

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ И ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Кафедра «Радиоэлектроника и телекоммуникации»

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ЛИНЕЙНЫХ ЦЕПЕЙ ПРИ ГАРМОНИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторной работы
по дисциплине «Основы теории цепей и электротехника»
для студентов очной и заочной форм обучения направлений:
11.03.01 — «Радиотехника», 11.03.02 «Инфокоммуникационные
технологии и системы связи» и специальности 11.05.01 —
«Радиоэлектронные системы и комплексы»

Севастополь
СевГУ
2020

УДК 621.39 (75)
И88

Р е ц е н з е н т:

А. А. Савочкин - канд. техн. наук, доцент

Редактор:

В. Г. Слезкин - канд. техн. наук, доцент

Ответственный за выпуск:

И. Л. Афонин - заведующий кафедрой «Радиоэлектроника и телекоммуникации»,
доктор техн. наук, профессор

Составители: С. Р. Зиборов, П. П. Овчаров

И88 **Исследование параллельных линейных цепей при гармоническом воздействии:** учеб.-метод. пособие по выполнению лабораторной работы по дисциплине «Основы теории цепей и электротехника» для студентов очной и заочной форм обучения направлений: 11.03.01 — «Радиотехника», 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» и специальности 11.05.01 — «Радиоэлектронные системы и комплексы» / Сост. С. Р. Зиборов, П. П. Овчаров — Севастополь: СевГУ, 2020. — 15 с.

Целью учебно-методического пособия является оказание помощи студентам в выполнении лабораторных работ по первой части дисциплины «Основы теории цепей и электротехника» и получении теоретических знаний и практических навыков измерения и анализа характеристик электрических цепей.

УДК 621.39 (75)

Учебно-методическое пособие утверждено на заседании кафедры «Радиоэлектроника и телекоммуникации», протокол № 1 от 29 августа 2019 г.

Учебно-методическое пособие рассмотрено и рекомендовано к изданию на заседании учёного совета Института радиоэлектроники и информационной безопасности, протокол № 3 от 23 октября 2019 г.

ВВЕДЕНИЕ

Лабораторные работы выполняются фронтальным методом, в соответствии с которым бригады студентов, состоящие из 2 — 3 человек, выполняют на занятии одну и ту же лабораторную работу.

При подготовке к лабораторной работе необходимо самостоятельно изучить теоретический материал, связанный с темой работы, используя конспект лекций и рекомендованную литературу [1 — 3].

В начале лабораторного занятия необходимо ознакомиться с оборудованием, используемым в лабораторной работе, и изучить правила его эксплуатации. После сборки лабораторной установки следует пригласить преподавателя проверить правильность сборки. Получив разрешение преподавателя, включить питание используемого оборудования и выполнить необходимые экспериментальные исследования.

При проведении экспериментов студенты каждой бригады обязаны вести протокол, в котором фиксируются результаты экспериментов и промежуточных вычислений. Осциллограммы напряжений, полученные с помощью цифрового осциллографа, необходимо зарисовать или скопировать на флешку, подключив её к *USB*-порту осциллографа. По окончании экспериментов необходимо выключить питание лабораторного оборудования.

После завершения работы преподаватель проверяет и подписывает протокол, на основании которого каждый студент оформляет индивидуальный отчет по лабораторной работе в соответствии с методическими указаниями к оформлению текстовых работ [4]. Примерное содержание отчёта представлено в методических указаниях по каждой лабораторной работе.

В тексте отчёта каждому рисунку, таблице должно предшествовать предложение с указанием содержания рисунка, таблицы, а каждой расчётной формуле — описание рассчитываемой величины.

Каждая таблица должна иметь заголовок, состоящий из слова «Таблица», её номера и названия, написанного с заглавной буквы и отделённого от номера знаком «—» (тире).

Под полем каждого рисунка должна быть указана подрисуночная подпись, состоящий из сокращенного слова «Рис.», номера рисунка и его и названия, написанного с заглавной буквы и отделённого от номера знаком «—» (тире).

Защита отчета проводится на очередном занятии перед выполнением следующей лабораторной работы.

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является получение практических навыков сборки параллельных пассивных электрических цепей, содержащих элементы R , L , C , и исследование характеристик цепей при гармоническом воздействии.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Рассмотрим параллельную RL -цепь (рис. 1, а) при гармоническом воздействии в виде напряжения $u(t) = U_m \cos(\omega t + \varphi_u)$, которое в соответствии с методом комплексных амплитуд можно представить в комплексной форме $\dot{U} = U e^{j\varphi_u}$, где $U = U_m / \sqrt{2}$ — действующее значение гармонического напряжения, φ_u — начальная фаза напряжения.

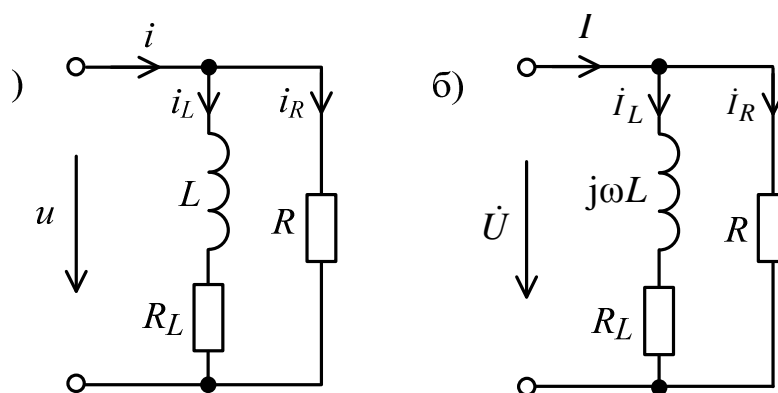


Рис. 1 — Параллельная RL -цепь (а) и ее комплексная схема замещения (б)

Используя комплексную схему замещения (рис. 1, б) RL -цепи, определим комплексные действующие значения токов ветвей цепи:

$$\dot{i}_L = \frac{U e^{j\varphi_u}}{R_L + j\omega L} = I_L e^{j\varphi_L}; \quad \dot{i}_R = \frac{U e^{j\varphi_u}}{R} = I_R e^{j\varphi_u},$$

где $I_L = \frac{U}{\sqrt{R_L^2 + (\omega L)^2}}$, $I_R = \frac{U}{R}$ — действующие значения токов ветвей;

$\varphi_{i_L} = \varphi_u - \arctg \frac{\omega L}{R_L}$, $\varphi_{i_R} = \varphi_u$ — начальные фазы токов; — сопротивления R .

Комплексное действующее значение входного тока цепи можно определить на основании первого закона Кирхгофа $\dot{I} = \dot{i}_L + \dot{i}_R$.

На рис. 2 изображена векторная диаграмма напряжений и токов параллельной RL -цепи для случая нулевой начальной фазы входного напряжения $\varphi_u = 0$. Входное напряжение RL -цепи опережает по фазе входной ток, что обусловлено резистивно-индуктивным характером комплексного сопротивления цепи.

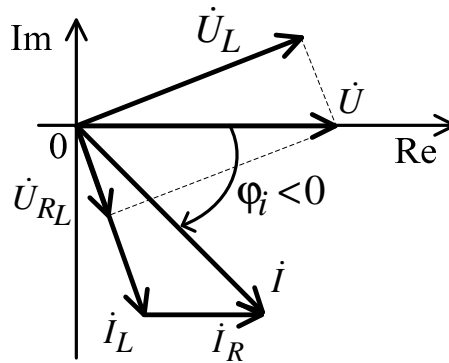


Рис. 2 — Векторная диаграмма напряжений и токов параллельной RL -цепи

На рис. рис. 3, а изображена параллельная RC -цепь, а на рис. 3, б — её комплексная схема замещения.

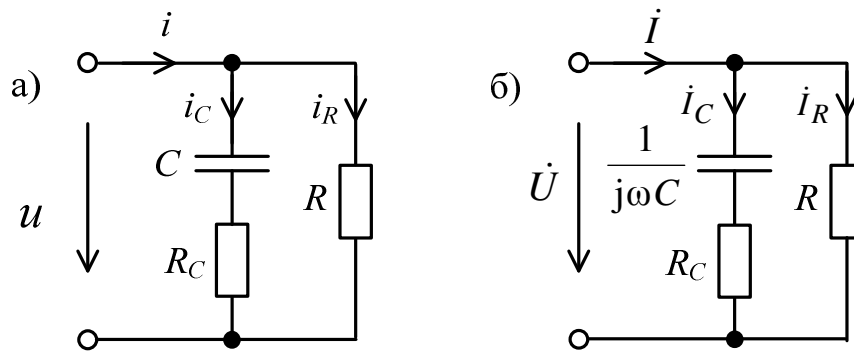


Рис. 3 — Параллельная RC -цепь (а) и ее комплексная схема замещения (б)

Используя комплексную схему замещения (рис. 3, б) RC -цепи, определим комплексные действующие значения токов ветвей цепи:

$$\dot{i}_C = \frac{Ue^{j\varphi_u}}{R_C + \frac{1}{j\omega C}} = I_C e^{j\varphi_C}; \quad \dot{i}_R = \frac{Ue^{j\varphi_u}}{R} = I_R e^{j\varphi_u},$$

где $I_C = \frac{U}{\sqrt{R_C^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}}$, $I_R = \frac{U}{R}$ — действующие значения токов i_L и i_R ;

$\varphi_{i_C} = \varphi_u - \arctg \frac{1}{\omega C R_C}$, $\varphi_{i_R} = \varphi_u$ — начальные фазы токов i_L и i_R .

На основании первого закона Кирхгофа находим комплексное действующее значение входного тока RC -цепи $\dot{I} = \dot{i}_C + \dot{i}_R$.

Векторная диаграмма напряжений и токов параллельной RC -цепи (рис. 4) соответствует случаю нулевой начальной фазы входного напряжения $\varphi_u = 0$. Входное напряжение RC -цепи отстает по фазе от входного тока, что обусловлено резистивно-ёмкостным характером комплексного сопротивления цепи.

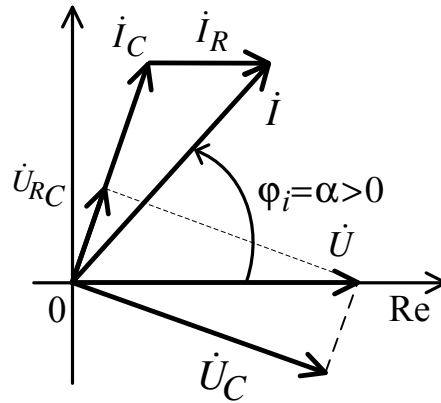


Рис. 4 — Векторная диаграмма напряжений и токов параллельной RC -цепи

Если параллельные RL -и RC -цепи рассматривать как пассивный двухполюсник, напряжение и ток которого изменяются по гармоническому закону $u = \sqrt{2}U\cos(\omega t + \varphi_u)$, $i = \sqrt{2}I\cos(\omega t + \varphi_i)$, то мгновенная мощность такого двухполюсника

$$p(t) = ui = \sqrt{2}U\cos(\omega t + \varphi_u)\sqrt{2}I\cos(\omega t + \varphi_i) = UI\cos\varphi + UI\cos(2\omega t + \varphi_u + \varphi_i), \quad (1)$$

где $\varphi = \varphi_u - \varphi_i$ — фазовый сдвиг между напряжением и током.

Мгновенная мощность (1) содержит постоянную составляющую $UI\cos\varphi$, которая зависит от фазового сдвига φ между током и напряжением, и переменную гармоническую составляющую $UI\cos(2\omega t + \varphi_u + \varphi_i)$, амплитуда которой UI не зависит от фазового сдвига φ , а частота в два раза превышает частоту напряжения, приложенного к двухполюснику.

Постоянная составляющая мгновенной мощности называется активной мощностью двухполюсника и равна среднему значению мощности за период повторения $T = 1/f = 2\pi/\omega$ напряжения

$$P_A = UI\cos\varphi. \quad (2)$$

Активная мощность всегда имеет положительное значение и характеризует среднюю за период T скорость поступления в пассивный двухполюсник электрической энергии, которая преобразуется в двухполюснике в другой вид энергии (тепловую, механическую и пр.).

В случае резистивного сопротивления двухполюсника фазовый сдвиг между напряжением и током равен нулю $\varphi = 0$. При этом активная мощность (2) достигает максимального значения

$$P_S = UI, \quad (3)$$

которое называется полной мощностью двухполюсника.

Сравнивая (1) и (3), видно, что полная мощность численно равной амплитуде переменной составляющей мгновенной мощности.

В случае резистивно-индуктивного или резистивно-ёмкостного характера сопротивления цепи фазовый сдвиг между напряжением и током двухполюсника не равен нулю $\varphi \neq 0$. В этом случае активная мощность двухполюсника меньше полной мощности и с учётом (3) может быть выражена через полную

МОЩНОСТЬ

$$P_A = P_S \cos \varphi.$$

Величина $\cos \varphi$ называется коэффициентом мощности

$$\cos \varphi = \frac{P_A}{P_S},$$

значение которого характеризует степень приближения активной мощности цепи к полной мощности.

В теории электрических цепей используется также понятие комплексной мощности двухполюсника

$$\underline{P}_S = P_S e^{j\varphi},$$

модуль которой равен полной мощности цепи P_S , а аргумент φ — фазовому сдвигу между напряжением и током двухполюсника, который равен аргументу комплексного сопротивления двухполюсника.

В алгебраической форме комплексная мощность двухполюсника имеет вид

$$\underline{P}_S = P_S \cos \varphi + j P_S \sin \varphi.$$

Из (7) следует, что вещественная часть комплексной мощности равна активной мощности цепи

$$\operatorname{Re}[\underline{P}_S] = P_S \cos \varphi = P_A.$$

Мнимая часть комплексной мощности

$$\operatorname{Im}[\underline{P}_S] = P_S \sin \varphi = P_Q$$

называется реактивной мощностью цепи, которая определяет скорость изменения энергии обмена между двухполюсником, содержащим реактивные элементы, и внешней цепью.

Если сопротивления двухполюсника имеет резистивно-индуктивный характер, то $\varphi > 0$ и реактивная мощность положительна, а если резистивно-ёмкостной характер, то $\varphi < 0$ и реактивная мощность отрицательна.

В случае резистивного характера сопротивления двухполюсника ($\varphi = 0$) реактивная мощность равна нулю $P_Q = 0$, что свидетельствует об отсутствии обмена энергией между двухполюсником и внешней цепью.

Хотя все виды мощности имеют одинаковую размерность [Дж/сек], однако, чтобы подчеркнуть различный физический смысл активной и реактивной мощности, используются различные обозначения их размерности. Мгновенную $p(t)$ и активную P_A мощности выражают в ваттах [Вт], комплексную $\underline{P}_S$ и полную P_S мощности — в вольт-амперах [ВА], а реактивную мощность P_Q — в реактивных вольт-амперах [ВАр].

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

При выполнении лабораторной работы используются модули стенда «Теория электрических цепей»: «Реактивные элементы», «Резисторы/активная нагрузка», «Измерительные приборы», «Функциональный генератор», описанные в первой и второй работах, и цифровой осциллограф DSOX1102G.

3.1. Исследование параллельной RR -цепи при гармоническом воздействии

3.1.1. Собрать лабораторную установку (рис. 5), используя регулируемые сопротивления R_1 , R_2 , R_3 модуля «Резисторы/активная нагрузка», ампервольтметры модуля «Измерительные приборы», генератор гармонических сигналов модуля «Функциональный генератор» и осциллограф **DSOX1102G**.

Три ампервольтметра включить в режиме амперметра A_1 , A_2 , A_3 переменного тока (AC), а четвёртый ампервольтметр — в режим вольтметра V_1 переменного тока (AC).

Внимание. При сборке необходимо следить за тем, чтобы нумерация используемых элементов модулей совпадала с нумерацией элементов, указанной на схеме установки.

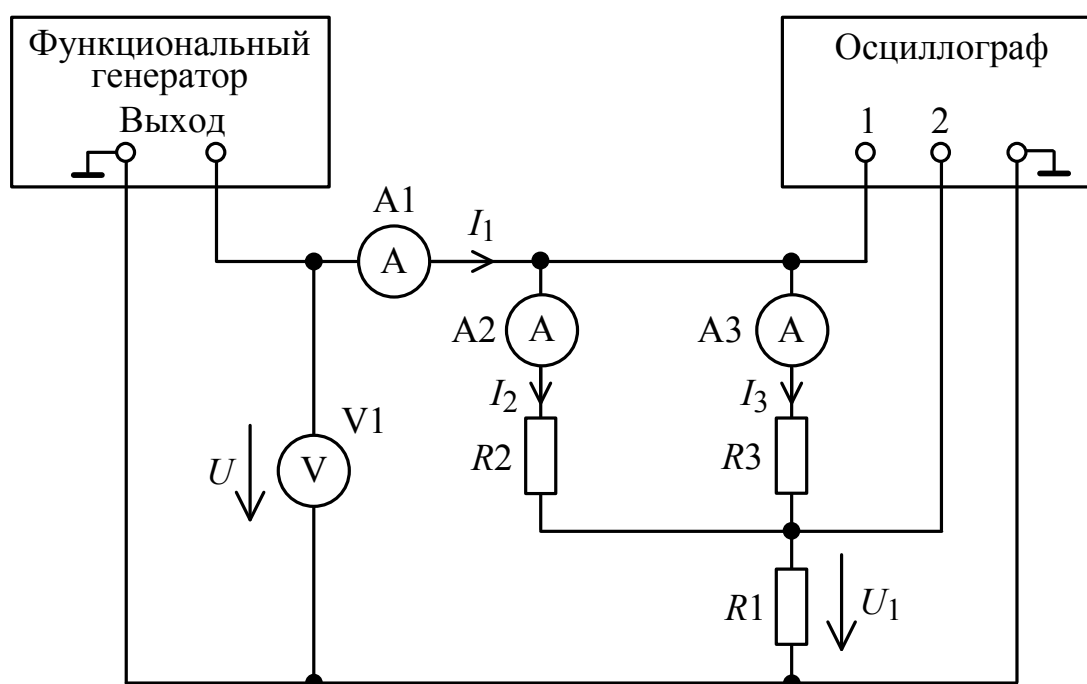


Рис. 5 — Схема лабораторной установки для исследования параллельной RR -цепи при гармоническом воздействии

3.1.2. В соответствии с номером варианта, заданного преподавателем, установить значения сопротивлений R_2 , R_3 , указанные в таблице 1. Установить значение сопротивления $R_1 = 50 \text{ Ом}$.

Таблица 1 — Значения параметров параллельной RR -цепи

Вариант	1	2	3	4	5
R_2 , Ом	150	75	200	100	300
R_3 , Ом	100	150	75	200	50
f , кГц	5	4	3	2	1

3.1.3. Представить собранную установку для проверки преподавателю и,

получив разрешение на выполнение экспериментов, включить питание модулей и осциллографа.

3.1.4. Включить в модуле «**Функциональный генератор**» режим генерирования гармонического напряжения. По показаниям частотомера, встроенного в модуль, установить частоту f напряжения, в соответствии с номером варианта (таблица 1). По показаниям вольтметра V1 установить выходное напряжение генератора равным $U = 5$ В и занести это значение в таблицу 2.

Таблица 2 — Результаты измерений и расчёта параллельной RR -цепи

Измеренные значения				Расчетные значения			
U , В	I_1 , мА	I_2 , мА	I_3 , мА	R_9 , Ом	I'_1 , мА	I'_2 , мА	I'_3 , мА

3.1.5. На передней панели осциллографа нажать кнопку «**Auto Scale**» для автоматического масштабирования осциллограмм, а также кнопку «**Default Setup**» для установки настроек осциллографа по умолчанию, которые обеспечивают синхронизацию осциллографа напряжением первого канала. Вращая ручку «**Push Fine**» в секторе «**Horizontal**» добиться устойчивого изображения (2...3) периодов наблюдаемого напряжения.

3.1.6. Измерить входной ток I_1 и токи ветвей I_2 и I_3 цепи. Результаты измерений занести в таблицу 2.

3.1.7. Рассчитать эквивалентное сопротивление цепи

$$R_9 = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} + R_1,$$

входной ток $I'_1 = U/R_9$ цепи и токи ветвей:

$$I'_2 = \frac{U - I'_1 R_1}{R_2}; \quad I'_3 = \frac{U - I'_1 R_1}{R_3}.$$

Результаты расчёта занести в таблицу 2. Сравнить расчётные значения с измеренными и при значительном расхождении повторить измерения и расчёт.

3.1.8. Подключить к USB -порту осциллографа флеш-память и скопировать на неё осциллограммы напряжений U и U_2 , сохранённые в памяти осциллографа.

3.2. Исследование параллельной RL -цепи при гармоническом воздействии

3.2.1. Собрать лабораторную установку (рис. 6), заменив в цепи (рис. 5) сопротивление R_3 регулируемой индуктивностью L_1 .

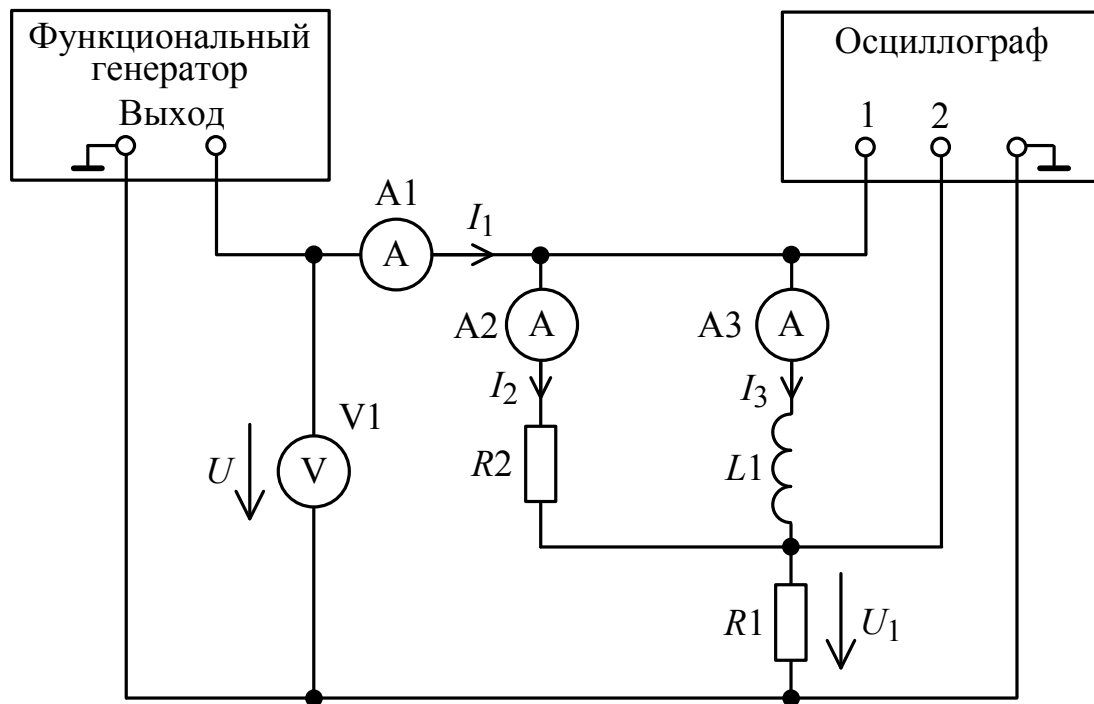


Рис. 6 — Схема лабораторной установки для исследования параллельной RL -цепи при гармоническом воздействии

3.2.2. В соответствии с номером варианта установить значения сопротивления R_2 , индуктивности L_1 и частоты f , указанные в таблице 3.

Таблица 3 — Значения параметров параллельной RL -цепи

Вариант	1	2	3	4	5
R_2 , Ом	150	75	200	100	300
L_1 , мГн	2,5	5	10	22	47
f , кГц	5	4	3	2	1

3.2.3. Представить собранную установку для проверки преподавателю и, получив разрешение на выполнение экспериментов, включить питание модулей и осциллографа. Выполнить действия, указанные в п. п. 3.1.4 и 3.1.5.

3.2.4. Измерить входной ток I_1 и токи ветвей I_2 и I_3 цепи. Результаты измерений занести в таблицу 4.

3.2.5. Рассчитать модуль эквивалентного сопротивления цепи

$$z_{\text{э}} = \sqrt{\frac{(R_1 R_2)^2 + (R_1 + R_2)^2 (\omega L_1)^2}{R_2^2 + (\omega L_1)^2}},$$

входной ток цепи $I'_1 = U / z_{\text{э}}$ и модули токов ветвей:

$$I'_2 = \frac{U - I'_1 R_1}{R_2}; \quad I'_3 = \frac{U - I'_1 R_1}{\omega L_1}.$$

Результаты расчёта занести в таблицу 4. Сравнить расчётные значения с измеренными и при значительном расхождении повторить измерения и расчёт.

Таблица 4 — Результаты измерений и расчёта параллельной RL -цепи

Измеренные значения					Расчетные значения				
U , В	I_1 , мА	I_2 , мА	I_3 , мА	T , с	z_3 , Ом	I'_1 , мА	I'_2 , мА	I'_3 , мА	φ , град

3.2.6. С помощью курсоров осциллографа измерить период напряжения U . Для включения курсоров нажмите кнопку «**Cursors**», расположенную на передней панели осциллографа в секторе «**Measure**», после чего в правой части дисплея появится меню, содержащее опцию «**Курсоры**». Затем нажмите ручку, расположенную над надписью «**Push to Select**», после чего на дисплее откроется дополнительное меню с обозначениями вертикальных $X1$, $X2$ и горизонтальных $Y1$, $Y2$ курсоров. Поворачивая ручку, выберите курсор $X1$ и для подтверждения сделанного выбора нажмите кнопку «**Cursors**». Вращая ту же ручку, переместите курсор $X1$ по горизонтали в точку осциллограммы напряжения U , соответствующую нулевому значению напряжения. Повторив вышеказанные действия, выберите курсор $X2$ и установите его в ближайшую аналогичную точку того же напряжения. При этом в нижней части дисплея появится значение временного интервала $\Delta X = X1 - X2$, который равен периоду $\Delta X = T$ напряжения U . Найденное значение периода T занесите в таблицу 4.

3.2.7. Измерить временной сдвиг между напряжениями U и U_1 , выполняя действия, аналогичные п. 3.2.6. Выбрать курсор $X1$ и установить в точку осциллограммы напряжения U , соответствующую нулевому значению. Затем выбрать курсор $X2$ и установить в аналогичную точку осциллограммы напряжения U_1 , ближайшую к курсору $X1$. Тогда временной интервал $\Delta X = X1 - X2$ будет равен временному сдвигу между напряжениями U и U_1 . С учетом ранее найденного периода повторения $T = 1/f$ напряжения U рассчитайте в градусах фазовый сдвиг между напряжениями U и U_2 по формуле $\varphi = 360\Delta X/T$. Результаты измерений и расчёта занесите в таблицу 4.

3.2.8. Подключить к USB -порту осциллографа флеш-память и скопировать на неё осциллограммы напряжений U и U_2 , сохранённые в памяти осциллографа.

3.3. Исследование параллельной RC -цепи при гармоническом воздействии

3.3.1. Собрать лабораторную установку (рис. 7), заменив переменную индуктивность L_1 переменной ёмкостью C_1 .

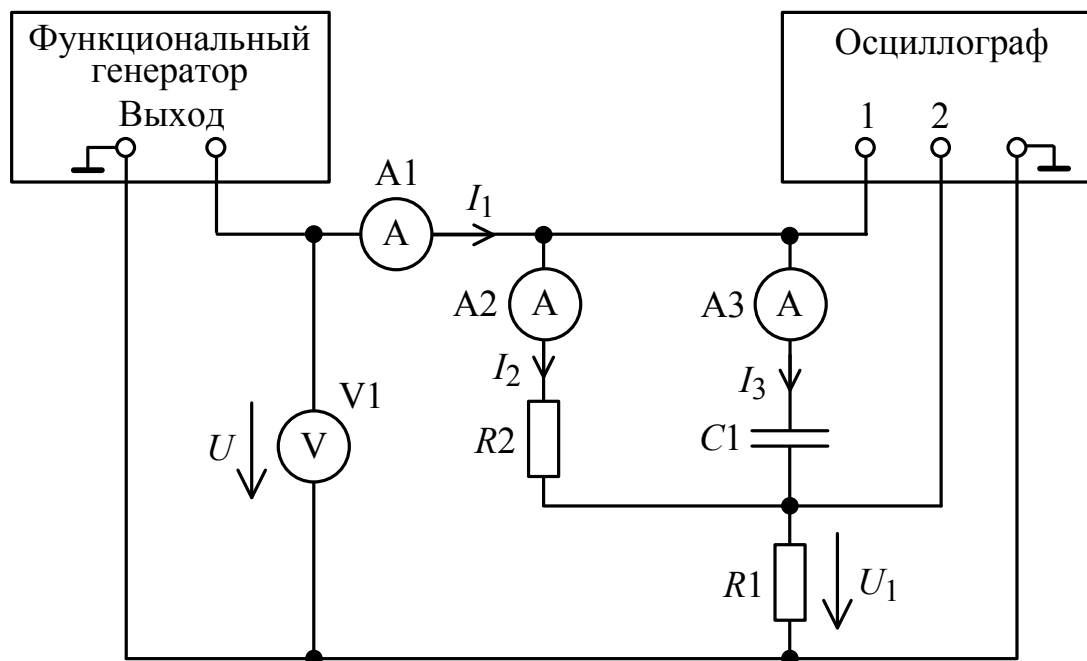


Рис. 7 — Схема лабораторной установки для исследования параллельной RC -цепи при гармоническом воздействии

3.3.2. В соответствии с номером варианта установить значения сопротивления R_2 , ёмкости C_1 и частоты f , указанные в таблице 5.

Таблица 5 — Значения параметров параллельной RC -цепи

Вариант	1	2	3	4	5
C_1 , мкФ	0,5	0,2	0,1	0,05	0,02
R_2 , Ом	150	75	200	100	300
f , кГц	5	4	3	2	1

3.3.3. Представить собранную установку для проверки преподавателю и, получив разрешение на выполнение экспериментов, включить питание модулей и осциллографа и выполнить действия, указанные в п. п. 3.1.4 и 3.1.5.

3.3.4. Измерить входной ток I_1 и токи ветвей I_2 и I_3 цепи. Результаты измерений занести в таблицу 6.

3.3.5. Рассчитать модуль эквивалентного сопротивления цепи

$$z = \sqrt{\frac{(R_1 + R_2)^2 + (\omega C_1 R_1 R_2)^2}{1 + (\omega C_1 R_1)^2}},$$

входной ток цепи $I'_1 = U/z_3$ и модули токов ветвей:

$$I'_2 = \frac{U - I'_1 R_1}{R_2}; \quad I'_3 = (U - I'_1 R_1) \omega C_1.$$

Результаты расчёта занести в таблицу 6. Сравнить расчётные значения с измеренными и при значительном расхождении повторить измерения и расчёт.

Таблица 6 — Результаты измерений и расчёта параллельной RC -цепи

Измеренные значения				Расчетные значения				
U , В	I_1 , мА	I_2 , мА	I_3 , мА	z_3 , Ом	I'_1 , мА	I'_2 , мА	I'_3 , мА	φ , град

3.3.6. Определить фазовый сдвиг φ между входным напряжением U цепи и напряжением U_1 на сопротивлении R_1 , выполнив действия, указанные в п. п. 3.2.6, 3.2.7. Найденное значение фазового сдвига занести в таблицу 6.

3.3.7. Подключить к USB -порту осциллографа флеш-память и скопировать на неё осциллограммы напряжений U и U_2 , сохранённые в памяти осциллографа.

3.3.8. Представить протокол лабораторной работы на проверку преподавателю. После проверки выключить питание осциллографа и разобрать лабораторную установку.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

4.1. Отчет должен содержать:

- титульный лист (см. Приложение А);
- цель работы;
- схемы лабораторной установки;
- краткое описание выполненных экспериментов и расчётов, таблицы с результатами экспериментальных измерений и расчётные формулы;
- выводы по работе.

4.2. Выполнить сравнительный анализ результатов расчётов и экспериментальных измерений и сделать вывод о степени их совпадений.

4.3. Рассчитать фазовые сдвиги между токами ветвей и входным напряжением цепи на частоте входного напряжения, и сравнить со значениями фазового сдвига, найденными экспериментальным путём.

4.4. Проверить выполнение условия баланса мощностей в исследуемых цепях.

4.5. В выводах необходимо перечислить исследованные цепи, оценить степень соответствия результатов измерений и расчётов и указать причины их возможных расхождений.

5. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

5.1. Какое соединение элементов называется последовательным, параллельным и смешанным?

5.2. Как рассчитать сопротивление участка цепи, содержащего параллельно включённые элементы?

5.3. Что называется векторной диаграммой напряжений и токов, и каковы правила её построения?

5.4. Каков физический смысл действующего значения напряжения (тока)

как оно связано с амплитудой гармонического напряжения (тока)?

5.5. Поясните сущность метода комплексных амплитуд и условия его применения при расчёте электрических цепей?

5.6. Запишите законы Ома и Кирхгофа в комплексной форме.

5.7. Запишите в вещественной и комплексной форме соотношения, связывающие напряжение и ток в сопротивлении, емкости и индуктивности.

5.8. Поясните физический смысл модуля и аргумента комплексного сопротивления и комплексной проводимости параллельной электрической цепи.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Попов, В. П. Основы теории цепей / В. П. Попов. — М.: Высшая школа, 2000. — 574 с.

2. Атабеков, Г. И. Теоретические основы электротехники / Г. И. Атабеков. — М.: Энергия, 1978. — 420 с.

3. Зевеке, Г. В. Основы теории цепей / Г. В. Зевеке, П. А. Ионкин, А. В. Нетушил, С. В. Страхов. — М.: Энергоатомиздат, 1989. — 528 с.

4. Оформление текстовых работ: методические указания / СевГУ; сост. В. Г. Слёзкин, П. П. Ермолов. — Севастополь: Изд-во СевГУ, 2015. — 19 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
Образец титульного листа

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»
Институт радиоэлектроники и информационной безопасности
Кафедра «Радиоэлектроника и телекоммуникации»

ОТЧЁТ
по лабораторной работе
«_____»
(название лабораторной работы)
по дисциплине «Основы теории цепей и электротехника»

Выполнил студент _____
(фамилия, инициалы)

Группа _____

Отметка о защите _____

Преподаватель _____
(фамилия, инициалы)

Севастополь
20__

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ
ЛИНЕЙНЫХ ЦЕПЕЙ
ПРИ ГАРМОНИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ**

*Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторной работы*

Составители: **Зиборов** Сергей Родионович, **Овчаров** Павел Петрович

В авторской редакции

Изд. № 303/19. Объем 1 п.л.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»