно, выводы содержат ошибки. 0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно.
5	Лабораторная работа №5 «Исследование I и II закона Кирхгофа приборами лабораторного стенда».	письменная	Работа включает в себя два задания, выполняется студентами попарно.	5	5 - все задания выполнены верно, выводы по работе обоснованы; 4 - все задания выполнены верно, выводы по работе некорректны; 3- все задания выполнены с ошибками или одно из заданий выполнено не верно. 2 - задания выполнены частично, выводы содержат ошибки. 1 – задания выполнены частично или одно из заданий выполнено не верно, выводы содержат ошибки. 0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно.
6	Лабораторная работа №6 «Исследование резонанса в цепи с последовательно соединенными элементами R, L, C».	письменная	Работа включает в себя два задания, выполняется студентами попарно.	5	5 - все задания выполнены верно, выводы по работе обоснованы; 4 - все задания выполнены верно, выводы по работе некорректны; 3- все задания выполнены с ошибками или одно из заданий выполнено не верно. 2 - задания выполнены частично, выводы содержат ошибки. 1 – задания выполнены

					частично или одно из заданий выполнено неверно, выводы содержат ошибки. 0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно.
7	Тесты по 1 контрольной точке	с применением ДТ	Студент проходит компьютерное тестирование в ЭИОС.	5	Количество баллов пропорционально количеству правильных ответов
8	Тесты по 2 контрольной точке	с применением ДТ	Студент проходит компьютерное тестирование в ЭИОС.	5	Количество баллов пропорционально количеству правильных ответов
9	Коллоквиум по 1 контрольной точке	письменная	Студенты отвечают письменно на вопросы коллоквиума	10	10– ответы полные, точные, демонстрируют глубокое понимание темы, аргументация логична; 8 – ответы в основном правильные, но содержат незначительные ошибки; 6- ответы недостаточно полные; 4 – ответы частичные, содержат ошибки или требуют наводящих вопросов; 2-ответы не на все вопросы, частичные. 0 – ответы отсутствуют или полностью неверные.
10	Коллоквиум по 2 контрольной точке	письменная	Студенты отвечают письменно на вопросы коллоквиума	10	10– ответы полные, точные, демонстрируют глубокое понимание темы, аргументация логична; 8 – ответы в основном правильные, но содержат незначительные ошибки; 6- ответы недостаточно полные; 4 – ответы частичные, содержат ошибки или требуют наводящих вопросов; 2-ответы не на все вопросы, частичные. 0 – ответы отсутствуют или полностью неверные.
	Итого:			60	

Карта распределения баллов в рамках промежуточной аттестации

№	Оценочное средство	Форма проведения	Порядок проведения	Максимальное количество баллов	Критерии оценивания
1	Экзаменационный билет	Устный опрос	Билет содержит теоретических вопросов. На теоретические вопросы студент должен ответить устно.	2 Теоретические вопросы – 30 баллов.	<p>Критерии оценивания теоретических вопросов:</p> <p>25 до 30 баллов: Глубокий уровень владения материалом, точное знание ключевых концепций, способность анализировать и интерпретировать факты, грамотно строить высказывания, привести примеры, свободно оперировать терминологией. От 19 до 24 баллов: Базовое владение предметом, умение последовательно раскрыть основную мысль вопроса, грамотное применение терминов, наличие существенных элементов анализа и обобщений, но недостаточное развертывание или отдельные неточности. От 13 до 18 баллов: Частичное освоение материала, попытка объяснить основной смысл вопроса, использование некоторых базовых терминов, но отсутствие глубокого понимания сложных моментов, логические недостатки изложения, отсутствие выводов. От 7 до 12 баллов: Ошибочные представления, слабо выраженное владение основными понятиями, значительные затруднения в интерпретации вопросов, существенные фактологические ошибки, отсутствие обоснованных выводов и примеров. От 0 до 6 баллов: Полное непонимание темы, неспособность сформулировать адекватный ответ, грубые ошибки, несоответствие требованиям задания.</p>

3. Оценочные материалы для текущего и промежуточного контроля успеваемости

3.1. Оценочные материалы для текущего контроля

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

ИЗМЕРЕНИЯ ПРИБОРАМИ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

Цель работы: Знакомство с электроизмерительными приборами стенда и проведение измерений, знакомство с понятием погрешности измерений.

Краткая теория

Электроизмерительные приборы - класс устройств, применяемых для измерения различных электрических величин. В группу электроизмерительных приборов входят также кроме собственно измерительных приборов и другие средства измерений - меры, преобразователи, комплексные установки.

Наиболее существенным признаком для классификации электроизмерительной аппаратуры является измеряемая или воспроизводимая физическая величина, в соответствии с этим приборы подразделяются на ряд видов:

- амперметры - для измерения силы электрического тока;
- вольтметры - для измерения электрического напряжения;
- омметры - для измерения электрического сопротивления;
- мультиметры - комбинированные приборы
- частотомеры - для измерения частоты колебаний электрического тока;
- магазины сопротивлений - для воспроизведения заданных сопротивлений;
- ваттметры и варметры - для измерения мощности электрического тока;
- электрические счётчики - для измерения потреблённой электроэнергии
- и множество других видов

В данном лабораторном стенде используются амперметры, вольтметры и ваттметр (измеритель мощности). Схема подключения приборов показана на

рис. 1.

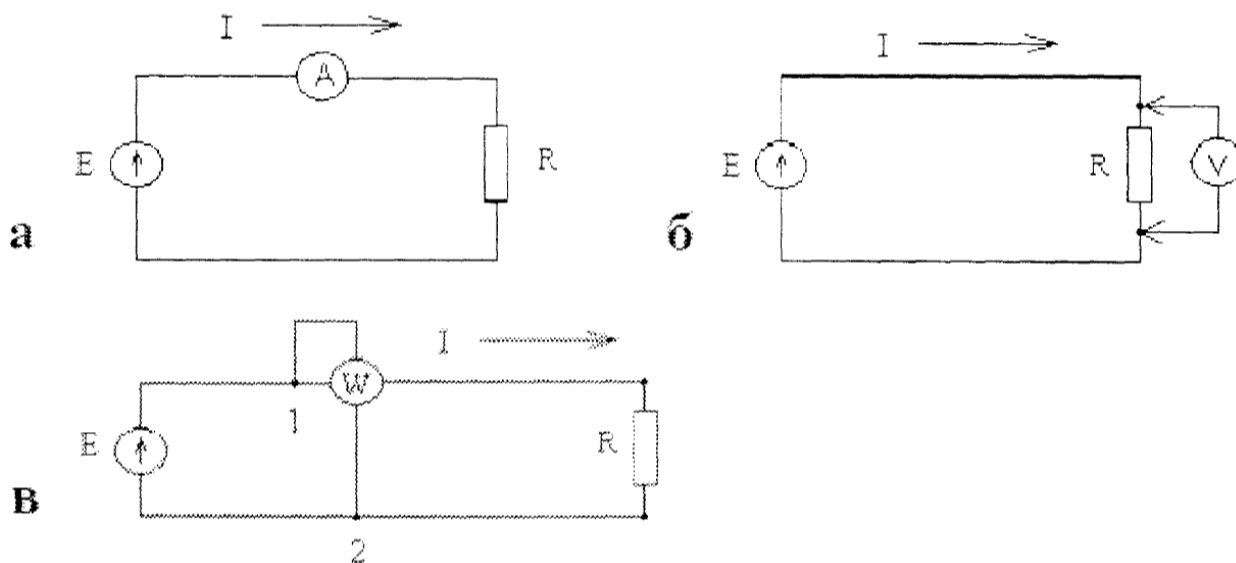


Рис. 1. Схема подключения приборов: а – амперметра, б – вольтметра, в – ваттметра

Особенностью измерений переменных токов и напряжений является то, что они изменяются во времени. В общем случае изменяющаяся во времени величина может быть полностью представлена мгновенными значениями в любой момент времени.

Переменные во времени величины могут быть также охарактеризованы своими отдельными параметрами (например, амплитудой) или интегральными параметрами.

К интегральным параметрам относятся:

действующее значение:

$$X_d = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T x^2(t) dt} ,$$

средневыпрямленное значение:

$$X_{св} = \frac{1}{T} \int_0^T |x(t)| dt ,$$

среднее значение:

$$X_c = \frac{1}{T} \int_0^T x(t) dt ,$$

где $x(t)$ - изменяющаяся во времени величина.

Таким образом, при измерении переменных токов и напряжений могут

измеряться их действующие, амплитудные, средневывпрямленные, средние и мгновенные значения. В практике электрических измерений чаще всего приходится измерять синусоидальные переменные токи и напряжения, которые обычно характеризуются действующим значением. Поэтому подавляющее большинство средств измерений переменных токов и напряжений градуируются в действующих значениях для синусоидальной формы кривой тока или напряжения.

Важнейшей характеристикой электроизмерительного прибора является его погрешность. В качестве действительного значения измеряемой величины принимается величина, измеренная образцовым прибором. Модуль разности между действительным значением измеряемой величины α_0 и показанием прибора α , которым определяется искомая величина, называется абсолютной погрешностью данного измерения $\Delta\alpha = |\alpha_0 - \alpha|$.

Точность измерения обычно характеризуются относительной погрешностью δ , то есть отношением абсолютной погрешности к действительному значению измеряемой величины:

$$\delta = \frac{\Delta\alpha}{\alpha_0}$$

В большинстве случаев для характеристики электроизмерительных приборов пользуются приведённой погрешностью δ_{max} . Приведённой погрешностью называется отношение максимальной абсолютной погрешности к предельному значению измеряемой величины

$$\delta = \frac{\Delta\alpha_{max}}{\alpha_{max}}$$

Если прибор имеет двухстороннюю шкалу, то α_{max} определяется как $(\alpha_2 - \alpha_1)$, где α_1 и α_2 - значения максимального предела измерений слева и справа от нуля. Приведенная и относительная погрешность обычно выражаются в процентах.

Необходимость введения приведённой ошибки объясняется тем, что даже при постоянстве абсолютной погрешности по всей шкале прибора

относительная погрешность не остается постоянной.

Пример. Прибор, предназначенный для измерения постоянного тока до 200 мА, имеет максимальную абсолютную погрешность прибора $\Delta I = 3$ мА. Причём эта погрешность условно принимается постоянной для каждой точки шкалы прибора. Относительная же погрешность прибора изменяется для различных измеренных токов.

$I = 50$ мА	$I = 100$ мА	$I = 200$ мА
$\delta = \frac{3}{50} \cdot 100\% = 6\%$	$\delta = \frac{3}{100} \cdot 100\% = 3\%$	$\delta = \frac{3}{200} \cdot 100\% = 1,5\%$

Таким образом, измерения рекомендуется проводить во второй половине шкалы прибора, то есть там, где относительная ошибка наименьшая.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с краткой теорией и конструкцией стенда.
2. Собрать схему, рис. 2, где в качестве R используется сопротивление, E - источник постоянного напряжения, A и V - амперметр и вольтметр.

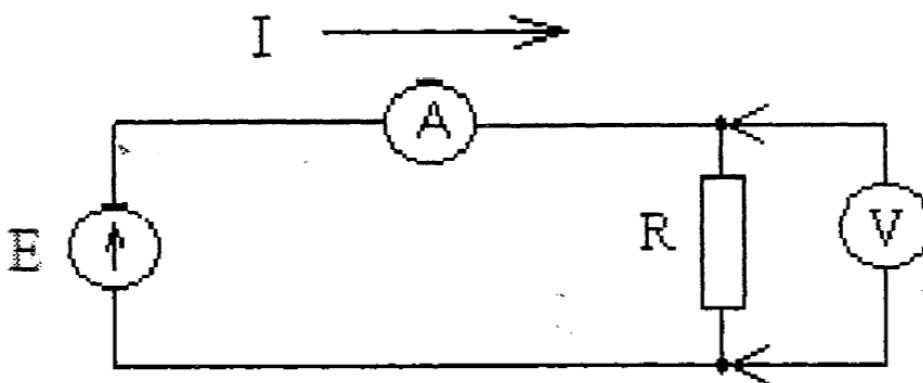


Рис. 2. Экспериментальная схема

3. Подключить стенд к сети, включить источник питания. Установить значение сопротивления $R = R_1$ Ом.
4. Занести в таблицу 1 значения силы тока I и напряжения U по показаниям приборов.
5. С помощью ручки регулировки изменить напряжение источника питания. Повторить пункт 4 для разных значений напряжения источника

питания.

6. Установить сопротивление $R = R_2$ Ом. Повторить пункты 4-5.

7. Установить сопротивление $R = R_3$ Ом. Повторить пункты 4-5.

8. Выключить стенд. Вычислить $R_{изм} \frac{U}{I}$. Вычислить $\Delta R = R - R_{изм}$; $\delta_R =$

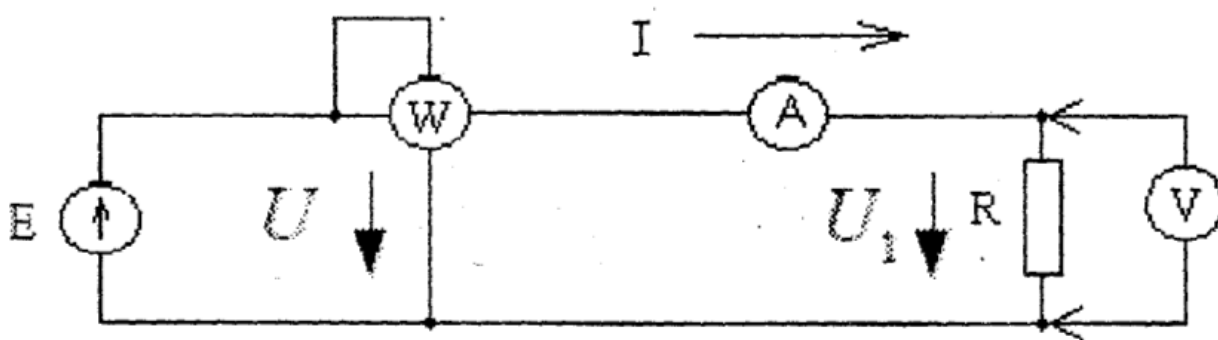
$$\frac{\Delta R}{R}$$

Занести результаты в таблицу 1.

Таблица 1.

	U	I	$R_{изм}$	ΔR	δ_R
$R = R_1$ Ом					
$R = R_2$ Ом					
$R = R_3$ Ом					

9. Выключить источник питания. Собрать схему рис. 3а, где А и V - амперметр и вольтметр с модуля измерительного; W – ваттметр (измеритель фазы, рис. 3 б); E – источник переменного напряжения.



а)

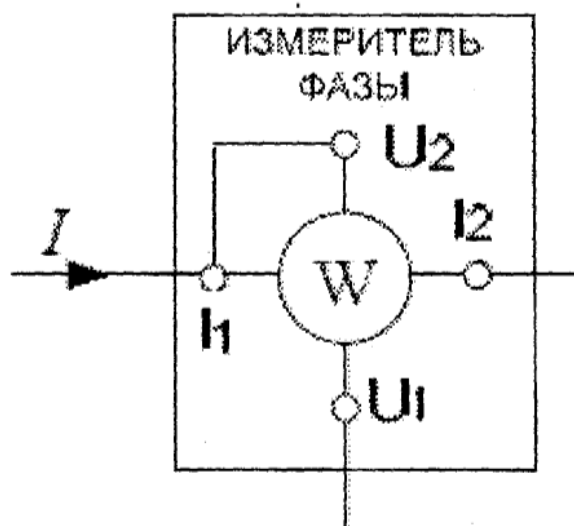


Рис. 3. Экспериментальная схема с ваттметром

10. Установить значение сопротивления $R = R_1$ Ом. Включить источник питания.
11. С помощью измерителя фазы измерить напряжение U , ток I , активную мощность P . Ток I также измерить амперметром A . Напряжение U_1 измерить вольтметром. Выключить источник питания, выключить питание стенда.
12. Вычислить значение сопротивления по закону Ома $R = \frac{U_1}{I}$
13. Рассчитать внутреннее сопротивление амперметра A : $R_A = \frac{U - U_1}{I}$
14. Проанализировать результаты, сделать выводы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПАССИВНОГО ДВУХПОЛЮСНИКА R-L

Цель работы: Экспериментальное определение полных и комплексных сопротивлений и проводимостей пассивного двухполюсника R-L в установившемся режиме синусоидальных напряжений и токов.

Краткая теория

Многополюсник - электрическая цепь, содержащая несколько точек (полюсов, портов) для соединения с другими цепями. Частными случаями многополюсника являются двухполюсник, четырёхполюсник и др.

Под полюсом многополюсника понимают одиночный электрический проводник, клемму электрической цепи и т.п., под портом — группу полюсов (как правило, два, реже - три).

Многополюсники различаются:

По наличию в своём составе источников ЭДС и источников тока:

- активные — содержат, по меньшей мере, один источник;
- пассивные — источников не содержат.

По наличию в своём составе элементов, поглощающих электрическую энергию:

- диссипативные — состоят только из сопротивлений (R);
- реактивные — состоят только из ёмкостей (C) и индуктивностей (L);
- смешанные — содержат и диссипативные, и реактивные элементы.

По наличию в своём составе элементов с нелинейной вольтамперной характеристикой:

- нелинейные — содержат, по меньшей мере, один элемент с нелинейной ВАХ;
- линейные — элементов с нелинейной ВАХ не содержат;
- условно линейные — такие, для которых проявлениями нелинейности ВАХ элементов можно пренебречь при некоторых условиях (например, при малых значениях токов и напряжений).

На входе пассивного двухполюсника в установившемся режиме мгновенные значения напряжения

$$u = U_m \sin(\omega t + \varphi_u)$$

и тока

$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi_i)$$

отличаются по фазе на угол

$$\varphi = \varphi_u - \varphi_i.$$

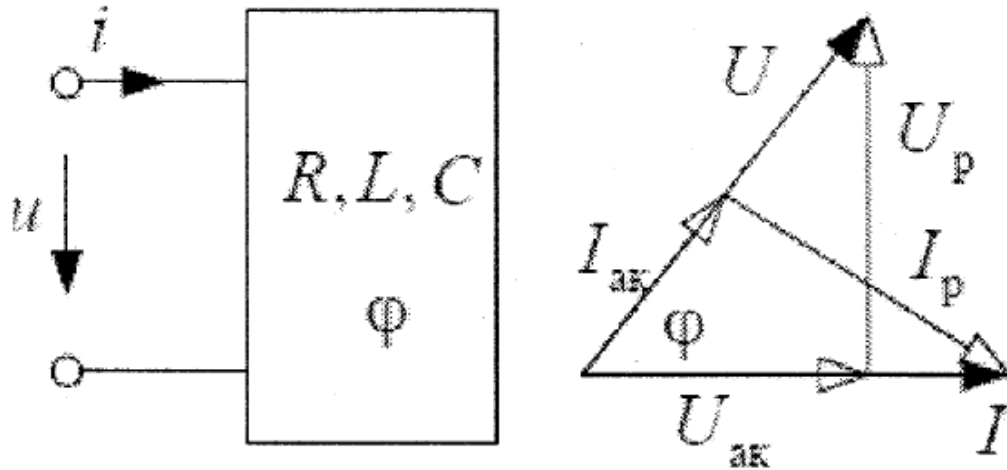


Рис. 1. Схема, поясняющая разницу по фазе тока и напряжения
Проекция напряжения на линию тока

$$U_{ак} = U \cos \varphi, \quad U_p = U \sin \varphi$$

определяют активную и реактивную составляющие напряжения.

Проекция тока на линию напряжения

$$I_{ак} = I \cos \varphi, \quad I_p = I \sin \varphi$$

определяют активную и реактивную составляющие тока.

В цепи синусоидального тока пассивного двухполюсника по определению вводятся следующие расчетные величины (эквивалентные параметры):

1) эквивалентные полное Z , активное $R_{эк}$ и реактивное $X_{эк}$ сопротивления:

$$Z = \frac{U}{I}; \quad R_{эк} = \frac{U_{ак}}{I} = Z \cos \varphi; \quad X_{эк} = \frac{U_p}{I} = Z \sin \varphi; \quad Z = \sqrt{R_{эк}^2 + X_{эк}^2}$$

2) эквивалентные полная Y , активная $G_{эк}$ и реактивная $B_{эк}$ проводимости:

$$Y = \frac{I}{U}; \quad G_{эк} = \frac{I_{ак}}{U} = Y \cos \varphi; \quad B_{эк} = \frac{I_p}{U} = Y \sin \varphi; \quad Y = \sqrt{G_{эк}^2 + B_{эк}^2}$$

3) Комплексное сопротивление

$$\underline{Z} = R_{эк} + jX_{эк} = Ze^{j\varphi};$$

4) Комплексная проводимость

$$\underline{Y} = G_{\text{эк}} + jB_{\text{эк}} = Y e^{-j\varphi}.$$

Для указанных величин выполняются отношения:

$$Z = \frac{1}{Y}; \quad Y = \frac{1}{Z}; \quad \underline{Z} = 1/\underline{Y}; \quad \underline{Y} = 1/\underline{Z}$$

Эквивалентные параметры определяются из физического эксперимента, в котором для заданного двухполюсника измеряют действующие значения тока и напряжения, активную мощность $P = UI \cos\varphi$ или угол сдвига фаз φ между мгновенными значениями напряжения и тока.

В лабораторной работе исследуют R-L двухполюсники (рис. 2). R_k на рис. 2 обозначено активное сопротивление катушки индуктивности L . Элементы электрических схем двухполюсников выбирают из модуля резисторов и модуля реактивных элементов.

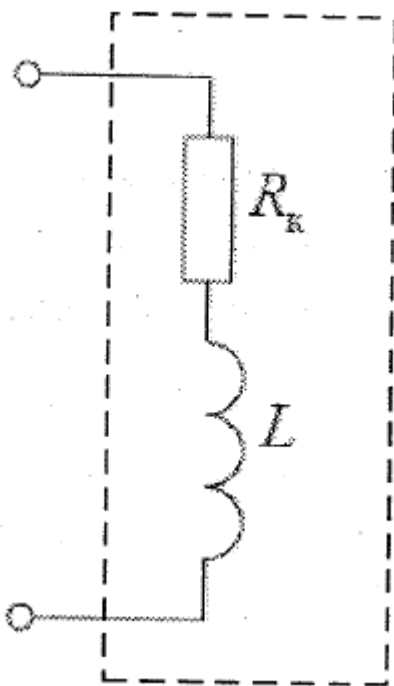


Рис. 2. Двухполюсник R-L

Порядок выполнения работы:

- 1) Ознакомиться с краткой теорией и конструкцией стенда.

- 2) Собрать электрическую цепь по схеме, приведенной на рис. 3. В качестве источника питания используется источник переменного напряжения модуля питания. Подключить к схеме двухполюсник R-L.

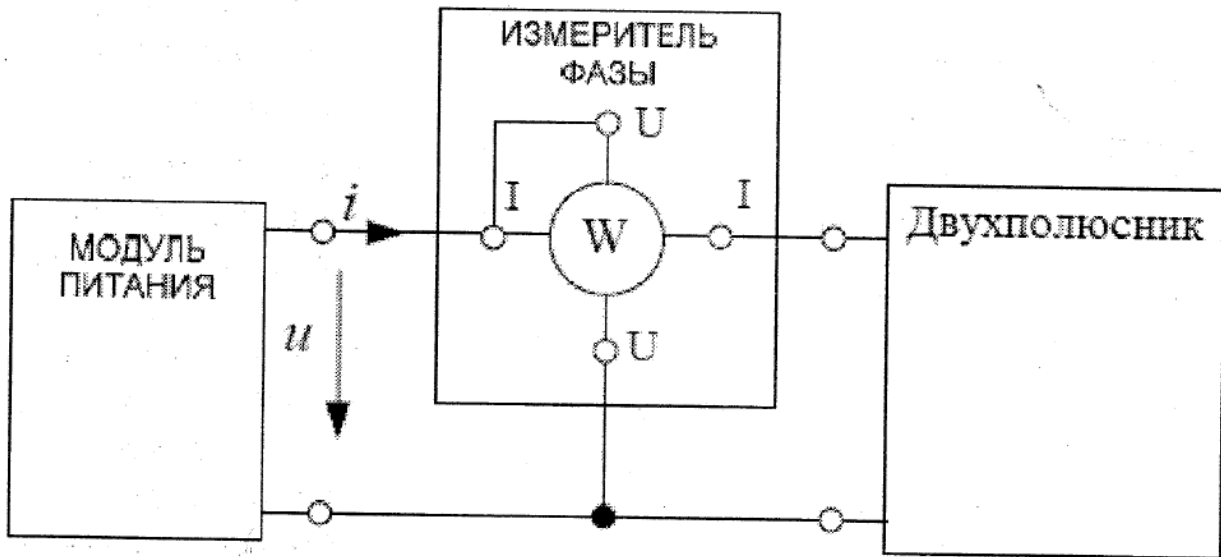


Рис. 3. Экспериментальная схема

- 3) Подключить стенд к сети, включить питание стенда. Выполнить измерения действующих значений напряжения, тока и угла сдвига фаз φ . Измеренные величины занести в табл. 1. Выключить питание стенда.
- 4) Заполнить табл. 2, выполнив расчеты, указанные в ней.

Таблица 1.

Двухполюсник	U, В	I, А	φ , град
R-L			

Таблица 2.

Двухполюсник	$Z = \frac{U}{I}$, Ом	$R_{\text{эк}} = Z \cdot \cos\varphi$, Ом	$X_{\text{эк}} = Z \cdot \sin\varphi$, Ом
R-L			

- 5) Зарисовать схему исследуемого двухполюсника.
- 6) Используя экспериментальные данные таблиц 1 и 2, записать комплексные сопротивления и проводимости. Построить в масштабе

треугольники сопротивлений. Выполнить проверку отношений эквивалентных преобразований:

$$R_{\text{эк}} = \frac{G_{\text{эк}}}{Y^2}; \quad X_{\text{эк}} = \frac{B_{\text{эк}}}{Y^2}; \quad G_{\text{эк}} = \frac{R_{\text{эк}}}{Z^2}; \quad B_{\text{эк}} = \frac{X_{\text{эк}}}{Z^2}.$$

7) Проанализировать результаты, сделать выводы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПАССИВНОГО ДВУХПОЛЮСНИКА R-C

Цель работы: Экспериментальное определение полных и комплексных сопротивлений и проводимостей пассивного двухполюсника R-C в установившемся режиме синусоидальных напряжений и токов.

Краткая теория

Многополюсник - электрическая цепь, содержащая несколько точек (полюсов, портов) для соединения с другими цепями. Частными случаями многополюсника являются двухполюсник, четырёхполюсник и др.

Под полюсом многополюсника понимают одиночный электрический проводник, клемму электрической цепи и т.п., под портом — группу полюсов (как правило, два, реже - три).

Многополюсники различаются:

По наличию в своём составе источников ЭДС и источников тока:

- активные — содержат, по меньшей мере, один источник;
- пассивные — источников не содержат.

По наличию в своём составе элементов, поглощающих электрическую энергию:

- диссипативные — состоят только из сопротивлений (R);
- реактивные — состоят только из ёмкостей (C) и индуктивностей

(L);

- смешанные — содержат и диссипативные, и реактивные элементы.

По наличию в своём составе элементов с нелинейной вольтамперной характеристикой:

- нелинейные — содержат, по меньшей мере, один элемент с нелинейной ВАХ;
- линейные — элементов с нелинейной ВАХ не содержат;
- условно линейные — такие, для которых проявлениями нелинейности ВАХ элементов можно пренебречь при некоторых условиях (например, при малых значениях токов и напряжений).

На входе пассивного двухполюсника в установившемся режиме мгновенные значения напряжения

$$u = U_m \sin(\omega t + \varphi_u)$$

и тока

$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi_i)$$

отличаются по фазе на угол

$$\varphi = \varphi_u - \varphi_i.$$

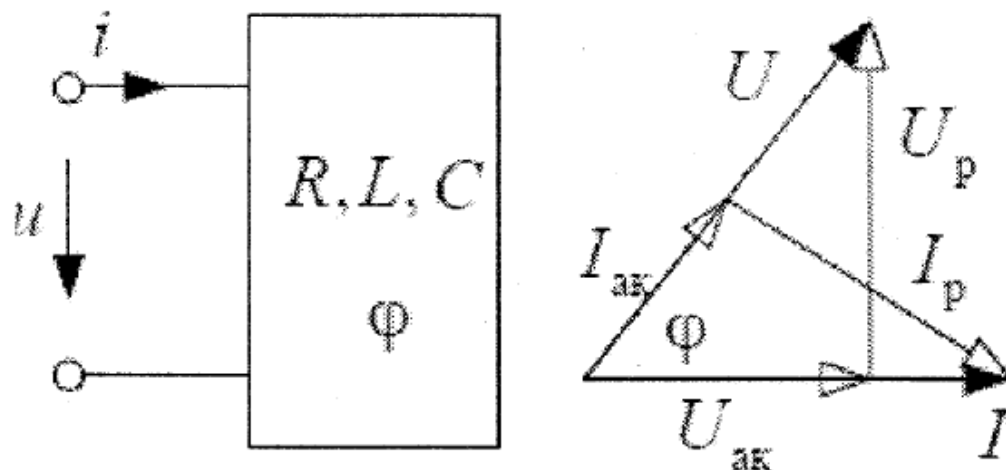


Рис. 1. Схема, поясняющая разницу по фазе тока и напряжения

Проекция напряжения на линию тока

$$U_{ак} = U \cos \varphi, \quad U_p = U \sin \varphi$$

определяют активную и реактивную составляющие напряжения.

Проекция тока на линию напряжения

$$I_{ак} = I \cos \varphi, \quad I_p = I \sin \varphi$$

определяют активную и реактивную составляющие тока.

В цепи синусоидального тока пассивного двухполюсника по определению вводятся следующие расчетные величины (эквивалентные параметры):

- 1) Эквивалентные полное Z , активное $R_{эк}$ и реактивное $X_{эк}$ сопротивления:

$$Z = \frac{U}{I}; \quad R_{эк} = \frac{U_{ак}}{I} = Z \cos \varphi; \quad X_{эк} = \frac{U_p}{I} = Z \sin \varphi; \quad Z = \sqrt{R_{эк}^2 + X_{эк}^2}$$

- 2) Эквивалентные полная Y , активная $G_{эк}$ и реактивная $B_{эк}$ проводимости:

$$Y = \frac{I}{U}; \quad G_{эк} = \frac{I_{ак}}{U} = Y \cos \varphi; \quad B_{эк} = \frac{I_p}{U} = Y \sin \varphi; \quad Y = \sqrt{G_{эк}^2 + B_{эк}^2}$$

- 3) Комплексное сопротивление

$$\underline{Z} = R_{эк} + jX_{эк} = Ze^{j\varphi};$$

- 4) Комплексная проводимость

$$\underline{Y} = G_{эк} + jB_{эк} = Ye^{-j\varphi}.$$

Для указанных величин выполняются отношения:

$$Z = \frac{1}{Y}; \quad Y = \frac{1}{Z}; \quad \underline{Z} = 1/\underline{Y}; \quad \underline{Y} = 1/\underline{Z}$$

Эквивалентные параметры определяются из физического эксперимента, в котором для заданного двухполюсника измеряют действующие значения тока и напряжения, активную мощность $P = UI \cos \varphi$ или угол сдвига фаз φ между мгновенными значениями напряжения и тока.

В лабораторной работе исследуют R-C двухполюсники (рис. 2). Элементы электрических схем двухполюсников выбирают из модуля резисторов и модуля реактивных элементов.

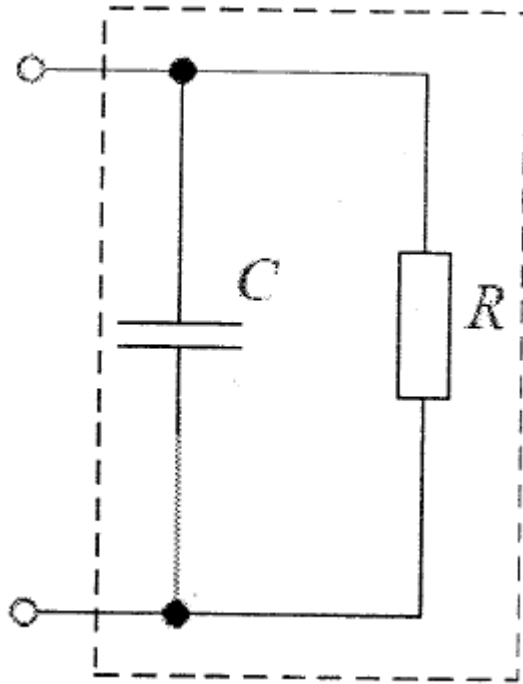


Рис. 2. Двухполюсник R-C

Порядок выполнения работы:

- 1) Ознакомиться с краткой теорией и конструкцией стенда.
- 2) Собрать электрическую цепь по схеме, приведенной на рис. 3. В качестве источника питания используется источник переменного напряжения модуля питания. Подключить к схеме двухполюсник R-C.

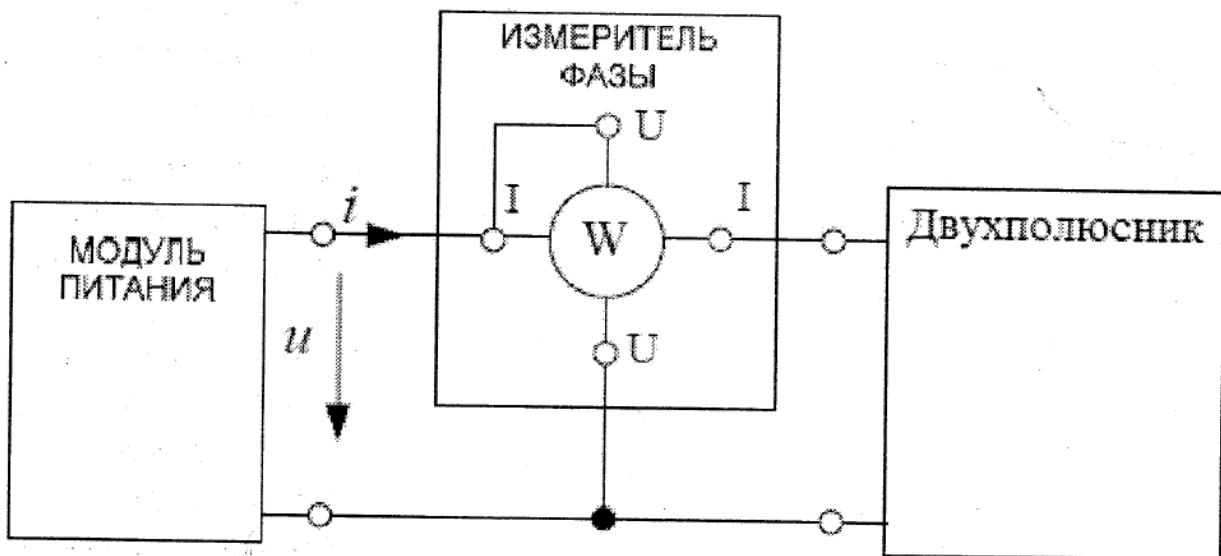


Рис. 3. Экспериментальная схема

- 3) Подключить стенд к сети, включить питание стенда. Выполнить измерения действующих значений напряжения, тока и угла сдвига фаз φ . Измеренные величины занести в табл. 1. Выключить питание стенда.
- 4) Заполнить табл. 2, выполнив расчеты, указанные в ней.

Таблица 1.

Двухполюсник	U, В	I, А	φ , град
R-C			

Таблица 2.

Двухполюсник	$Z = \frac{U}{I}$, Ом	$R_{эк} = Z \cdot \cos\varphi$, Ом	$X_{эк} = Z \cdot \sin\varphi$, Ом
R-C			

- 5) Зарисовать схему исследуемого двухполюсника.
- 6) Используя экспериментальные данные таблиц 1 и 2, записать комплексные сопротивления и проводимости. Построить в масштабе треугольники сопротивлений. Выполнить проверку отношений эквивалентных преобразований:

$$R_{эк} = \frac{G_{эк}}{Y^2}; \quad X_{эк} = \frac{B_{эк}}{Y^2}; \quad G_{эк} = \frac{R_{эк}}{Z^2}; \quad B_{эк} = \frac{X_{эк}}{Z^2}.$$

- 7) Проанализировать результаты, сделать выводы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПАССИВНОГО ДВУХПОЛЮСНИКА R-L-C

Цель работы: Экспериментальное определение полных и комплексных сопротивлений и проводимостей пассивного двухполюсника R-L-C в установившемся режиме синусоидальных напряжений и токов.

Краткая теория

Многополюсник - электрическая цепь, содержащая несколько точек (полюсов, портов) для соединения с другими цепями. Частными случаями многополюсника являются двухполюсник, четырёхполюсник и др.

Под полюсом многополюсника понимают одиночный электрический проводник, клемму электрической цепи и т.п., под портом — группу полюсов (как правило, два, реже - три).

Многополюсники различаются:

По наличию в своём составе источников ЭДС и источников тока:

- активные — содержат, по меньшей мере, один источник;
- пассивные — источников не содержат.

По наличию в своём составе элементов, поглощающих электрическую энергию:

- диссипативные — состоят только из сопротивлений (R);
- реактивные — состоят только из ёмкостей (C) и индуктивностей (L);
- смешанные — содержат и диссипативные, и реактивные элементы.

По наличию в своём составе элементов с нелинейной вольтамперной характеристикой:

- нелинейные — содержат, по меньшей мере, один элемент с нелинейной ВАХ;
- линейные — элементов с нелинейной ВАХ не содержат;
- условно линейные — такие, для которых проявлениями нелинейности ВАХ элементов можно пренебречь при некоторых условиях (например, при малых значениях токов и напряжений).

На входе пассивного двухполюсника в установившемся режиме мгновенные значения напряжения

$$u = U_m \sin(\omega t + \varphi_u)$$

и тока

$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi_i)$$

отличаются по фазе на угол

$$\varphi = \varphi_u - \varphi_i.$$

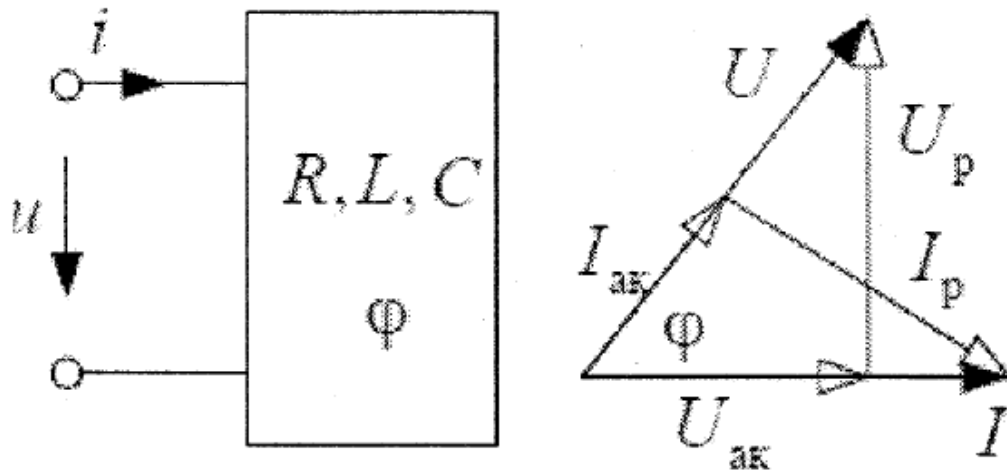


Рис. 1. Схема, поясняющая разницу по фазе тока и напряжения
Проекции напряжения на линию тока

$$U_{ак} = U \cos \varphi, \quad U_p = U \sin \varphi$$

определяют активную и реактивную составляющие напряжения.

Проекции тока на линию напряжения

$$I_{ак} = I \cos \varphi, \quad I_p = I \sin \varphi$$

определяют активную и реактивную составляющие тока.

В цепи синусоидального тока пассивного двухполюсника по определению вводятся следующие расчетные величины (эквивалентные параметры):

- 1) Эквивалентные полное Z , активное $R_{эк}$ и реактивное $X_{эк}$ сопротивления:

$$Z = \frac{U}{I}; \quad R_{эк} = \frac{U_{ак}}{I} = Z \cos \varphi; \quad X_{эк} = \frac{U_p}{I} = Z \sin \varphi; \quad Z = \sqrt{R_{эк}^2 + X_{эк}^2}$$

- 2) Эквивалентные полная Y , активная $G_{эк}$ и реактивная $B_{эк}$ проводимости:

$$Y = \frac{I}{U}; \quad G_{эк} = \frac{I_{ак}}{U} = Y \cos \varphi; \quad B_{эк} = \frac{I_p}{U} = Y \sin \varphi; \quad Y = \sqrt{G_{эк}^2 + B_{эк}^2}$$

- 3) Комплексное сопротивление

$$\underline{Z} = R_{\text{эк}} + jX_{\text{эк}} = Ze^{j\varphi};$$

4) Комплексная проводимость

$$\underline{Y} = G_{\text{эк}} + jB_{\text{эк}} = Ye^{-j\varphi}.$$

Для указанных величин выполняются отношения:

$$Z = \frac{1}{Y}; \quad Y = \frac{1}{Z}; \quad \underline{Z} = 1/\underline{Y}; \quad \underline{Y} = 1/\underline{Z}$$

Эквивалентные параметры определяются из физического эксперимента, в котором для заданного двухполюсника измеряют действующие значения тока и напряжения, активную мощность $P = UI \cos\varphi$ или угол сдвига фаз φ между мгновенными значениями напряжения и тока.

В лабораторной работе исследуют R-L-C двухполюсники (рис. 2). Элементы электрических схем двухполюсников выбирают из модуля резисторов и модуля реактивных элементов.

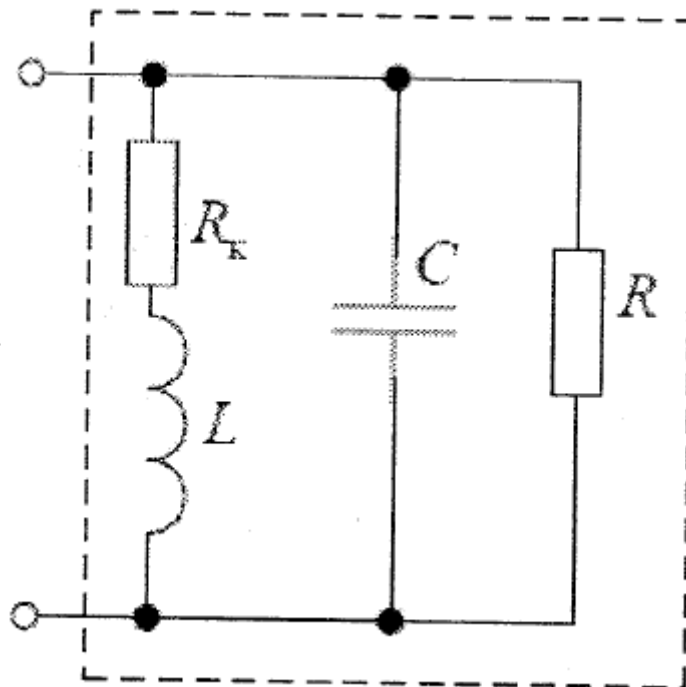


Рис. 2. Двухполюсник R-L-C

Порядок выполнения работы:

- 1) Ознакомиться с краткой теорией и конструкцией стенда.

- 2) Собрать электрическую цепь по схеме, приведенной на рис. 3. В качестве источника питания используется источник переменного напряжения модуля питания. Подключить к схеме двухполюсник R-L-C.

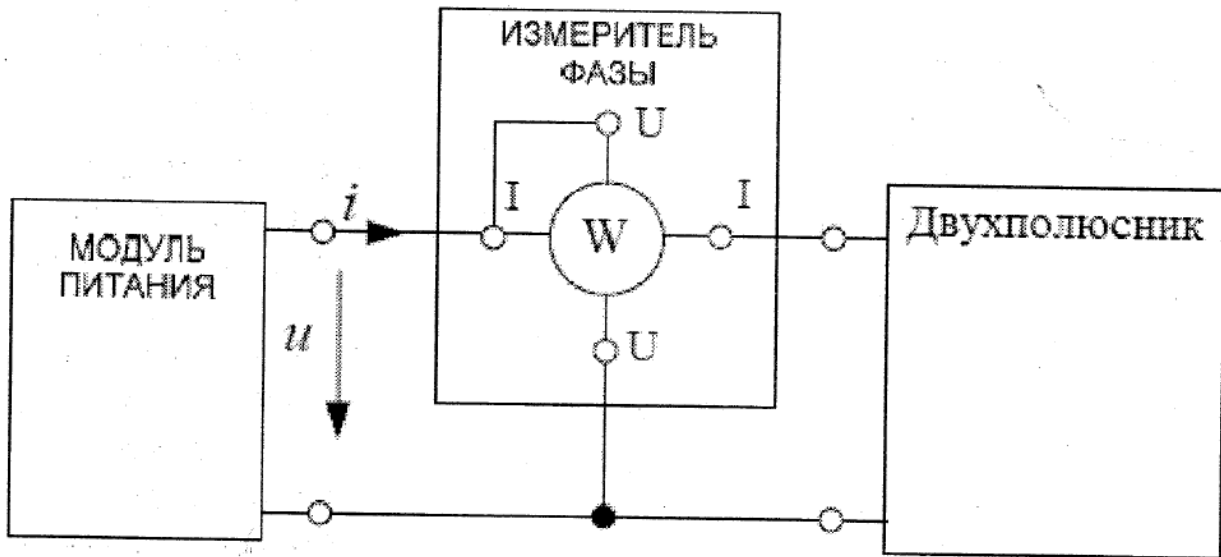


Рис. 3. Экспериментальная схема

- 3) Подключить стенд к сети, включить питание стенда. Выполнить измерения действующих значений напряжения, тока и угла сдвига фаз φ . Измеренные величины занести в табл. 1. Выключить питание стенда.
- 4) Заполнить табл. 2, выполнив расчеты, указанные в ней.

Таблица 1.

Двухполюсник	U, В	I, А	φ , град
R-L-C			

Таблица 2.

Двухполюсник	$Z = \frac{U}{I}$, Ом	$R_{\text{эк}} = Z \cdot \cos\varphi$, Ом	$X_{\text{эк}} = Z \cdot \sin\varphi$, Ом
R-L-C			

- 5) Зарисовать схему исследуемого двухполюсника.
- 6) Используя экспериментальные данные таблиц 1 и 2, записать комплексные сопротивления и проводимости. Построить в масштабе

треугольники сопротивлений. Выполнить проверку отношений эквивалентных преобразований:

$$R_{\text{эк}} = \frac{G_{\text{эк}}}{Y^2}; \quad X_{\text{эк}} = \frac{B_{\text{эк}}}{Y^2}; \quad G_{\text{эк}} = \frac{R_{\text{эк}}}{Z^2}; \quad B_{\text{эк}} = \frac{X_{\text{эк}}}{Z^2}.$$

7) Проанализировать результаты, сделать выводы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

ИССЛЕДОВАНИЕ I И II ЗАКОНА КИРХГОФА ПРИБОРАМИ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

Цель работы: Расчет линейной электрической цепи постоянного тока и экспериментальная проверка результатов расчетов.

Краткая теория

Рассмотрим методику расчета разветвленной линейной электрической цепи постоянного тока.

Закон Ома для участка 1-2 электрической цепи:

- не содержащего источников энергии:

$$I = \frac{U_{12}}{R}$$

- содержащего источник энергии:

$$I = \frac{U_{12} \pm E}{R},$$

где «+» берется, когда направление тока совпадает с направлением действия ЭДС, а «-» берётся, когда направление тока не совпадает с направлением действия ЭДС.

Скорость преобразования энергии источника питания в тепловую энергию, выделяющуюся на активном сопротивлении, т. е. мощности участка цепи

$$P = UI^2 = I^2R = \frac{U^2}{R}.$$

Рассмотрим простейшие электрические цепи, состоящие из параллельно или последовательно подключенных элементов.

При последовательном подключении (рис. 1.) через все элементы протекает один и тот же ток. Общее напряжение (напряжение источника) равно сумме действующих в контуре источников ЭДС всех участков цепи:

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n. \quad (1)$$

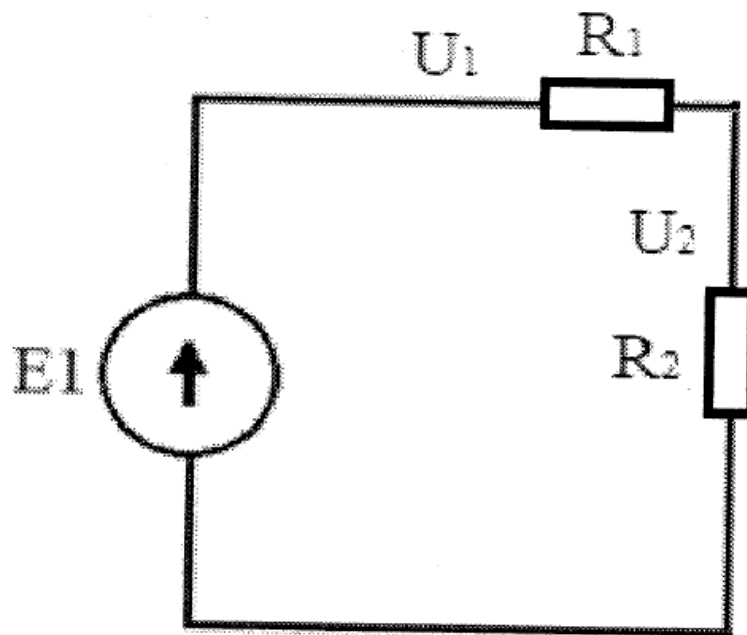


Рис. 1. Схема последовательного подключения элементов

Общее (эквивалентное) сопротивление последовательной цепи равно сумме сопротивлений всех участков этой цепи:

$$R_3 = R_1 + R_2 + \dots + R_n. \quad (2)$$

Оно может быть определено в соответствии с законом Ома по экспериментальным значениям напряжения источника U и тока цепи I

$$R_3 = \frac{U}{I}. \quad (3)$$

В цепи с параллельным соединением элементов (рис. 2) все ветви находятся под одним и тем же напряжением U, а токи в ветвях обратно

пропорциональны их сопротивлениям. Общий ток равен арифметической сумме токов ветвей:

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n. \quad (4)$$

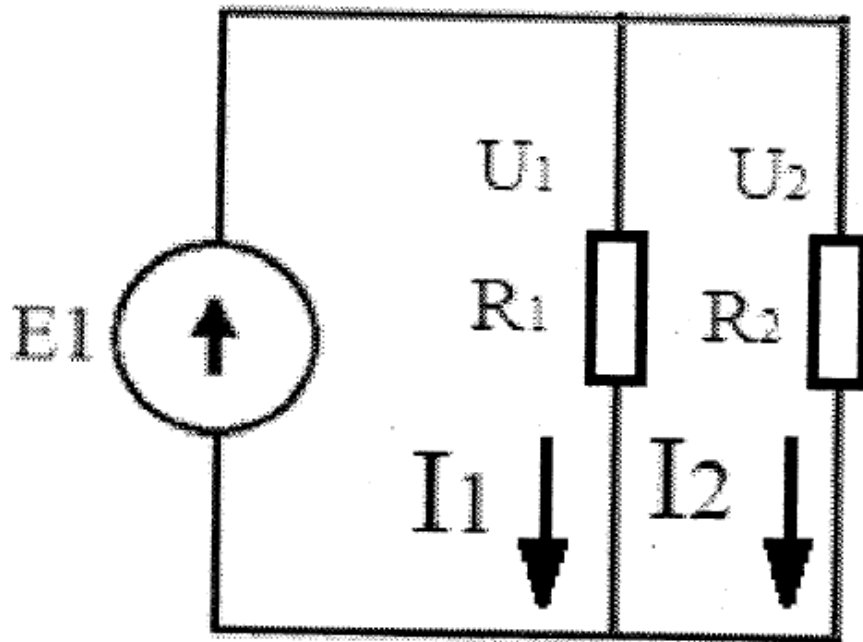


Рис. 2. Схема параллельного подключения элементов

Общее (эквивалентное) сопротивление параллельной цепи выражается формулой:

$$\frac{1}{R_3} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}. \quad (5)$$

Ток в цепи может быть определен по экспериментальным значениям напряжения источника U и общего сопротивления цепи R_3

$$I = \frac{U}{R_3}. \quad (6)$$

Последовательно-параллельная цепь (цепь со смешанным подключением элементов, рис. 3) является комбинацией участков, соединенных последовательно и параллельно. К отдельным участкам такой цепи применимы соотношения между напряжениями, токами и сопротивлениями, имеющие место в последовательной и параллельной цепях. Ток в каждой из параллельных ветвей цепи может быть определен используя значения общего тока и сопротивлений ветвей.

Например, для схемы рис. 3:

$$I_2 = I_1 \frac{R_3}{R_2 + R_3}, \quad I_3 = I_1 \frac{R_2}{R_2 + R_3}. \quad (7)$$

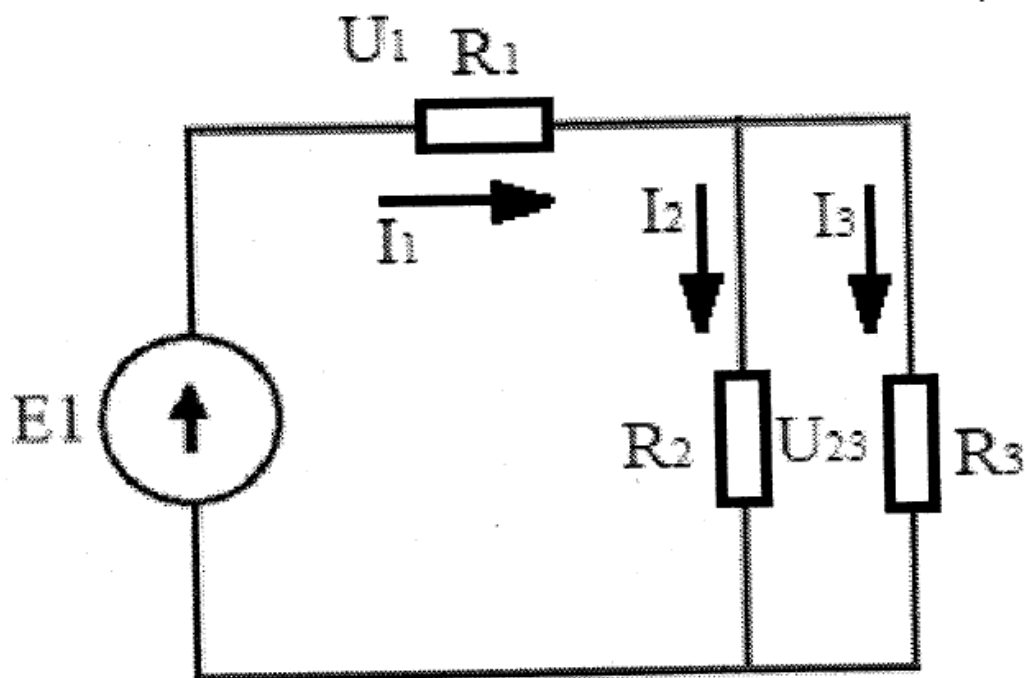


Рис. 3. Схема последовательно-параллельного подключения элементов

Напряжения на участках цепи будут связаны следующей зависимостью:

$$U = U_1 + U_{23}, \quad (8)$$

а общее сопротивление цепи

$$R = R_1 + R_{23}, \quad (9)$$

где

$$\frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}. \quad (10)$$

Последовательно-параллельная цепь может быть преобразована в более простую — последовательную цепь путем замены параллельных ветвей одной ветвью (одним сопротивлением) с последующей заменой всех последовательно соединенных участков одним участком (одним эквивалентным сопротивлением).

Для сложных цепей удобно пользоваться правилами (законами) Кирхгофа.

Законы Кирхгофа - это соотношения, выполняемые между токами и напряжениями на участках любых электрических цепей. Они позволяют

рассчитывать любые электрические цепи: постоянного, переменного или квазистационарного тока.

При формулировании правил Кирхгофа используют такие понятия, как ветвь, контур и узел электрической цепи.

- Ветвь - участок электрической цепи с одной и тем же током.
- Узел - точка соединения трех или более ветвей.
- Контур - замкнутый путь, проходящий через несколько узлов и ветвей разветвленной электрической цепи.

При обходе надо учесть, что ветвь и узел могут одновременно принадлежать нескольким контурам. Правила Кирхгофа справедливы как для линейных, так и для нелинейных цепей при любом характере изменения во времени токов и напряжений. Правила Кирхгофа широко применяются при решении задач электротехники за счет легкости в расчетах.

Первый закон Кирхгофа

Первый закон Кирхгофа говорит, что сумма токов в любом узле электрической цепи равна нулю. Существует и другая, аналогичная по смыслу формулировка: сумма значений токов, входящих в узел, равна сумме значений токов, выходящих из узла.

Ток, который втекает в узел, обозначается стрелкой, направленной в сторону узла, а выходящий из узла ток - стрелкой, направленной в сторону от узла.

Согласно первому закону Кирхгофа

$$I_1 + I_2 - I_3 - I_4 - I_5 = 0 \quad (11)$$

или

$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4 + I_5.$$

Здесь мы условно присвоили знак «+» всем входящим токам, а «-» - всем выходящим, хотя это не принципиально и можно присвоить знаки наоборот.

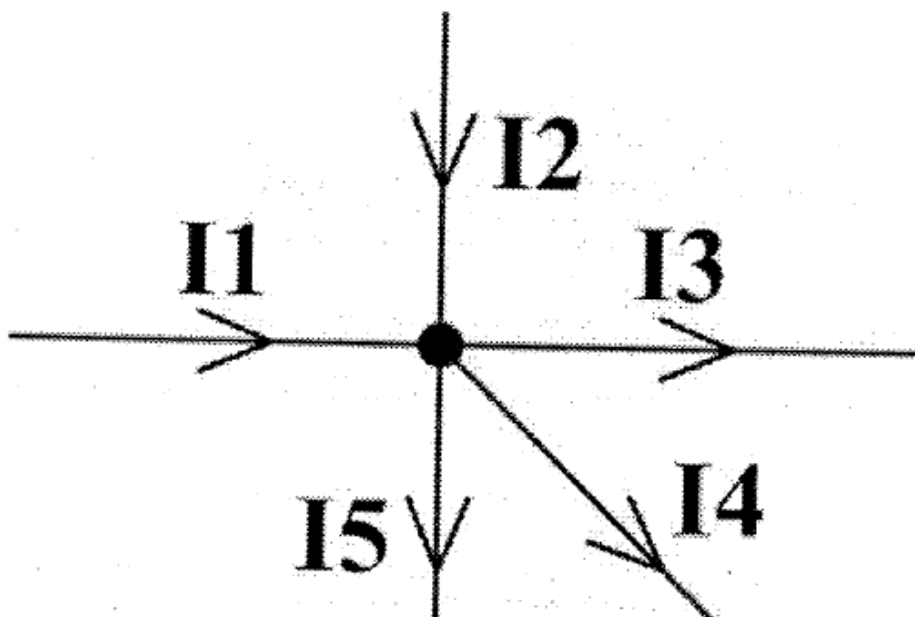


Рис. 4. Схема для определения направлений тока по первому закону Кирхгофа

Первый закон Кирхгофа согласуется с законом сохранения энергии, поскольку электрические заряды не могут накапливаться в узлах, поэтому, поступающие к узлу заряды покидают его.

Второй закон Кирхгофа.

Пусть имеется замкнутый контур, состоящий из источников тока с ЭДС E_1, E_2, \dots, E_m и резисторов R_1, R_2, \dots, R_n (в число этих резисторов могут быть включены также и внутренние сопротивления источников). Через резисторы текут соответственно токи I_1, I_2, \dots, I_n . Второй закон Кирхгофа гласит, что алгебраическая сумма напряжений на резистивных элементах замкнутого контура, равна алгебраической сумме ЭДС, входящих в этот контур:

$$\pm I_1 R_1 \pm I_2 R_2 + \dots \pm I_n R_n = \pm E_1 \pm E_2 + \dots \pm E_m. \quad (12)$$

Для определения «+» или «-» должен СТОЯТЬ перед слагаемым, обозначим направления всех токов стрелками. Стрелки направляем произвольным образом, не задумываясь о том, куда в действительности текут токи. Если при дальнейших вычислениях ток I_k окажется положительным, то он течёт в направлении соответствующей стрелки, а если отрицательным - то в противоположном направлении.

Будем обходить контур в определённом фиксированном направлении

(неважно, по часовой стрелке или против). Если стрелка тока I_k совпадает с направлением обхода, то перед I_k в нижеследующей формуле (12) ставится плюс; если же стрелка тока I_k противоположна направлению обхода, то перед I_k ставится минус. Если источник с ЭДС E_k проходится от «минуса» к «плюсу», то перед E_k в (12) ставится плюс, а если источник проходится от «плюса» к «минусу», то перед E_k ставится минус.

Рассмотрим схему цепи (рис. 5) с двумя источниками постоянного напряжения. В состав такой цепи входит: источник с ЭДС E_1 и внутренним сопротивлением $R_{вт1}$, источник с ЭДС E_2 и внутренним сопротивлением $R_{вт2}$, и сопротивления R_1, R_2, R_3 .

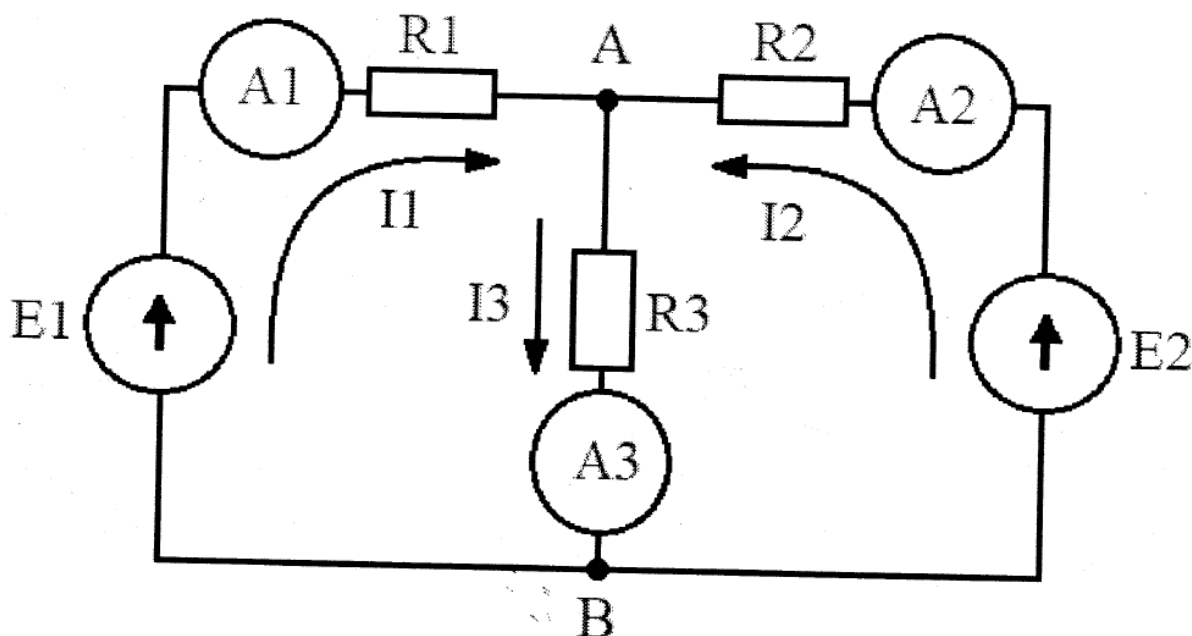


Рис. 5. Схема цепи с двумя источниками постоянного напряжения

Согласно первому закону Кирхгофу для узла А:

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0.$$

Согласно второму закону Кирхгофа для левого и правого контуров схемы имеем:

$$E_1 = I_1 R_{вт1} + I_1 R_1 + I_3 R_3; \quad E_2 = I_2 R_{вт2} + I_2 R_2 + I_3 R_3.$$

Пренебрегая внутренним сопротивлением источников, можно записать систему уравнений:

$$\begin{aligned}
 I_1 + I_2 + I_3 &= 0; \\
 E_1 &= I_1 R_1 + I_3 R_3; \\
 E_2 &= I_2 R_2 + I_3 R_3.
 \end{aligned}
 \tag{13}$$

Систему уравнений (13) можно решить, например, методом Крамера. Для этого удобно переписать ее в виде:

$$\begin{aligned}
 I_1 + I_2 + I_3 &= 0; \\
 E_1 &= I_1 R_1 + 0I_2 + I_3 R_3; \\
 E_2 &= 0I_1 + I_2 R_2 + I_3 R_3.
 \end{aligned}
 \tag{13}$$

В работе исследуется схема цепи, представленная на рис. 6. В состав такой цепи входит источник постоянного напряжения с ЭДС E_1 (внутренним сопротивлением источника пренебречь); амперметры А1 и А2 – один с модуля измерительного, другой с модуля цифровых индикаторов; линейные сопротивления R_1, R_2, R_3 .

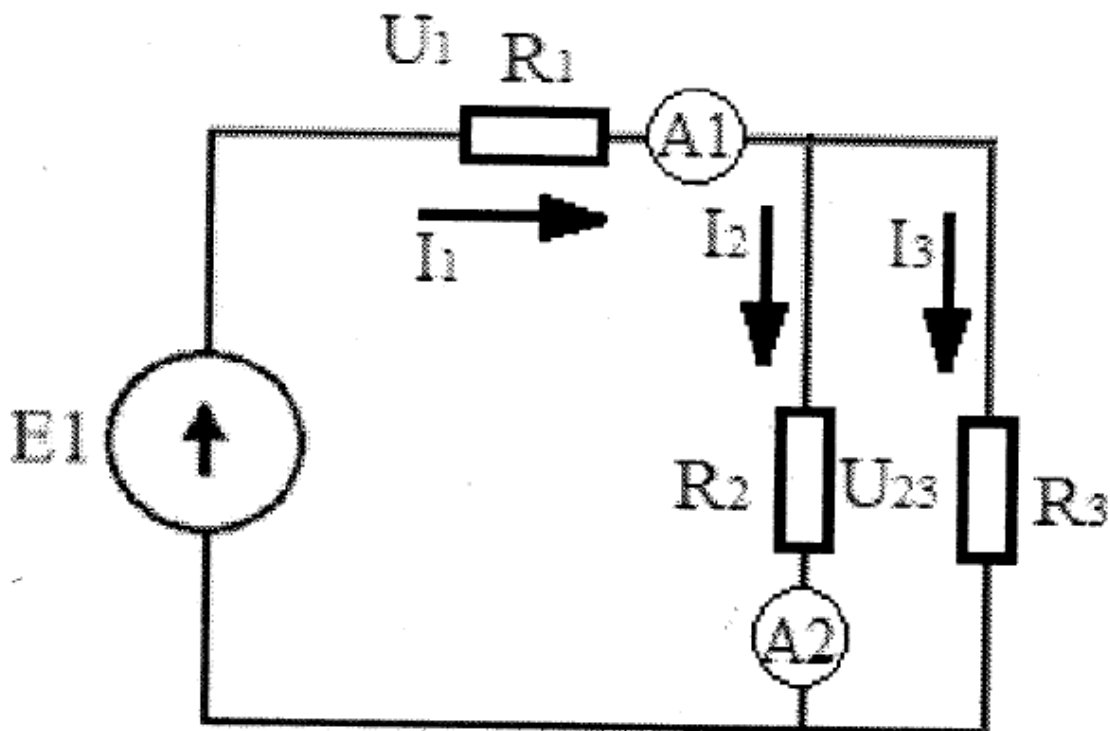


Рис. 6. Экспериментальная схема исследования

Порядок выполнения работы

1. Ознакомьтесь с краткой теорией и конструкцией стенда.

2. Собрать схему на рис. 6, подключить стенд. Подключить стенд к сети. Включить источник питания, записать создаваемое им напряжение U_1 по показаниям табло над источником. Пренебрегая внутренним сопротивлением, принять $U_1 = E_1$.

3. Записать значения силы тока на участках I_1 , I_2 по показаниям амперметров.

4. По известным значениям сопротивлений R_1 – R_3 вычислить значения сил тока на участках, используя законы Кирхгофа. Сравнить вычисленные значения с полученными в п. 3.

5. Проанализировать результаты, сделать выводы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗОНАНСА В ЦЕПИ С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО СОЕДИНЕННЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ R, L, C

Цель работы: Исследование резонансных явлений и частотных характеристик электрической цепи, содержащей элементы R, L, C.

Краткая теория

Резонансом называется явление совпадения начальных фаз мгновенных значений синусоидального напряжения и тока на участке электрической цепи, содержащем элементы R, L, C.

В линейной электрической цепи режим резонанса можно получить путем изменения частоты f питающего напряжения $u(t)$ или величин параметров элементов R, L, C.

В работе исследуют контур с последовательным соединением участков R, L и C (рис. 1).

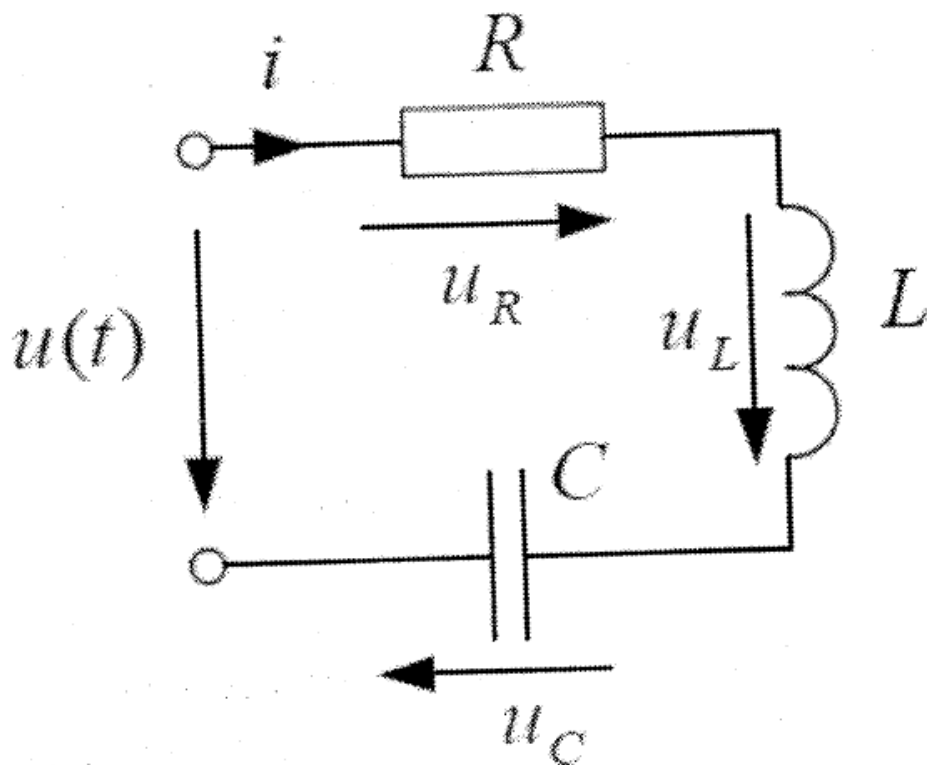


Рис. 1. Контур с последовательным соединением R, L и C

На частоте резонанса ω_0 эквивалентное реактивное сопротивление

$$X_0 = \omega_0 L - \frac{1}{\omega_0 C}, \quad (1)$$

откуда

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}; \quad f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}. \quad (2)$$

Величина

$$\omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C} = \sqrt{\frac{L}{C}} = \rho \quad (3)$$

имеет размерность сопротивления и носит название волнового (характеристического) сопротивления контура.

Резонансные свойства контура характеризует добротность:

$$Q = \frac{U_{L0}}{U_{R0}} = \frac{U_{C0}}{U_{R0}} = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{R\omega_0 C} = \frac{\rho}{R}. \quad (4)$$

При резонансе напряжение на входе контура $U = U_{R0}$. Добротность Q показывает, во сколько раз напряжения на реактивных элементах $U_{L0} = U_{C0}$ отличаются от напряжения U . Такой резонанс называют резонансом напряжений.

Ток при резонансе достигает наибольшего значения

$$I = I_0 = \frac{U}{R}.$$

Зависимости

$$X_L(f); X_C(f); X(f) = X_L(f) - X_C(f); Z(f) = \sqrt{R^2 + (X(f))^2} = |R + jX(f)|$$

называются частотными характеристиками цепи (контура).

Зависимость

$$\varphi(f) = \arctg \frac{X(f)}{R}$$

называется фазочастотной характеристикой цепи (контура).

Зависимости от частоты действующих значений тока $I(f)$ и напряжений

$$U_R(f); U_L(f); U_C(f)$$

называются амплитудно-частотными характеристиками (АЧХ).

Диапазон частот, при котором выполняется отношение

$$\frac{I(f)}{I_0} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + (X(f))^2}} \geq \frac{1}{\sqrt{2}}$$

называется полосой пропускания. Записанное выше отношение выполняется точно на частотах f_1 и f_2 , где $|X(f)| = R$. На частоте f_1 меньше f_0 угол сдвига фаз $\varphi(f_1) = -45^\circ$, на частоте f_2 больше f_0 угол сдвига фаз $\varphi(f_2) = +45^\circ$. Частоты f_1 и f_2 называются нижней и верхней граничной частотой полосы пропускания. Выполнения условий $\varphi(f_1) = -45^\circ$ и $\varphi(f_2) = +45^\circ$ позволяет экспериментально определить граничные частоты, поэтому полосу пропускания можно определить по фазочастотной характеристике. Значения граничных частот определяется выражением:

$$f_{1,2} = \frac{f_0}{2Q} (\sqrt{1 + 4Q^2} \pm 1).$$

Избирательные частотные свойства контура характеризуются полосой пропускания

$$\Delta f = f_2 - f_1 = \frac{f_0}{Q}.$$

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с краткой теорией.
2. Собрать схему на рис. 2, предварительно измерив активное сопротивление катушки R_k (например, подключив ее к источнику постоянного тока и измерив падение напряжения на катушке U_k и проходящий через нее ток I_k : $R_k = U_k/I_k$).
3. Вычислить f_0 по формуле (2); ρ по формуле (3); Q по формуле (4); Δf по формуле (5).
4. Подключить стенд к сети, включить питание стенда. Включить функциональный генератор. Выбрать синусоидальную форму напряжения. Регулятором Частота установить на выходе модуля «функциональный генератор» частоту f_0 . Убедиться, что угол $\varphi \cong 0$.

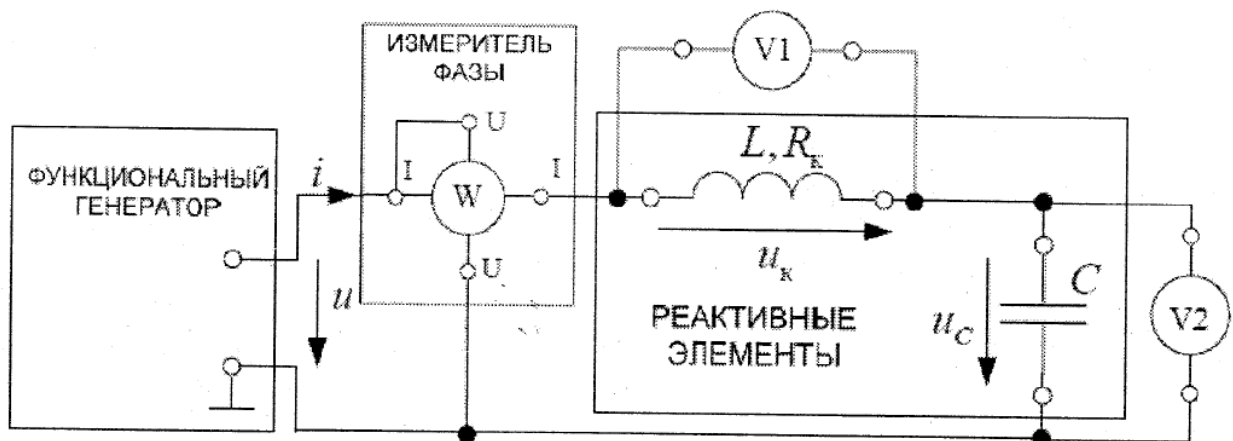


Рис. 2. Экспериментальная схема исследования

5. Измерить на частоте f_0 действующие значения тока I ; напряжений U , U_k , U_C ; активную мощность P и угол $\varphi = \psi_u - \psi_i$. Измеренные значения занести в табл. 1.
6. Уменьшая частоту, определить частоту f_1 – нижнюю граничную частоту полосы пропускания.
7. Измерить на частоте f_1 действующие значения тока I ; напряжений U , U_k , U_C ; активную мощность P и угол φ . Измеренные значения занести в табл. 1.
8. Увеличивая частоту, определить частоту f_2 – верхнюю граничную частоту полосы пропускания.

9. Измерить на частоте f_2 действующие значения тока I ; напряжений U , U_k , U_C ; активную мощность P и угол φ . Измеренные значения занести в табл. 1.

10. Изменяя частоту, выполнить аналогичные измерения для $f < f_1$; $f_1 < f < f_0$; $f_0 < f < f_2$; $f > f_2$. Измеренные значения занести в табл. 1.

11. По данным табл. 1 рассчитать и построить графики характеристик:

$$Z(f) = \frac{U}{I}(f); X_L(f) = \frac{U_L(f)}{I(f)}; X_C(f) = \frac{U_C(f)}{I(f)}; R(f) = R_k; X(f) = X_L(f) - X_C(f); \varphi(f) = \arctg \frac{X(f)}{R}.$$

Таблица 1.

f	U, B	U_k, B	U_C, B	I, A	$P, Вт$	φ	Примечание
							$f < f_1$
							f_1
							$f_1 < f < f_0$
							f_0
							$f_0 < f < f_2$
							f_2
							$f > f_2$

12. Проанализировать результаты, сделать выводы.

Вопросы для тестирования

I:

S: Компонентное уравнение сопротивления:

+: $u = R \cdot i$

-: $u = i/R$

-: $u = R/i$

-: $u = R di/dt$

I:

S: Компонентное уравнение емкости:

-: $i = c \int u dt$

-: $i = u_c / C$

-: $u_c = c di \int dt$

+: $u_c = \frac{1}{c} \int i dt$

I:

S: Компонентное уравнение индуктивности:

+: $u_L = L di / dt$

-: $u_L = Li / t$

-: $u_L = -L di / dt$

-: $i = L du_L / dt$

I:

S: Электрическое напряжение есть разность ... ###

+: потенциалов

I:

S: Напряженность электрического поля (цифрой в В/м), если между двумя обкладками, находящимися на расстоянии 1 см, приложено напряжение 10В?

+: 1000

I:

S: Основным параметром резистора является ... ###

+: сопротивление

I:

S: Основным параметром конденсатора является ... ###

+: емкость

I:

S: Мощность сопротивление (цифрой в Вт) $R = 2$ Ом, по которому проходит постоянный ток 2 А, равна:

+: 8

I:

S: Эквивалентное сопротивление (цифрой в Омах) двух резисторов $R_1 = 10 \text{ Ом}$ и $R_2 = 15 \text{ Ом}$?

+: 25

I:

S: Число независимых уравнений, которое можно составить по первому закону Кирхгофа, если число узлов равно q :

+: $q - 1$

-: $q - 2$

-: q

-: $q + 1$

I:

S: Число независимых уравнений, которое можно составить по второму закону Кирхгофа, если число узлов равно q , а число ветвей p :

-: p

-: $p + q$

+: $p - q + 1$

-: $p + q - 1$

I:

S: Взаимным (общим) сопротивлением в методе контурных токов называется сумма сопротивлений ветвей:

+: между двумя контурами

-: подключенных к узлу

-: контура

-: электрической цепи

I:

S: Собственным сопротивлением в методе контурных токов называется сумма сопротивлений ветвей:

-: подключенных к узлу

+: контура

-: электрической цепи

-: между двумя контурами

I:

S: Взаимной проводимостью в методе узловых напряжений называется сумма проводимости ветвей:

-: контура

+: между двумя узлами

-: подключенных к узлу

-: цепи

I:

S: Электрический ток I (A) участка цепи сопротивлением 100 Ом, если при его разрыве напряжение на концах равно 10 В, а сопротивление остальной части цепи 400 Ом:

-: 0,025

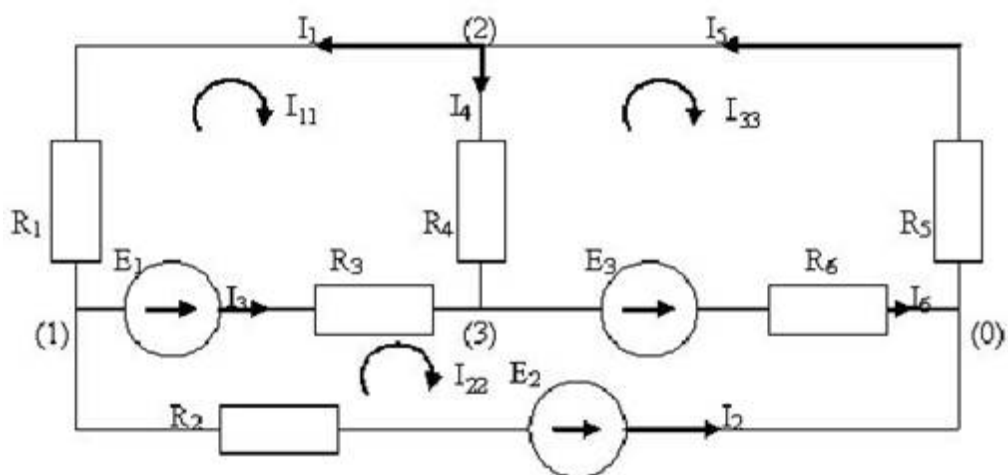
+: 0,02

-: 0,1

-: 0,125

I:

S: Собственное сопротивление второго контура равно:



-: $R_1 + R_2 + R_5$

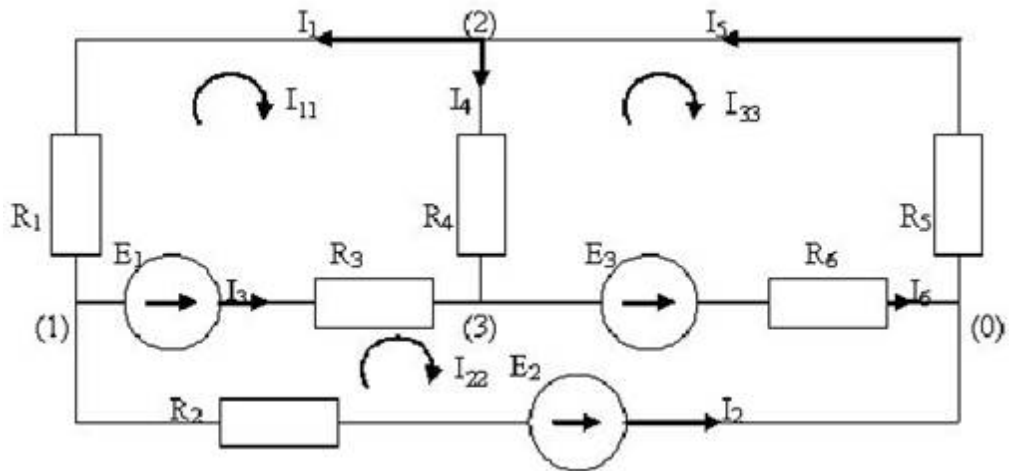
+: $R_2 + R_3 + R_6$

-: $R_6 + R_4 + R_1 + R_2$

-: $R_2 + R_3 + R_5 + R_6$

I:

S: Собственная проводимость второго узла равна:



$$\therefore \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_5}$$

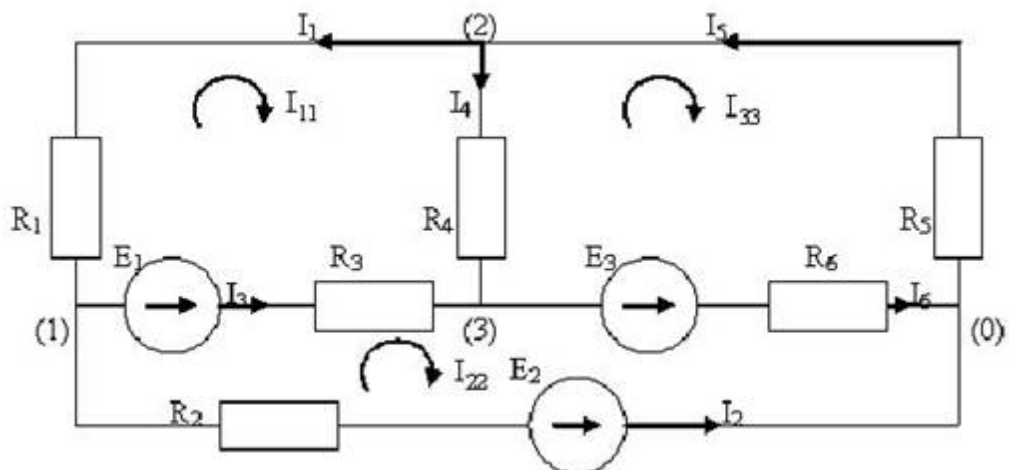
$$+ \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5}$$

$$\therefore -\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_4} - \frac{1}{R_5}$$

$$\therefore \frac{1}{R_4}$$

I:

S: Взаимная проводимость 1 и 3 узлов равна:



$$\therefore \frac{1}{(R_1+R_4)}$$

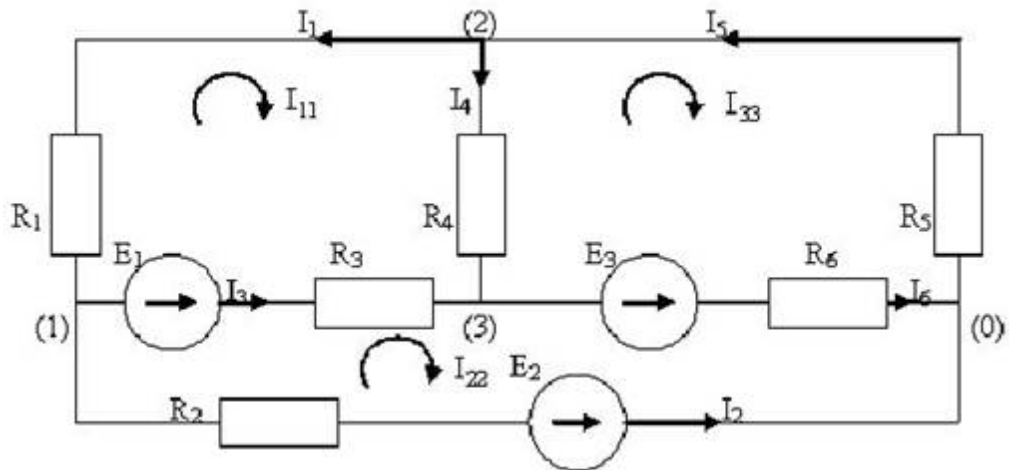
$$+ \frac{1}{R_3}$$

$$\therefore -\frac{1}{(R_1+R_4)}$$

$$-: \frac{1}{R_3}$$

I:

S: Узловой ток 3-го узла равен:



$$+: \frac{E_1}{R_3} - \frac{E_3}{R_6}$$

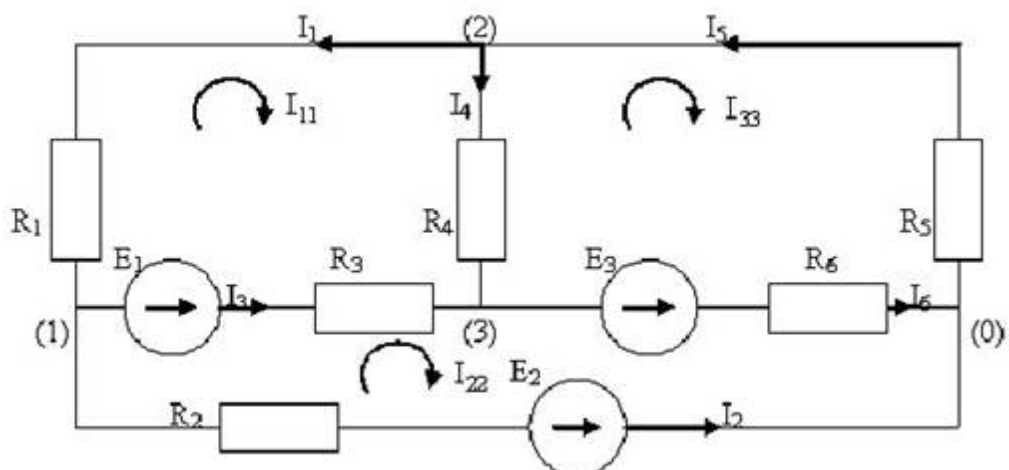
$$-: \frac{E_1}{R_3} + \frac{E_3}{R_6}$$

$$-: \frac{E_3}{R_6} - \frac{E_1}{R_3}$$

$$-: I_{11} + I_{22} + I_{33}$$

I:

S: Контурная ЭДС второго контура равна:



$$-: E_1 + E_2$$

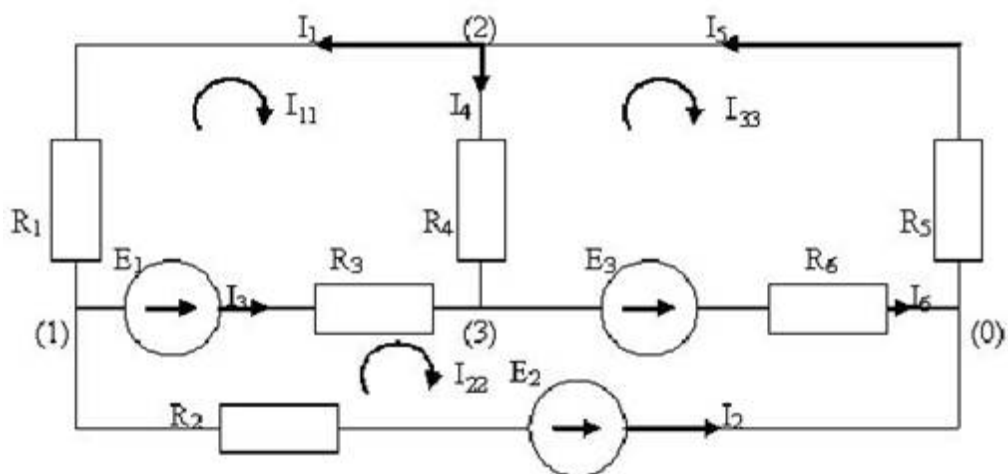
$$-: E_2 - E_1 - E_3$$

$$+: E_1 + E_3 - E_2$$

$$\therefore E_1 + E_2 + E_3$$

I:

S: Ток I_3 , выраженный через контурные токи, равен:



$$\therefore -I_{11}$$

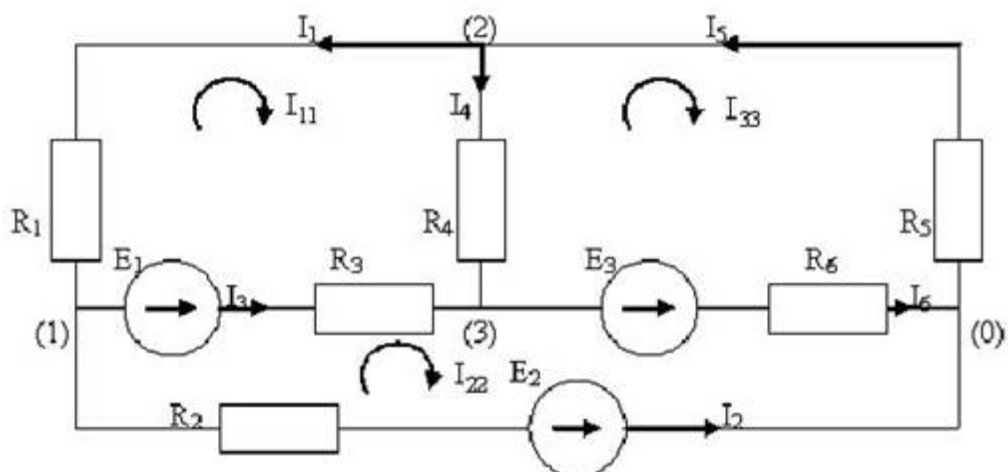
$$\therefore I_{22}$$

$$+ : I_{22} - I_{11}$$

$$\therefore I_{11} + I_{22}$$

I:

S: Ток I_5 , выраженный через узловые напряжения, равен:



$$+ : -U_{20}/R_5$$

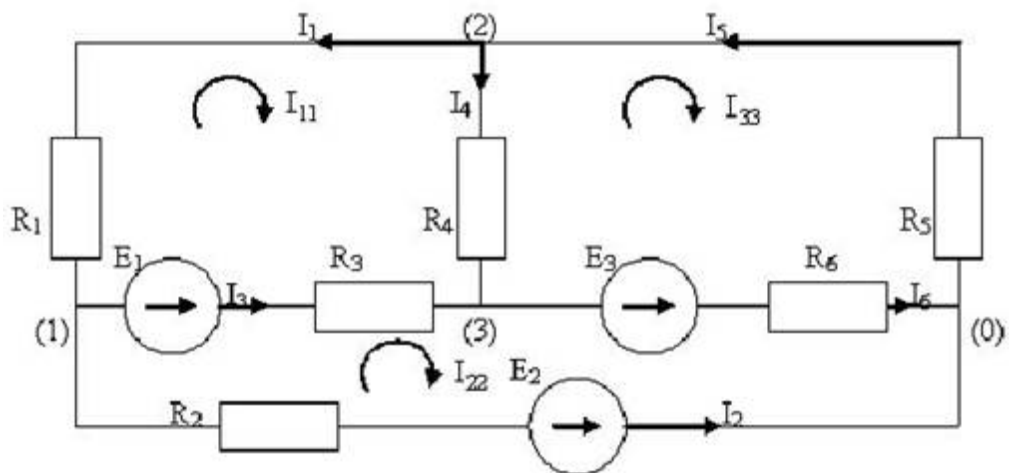
$$\therefore U_{20}/R_5$$

$$\therefore (U_{30} + E_3)/R_6$$

$$\therefore (U_{30} - E_3)/R_6$$

I:

S: Ток I_3 , выраженный через узловые напряжения, равен:



$$-: (U_{10} - E_1)/R_3$$

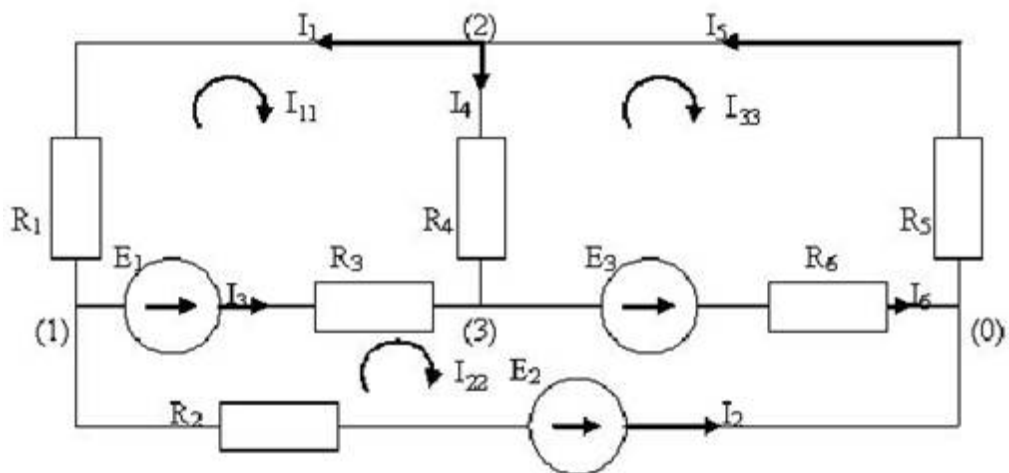
$$+ : (U_{10} - U_{30})/R_3$$

$$-: (U_{30} - U_{10})/R_3$$

$$-: (U_{10} + E_1)/R_3$$

I:

S: Контурное уравнение для второго контура имеет вид:



$$+ : -I_{11}R_3 + I_{22}(R_2 + R_3 + R_6) - R_6I_{33} = E_1 + E_3 - E_2$$

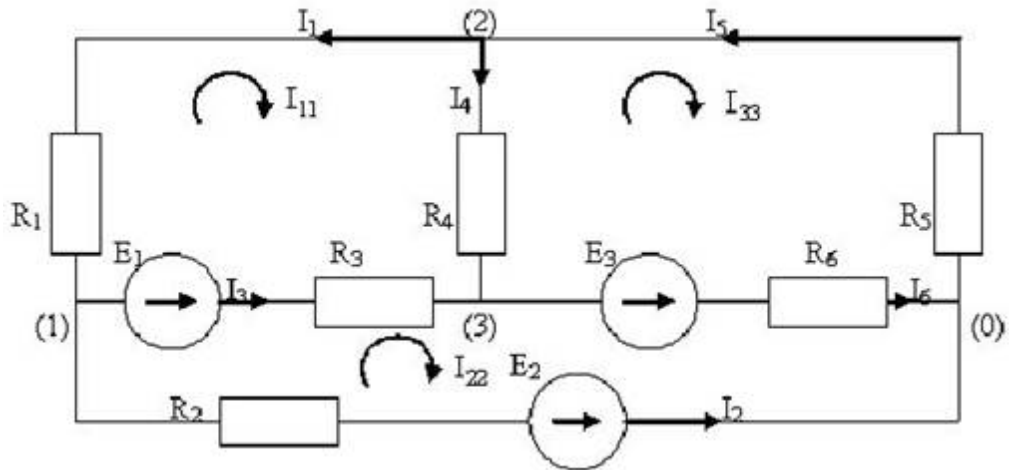
$$-: I_{11}R_3 + I_{22}(R_2 + R_3 + R_6) + R_6I_{33} = E_1 + E_3 - E_2$$

$$-: -I_{11}R_3 + I_{22}(R_2 + R_3 + R_6) + R_6I_{33} = E_1 - E_3 + E_2$$

$$-: -I_{11}R_3 + I_{22}(R_2 + R_3 + R_6) - R_6I_{33} = E_2 - E_1 - E_3$$

I:

S: Узловое уравнение для узла 1 имеет вид:



$$-: \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_2} \right) U_{10} + \frac{U_{20}}{R_1} + \frac{U_{30}}{R_3} = \frac{E_1}{R_3} + \frac{E_2}{R_2}$$

$$+: \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_2} \right) U_{10} - \frac{U_{20}}{R_1} - \frac{U_{30}}{R_3} = -\frac{E_1}{R_3} - \frac{E_2}{R_2}$$

$$-: \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_2} \right) U_{10} - \frac{U_{20}}{R_1} - \frac{U_{30}}{R_3} = \frac{E_1}{R_3} + \frac{E_2}{R_2}$$

$$-: \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) U_{10} - \frac{U_{20}}{R_1} - \frac{U_{30}}{R_3} = -\frac{E_1}{R_3} - \frac{E_2}{R_2}$$

I:

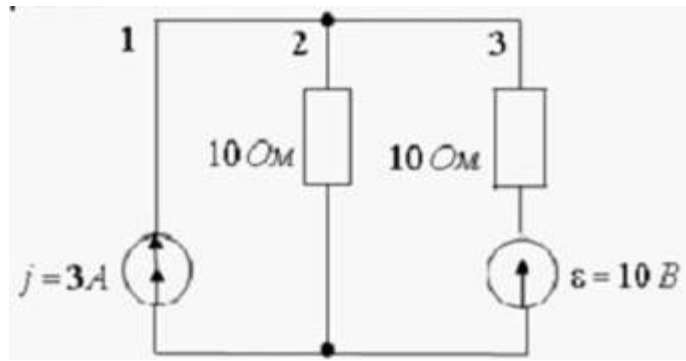
S: Электрический ток (цифрой, в A) во второй ветви с идеальными источниками равен...###:



+: 2

I:

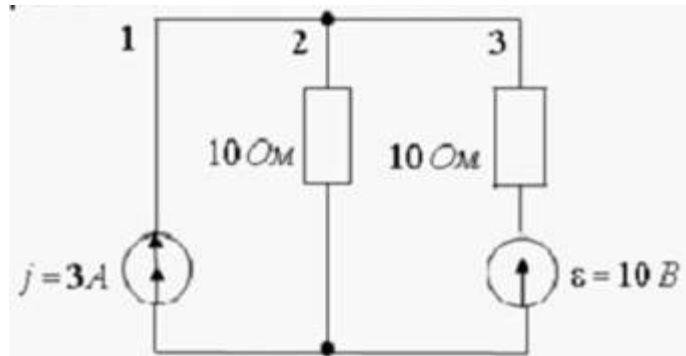
S: Электрический ток (цифрой, в A) в третьей ветви с идеальными источниками равен...###:



+: 1

I:

S: Напряжение на зажимах источника тока (цифрой, в B) электрической схемы равно:



+: 20

I:

S: Найдите контурный ток (цифрой, в A) первого контура J_{11} , вызванный источником ЭДС, находящимся во втором контуре, если известно, что контурный ток второго контура, вызванного тем же источником, но перенесенным в первый контур, J_{22} равен $2 A$...###:

+: 2

I:

S: Напряжение (цифрой, в B) на концах некоторой ветви ab с сопротивлением 100 Ом , если при ее замыкании возникает ток $J_{ab} = 0,125 A$, а сопротивление всей остальной части цепи относительно зажимов a и b равно 400 Ом , равно...###:

+: 10

I:

S: Амплитудно-частотная характеристика коэффициента передачи по напряжению $K_{21}(\omega)$ цепи равна:



$$+: K_{21}(j\omega) = \frac{1}{\sqrt{1+(\omega CR)^2}}$$

$$-: K_{21}(j\omega) = \frac{1}{\sqrt{1-(\omega CR)^2}}$$

$$-: K_{21}(j\omega) = \frac{1}{\sqrt{1/(\omega CR)^2}}$$

$$-: K_{21}(j\omega) = \frac{1}{\sqrt{1+(\omega R)^2}}$$

I:

S: ФЧХ коэффициента передачи по напряжению $\varphi_{21}(\omega)$ цепи равна:



$$+: \varphi_{21}(\omega) = -\arctg(R\omega C)$$

$$-: \varphi_{21}(\omega) = \arctg(1/R\omega C)$$

$$-: \varphi_{21}(\omega) = -\text{arcctg}(R\omega C)$$

$$-: \varphi_{21}(\omega) = \text{arcctg}(1/R\omega C)$$

I:

S: АЧХ входной проводимости $Y(\omega)$ цепи равна:



$$-: \sqrt{R^2 + \frac{1}{(\omega C)^2}}$$

$$+: \frac{1}{\sqrt{R^2 + \frac{1}{(\omega C)^2}}}$$

$$-: R + \frac{1}{\omega C}$$

$$-: \frac{1}{R + \frac{1}{\omega C}}$$

I:

S: В последовательной RL-цепи АЧХ комплексного сопротивления:

-: проходит через максимум

-: не зависит от частоты

+: увеличивается с частотой

-: уменьшается с частотой

I:

S: Вид АЧХ сопротивления R:

+: постоянная величина

-: линейно-возрастающая функция

-: убывающая функция $\sim \omega^{-1}$

I:

S: КЧХ, у которой отклик и внешнее воздействие рассматриваются на одних и тех же зажимах цепи, называется...###:

+: входной

I:

S: КЧХ, у которой отклик и воздействие рассматриваются на разных зажимах цепи, называется...###:

+: передаточной

I:

S: Два электронных устройства будут согласованы друг с другом, если:

$$-: R_{\text{ВЫХ1}} = R_{\text{ВХ2}}$$

$$-: C_{\text{ВЫХ1}} = C_{\text{ВХ2}}$$

$$+: Z_{\text{ВЫХ1}} = Z_{\text{ВХ2}}$$

$$-: L_{\text{ВЫХ1}} = L_{\text{ВХ2}}$$

I:

S: Активная мощность переменного тока элемента электрической цепи, если при напряжении $u = U_m \cos \omega t$ установившийся ток $i = J_m \cos(\omega t - \varphi)$

$$-: J_m U_m$$

$$+: \frac{1}{2} J_m U_m \cos \varphi$$

$$-: \frac{1}{2} J_m U_m$$

$$-: J_m U_m \cos \varphi$$

I:

S: Сопротивления ($Ом$) двух параллельно соединенных элементов

электрической цепи с импедансом $\dot{Z} = \frac{1}{\sqrt{2}} e^{j45^\circ}$

$$-: R = 1, X_c = 1$$

$$-: R = 0.5, X_L = 0.5$$

$$-: R = 0.5, X_c = 0.5$$

$$+: R = 1, X_L = 1$$

I:

S: Модуль импеданса цепи с последовательным соединением R, L, C :

$$+: \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$-: R + X_L + X_C$$

$$-: R + X_L - X_C$$

$$-: \sqrt{R^2 + (X_L + X_C)^2}$$

I:

S: Модуль комплексного сопротивления цепи с последовательным соединением R, L, C :

$$-: R + \omega L + 1/(\omega C)$$

$$+: \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

$$-: R + \omega L - 1/(\omega C)$$

$$-: \sqrt{R^2 + \left(\omega L + \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

I:

S: Связь между реактивной и активной составляющими проводимости цепи, составленной из параллельно соединенных R, L, C :

$$+: tg\varphi = Y_p R$$

$$-: Y = \sqrt{\frac{1}{R^2} + Y_p^2}$$

$$-: tg\varphi = Y_p / R$$

$$-: Y = \sqrt{\frac{1}{R^2} - Y_p^2}$$

I:

S: Характер сопротивления электрической цепи с векторной диаграммой имеет вид:



+: резистивно-индуктивный

-: резистивный

-: индуктивный

-: резистивно-емкостный

I:

S: Характер сопротивления электрической цепи с импедансом $\dot{Z} = 2 - j3$:

-: резистивный

-: емкостный

+: резистивно-емкостный

-: индуктивный

I:

S: Параметры элементов электрической цепи с импедансом $\dot{Z} = 2 + j3$, если частота $f = 48$ Гц:

-: $R = 2 \text{ Ом}, L = 10 \text{ мГн}$

+: $R = 2 \text{ Ом}, L = 200 \text{ мГн}$

-: $R = 3 \text{ Ом}, L = 2 \text{ Гн}$

-: $R = 3 \text{ Ом}, L = 20 \text{ мГн}$

I:

S: Характер сопротивления электрической цепи с импедансом $\dot{Z} = 15 - j20$:

-: резистивный

-: емкостный

+: резистивно-емкостный

-: индуктивный

I:

S: Параметры элементов электрической цепи с импедансом $\dot{Z} = 15 - j20$, если частота $f = 1592 \text{ Гц}$:

-: $R = 15 \text{ Ом}, C = 20 \text{ мкФ}$

+: $R = 15 \text{ Ом}, C = 5 \text{ мкФ}$

-: $R = 20 \text{ Ом}, C = 15 \text{ мкФ}$

-: $R = 20 \text{ Ом}, C = 2 \text{ мкФ}$

I:

S: Комплексное сопротивление цепи с векторной диаграммой (см. рис.) равен:



+: $-3 + j3$

-: $3 + j3$

-: $-3 - j3$

-: $3 - j3$

I:

S: Эквивалентная индуктивность двух последовательно соединенных одинаковых катушек $L_1 = L_2 = L$, включенных согласно, если взаимная индуктивность M :

-: $L + M$

-: $L - M$

-: $2(L - M)$

+: $2(L + M)$

I:

S: При увеличении силы тока в катушке с индуктивностью $L = 0,5 \text{ Гн}$, как показано на графике, в катушке возникает ЭДС самоиндукции (в В):



+: 5

-: 0,5

-: 0,45

-: 0,05

I:

S: При увеличении энергии магнитного поля катушки в 4 раза, магнитный поток через катушку:

-: увеличился в 4 раза

+: увеличился в 2 раза

-: уменьшился в 4 раза

-: остался прежним

I:

S: Зависимость магнитного потока катушки от времени, если ЭДС индукции постоянна:

+: $\Phi \sim t$

-: $\Phi = const$

-: $\Phi \sim t^2$

-: $\Phi \sim 1/t$

I:

S: Скорость изменения магнитного потока (в мВб/с) в катушке из 2000 витков при возбуждении в ней ЭДС индукции 120 В:

-: 50

-: 120

+: 60

-: 100

I:

S: Явление наведения ЭДС в индуктивной катушке при изменении тока этой же катушки, называется...###

+: самоиндукцией

I:

S: Ток первичной обмотки трансформатора при разомкнутых зажимах вторичной обмотки, называется током...###

+: намагничивания

I:

S: Напряжение электрической цепи (в В), составленной из последовательно соединенных R и C, если $u_R = 6$ В и $u_C = 8$ В:

-: 6

+: 10

-: 8

-: 14

I:

S: Импеданс цепи (в Ом), образованной последовательно соединенными с $X_C = 200$ Ом и $X_L = 224$ Ом:

-: 150

+: 24

-: 300

-: 424

I:

S: Период (в *мс*) гармонического напряжения $u = 10\cos(1000t + \pi/6)$:

-: 1

+: 6,28

-: 12,56

-: 3,14

I:

S: Фаза напряжения (в *град*) $u = 5\cos(1000t + \pi/6)$ в момент времени 1 *мс*:

-: 30

+: 87,3

-: 31,4

-: 62,8

I:

S: Фаза электрического тока (в *град*) относительно фазы напряжения цепи с импедансом $Z = 100 - j100$ Ом:

+: 45

-: 0

-: -45

-: 90

I:

S: При подключении дополнительной емкости параллельно к емкости *C* колебательного контура, период колебаний

-: уменьшается в 2 раза

+: увеличивается в 2 раза

-: уменьшается в 3 раза

-: уменьшается в 4 раза

I:

S: При уменьшении начального заряда, сообщенного конденсатору колебательного контура в 2 раза, суммарная энергия электрического поля конденсатора и магнитного поля катушки:

-: не изменяется

-: уменьшается в 2 раза

+: уменьшается в 4 раза

-: уменьшается в 3 раза

I:

S: Начальное напряжение конденсатора колебательного контура (в B), если при увеличении этого напряжения на 10 В амплитуда силы тока увеличилась в 2 раза:

-: 0

+: 10

-: 5

-: 20

I:

S: При увеличении индуктивности контура в 20 раз и уменьшении емкости в 5 раз период собственных колебаний контура:

-: уменьшится в 4 раза

-: увеличится в 4 раза

+: увеличится в 2 раза

-: уменьшится в 2 раза

I:

S: Импеданс последовательного контура, на частотах значительно меньше резонансной, определяется сопротивлением

-: индуктивности

-: потерь

+: емкости

-: всех элементов

I:

S: Условие фазового резонанса:

- : полное сопротивление равно нулю
- : активное сопротивление равно нулю
- +: реактивное сопротивление равно нулю
- : реактивная проводимость равна нулю

I:

S: При увеличении частоты от нуля до бесконечности фаза входной проводимости последовательного контура изменяется:

- : от $-\pi/2$ до $\pi/2$
- +: от $\pi/2$ до $-\pi/2$
- : от $-\pi/2$ до 0
- : от $\pi/2$ до 0

I:

S: Фазо-частотная характеристика входного сопротивления последовательного колебательного контура:

- +: $\varphi = \arctg (X/R)$
- : $\varphi = \arctg (\omega L/R)$
- : $\varphi = \arctg (1/R\omega C)$
- : $\varphi = -\arctg (X/R)$

I:

S: Электрически управляемые элементы имеют:

- +: три электрода
- : четыре электрода
- : два электрода

I:

S: К электрически управляемым элементам относятся (один или несколько ответов):

- +: биполярные транзисторы
- +: полевые транзисторы

-: диоды

-: варикапы

I:

S: Рабочие точки нелинейного элемента, подсоединенного к линейному сопротивлению и к источнику э.д.с.(тока), определяются током и напряжением, соответствующим пересечению

+: характеристики нелинейного и нагрузочной кривой

-: характеристики нелинейной с осью тока

-: характеристики линейной и нагрузочной кривой

-: характеристик линейного и нелинейного

I:

S: Сопротивление нелинейного элемента переменному току в режиме малого сигнала, называется ... сопротивлением ###

+: дифференциальным

I:

S: Постоянная времени (в сек) цеп, составленной из последовательно соединенных $L = 1$ Гн, $R_1 = 1$ Ом, $R_2 = 2$ Ом, если параллельно R_2 подключен идеальный источник напряжения...###:

+:1

I:

S: Электрический ток последовательной RLC-цепи непосредственно после коммутации (подключение цепи к постоянному источнику ЭДС) равен:

-: E/R

-: $E/\omega L$

+: 0

-: E/Z

I:

S: Изменение постоянной времени последовательной RC – цепи при одновременном увеличении в 2 раза емкости и сопротивления

-: увеличится в 2 раза

-: уменьшится в 2 раза

-: не изменится

+: увеличится в 4 раза

I:

S: Вследствие чего происходит в р-п переходе диффузия дырок в п-область, а электронов в р-область при равновесии?

-: экстракции

+: градиента концентрации

-: дрейфа

-: инъекций

I:

S: Что является ограничивающим фактором диффузии в р-п переходе?

-: внешнее электрическое поле ОПЗ

-: внутреннее и внешнее электрическое поле ОПЗ

-: ограничивающего фактора диффузии в р-п переходе нет

+: электрическое поле ОПЗ

I:

S: Как изменяется ОПЗ при прямом смещении?

+: уменьшается

-: увеличивается

-: не изменяется

-: в начале уменьшается, затем увеличивается

I:

S: Почему уменьшается ОПЗ при прямом смещении?

-: происходит экстракция

-: происходит диффузия

-: результирующая полей увеличивается, а также происходит рекомбинация

+: результирующая полей уменьшается, а также происходит рекомбинация

I:

S: Как изменяется ОПЗ при обратном смещении?

-: уменьшается

+: увеличивается

-: не изменяется

-: в начале уменьшается, затем увеличивается

I:

S: Почему увеличивается ОПЗ при обратном смещении?

-: происходит диффузия

-: происходит инжекция

-: результирующая полей уменьшается, а также происходит оттягивание ННЗ

+: результирующая полей увеличивается, а также происходит оттягивание ННЗ

I:

S: Что происходит при прямом смещении в р-п переходе?

-: экстракция

+: инжекция

-: экстракция и инжекция

-: дрейф НЗ

I:

S: Что происходит при обратном смещении в р-п переходе?

-: - инжекция

+: экстракция

-: экстракция и инжекция

-: дрейф НЗ

I:

S: Что происходит в р-п переходе при равновесии?

-: экстракция

+: диффузия

-: инжекция

-: дрейф НЗ

I:

S: Диодная теория - это теория тонкого р-п перехода, когда

+ : Ширина ОПЗ много меньше диффузионной длины $d \ll L$

- : Ширина ОПЗ много больше диффузионной длины $d \gg L$

- : Ширина ОПЗ равно диффузионной длине $d = L$

- : Ширина ОПЗ меньше или равно диффузионной длине $d \leq L$

I:

S: Чем пренебрегают в диодной теории?

- : экстракцией

- : дрейфом

+ : рекомбинацией

- : диффузией

I:

S: Как влияет температура на прямую ветвь ВАХ р-п перехода?

- : прямой ток убывает

+ : прямой ток возрастает

- : прямой ток равен нулю

- : прямой ток не изменяется

I:

S: Почему прямой ток на ВАХ р-п перехода возрастает с повышением T_0 ?

- : потенциальный барьер увеличивается при постоянном напряжении

+ : потенциальный барьер уменьшается при постоянном напряжении

- : потенциальный барьер не изменяется при постоянном напряжении

- : прямой ток не изменяется

I:

S: Как влияет увеличение ширины запрещенной зоны на прямую ветвь ВАХ р-п перехода при постоянном напряжении?

- : прямой ток возрастает

+ : прямой ток уменьшается

- : прямой ток равен нулю

- : прямой ток не изменяется

I:

S: Как влияет увеличение концентрации примеси на прямую ветвь ВАХ р-п перехода при постоянном напряжении?

-: прямой ток возрастает

+: прямой ток уменьшается

-: прямой ток равен нулю

-: прямой ток не изменяется

I:

S: Почему прямой ток на ВАХ р-п перехода уменьшается с увеличением концентрации примеси?

-: потенциальный барьер уменьшается при постоянном напряжении

+: потенциальный барьер увеличивается при постоянном напряжении

-: потенциальный барьер не изменяется при постоянном напряжении

I:

S: Как влияет увеличение температуры на обратную ветвь ВАХ р-п перехода?

-: обратный ток убывает

+: обратный ток возрастает

-: обратный ток не изменяется

-: обратный ток равен нулю

I:

S: Как влияет увеличение ширины запрещенной зоны на обратную ветвь ВАХ р-п перехода?

+: обратный ток уменьшается

-: обратный ток возрастает

-: обратный ток не изменяется

-: обратный ток равен нулю

I:

S: Пробоем р-п перехода называют

-: Резкое возрастание тока, при достижении прямым напряжением критического значения

-: Резкое убывание тока, при достижении обратным напряжением критического значения

+: Резкое возрастание тока, при достижении обратным напряжением критического значения

-: Резкое убывание тока, при достижении прямым напряжением критического значения

I:

S: В каких p-n переходах может происходить туннельный пробой?

-: П/П, изготовленных с малой концентрацией примеси и с малой толщиной потенциального барьера

-: П/П, изготовленных с большой концентрацией примеси и с большой толщиной потенциального барьера

+: П/П, изготовленных с большой концентрацией примеси и с малой толщиной потенциального барьера

-: П/П, изготовленных с малой концентрацией примеси и с большой толщиной потенциального барьера

I:

S: Минимальная энергия, необходимая для удаления электрона с уровня Ферми E_{Fn} в вакууме это:

-: работа выхода электрона из металла

+: работа выхода электрона из полупроводника

-: энергия электронного сродства

-: истинная работа выхода

I:

S: Минимальная энергия, необходимая для удаления электрона со дна зоны проводимости:

-: работа выхода электрона из металла

-: работа выхода электрона из полупроводника

+: энергия электронного сродства

-: истинная работа выхода

I:

S: Диоды Шоттки работают:

-: на неосновных носителях

+: на основных носителях

-: на неосновных и основных носителях

I:

S: Диоды Шоттки обладают емкостью:

+: Барьерной

-: Диффузионной

-: Барьерной и диффузионной

-: Не обладают

I:

S: Требования, предъявляемые к омическому контакту:

+: Линейность ВАХ, малая величина сопротивления, не должен быть инжектирующим

-: Линейность ВАХ, большая величина сопротивления, должен быть инжектирующим

-: нелинейность ВАХ, малая величина сопротивления, должен быть инжектирующим

-: нелинейность ВАХ, большая величина сопротивления, не должен быть инжектирующим

I:

S: Биполярным транзистором называется:

+: полупроводниковый прибор с двумя взаимодействующими выпрямляющими переходами, усилительные свойства которого обусловлены инжекцией и экстракцией ННЗ

-: полупроводниковый прибор с двумя взаимодействующими невыпрямляющими переходами, усилительные свойства которого обусловлены инжекцией и экстракцией ННЗ

-: полупроводниковый прибор с двумя невзаимодействующими выпрямляющими переходами, усилительные свойства которого обусловлены инжекцией и экстракцией ННЗ

-: полупроводниковый прибор с двумя взаимодействующими выпрямляющими переходами, усилительные свойства которого обусловлены инжекцией и экстракцией ОНЗ

I:

S: Сколько режимов работы имеет биполярный транзистор:

-: 1

-: 2

-: 3

+: 4

I:

S: Если эмиттерный переход смещен в прямом направлении, а коллекторный в обратном, то какой это режим работы БТ:

-: Инверсный

-: Отсечки

-: Насыщения

+: Нормальный

I:

S: Если эмиттерный переход смещен в обратном направлении, а коллекторный в прямом, то какой это режим работы БТ:

-: Отсечки

-: Насыщения

-: Нормальный

+: Инверсный

I:

S: Если эмиттерный переход и коллекторный переход смещены в обратном направлении, то какой режим работы БТ:

+: Отсечки

-: Насыщения

-: Нормальный

-: Инверсный

I:

S: Если эмиттерный переход и коллекторный переход смещены в прямом направлении, то какой режим работы БТ:

-: Отсечки

+: Насыщения

-: Нормальный

-: инверсный

I:

S: Биполярный транзистор называется дрейфовым:

+: если при отсутствии тока в базе существует электрическое поле, которое способствует движению ННЗ от эмиттера к коллектору

-: если при отсутствии тока в базе не существует электрическое поле, которое способствует движению ННЗ от эмиттера к коллектору

-: если при отсутствии тока в базе существует электрическое поле, которое способствует движению ННЗ от эмиттера к базе

-: если при токе в базе существует электрическое поле, которое способствует движению ННЗ от эмиттера к коллектору

I:

S: Сколько схем включения БТ существует:

-: 1

-: 2

+: 3

-: 4

I:

S: Полупроводниковый прибор с двумя взаимодействующими выпрямляющими переходами, усилительные свойства которого обусловлены инжекцией и экстракцией ННЗ называется...

+: биполярным транзистором

-: резистором

-: конденсатором

I:

S: Сколько схем включения БТ существует?

+: три

-: две

-: одна

I:

S: Если эмиттерный переход смещен в обратном направлении, а коллекторный в прямом, то такой режим работы БТ называется...

+: инверсный

-: прямым

-: обратным

I:

S: Что значит $U_{КБнас}$:

-: падение напряжения между выводами коллектора и эмиттера в режиме насыщения

+: падение напряжения между выводами коллектора и базы в режиме насыщения

-: падение напряжения между выводами эмиттера и базы в режиме насыщения

-: увеличение напряжения между выводами эмиттера и базы в режиме насыщения

I:

S: Тиристор - это:

+: полупроводниковый прибор с двумя устойчивыми состояниями, тремя и более ЭДП, который может переключаться из закрытого состояния в открытое и наоборот

-: полупроводниковый прибор с двумя неустойчивыми состояниями, тремя и более ЭДП, который может переключаться из закрытого состояния в открытое и наоборот

-: полупроводниковый прибор с устойчивыми состояниями, двумя и более ЭДП, который может переключаться из закрытого состояния в открытое

-: полупроводниковый прибор с неустойчивыми состояниями двумя и более выводами, который может переключаться из закрытого состояния в открытое

ТИПОВЫЕ ЗАДАЧИ ПО КУРСУ ОСНОВЫ ТЕОРИИ ЦЕПЕЙ

1. Законы электрических цепей

Задача 1.1

Найти эквивалентное сопротивление относительно зажимов ab , ac , cb в электрической цепи, схема которой приведена на рис. 1 при разомкнутом и замкнутом ключе. Сопротивление каждого резистора равно 10 Ом .

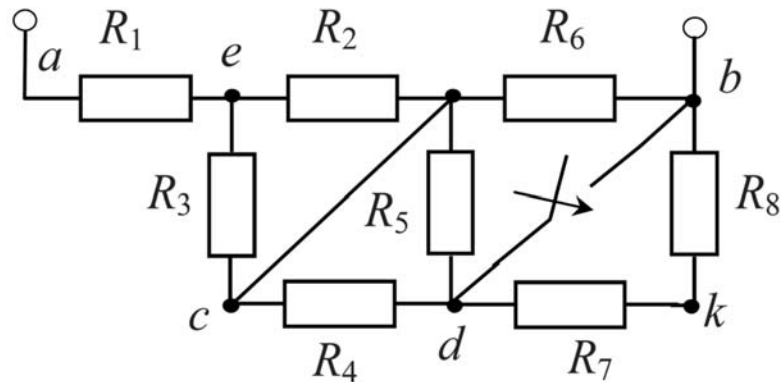


Рис. 1

Решение:

Рассмотрим случай, когда ключ разомкнут.

Упростим схему так, как показано на рис. 2, заменив последовательные и параллельные соединения сопротивлений на эквивалентные.

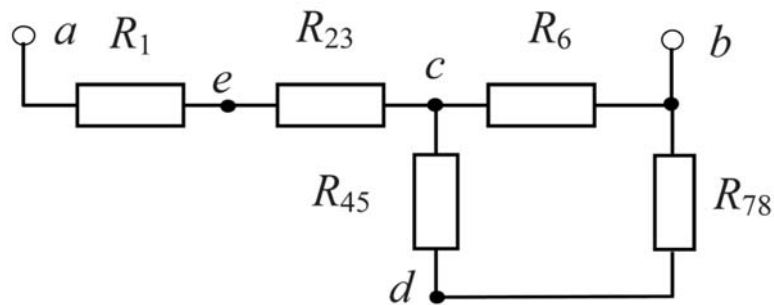


Рис. 2

Тогда получаем:

$$R_{23} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{10 \cdot 10}{10 + 10} = 5 \text{ Ом};$$

$$R_{45} = \frac{R_4 R_5}{R_4 + R_5} = \frac{10 \cdot 10}{10 + 10} = 5 \text{ Ом};$$

$$R_{78} = R_7 + R_8 = 20 \text{ Ом}.$$

Эквивалентное сопротивление между зажимами ab :

$$R_{ab} = R_1 + R_{23} + \frac{R_6(R_{45} + R_{78})}{R_6 + R_{45} + R_{78}} = 10 + 5 + \frac{10 \cdot (5 + 20)}{10 + 5 + 20} = 22,14 \text{ Ом}.$$

Аналогично найдем сопротивления R_{ac} и R_{bc} , которые будут равны:

$$R_{ac} = R_1 + R_{23} = 10 + 5 = 15 \text{ Ом}.$$

и

$$R_{bc} = \frac{R_6(R_{45} + R_{78})}{R_6 + R_{45} + R_{78}} = \frac{10 \cdot (5 + 20)}{10 + 5 + 20} = 7,14 \text{ Ом}.$$

Рассмотрим второй случай, когда ключ замкнут:

$$R_{ab} = R_1 + R_{23} + \frac{R_6 R_{45}}{R_6 + R_{45}} = 10 + 5 + \frac{10 \cdot 5}{10 + 5} = 18,33 \text{ Ом};$$

$$R_{ac} = R_1 + R_{23} = 10 + 5 = 15 \text{ Ом}; \quad R_{bc} = \frac{R_6 R_{45}}{R_6 + R_{45}} = \frac{10 \cdot 5}{10 + 5} = 3,33 \text{ Ом}.$$

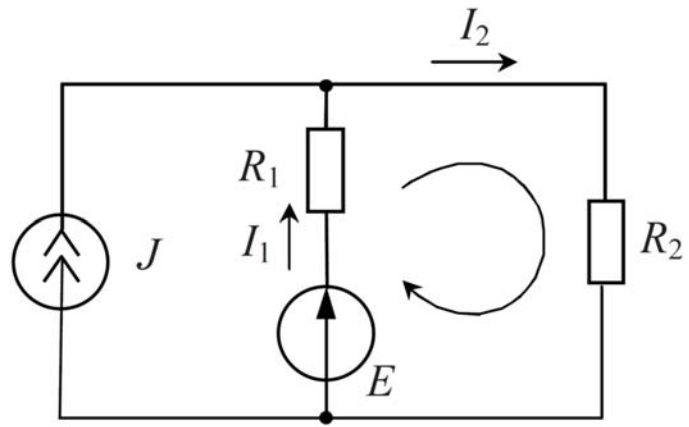
Ответ: при разомкнутом ключе: $R_{ab} = 22,14 \text{ Ом}$; $R_{ac} = 15 \text{ Ом}$; $R_{bc} = 7,14 \text{ Ом}$;

при замкнутом ключе: $R_{ab} = 18,33 \text{ Ом}$; $R_{ac} = 15 \text{ Ом}$; $R_{bc} = 3,33 \text{ Ом}$.

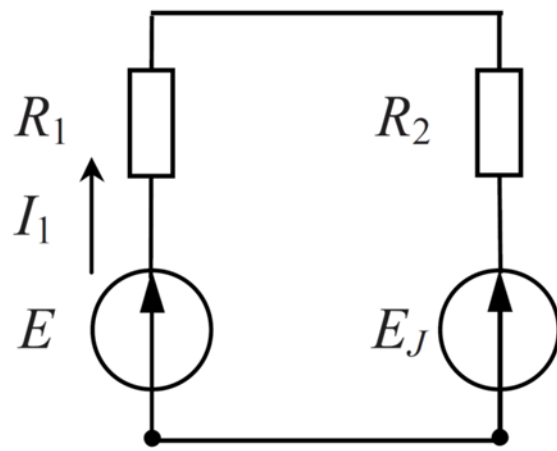
Задача 1.2

1. Определить токи в ветвях электрической цепи, изображенной на рис. 3 и проверить баланс мощностей, если известно что $E = 20 \text{ В}$, $J = 2 \text{ А}$, $R_1 = 15 \text{ Ом}$, $R_2 = 85 \text{ Ом}$.

2. Записать баланс мощностей для цепи, в которой источник тока преобразован в эквивалентный источник ЭДС E_j , как это показано на рис. 4.



Puc. 3



Puc. 4

Решение:

Выберем положительные направления токов в ветвях электрической схемы. Составим уравнения по законам Кирхгофа:

$$\begin{cases} J + I_1 - I_2 = 0, \\ I_1 R_1 + I_2 R_2 = E. \end{cases}$$

Решая систему уравнений

$$\begin{cases} I_1 - I_2 = -2, \\ 15I_1 + 85I_2 = 20, \end{cases}$$

получим токи: $I_1 = -1,5 \text{ A}$; $I_2 = 0,5 \text{ A}$.

Для расчета баланса мощностей необходимо определить напряжение на зажимах источника тока:

$$U_2 = I_2 R_2 = 0,5 \cdot 82 = 42,5 \text{ B}.$$

Мощность источника тока:

$$P_j = JU_2 = 2 \cdot 42,5 = 85 \text{ Вт}.$$

Мощность источника ЭДС:

$$P_E = EI_1 = 20 \cdot (-1,5) = -30 \text{ Вт}.$$

Мощность источников:

$$P_{ист} = P_E + P_j = 85 + (-30) = 55 \text{ Вт}.$$

Мощность приемников:

$$P_R = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 = (-1,5)^2 \cdot 15 + (0,5)^2 \cdot 85 = 55 \text{ Вт}.$$

Баланс мощностей выполняется.

Составим баланс мощностей для цепи, в которой источник тока преобразован в эквивалентный источник ЭДС (рис. 4):

$$E_j = JR_2 = 2 \cdot 85 = 170 \text{ B},$$

ток в цепи:

$$I_1 = \frac{E - E_j}{R_2 + R_1} = \frac{20 - 170}{85 + 15} = -1,5 \text{ A}.$$

Мощность источников:

$$P_{ист} = P_E + P_{E_j} = EI_1 - E_j I_1 = 20 \cdot (-1,5) - 170 \cdot (-1,5) = 225 \text{ Вт}.$$

Мощность приемников:

$$P_R = I_1^2(R_2 + R_1) = (1,5)^2 \cdot (85 + 15) = 225 \text{ Вт}.$$

Баланс мощностей соблюдается. Заметим, что в эквивалентной схеме мощности источников и приемников увеличились. следовательно, эквивалентность преобразований в отношении мощностей не соблюдается.

Ответ: 1. $I_1 = -1,5 \text{ А}$; $I_2 = 0,5 \text{ А}$; $P_{\text{ист}} = P_R = 55 \text{ Вт}$.

1. $I_1 = -1,5 \text{ А}$; $P_{\text{ист}} = P_R = 255 \text{ Вт}$.

Задачи для самостоятельного решения

1.3 В схеме рис. 5 определить эквивалентное сопротивление, если $R_1 = 2 \text{ Ом}$, $R_2 = 4 \text{ Ом}$, $R_3 = 2 \text{ Ом}$, $R_4 = 1,2 \text{ Ом}$.

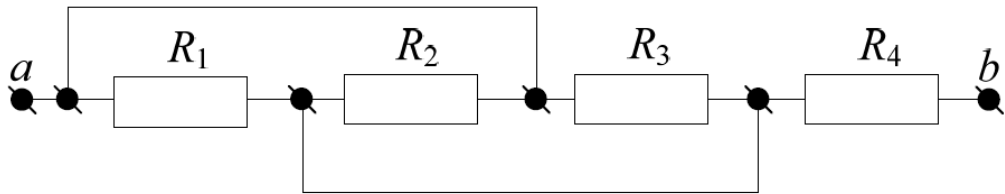


Рис. 5

Ответ: 2 Ом.

1.4 В схеме рис. 6 определить эквивалентное сопротивление, если $R_1 = 1 \text{ Ом}$, $R_2 = 4 \text{ Ом}$, $R_3 = 12 \text{ Ом}$, $R_4 = 2 \text{ Ом}$; $R_5 = 4 \text{ Ом}$.

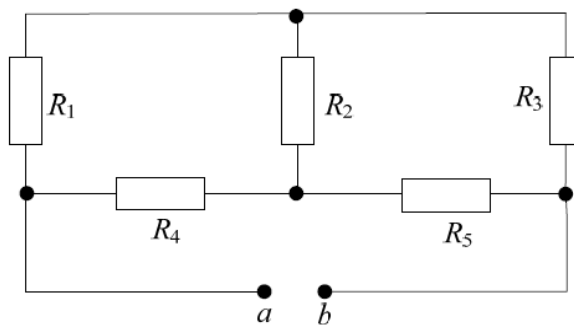


Рис. 6

Ответ: 5 Ом.

1.5 В схеме рис. 7 дано $P_2 = 72 \text{ Вт}$, $R = 1,4 \text{ Ом}$, $R_1 = 8 \text{ Ом}$, $R_2 = 2 \text{ Ом}$.

Определить E, I_1, I_2 .

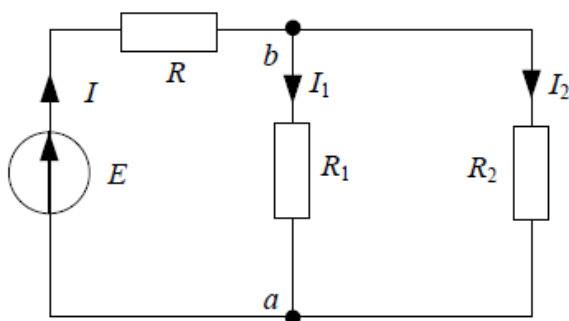


Рис. 7

Ответ: $I_1 = 3 \text{ А}$, $I_2 = 6 \text{ А}$, $E = 27 \text{ В}$.

1.6 Найти ток I_1 в цепи, схема которой изображена на рис. 5.8, если $E = 40 \text{ В}$, $J = 2 \text{ А}$, $R = 100 \text{ Ом}$.

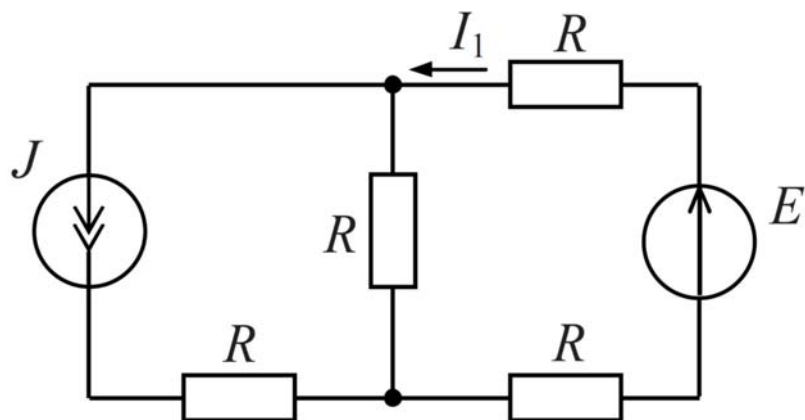


Рис. 8

Ответ: $I_1 = 0,8 \text{ А}$.

1.7 Определить напряжение U_{ak} в электрической цепи, изображенной на рис. 9, если $R_1 = 3 \text{ Ом}$, $R_2 = 8 \text{ Ом}$, $R_3 = 2 \text{ Ом}$, $R_4 = 1 \text{ Ом}$, $E_1 = 2 \text{ В}$, $E_2 = 4 \text{ В}$, $E_3 = 24 \text{ В}$.

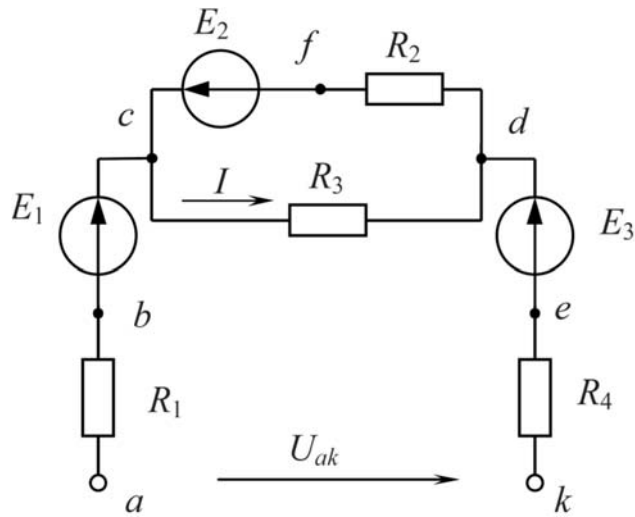


Рис. 9

Ответ: $U_{ak} = 22,8 \text{ В}$.

2 Методы расчета цепей

Задача 2.1

Методами контурных токов и узловых потенциалов найти токи в ветвях электрической цепи, изображенной на рис. 10, если $E_1 = 100 \text{ В}$, $E_2 = 30 \text{ В}$, $E_3 = 10 \text{ В}$, $E_4 = 6 \text{ В}$, $R_1 = 10 \text{ Ом}$, $R_2 = 10 \text{ Ом}$, $R_3 = 1 \text{ Ом}$, $R_4 = 6 \text{ Ом}$, $R_5 = 5 \text{ Ом}$, $R_6 = 15 \text{ Ом}$.

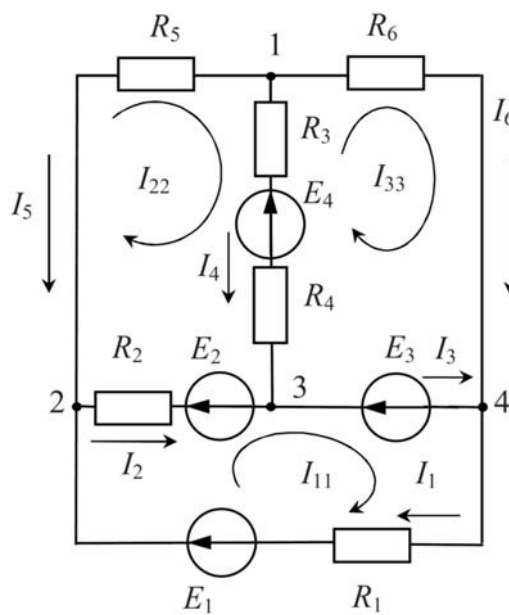


Рис. 10

Решение:

Решим задачу методом контурных токов.

В схеме число ветвей $b = 6$, число узлов $y = 4$, число ветвей с источниками тока $b_J = 0$. Тогда $n_{II} = b - b_J - (y - 1) = 6 - 0 - (4 - 1) = 3$ – количество уравнений, составленных по методу контурных токов для представленной на рис. 10 произвольно выбранной независимой системы контурных токов I_{11}, I_{22}, I_{33} :

$$\begin{cases} I_{11}R_{11} + I_{22}R_{12} + I_{33}R_{13} = E_{11}, \\ I_{11}R_{21} + I_{22}R_{22} + I_{33}R_{23} = E_{22}, \\ I_{11}R_{31} + I_{22}R_{32} + I_{33}R_{33} = E_{33}. \end{cases}$$

Собственные сопротивления контуров:

$$R_{11} = R_1 + R_2 = 10 + 10 = 20 \text{ Ом};$$

$$R_{22} = R_2 + R_3 + R_4 + R_5 = 10 + 1 + 6 + 5 = 22 \text{ Ом};$$

$$R_{33} = R_3 + R_4 + R_6 = 1 + 6 + 15 = 22 \text{ Ом}.$$

Для общих сопротивлений между контурами имеем:

$$R_{12} = R_{21} = -R_2 = -10 \text{ Ом};$$

$$R_{23} = R_{32} = -(R_3 + R_4) = -(1 + 6) = -7 \text{ Ом};$$

$$R_{13} = R_{31} = 0 \text{ Ом}.$$

Далее определяем контурные ЭДС:

$$E_{11} = E_1 - E_2 - E_3 = 100 - 30 - 10 = 60 \text{ В};$$

$$E_{22} = E_2 - E_4 = 30 - 6 = 24 \text{ В};$$

$$E_{33} = E_3 + E_4 = 10 + 6 = 16 \text{ В}.$$

После подстановки численных значений система уравнений примет вид:

$$\begin{cases} 20I_{11} - 10I_{22} = 60, \\ -10I_{11} + 22I_{22} - 7I_{33} = 24, \\ -7I_{22} + 22I_{33} = 16. \end{cases}$$

Решая систему уравнений, получим значения контурных токов:

$$I_{11} = 5 \text{ А}, \quad I_{22} = 4 \text{ А}, \quad I_{33} = 2 \text{ А}.$$

В ветви с ЭДС E_1 ток I_1 имеет направление контурного тока I_I и поэтому

$$I_1 = I_{11} = 5 \text{ A.}$$

Аналогично в пятой и шестой ветвях:

$$I_5 = -I_{22} = -4 \text{ A}, \quad I_6 = I_{33} = 2 \text{ A.}$$

Во второй ветви с сопротивлением R_2 ток I_2 равен алгебраической сумме контурных токов I_I и I_{II} :

$$I_2 = I_{11} - I_{22} = 5 - 4 = 1 \text{ A.}$$

Аналогично в третьей и четвертой ветвях:

$$I_3 = I_{11} - I_{33} = 5 - 2 = 3 \text{ A,}$$

$$I_4 = I_{22} - I_{33} = 4 - 2 = 2 \text{ A.}$$

Теперь решим задачу методом узловых потенциалов. Между 3 и 4 узлами включена идеальная ЭДС E_3 . Если заземлим один из этих узлов, например, узел 4, то $\varphi_3 = E_3 = 10 \text{ В}$. Для определения потенциалов первого и второго узлов составим два уравнения:

$$\begin{cases} \varphi_1 G_{11} - \varphi_2 G_{12} + \varphi_3 G_{13} = J_{11}, \\ \varphi_1 G_{21} - \varphi_2 G_{22} + \varphi_3 G_{23} = J_{22}. \end{cases}$$

Собственные проводимости узлов равны:

$$G_{11} = \frac{1}{R_3 + R_4} + \frac{1}{R_6} + \frac{1}{R_5} = \frac{1}{1+6} + \frac{1}{5} + \frac{1}{15} = \frac{43}{105} \text{ См};$$

$$G_{22} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_5} = \frac{1}{10} + \frac{1}{10} + \frac{1}{5} = \frac{2}{5} \text{ См.}$$

Для общих проводимостей между узлами имеем:

$$G_{12} = G_{21} = -\frac{1}{R_5} = -\frac{1}{5} \text{ См};$$

$$G_{13} = -\frac{1}{R_3 + R_4} = -\frac{1}{1+6} = -\frac{1}{7} \text{ См};$$

$$G_{23} = -\frac{1}{R_2} = -\frac{1}{10} \text{ См.}$$

Далее определяем узловые токи:

$$J_{11} = E_4 \left(\frac{1}{R_3 + R_4} \right) = 6 \cdot \frac{1}{1+6} = \frac{6}{7} \text{ A};$$

$$J_{22} = E_2 \frac{1}{R_2} + E_1 \frac{1}{R_1} = 30 \cdot \frac{1}{10} + 100 \cdot \frac{1}{10} = \frac{130}{10} \text{ A.}$$

Решая систему уравнений, получим $\varphi_1 = 30 \text{ В}$, $\varphi_2 = 50 \text{ В}$.

Найдем токи в ветвях, кроме I_3 , по закону Ома:

$$I_1 = \frac{\varphi_4 - \varphi_2 + E_1}{R_1} = \frac{-50 + 100}{10} = 5 \text{ A};$$

$$I_2 = \frac{\varphi_2 - \varphi_3 - E_2}{R_2} = \frac{50 - 10 - 30}{10} = 1 \text{ A};$$

$$I_4 = \frac{\varphi_1 - \varphi_3 - E_4}{R_3 + R_4} = \frac{30 - 10 - 6}{7} = 2 \text{ A};$$

$$I_5 = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R_5} = \frac{30 - 50}{5} = -4 \text{ A};$$

$$I_6 = \frac{\varphi_1 - \varphi_4}{R_6} = \frac{30}{15} = 2 \text{ A.}$$

Ток I_3 найдем из уравнения, составленного по первому закону Кирхгофа для третьего узла:

$$I_3 = I_2 + I_4 = 1 + 2 = 3 \text{ A.}$$

Ответ: $I_1 = 5 \text{ A}$; $I_2 = 1 \text{ A}$; $I_3 = 3 \text{ A}$; $I_4 = 2 \text{ A}$; $I_5 = -4 \text{ A}$; $I_6 = 2 \text{ A}$.

Задачи для самостоятельного решения

2.1 Определить токи в электрической цепи, изображенной на рис. 11 методами контурных токов и узловых потенциалов и проверить выполнение

баланса мощностей, если $R_1 = 2 \text{ Ом}$, $R_2 = 8 \text{ Ом}$, $R_3 = 5 \text{ Ом}$, $E_1 = 4 \text{ В}$, $E_2 = 16 \text{ В}$, $J = 1 \text{ А}$.

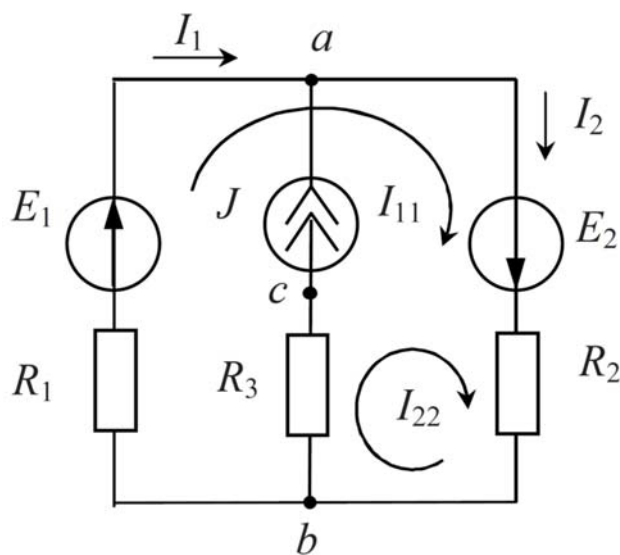


Рис. 11

Ответ: $I_1 = 1,2 \text{ А}$, $I_2 = 2,2 \text{ А}$, $P_{\text{ист}} = 46,6 \text{ Вт}$, $P_{\text{пр}} = 46,6 \text{ Вт}$.

2.2 В электрической цепи, схема которой представлена на рис. 12, найти токи методом узловых потенциалов, если $E_1 = 100 \text{ В}$, $E_2 = 10 \text{ В}$, $E_5 = 40 \text{ В}$, $R_1 = 20 \text{ Ом}$, $R_2 = 30 \text{ Ом}$, $R_3 = 20 \text{ Ом}$, $R_4 = 10 \text{ Ом}$.

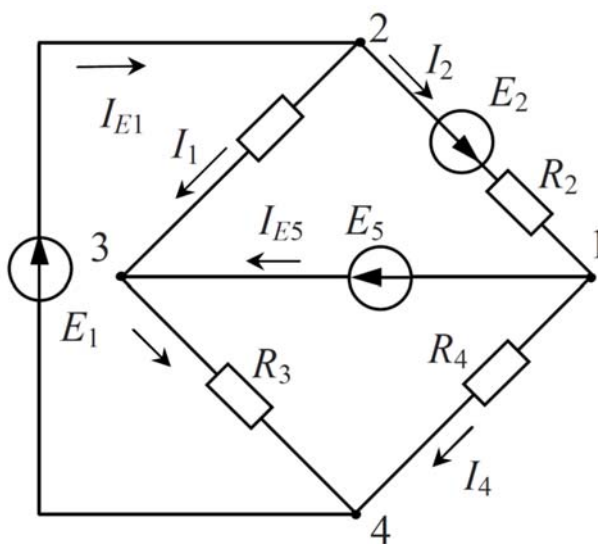


Рис. 12

Ответ: $I_1 = 2 \text{ А}$, $I_2 = 3 \text{ А}$, $I_3 = 3 \text{ А}$, $I_4 = 2 \text{ А}$, $I_{E1} = 5 \text{ А}$, $I_{E5} = 1 \text{ А}$.

2.3 Найти токи в цепи, схема которой приведена на рис. 13, если дано:
 $E_1 = 2\text{ В}$, $E_2 = 6\text{ В}$, $R_1 = 4\text{ Ом}$, $R_2 = 3\text{ Ом}$, $R_3 = 3\text{ Ом}$.

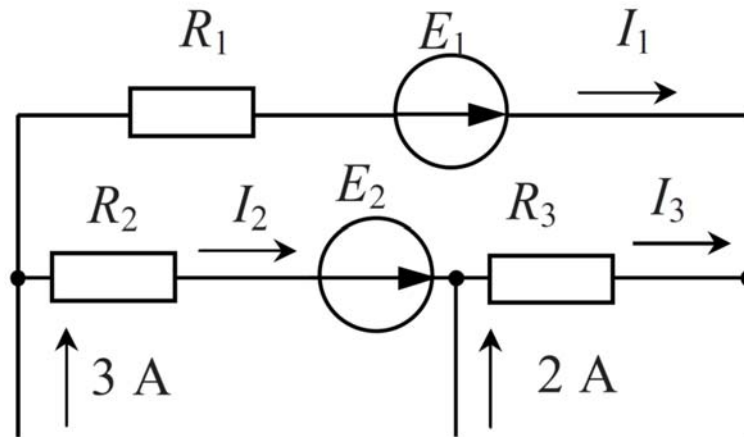


Рис. 13

Ответ: $I_1 = 2\text{ А}$, $I_2 = 1\text{ А}$, $I_3 = 3\text{ А}$.

2.4 Определить показание вольтметра схемы, изображенной на рис. 14, если $E_1 = 80\text{ В}$, $R_1 = R_3 = 4\text{ кОм}$, $E_2 = 30\text{ В}$, $R_2 = 2\text{ кОм}$, $E_3 = 30\text{ В}$.

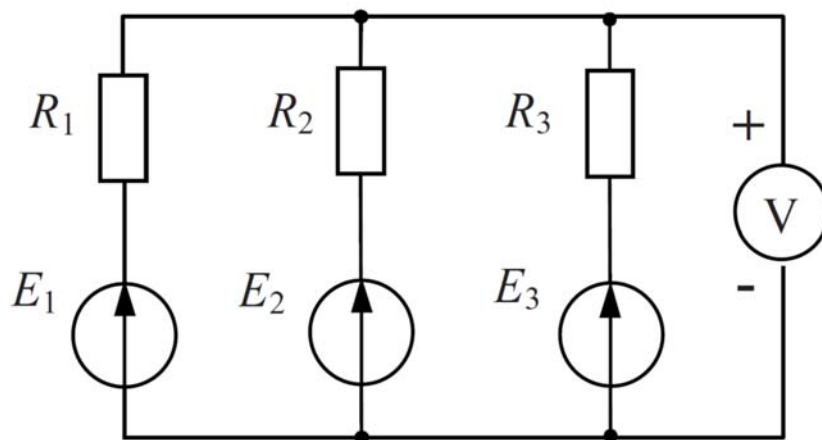


Рис. 14

Ответ: $U = 40\text{ В}$.

2.5 Определить ток I методом контурных токов схемы, изображенной на рис. 15, если $E = 80\text{ В}$, $R = 40\text{ Ом}$, $J = 3\text{ А}$.

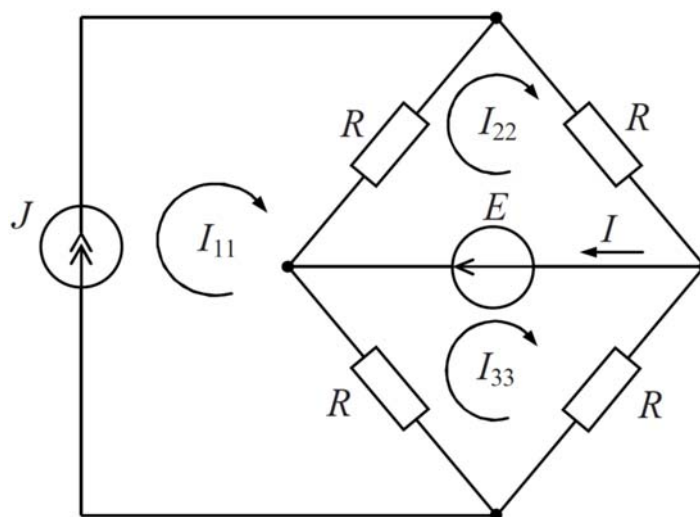


Рис. 15

Ответ: $I = 2 \text{ A}$.

2.6 Определить ток I_3 схемы, изображенной на рис. 16, если $E_1 = 80 \text{ В}$, $E_2 = 200 \text{ В}$, $R_1 = R_5 = 400 \text{ Ом}$, $R_2 = R_4 = 200 \text{ Ом}$, $R_3 = 40 \text{ Ом}$.

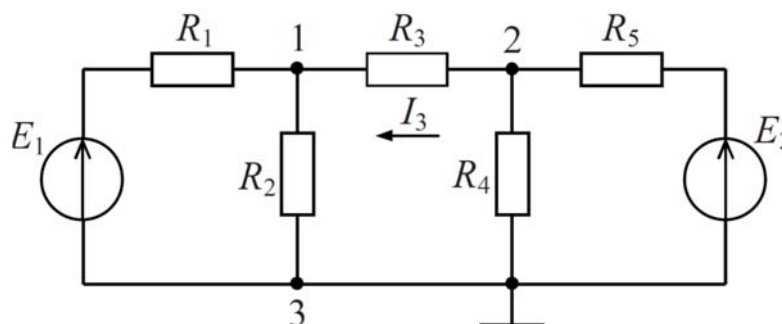


Рис. 16

Ответ: $I = 0,13 \text{ A}$.

2.7 В схеме, приведенной на рис. 17, известны следующие параметры: $E_1 = 10 \text{ В}$, $E_2 = 5 \text{ В}$, $R_1 = 2,4 \text{ Ом}$, $R_2 = 1,4 \text{ Ом}$, $R_3 = 0,8 \text{ Ом}$. Определить токи ветвей по методу контурных токов. Проверить расчет с помощью баланса мощностей.

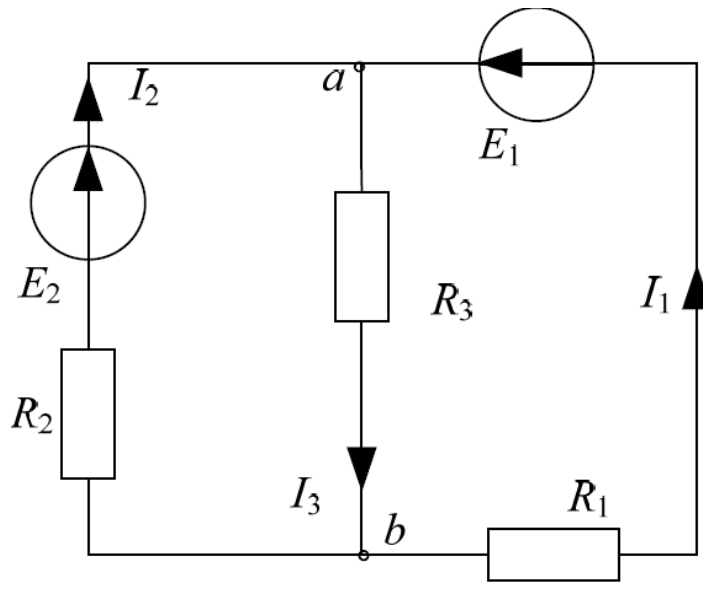


Рис. 17

Ответ: $I_1 = 2,813 \text{ A}$, $I_2 = 1,25 \text{ A}$, $I_3 = 4,063 \text{ A}$, $P_B = 34,37 \text{ Вт}$, $P_B = 34,3 \text{ Вт}$.

2.8 Определить эквивалентное сопротивление R_{ab} пассивной цепи на рис. 18, если $R_1 = 2,5 \text{ Ом}$, $R_2 = 4 \text{ Ом}$, $R_3 = 2 \text{ Ом}$, $R_4 = 6 \text{ Ом}$, $R_5 = 3 \text{ Ом}$.

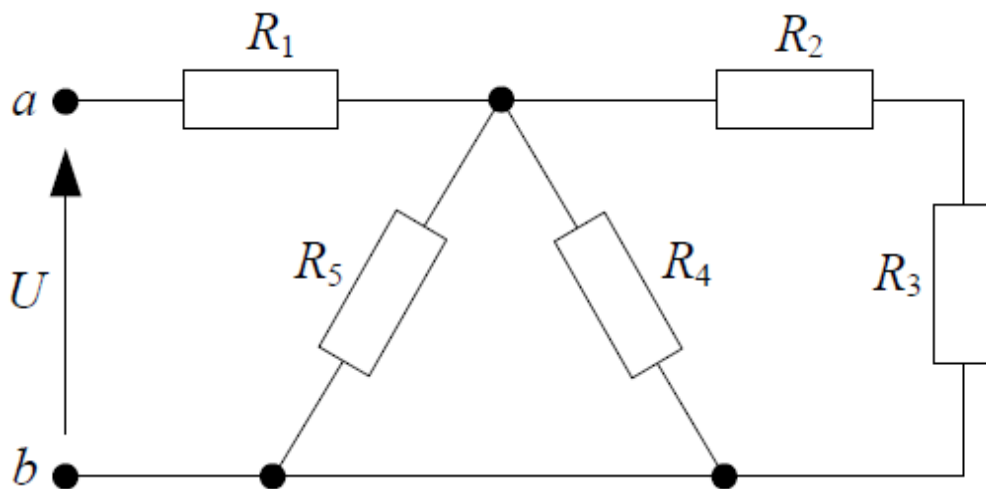


Рис. 18

Ответ: $R_{ab} = 4 \text{ Ом}$.

2.9 Определить эквивалентное сопротивление R_{ab} пассивной цепи на рис. 19, если $R_1 = 3 \text{ Ом}$, $R_2 = 7 \text{ Ом}$, $R_3 = 10 \text{ Ом}$, $R_4 = 6 \text{ Ом}$, $R_5 = 6 \text{ Ом}$, $R_6 = 2 \text{ Ом}$.

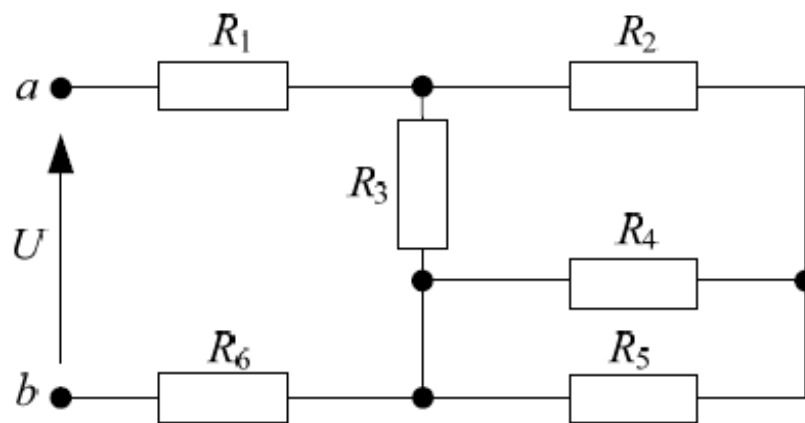


Рис. 18

Ответ: $R_{ab} = 10 \text{ Ом}$.

2.10 Определить эквивалентное сопротивление R_{ab} пассивной цепи на рис. 20, если $R_1 = R_2 = R_3 = 3 \text{ Ом}$, $R_4 = R_5 = 3 \text{ Ом}$.

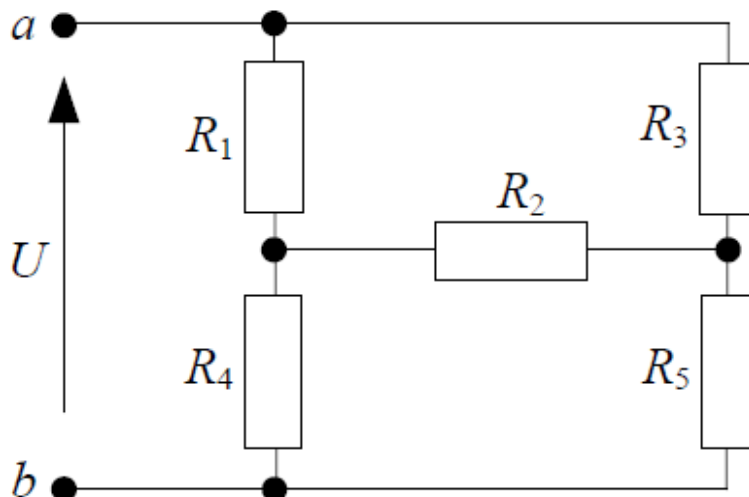


Рис. 20

Ответ: $R_{ab} = 3 \text{ Ом}$.

2.11 Определить ток I в цепи на рис. 21, если ключ разомкнут $U = 100 \text{ В}$, $R_1 = 8 \text{ Ом}$, $R_2 = 7 \text{ Ом}$, $R_3 = 2 \text{ Ом}$, $R_4 = 3 \text{ Ом}$.

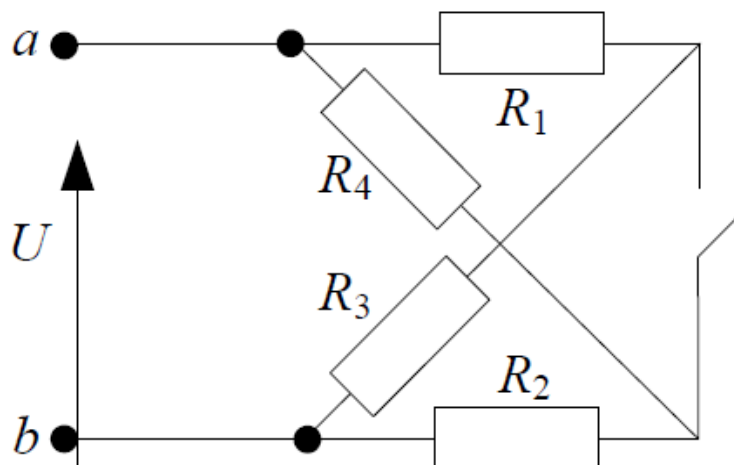


Рис. 21

Ответ: $I = 20 \text{ A}$.

3 Резонанс напряжений и токов

Задача 3.1

Электрическая цепь состоит из последовательно соединенных катушки с активным сопротивлением $R = 10 \text{ Ом}$ и индуктивностью $L = 100 \text{ мкГн}$ и конденсатора с емкостью $C = 100 \text{ нФ}$.

Определить резонансную частоту ω_0 , характеристическое сопротивление ρ , затухание d и добротность Q , расходуемую мощность P и абсолютное значение полосы пропускания контура, если приложенное напряжение составляет $U = 1 \text{ В}$.

Решение:

Резонансная частота:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{100 \cdot 10^{-6} \cdot 100 \cdot 10^{-12}}} = 10^7 \text{ рад/с.}$$

$$f_0 = \omega_0 / 2\pi = 10^7 / 2\pi = 1,6 \text{ МГц.}$$

Характеристическое сопротивление:

$$\rho = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{100 \cdot 10^{-6}}{100 \cdot 10^{-12}}} = 1000 \text{ Ом.}$$

Затухание:

$$d = R/\rho = 10/1000 = 0,01 .$$

Добротность:

$$Q = 1/d = 1/0,01 = 100 .$$

Ток при резонансе:

$$I_0 = U/R = 1/10 = 0,1 = 100 \text{ мА} .$$

Расходуемая мощность:

$$P_0 = I_0^2 \cdot R = 0,1^2 \cdot 10 = 0,1 \text{ Вт} .$$

Полоса пропускания:

$$2\Delta f_0 = f_0/Q = 1,6 \cdot 10^6 / 100 = 16 \text{ кГц} .$$

Ответ: $\omega_0 = 10^7 \text{ рад/с}$, $\rho = 1000 \text{ Ом}$, $d = 0,01$, $Q = 100$, $P_0 = 0,1 \text{ Вт}$, $2\Delta f_0 = 16 \text{ кГц}$.

Задачи для самостоятельного решения

3.2 Для измерения параметров катушки используют Q -метр, изображенный на рис. 22, принцип действия которого основан на явлении резонанса напряжений.

Определить параметры катушки R и L , если известно, что при резонансе $U_{mn}/U_{ab} = 100$, $C = 10^4 \text{ нФ}$, $f_0 = 10 \text{ кГц}$.

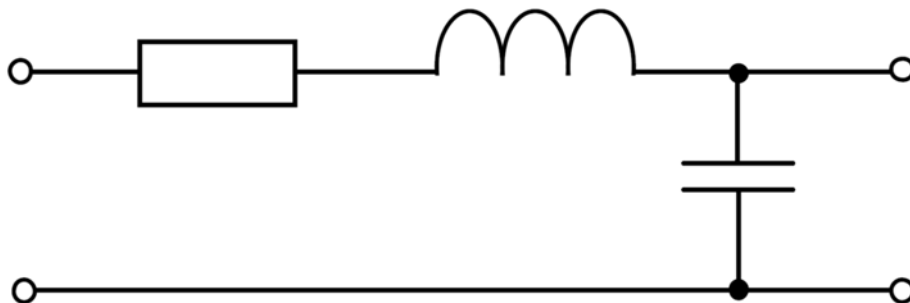


Рис. 22

Ответ: $R = 15,9 \text{ Ом}$, $L = 0,0253 \text{ Гн}$.

3.3 В режиме резонанса известны показания приборов $pW = 4 \text{ Вт}$, $pV = 1 \text{ В}$ и индуктивное сопротивление $X_L = 2 \text{ Ом}$ для схемы, представленной на рис. 23. Определить активное сопротивление R и емкостное сопротивление X_C .

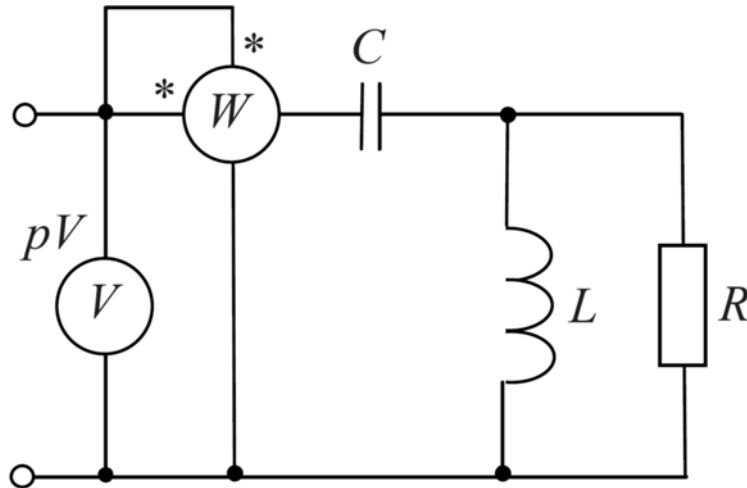


Рис. 23

Ответ: $R = 15,75 \text{ Ом}$, $X_C = 1,97 \text{ Ом}$.

3.4 Определить частоту и индуктивность, если цепь, изображенная на рис. 24, находится в режиме резонанса и известны следующие значения: $J(t) = 10 \sin \omega t \text{ А}$, $R = 10 \text{ Ом}$, $C = 1 \text{ мкФ}$, $pV = 10/\sqrt{2} \text{ В}$.

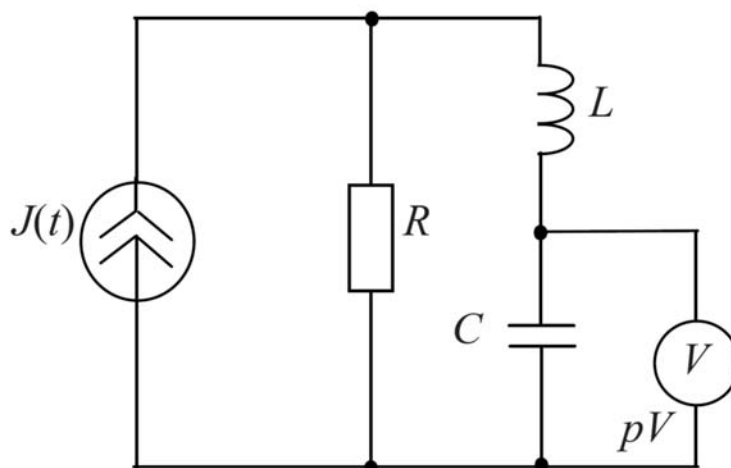


Рис. 24

Ответ: $\omega = 10^6 \text{ рад/с}$, $L = 10^{-6} \text{ Гн}$.

3.5 Определить емкость цепи, изображенной на рис. 25, если резонанс токов наступает при частоте $\omega = 2000 \text{ рад/с}$ и индуктивности $L = 0,1 \text{ Гн}$.

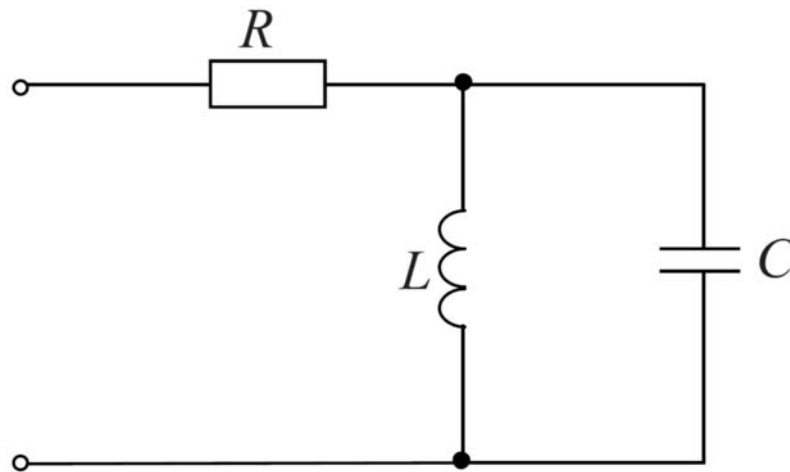


Рис. 25

Ответ: $C = 2,5 \text{ мкФ}$.

3.6 Добротность катушки $Q_L = \frac{\omega L}{R}$ при резонансной частоте (рис. 26) равна 4. После настройки в резонанс частоту входного напряжения увеличили вдвое.

Как следует изменить емкость конденсатора, чтобы цепь при увеличенной частоте вновь оказалась бы в режиме резонанса?

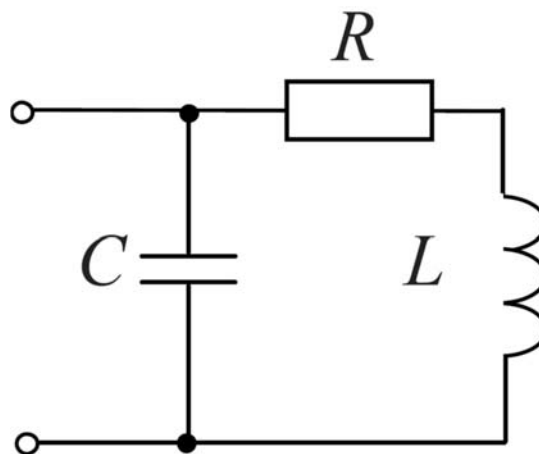


Рис. 26

Ответ: $C_2 = 0,262 \cdot C_1$.

3.7 Определить резонансные частоты, если все три индуктивности равны между собой и обе емкости одинаковы для схемы на рис. 27. Построить частотную характеристику входного сопротивления цепи.

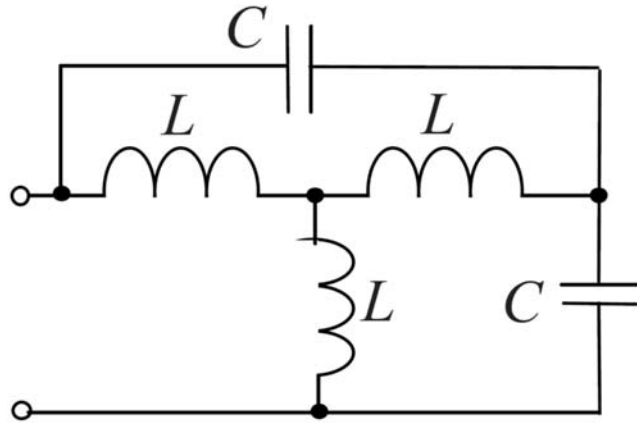


Рис. 27

Ответ: $f_{0p} = \frac{1}{2\pi\sqrt{3LC}}$.

3.8 Дана схема на рис. 28 переменного тока с частотой 50 Гц. Приборы измерения показывают следующие данные: $U = 90 В$, $I = 2 А$, $P = 127 Вт$. Определить активное сопротивление и индуктивность катушки.

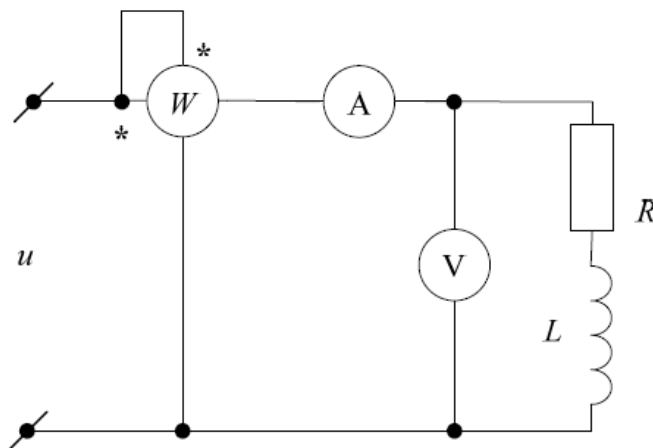


Рис. 28

Ответ: $R = 35,35 \text{ Ом}$, $L = 112,5 \text{ мГн}$.

3.9 Конденсатор емкостью C и катушка с параметрами $R = 10 \text{ Ом}$ и $L = 0,032 \text{ Гн}$ включены последовательно к источнику синусоидального напряжения, действующее значение которого $U = 100 \text{ В}$, при частоте 50 Гц . Определить емкость конденсатора, при которой в цепи возникнет резонанс напряжений и величину тока I .

Ответ: $C = 0,32 \text{ мФ}$, $I = 10 \text{ А}$.

Вопросы, выносимые на коллоквиум

Коллоквиум 1

1. Физические основы электротехники.
2. Идеализированные пассивные элементы.
3. Идеализированные активные элементы.
4. Законы Кирхгофа.
5. Баланс напряжений ветвей и элементов контура.
6. Метод контурных токов.
7. Метод узловых потенциалов.
8. Баланс мощностей.
9. Пассивный двухполюсник в цепи синусоидального тока.
10. Расчет линейных электрических цепей синусоидального тока.
11. Преобразование идеальных источников напряжения и тока друг в друга.
12. Эквивалентные преобразования электрических цепей.
13. Гармонические токи и напряжения и их характеристики.
14. Цепи со взаимной индукцией.
15. Нелинейные элементы цепи.
16. Нелинейные цепи переменного тока.
17. Переходные процессы в линейных электрических цепях.
18. Расчет переходных процессов в RL цепях первого порядка.
19. Расчет переходных процессов в RC цепях первого порядка.

Коллоквиум 2

1. Линейный трансформатор.
2. Комплексные частотные характеристики линейных цепей.
3. Амплитудно-частотная и фазо-частотная характеристики цепей.
4. Частотные характеристики простейших цепей с реактивным элементом одного характера.
5. Частотные характеристики последовательной RLC-цепи. Резонанс напряжений.
6. Частотные характеристики параллельной RLC-цепи. Резонанс токов.
7. Характеристические параметры четырехполюсников.
8. Передаточные функции четырехполюсников.
9. Уравнения и режимы работы четырехполюсников.
10. Основные понятия и характеристики электрических фильтров.
11. Теория реактивных электрических фильтров.
12. Уравнения двухпроводной линии.
13. Однородная линия при гармоническом воздействии. Вторичные параметры линии
14. Режимы работы двухпроводной линии.

Оценочные материалы для промежуточной аттестации

Экзамен проводится по билетам. В каждом билете 2 теоретических вопроса.

1. Физические основы электротехники.
2. Идеализированные пассивные элементы.
3. Идеализированные активные элементы.
4. Законы Кирхгофа.
5. Баланс напряжений ветвей и элементов контура.
6. Метод контурных токов.
7. Метод узловых потенциалов.
8. Баланс мощностей.

9. Пассивный двухполюсник в цепи синусоидального тока.
10. Расчет линейных электрических цепей синусоидального тока.
11. Преобразование идеальных источников напряжения и тока друг в друга.
12. Эквивалентные преобразования электрических цепей.
15. Гармонические токи и напряжения и их характеристики.
16. Цепи со взаимной индукцией.
17. Нелинейные элементы цепи.
18. Нелинейные цепи переменного тока.
19. Переходные процессы в линейных электрических цепях.
20. Расчет переходных процессов в RL цепях первого порядка.
21. Расчет переходных процессов в RC цепях первого порядка.
22. Линейный трансформатор.
23. Комплексные частотные характеристики линейных цепей. Амплитудно-частотная и фазо-частотная характеристики цепей.
24. Частотные характеристики простейших цепей с реактивным элементом одного характера.
25. Частотные характеристики последовательной RLC-цепи. Резонанс напряжений.
26. Частотные характеристики параллельной RLC-цепи. Резонанс токов.
25. Характеристические параметры четырехполюсников.
26. Передаточные функции четырехполюсников.
27. Уравнения и режимы работы четырехполюсников.
28. Основные понятия и характеристики электрических фильтров.
29. Теория реактивных электрических фильтров.
30. Уравнения двухпроводной линии.
31. Однородная линия при гармоническом воздействии. Вторичные параметры линии
32. Режимы работы двухпроводной линии.