

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ**

Кафедра промышленной электроники (ПрЭ)

Б.И. Коновалов

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ**

**Руководство по выполнению
лабораторных работ**

Томск 2020

Коновалов Б.И.

Теоретические основы электротехники : руководство по выполнению лабораторный работ. – Томск : ТУСУР, 2020. – 31 с.

Методическое пособие предназначено для студентов, обучающихся на всех формах обучения с использованием дистанционных образовательных технологий.

© Коновалов Б.И., 2020

© Оформление.

ТУСУР, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	4
1 Цель практикума	4
2 Программа моделирования электронных схем ASIMEC.....	4
2.1 Назначение и состав системы ASIMEC	4
2.2 Проведение измерений при временном анализе	6
2.3 Проведение измерений при частотном анализе	8
3 Лабораторная работа № 1. Экспериментальная проверка токораспределения в разветвленных цепях постоянного тока...	10
3.1 Определение токов в ветвях методом наложения.....	10
3.2 Определение тока в ветви методом эквивалентного генератора	13
3.3 Проверка соотношений эквивалентного преобразования треугольника в звезду и наоборот.....	14
4 Лабораторная работа № 2. Исследование разветвленных цепей на переменном синусоидальном токе	16
5 Лабораторная работа № 3. Резонанс в последовательном колебательном контуре.....	19
6 Лабораторная работа № 4. Резонанс в параллельном колебательном контуре.....	23
Приложение 1	26
Приложение 2	28
Приложение 3	30
Приложение 4.....	31

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

1 Цель практикума

Целью лабораторного практикума является приобретение навыков сборки и испытания электрических цепей на экране персонального компьютера с помощью пакета ASIMEC. Этот пакет содержит необходимые инструменты для создания графических образов схем, их моделирования и визуализации результатов. По каждой работе выполняется отчет, который оформляется аналогично изложенному в п. 4.2 руководства для организации самостоятельной работы.

2 Программа моделирования электронных схем ASIMEC

2.1 Назначение и состав системы ASIMEC

Инструментальным средством для выполнения лабораторных работ является система моделирования электронных схем **ASIMEC**, разработанная на кафедре промышленной электроники ТУСУРа.

Программный пакет **ASIMEC** представляет собой систему автоматизированного моделирования электронных схем во временной и частотной областях.

Основное окно системы **ASIMEC** показано на рис. 1. Оно содержит наборное поле, на котором изображается схема моделируемого устройства, главное меню, которое позволяет организовывать, считывать и запоминать файлы, панель управления моделированием, панель управления параметрами среды, «ящики» с компонентами электронных схем и инспектор объектов. Краткие подсказки по элементам управления можно получить во всплывающих окнах, если на некоторое время поместить на них курсор мыши.

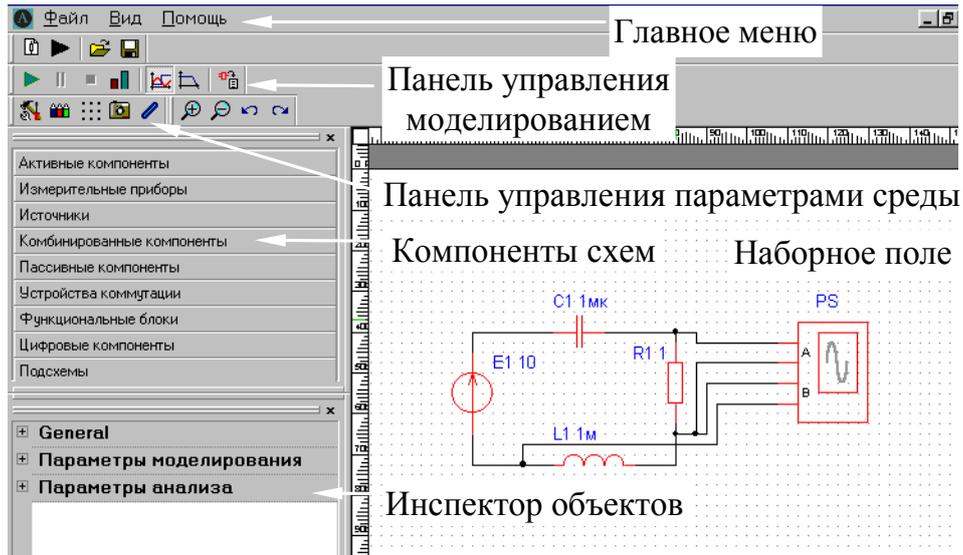


Рис. 1

На рис. 2 показана панель управления процессом моделирования. Сначала, путем нажатия соответствующей кнопки, выбирается вариант анализа (временной или частотный), и далее нажимается кнопка запуска моделирования. Процесс моделирования можно остановить (приостановить) путем нажатия соответствующей кнопки. При нажатии кнопки **Показать инструмент** появляется экран осциллографа и плоттера Боде (см. ниже). Задание параметров моделирования (метода интегрирования системы дифференциальных уравнений, шага интегрирования и т. д.) задается путем нажатия кнопки **Свойства схемы** .

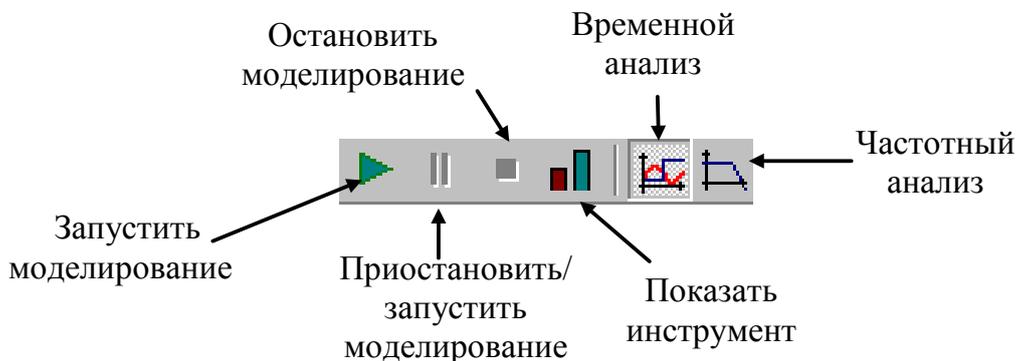


Рис. 2

«Ящички» с компонентами схем содержат активные (транзисторы, операционные усилители), пассивные (конденсаторы, резисторы, диоды и т. д.) компоненты, измерительные приборы (вольтметр, амперметр, ваттметр, плоттер Боде, осциллограф), источники питания (генераторы напряжения и тока различной формы), устройства коммутации (ключи) и другие устройства, являющиеся элементами электронных схем. Схемы изображаются на наборном поле.

В **Инспекторе объектов** отражаются параметры элементов моделей, параметры моделирования, анализа и т. д.

Более подробно с основными правилами моделирования, изображения схем, проведения измерений можно ознакомиться в п. главного меню **Помощь**.

2.2 Проведение измерений при временном анализе

Основным прибором, позволяющим проводить измерения во временной области, является осциллограф, условное графическое изображение которого показано на рис. 3. Он имеет два канала А и В, заземленных одним из своих зажимов и подключаемых к источникам сигналов.

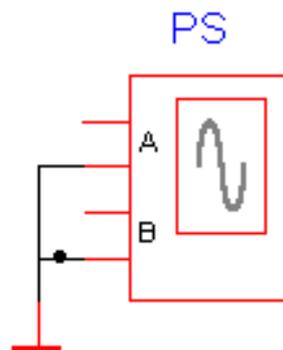


Рис. 3

Перед проведением временного анализа нужно нажать кнопку **Свойства схемы**  и установить параметры **Масштаб времени** и t_{stop} (конечное время расчета в секундах). Поскольку моделирование проводится в реальном времени, масштаб времени принимается равным 1. Фиксация введенных параметров производится нажатием клавиши **Enter**.

Далее, путем последовательного нажатия клавиш  и  запускается процесс моделирования. При этом на экране появляется окно, в котором изображена лицевая панель виртуального осциллографа. В ее верхней горизонтальной части расположены кнопки  (включение маркеров),  (копирование осциллограммы в виде растрового рисунка, например, в текстовый файл), а также кнопки прерывания моделирования . В верхних вертикальных частях для каждого из каналов (А и В) имеются кнопки с соответствующими окнами управления масштабом вертикальной развертки луча и его смещения по вертикали, а также кнопка **Автомасштаб**. В нижней горизонтальной части панели расположены кнопки управления горизонтальной разверткой лучей с соответствующим окном и движок перемещения осциллограмм по горизонтальной оси.

Измерения производятся с помощью маркеров, активизируемых нажатием кнопки . При этом возникают две пары горизонтальных маркеров, служащих для измерения двух уровней каждого из сигналов (по каналам А и В), и пара горизонтальных маркеров, предназначенных для измерения временных интервалов. Уровни сигналов и их разность (в вольтах) отражаются в окнах Y1, Y2, Y1 – Y2, а моменты времени и соответствующий им временной интервал – в окнах X1, X2, X2 – X1.

После завершения процесса моделирования окно с лицевой панелью осциллографа нужно развернуть на весь экран монитора, с помощью движка сдвинуть влево (к началу отсчета) осциллограмму и с помощью клавиш вертикальной и горизонтальной развертки развернуть ее на весь экран, это обеспечит повышенную точность измерений.

При измерении уровня сигнала выбирается один из горизонтальных маркеров (например, верхний) и подводится к участку осциллограммы, интересующему наблюдателя. Результат измерения считывается в соответствующем окне (Y1 для верхнего маркера).

Измерение временных интервалов производится аналогично вертикальными маркерами. В этом случае левый маркер подводится к началу временного интервала, интересующего наблюдателя, правый маркер – к его концу. Результаты измерения – в окнах X1, X2, X2 – X1.

2.3 Проведение измерений при частотном анализе

Основным прибором, применяющимся при исследовании в частотной области, является плоттер Боде. Его условное графическое изображение, принятое в **ASIMEC**, приведено на рис. 4. Исследуемая цепь подключается к левым клеммам плоттера, а выходной сигнал подается на правые клеммы.

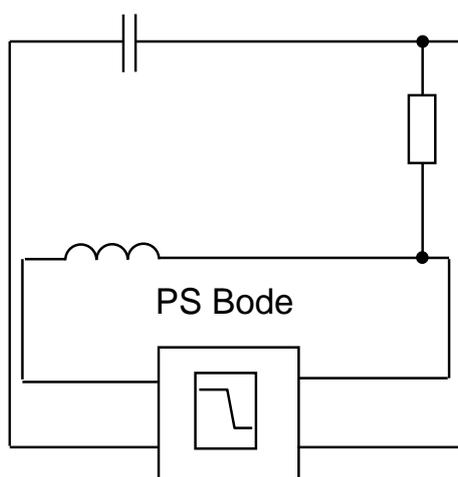


Рис. 4

Перед проведением частотного анализа нужно нажать кнопку **Свойства схемы**  и установить параметры **nd** (количество точек на декаде), **t_{start}** (начальная частота, Гц) и **t_{stop}** (конечная частота, Гц). Фиксация введенных параметров производится нажатием клавиши **Enter**. Далее, путем последовательного нажатия клавиш  и  запускается процесс моделирования. При этом на экране появляется окно, в котором изображена лицевая панель плоттера Боде. В ее верхней горизонтальной части расположены кнопки  (включение лупы),  (перемещение), 

(включение маркеров),  (копирование диаграмм Бode в виде растрового рисунка, например, в текстовый файл). Нажатие или отключение кнопок  и  приводит к воспроизведению диаграмм в виде точек или линий. Нажатием кнопок  и  включается логарифмическая шкала по оси частот и амплитуд. Кнопка  позволяет получить дискретный спектр для периодического сигнала.

Измерения производятся с помощью маркеров, активизируемых нажатием кнопки . При этом маркеры имеют вид пересекающихся горизонтальной и вертикальной линий. При движении их перекрестия вдоль какой-либо частотной характеристики рядом возникают две цифры, первая из которых соответствует измеряемой частоте (в Гц), а вторая – измеряемой амплитуде или фазе.

3 Лабораторная работа № 1. Экспериментальная проверка токораспределения в разветвленных цепях постоянного тока

3.1 Определение токов в ветвях методом наложения

Для экспериментального определения токов используется схема из индивидуального задания № 2 с параметрами из Приложения 1.

В соответствии с технологией использования метода наложения потребуется собрать четыре частичные схемы (по числу источников энергии) и экспериментально замерить частичные токи в каждой ветви каждой из четырех частичных схем.

Рассмотрим в качестве примера цепь на рис. 5.

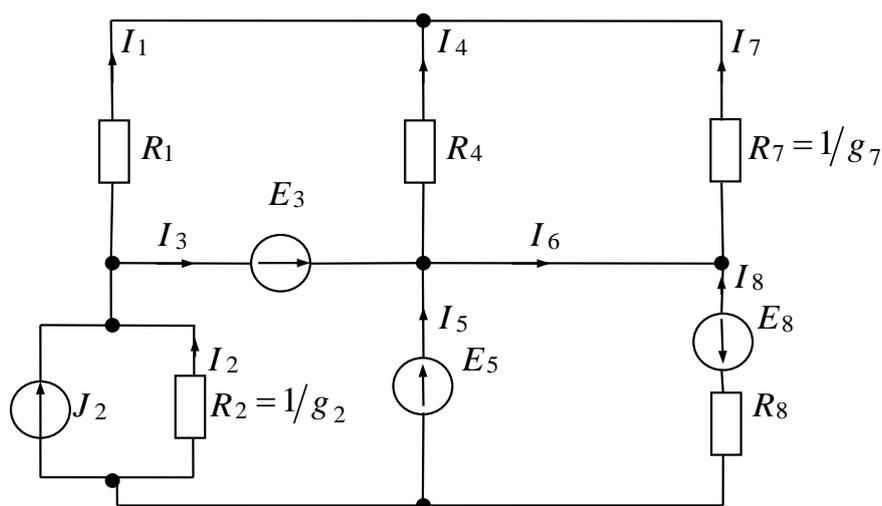


Рис. 5

Примем произвольно направления токов в ветвях, как показано на рис. 6.

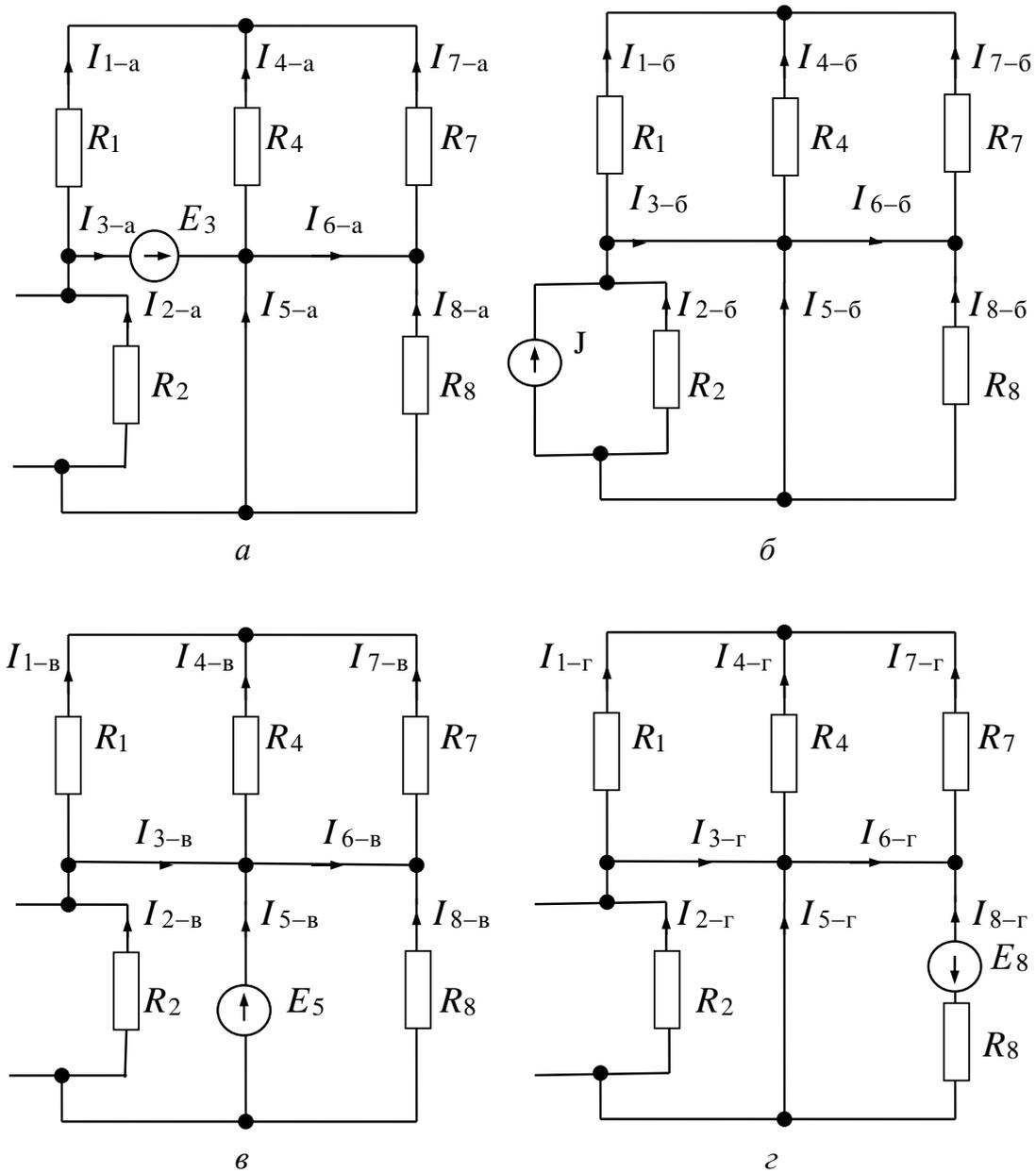


Рис. 6

Частичные схемы представлены на рис. 6, *a–г*. Частичные токи обозначены двойным индексом через черточку. Второй индекс соответствует рисунку частичной схемы.

При наборе частичных схем целесообразно вначале собрать общий контур схемы с резисторами и амперметрами, но без источников энергии, как показано на рис. 7.

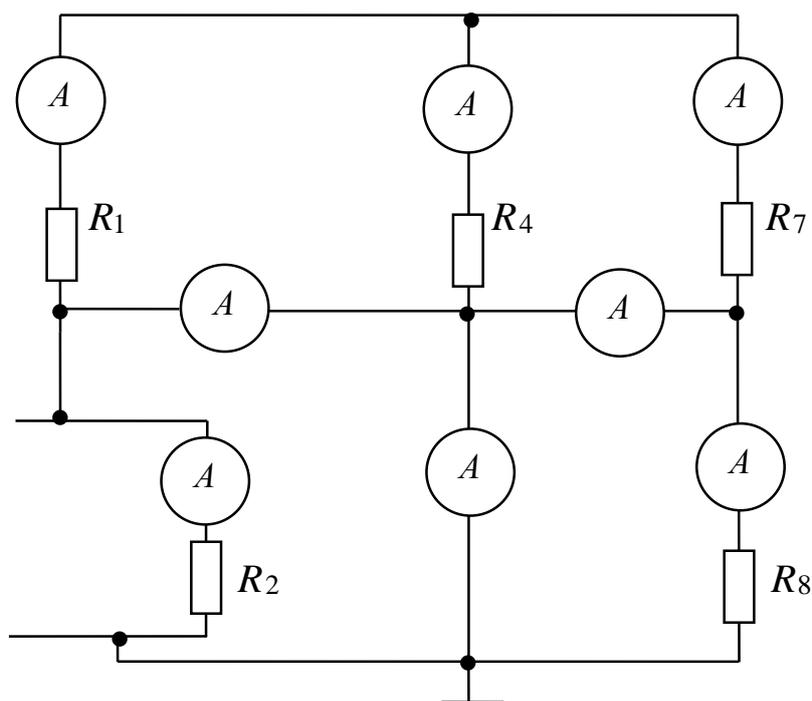


Рис. 7

Далее, для получения каждой из частичных схем поочередно нужно будет подключать в схему на рис. 7 по одному из источников в соответствии со схемами на рис. 6.

Таким образом, для выполнения настоящего пункта задания следует подготовить четыре частичные схемы и измерить в них частичные токи. Результаты занести в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты измерений частичных токов

Частичная схема	Токи ветвей							
	I_1, A	I_2, A	I_3, A	I_4, A	I_5, A	I_6, A	I_7, A	I_8, A
<i>a</i>								
<i>б</i>								
<i>в</i>								
<i>г</i>								
полные токи								

В предпоследней строке таблицы должны быть представлены алгебраические суммы частичных токов ветвей, в последней –

результаты измерения токов в цепи при включении в нее всех четырех источников.

Одну любую частичную схему рассчитать аналитически и результаты расчета сравнить с экспериментом.

3.2 Определение тока в ветви методом эквивалентного генератора

Для пояснений используем схему на рис. 5. Например, необходимо найти ток I_8 .

Выделим в качестве эквивалентного генератора часть схемы, подключенной к ветви с искомым током. На рис. 8 эта часть схемы обведена штриховой линией.

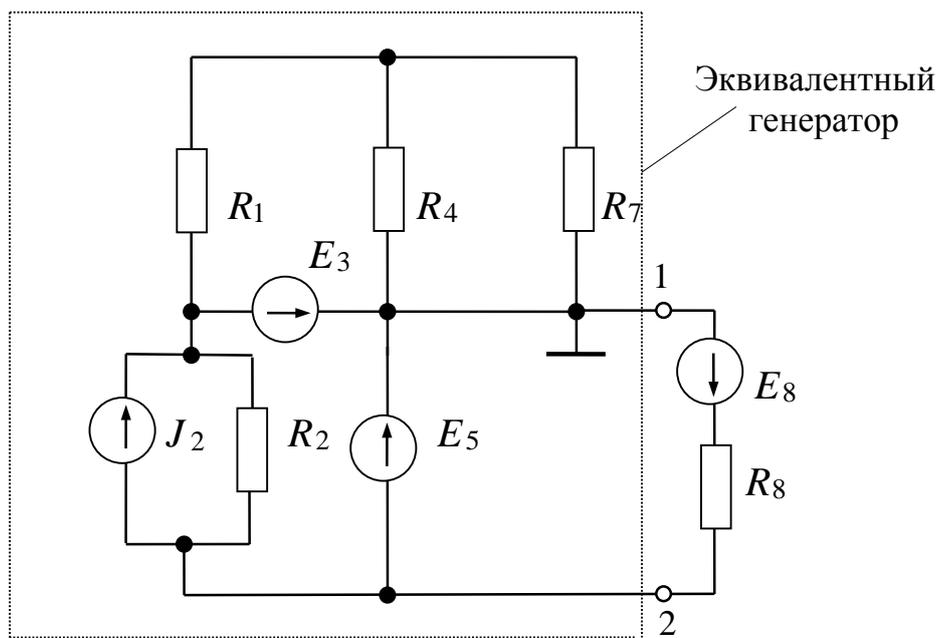


Рис. 8

Для определения параметров эквивалентного генератора следует собрать схему на рис. 8 без элементов E_8 и R_8 . Напряжение между выводами 1 и 2 даст э.д.с. эквивалентного генератора E_{Γ} . При определении сопротивления эквивалентного генератора R_{Γ} нужно вместо источников E_3 и E_5 поставить закоротки, а источник тока J_2 просто из схемы удалить. Для определения R_{Γ} к зажимам 1 и 2 следует подключить цепочку из включенных

последовательно амперметра и источника э.д.с. величиной 10 В. Интересующее нас сопротивление определяется по известным э.д.с. и току по закону Ома.

После определения параметров эквивалентного генератора собрать схему на рис. 9 и определить ток в ветви с R_8 .

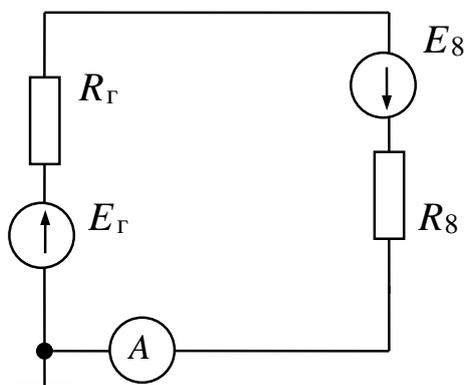


Рис. 9

3.3 Проверка соотношений эквивалентного преобразования треугольника в звезду и наоборот

Для схемы треугольника на рис. 10, а задано: $R_1 = 500$ Ом; $R_2 = 700$ Ом, $R_3 = 1000$ Ом.

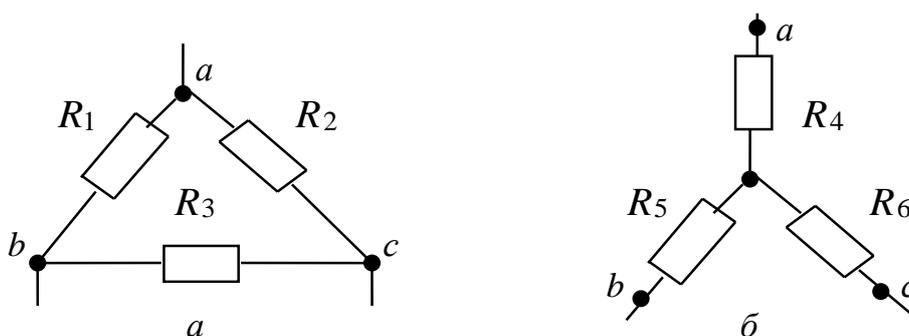


Рис. 10

Рассчитать сопротивления R_4 , R_5 и R_6 эквивалентной звезды.

Собрать схему на рис. 10, а и определить сопротивления между выводами ab , ac , bc , для чего к указанным выводам подключать цепочку из амперметра и э.д.с. величиной 10 В и использовать закон Ома.

Собрать схему на рис. 10, б и так же замерить сопротивления между выводами ab , ac , bc . По результатам измерений сделать выводы.

Для схемы звезды на рис. 10, б задано: $R_4 = 1$ кОм; $R_5 = 1,5$ кОм; $R_6 = 3$ кОм.

Рассчитать сопротивления R_1 , R_2 и R_3 эквивалентного треугольника. Собрать схемы звезды и треугольника, определить сопротивления между зажимами ab , ac , bc , по результатам измерений сделать вывод.

4 Лабораторная работа № 2. Исследование разветвленных цепей на переменном синусоидальном токе

4.1 Собрать цепь согласно рис. 11 с параметрами из табл. П.2.1, включив в каждую ветвь по амперметру и параллельно каждому элементу – по вольтметру.

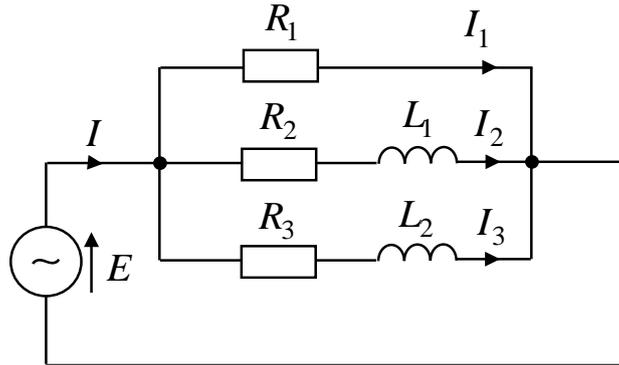


Рис. 11

Измерить с помощью амперметров и вольтметров действующие значения токов и напряжений.

Измерить с помощью осциллографа амплитуды напряжений на всех элементах и фазовые сдвиги между синусоидами напряжений на активных и реактивных элементах (на R_2 и L_1 , на R_3 и L_2). Например, для измерений напряжений и фазового сдвига в ветви с элементами R_2 и L_1 следует собрать схему согласно рис. 12. Для измерений в ветви с элементами R_3 и L_2 общую точку входов А и В осциллографа следует переключить к соединению между этими элементами.

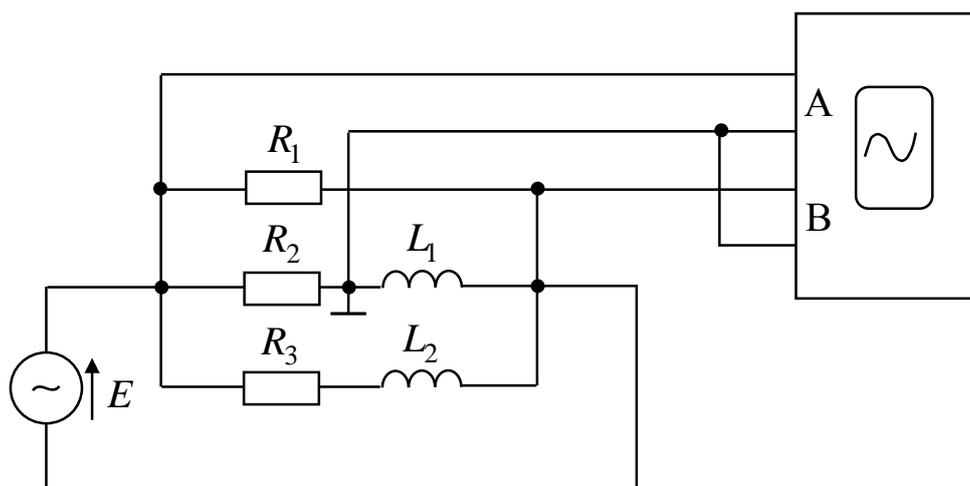


Рис. 12

Рассчитать все токи и напряжения. Расчетные и экспериментальные данные занести в табл. 2.

Таблица 2

Условия получения значения параметра		Параметры							
		U_{R_2}	U_{L_1}	U_{R_3}	U_{L_2}	I	I_1	I_2	I_3
Эксперимент (эффективные значения)									
Расчет	Эффективные значения								
	Амплитудные значения								
Эксперимент (амплитудные значения)									

Сравнить полученные результаты и сделать выводы.

Построить векторную диаграмму токов и напряжений (указать масштабы для токов и напряжений).

4.2 Собрать схему рис. 13 с параметрами из табл. П.2.2 и выполнить для нее полностью задания предыдущего пункта.

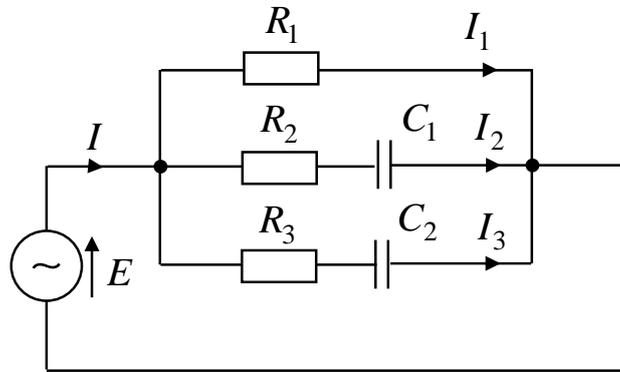


Рис. 13

5 Лабораторная работа № 3. Резонанс в последовательном колебательном контуре

В настоящей лабораторной работе подлежит исследованию цепь на рис. 14.

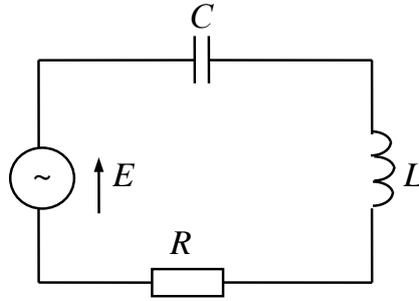


Рис. 14

Параметры элементов цепи в соответствии с индивидуальным вариантом представлены в табл. П.3.1.

Основной характеристикой резонансной цепи является зависимость тока в цепи I от частоты ω , или, в относительных единицах, зависимость I/I_p от ω , где I_p – ток при резонансе. Но, с другой стороны, напряжение на резисторе $U_R = IR$, а при резонансе $U_R = E$. Таким образом, зависимость U_R/E от ω полностью повторяет зависимость I/I_p от ω и называется амплитудной частотной характеристикой (АЧХ) колебательного контура.

В технике обычно амплитудную частотную характеристику изображают в логарифмическом масштабе. Логарифмической единицей усиления или ослабления сигнала при прохождении его через какое-либо устройство при выражении десятичным логарифмом величины отношения мощности на выходе $P_{\text{ВЫХ}}$ к мощности на входе $P_{\text{ВХ}}$ принят бел. Так как мощность сигнала пропорциональна квадрату его амплитуды A , получим:

$$\lg \frac{P_{\text{ВЫХ}}}{P_{\text{ВХ}}} = \lg \left(\frac{A_{\text{ВЫХ}}}{A_{\text{ВХ}}} \right)^2 = 2 \lg \frac{A_{\text{ВЫХ}}}{A_{\text{ВХ}}}.$$

Но так как бел является достаточно крупной единицей усиления (ослабления) мощности (увеличению мощности в 10 раз

соответствует 1 Б), то за единицу измерения ее принят децибел $1 \text{ дБ} = 0,1 \text{ Б}$.

С учетом этого можно записать:

$$10 \cdot 20 \lg \frac{A_{\text{ВЫХ}}}{A_{\text{ВХ}}} = 20 \lg A(\omega) = G(\omega).$$

Величина логарифма амплитудной характеристики, выраженная в децибелах

$$G(\omega) = 20 \lg A(\omega),$$

называется логарифмической амплитудно-частотной характеристикой (ЛАЧХ). При использовании обозначений, принятых в описании настоящей лабораторной работы, можно записать:

$$G(\omega) = 20 \lg \frac{U_R}{E}.$$

Таким образом, изменению отношения двух амплитуд в 10 раз соответствует изменение усиления на 20 дБ, в 100 раз – на 40 дБ, в 1000 раз – на 60 дБ и т. д.

Вычислим, какому отношению амплитуд соответствует один децибел, два и т. д.

$$1 \text{ дБ} = 20 \lg \left(\frac{A_{\text{ВЫХ}}}{A_{\text{ВХ}}} \right);$$

$$\lg \left(\frac{A_{\text{ВЫХ}}}{A_{\text{ВХ}}} \right) = \frac{1}{20};$$

$$\frac{A_{\text{ВЫХ}}}{A_{\text{ВХ}}} = 10^{1/20} = \sqrt[20]{10} = 1,122.$$

То есть $1 \text{ дБ} \Leftrightarrow 1,122$;

$2 \text{ дБ} \Leftrightarrow (1,122)^2 = 1,259$;

$3 \text{ дБ} \Leftrightarrow (1,122)^3 = 1,412 \approx \sqrt{2}$;

$4 \text{ дБ} \Leftrightarrow 1,585$;

$5 \text{ дБ} \Leftrightarrow 1,778$;

$6 \text{ дБ} \Leftrightarrow 1,995 \approx 2$.

При резонансе сдвиг по фазе между током в цепи, а следовательно, и напряжением на резисторе, и э.д.с. равен нулю, т. е. $\varphi = 0$. При отсутствии резонанса $\varphi \neq 0$. Зависимость φ от ω называется фазовой частотной характеристикой (ФЧХ).

Схема подключения последовательной резонансной цепи к плоттеру для снятия частотных характеристик представлена на рис. 4.

Установка диапазона сканирования частоты (величин t_{start} и t_{stop}) осуществляется таким образом, чтобы в него попала резонансная частота, определенная расчетным путем. Затем экспериментально подбирается верхнее значение частоты сканирования (должно быть несколько больше значения верхней границы полосы пропускания) и нижнее (должно быть несколько меньше значения нижней границы полосы пропускания).

Причем при использовании логарифмического масштаба величине $I/I_p = U_R/E = 1/\sqrt{2}$ соответствует минус 3 дБ, а величине $I/I_p = U_R/E = 1$ – соответствует 0 дБ.

В лабораторной работе необходимо выполнить следующее задание:

1) рассчитать резонансную частоту f_0 , частоты, соответствующие границам полосы пропускания, характеристическое сопротивление ρ и добротность Q последовательного резонансного контура;

2) собрать схему согласно рис. 4 и с помощью плоттера получить АЧХ (либо ЛАЧХ). Плоттер должен быть настроен таким образом, чтобы почти во весь экран располагалась часть характеристики, соответствующая полосе пропускания. Замерить резонансную частоту и частоты, соответствующие границам полосы пропускания, определить ширину полосы пропускания. В отчете привести характеристику и на ней показать производимые измерения;

3) получить ФЧХ, замерить фазовый сдвиг на резонансной частоте и на нижней и верхней границах полосы пропускания. Привести в отчете характеристики и показать измерения;

4) собрать схему на рис. 15 и замерить с помощью вольтметров напряжения на конденсаторе и дросселе при частоте, равной резонансной. При этой частоте определить напряжение на реактивных элементах расчетным путем. Сравнить результаты эксперимента и расчета;

5) уменьшить в два раза сопротивление резистора и выполнить пункты 1–4 задания;

6) вернуть исходное значение сопротивления резистора, уменьшить в два раза емкость конденсатора и выполнить пункты 1–4 задания;

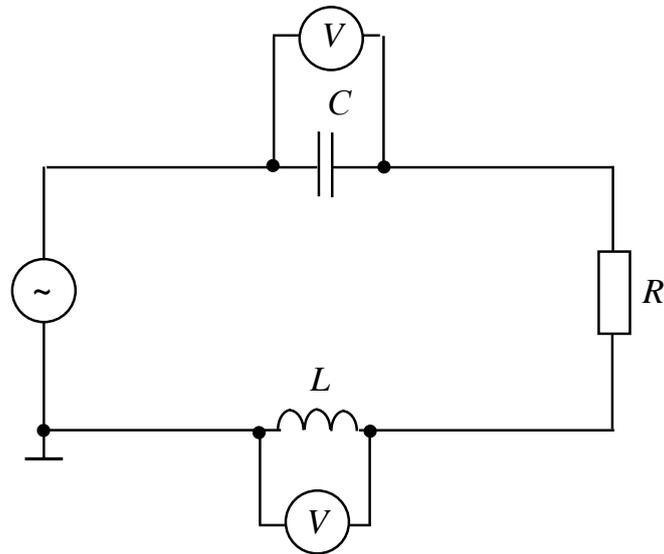


Рис. 15

7) вернуть исходное значение емкости конденсатора, уменьшить в три раза индуктивность дросселя и выполнить пункты 1–4 задания;

8) оценить зависимость ширины полосы пропускания от добротности, сделать выводы по результатам работы в целом.

6 Лабораторная работа № 4. Резонанс в параллельном колебательном контуре

Для исследования явления резонанса токов используется цепь на рис. 16.

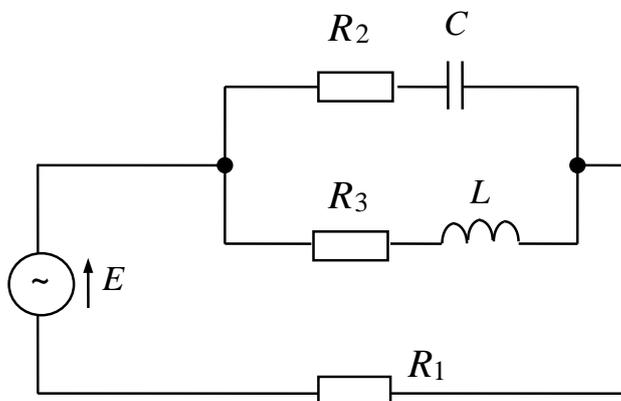


Рис. 16

Параметры элементов цепи в соответствии с индивидуальным вариантом представлены в табл. П.4.1.

Основной характеристикой рассматриваемой цепи является зависимость тока в неразветвленной части цепи от частоты переменной э.д.с.

Избирательные свойства параллельного колебательного контура, так же как и последовательного, характеризуются полосой пропускания. Граница полосы пропускания соответствует увеличению тока на входе контура по сравнению с резонансным током в $\sqrt{2}$ раз.

Резонансная частота параллельного контура

$$f'_{0} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \sqrt{\frac{\rho^2 - R_3^2}{\rho^2 - R_2^2}},$$

где $\rho = \sqrt{L/C}$ – характеристическое сопротивление.

Добротность контура

$$Q = \frac{\rho}{(R_2 + R_3) \left(1 + \frac{r_p}{R_1}\right)},$$

где $r_p = \frac{R_2 R_3 + \rho^2}{R_2 + R_3}$ – сопротивление контура при резонансе.

Схема подключения плоттера к параллельной цепи для снятия частотных характеристик показана на рис. 17.

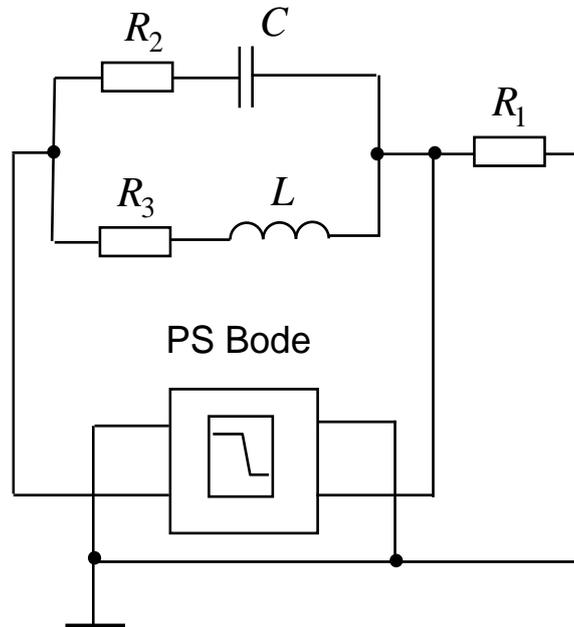


Рис. 17

Здесь фиксируется отношение амплитуды напряжения на R_1 (это напряжение пропорционально входному току: $u_{R_1} = iR_1$) к амплитуде э.д.с., которая является величиной постоянной. Таким образом, можно снимать в относительных единицах (как и АЧХ) зависимость потребляемого цепью тока от частоты.

В лабораторной работе необходимо выполнить следующее задание:

1) рассчитать резонансную частоту f'_0 и добротность Q параллельного резонансного контура;

2) собрать схему согласно рис. 17 и получить АЧХ (либо ЛАЧХ). Замерить резонансную частоту и определить ширину полосы пропускания;

3) получить ФЧХ, замерить фазовый сдвиг на резонансной частоте и на нижней и верхней границах полосы пропускания;

4) собрать схему на рис. 18 и на резонансной частоте измерить токи ветвей. Рассчитать токи при резонансе аналитически, результаты эксперимента и расчета сравнить;

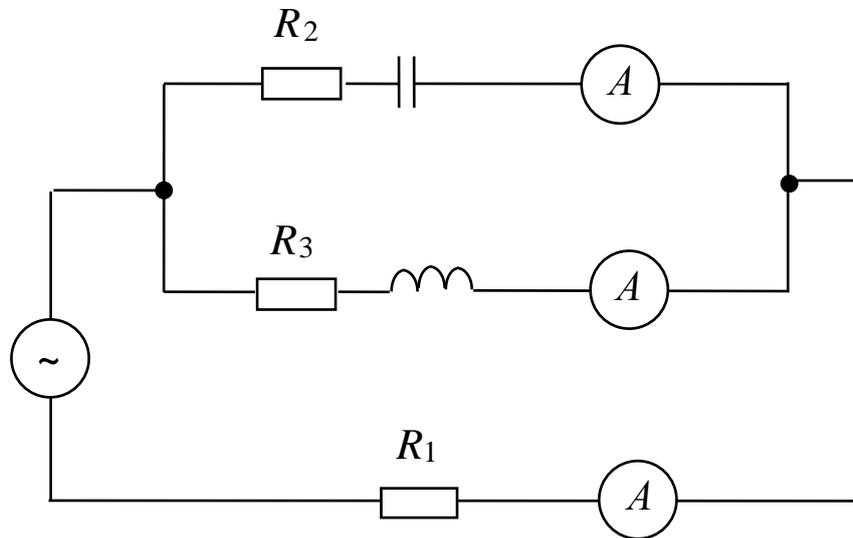


Рис. 18

5) уменьшить в два раза сопротивление резистора R_1 и выполнить пункты 1–4 задания;

6) вернуть исходное значение сопротивления резистора R_1 , увеличить в два раза емкость конденсатора и выполнить пункты 1–4 задания;

7) вернуть исходное значение емкости конденсатора, увеличить в два раза индуктивность дросселя и выполнить пункты 1–4 задания;

8) оценить зависимость ширины полосы пропускания от добротности, сделать выводы по результатам работы в целом.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица П.1.1 – Исходные данные к лабораторной работе № 1

Вариант	$E_1, В$	$J_2, А$	$E_3, В$	$E_4, В$	$E_5, В$	$E_6, В$	$J_7, А$	$E_8, В$
1	0	0	15	0	20	0	0,1	10
2	15	0	0	0	12	0	0,2	10
3	10	0	0	0	20	15	0,3	0
4	0	0,25	0	25	0	20	0	16
5	0	0	5	10	15	20	0	0
6	12	0	0	8	6	0	0	3
7	0	0,1	0	10	0	17	0	20
8	26	0,15	0	14	0	18	0	0
9	0	0,2	0	12	18	24	0	0
10	14	0	21	0	17	0	0,15	0
11	0	0,18	0	26	0	0	0,25	17
12	0	0	12	0	16	0	0,12	12
13	13	0	0	0	10	0	0,18	9
14	8	0	0	0	17	14	0,25	0
15	0	0,23	0	22	0	18	0	14
16	0	0	4	8	14	18	0	0
17	10	0	0	7	5	0	0	4
18	0	0,12	0	11	0	16	0	17
19	20	0,12	0	15	0	14	0	0
20	0	0,18	0	11	16	22	0	0
21	15	0	20	0	16	0	0,16	0
22	0	0,16	0	24	0	0	0,24	16
23	0	0	14	0	21	0	0,08	11
24	17	0	0	0	14	0	0,22	12
25	12	0	0	0	22	16	0,3	0
26	0	0,3	0	28	0	22	0	17
27	0	0	7	12	18	22	0	0
28	15	0	0	10	8	0	0	5
29	0	0,12	0	12	0	20	0	17
30	23	0,14	0	13	0	18	0	0

Таблица П.1.2 – Исходные данные к лабораторной работе № 1

Вариант	R_1 , Ом	g_2 , См	R_3 , Ом	R_4 , Ом	R_5 , Ом	R_6 , Ом	g_7 , См	R_8 , Ом
1	15	0,05	0	3	20	10	0,04	0
2	0	0,01	18	20	10	12	0,02	0
3	0	0,02	25	30	10	0	0,033	20
4	25	0,014	0	0	18	0	0,029	30
5	20	0,04	0	25	17	16	0,05	0
6	0	0,02	30	40	50	0	0,01	0
7	45	0,033	35	0	0	40	0,025	27
8	0	0,01	75	60	45	0	0,02	0
9	55	0,0125	0	44	65	0	0,022	0
10	0	0,038	38	63	0	47	0,02	0
11	0	0,009	17	0	24	20	0,015	15
12	14	0,04	0	4	18	8	0,05	0
13	0	0,012	16	18	10	10	0,018	0
14	0	0,018	22	26	10	0	0,03	18
15	22	0,013	0	0	15	0	0,033	27
16	18	0,035	0	22	16	14	0,04	0
17	0	0,025	26	36	45	0	0,015	0
18	42	0,03	30	0	0	35	0,02	25
19	0	0,015	70	60	40	0	0,023	0
20	50	0,012	0	40	63	0	0,02	0
21	0	0,04	35	60	0	45	0,02	0
22	0	0,01	15	0	22	18	0,015	13
23	17	0,05	0	7	22	12	0,03	0
24	0	0,01	20	25	0	14	0,025	10
25	0	0,025	27	35	0	10	0,03	23
26	30	0,015	0	0	20	10	0,03	35
27	24	0,045	0	27	20	17	0,05	0
28	0	0,025	34	44	56	0	0,01	0
29	50	0,03	36	0	0	43	0,025	30
30	0	0,01	68	56	48	0	0,015	0

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Таблица П.2.1 – Исходные данные к лабораторной работе № 2

Вариант	$E, В$	$f, Гц$	$R_1, Ом$	$R_2, Ом$	$R_3, Ом$	$L_1, Гн$	$L_2, Гн$
1	20	50	12	7	5	0,034	0,021
2	25	60	15	24	9	0,041	0,032
3	30	100	20	12	30	0,03	0,03
4	35	150	18	28	34	0,017	0,034
5	40	200	24	20	32	0,032	0,024
6	45	400	25	40	13	0,008	0,005
7	50	200	25	48	12	0,016	0,015
8	55	150	36	22	36	0,032	0,03
9	60	100	40	25	28	0,063	0,04
10	65	60	36	23	38	0,1	0,05
11	60	50	45	48	12	0,065	0,04
12	55	60	40	36	16	0,09	0,05
13	50	100	30	50	45	0,11	0,05
14	45	150	30	18	32	0,028	0,021
15	40	200	28	25	35	0,036	0,025
16	35	400	24	30	12	0,006	0,005
17	30	200	18	27	21	0,016	0,028
18	25	150	20	21	18	0,016	0,032
19	20	100	15	18	12	0,024	0,032
20	25	60	18	20	15	0,043	0,066
21	30	50	24	15	20	0,086	0,064
22	35	60	22	20	40	0,048	0,053
23	40	100	30	30	25	0,088	0,035
24	45	150	36	20	28	0,042	0,021
25	50	200	35	32	30	0,019	0,038
26	55	400	45	21	38	0,016	0,008
27	60	200	50	23	25	0,016	0,04
28	65	150	30	37	22	0,021	0,042
29	70	60	40	20	30	0,1	0,05
30	65	50	40	30	40	0,1	0,1

Таблица П.2.2 – Исходные данные к лабораторной работе № 2

Вариант	$E, В$	$f, Гц$	$R_1, Ом$	$R_2, Ом$	$R_3, Ом$	$C_1, мкФ$	$C_2, мкФ$
1	75	100	42	20	30	50	76
2	70	150	38	12	22	46	96
3	65	200	35	13	24	36	67
4	60	400	30	18	8	40	23
5	55	200	42	17	26	29	50
6	50	150	35	16	25	41	53
7	45	100	40	24	20	100	52
8	40	60	34	20	14	330	95
9	35	50	37	15	14	455	160
10	30	60	12	8	16	170	440
11	25	100	12	5	17	160	160
12	30	150	18	10	15	66	70
13	35	200	20	18	25	31	50
14	40	400	44	30	16	22	15
15	45	200	48	32	17	50	27
16	50	150	32	30	30	70	33
17	55	60	36	28	32	130	180
18	60	50	40	18	36	200	200
19	65	60	25	21	10	260	260
20	70	100	28	14	21	80	122
21	75	150	56	30	36	32	66
22	70	200	40	10	28	63	63
23	65	400	30	10	22	20	28
24	60	200	50	12	30	63	50
25	55	100	30	21	11	133	80
26	50	60	21	8	15	190	190
27	45	50	33	11	20	160	290
28	40	60	21	7	14	330	330
29	35	100	16	8	13	133	177
30	30	200	24	10	19	40	72

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Таблица П.3.1 – Исходные данные к лабораторной работе № 3

Вариант	$E, В$	$R, Ом$	$L, мГн$	$C, мкФ$
1	20	100	10	0,2
2	25	125	8	0,25
3	30	150	7	0,3
4	35	175	6	0,35
5	40	180	4,5	0,4
6	45	200	4,5	0,45
7	50	220	4	0,5
8	45	170	6	0,45
9	40	140	6	0,4
10	35	150	8	0,35
11	30	120	9	0,3
12	25	50	10	0,25
13	20	50	13	0,2
14	25	70	10	0,15
15	30	100	30	0,1
16	35	125	15	0,15
17	40	110	17	0,2
18	45	140	13	0,25
19	50	200	12	0,3
20	45	110	10	0,35
21	40	80	8	0,4
22	35	100	8	0,45
23	30	70	6	0,5
24	25	100	9	0,45
25	20	40	10	0,4
26	25	60	11	0,35
27	30	90	13	0,3
28	35	70	16	0,25
29	40	60	20	0,2
30	45	90	21	0,15

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Таблица П.4.1 – Исходные данные к лабораторной работе № 4

Вариант	$E, В$	$R_1, Ом$	$R_2, Ом$	$R_3, Ом$	$L, мГн$	$C, мкФ$
1	20	300	10	50	25	0,1
2	25	330	20	100	50	0,1
3	30	360	30	150	50	0,05
4	35	390	40	200	30	0,05
5	40	430	40	500	100	0,01
6	45	470	100	200	250	0,4
7	50	510	50	50	200	0,3
8	45	560	60	120	300	0,2
9	40	620	70	140	250	0,15
10	35	560	100	160	200	0,12
11	30	510	15	65	23	0,1
12	25	470	30	110	45	0,1
13	20	430	35	165	45	0,05
14	25	390	35	180	28	0,05
15	30	360	40	450	90	0,01
16	35	330	100	220	240	0,4
17	40	300	50	60	220	0,3
18	45	330	50	120	280	0,2
19	50	360	60	140	270	0,15
20	45	390	90	170	190	0,12
21	40	430	12	60	25	0,12
22	35	470	25	100	50	0,12
23	30	510	30	140	52	0,04
24	25	560	40	210	30	0,04
25	20	620	45	470	110	0,01
26	25	300	90	210	250	0,35
27	30	330	40	60	180	0,3
28	35	360	65	135	290	0,19
29	40	390	75	150	260	0,16
30	45	430	100	170	210	0,11