

Лабораторная работа №5 а

АМПЛИТУДОЧАСТОТНЫЕ И ФАЗОЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОСТЕЙШИХ ЦЕПЕЙ

Цель работы

Изучение процесса прохождения переменного тока через простейшие цепи. Измерение и вычисление основных параметров и их амплитудно-частотных, фазочастотных характеристик. Ознакомление с осциллографическими методами измерения сдвига фаз. Определение резонансных частот последовательного колебательного контура.

5.1. Экспериментальное оборудование

При проведении данной лабораторной работы используются следующие приборы и оборудование:

- цифровой мультиметр M9803R (рис. 5.1) с диапазонами измерения переменного напряжения 4-40-400-750 В и тока 4-40-400 мА-10 А;



Рис. 5.1. Цифровой мультиметр M9803R.

- Мультиметр стрелочный YX360TRes (рис. 5.2) с диапазонами измерения переменного напряжения 10-50-250-1000 В;



Рис. 5.2. Мультиметр стрелочный YX360TRes.



Рис. 5.3. Плата с гнездами для установки элементов схем.

- плата с гнездами для установки элементов схем (рис. 5.3);
- Набор элементов (резисторы, конденсаторы, диоды, катушка) (рис. 5.4);



Рис. 5.4. Набор элементов (резисторы, конденсаторы, диоды, катушка).



Рис. 5.5. Осциллографическая приставка к компьютеру PCSGU250.

- осциллографическая приставка к компьютеру PCSGU250 (рис. 5.5).
- Рассмотрим подробно работу осциллографической приставки к компьютеру PCSGU250. Это многофункциональный цифровой прибор,

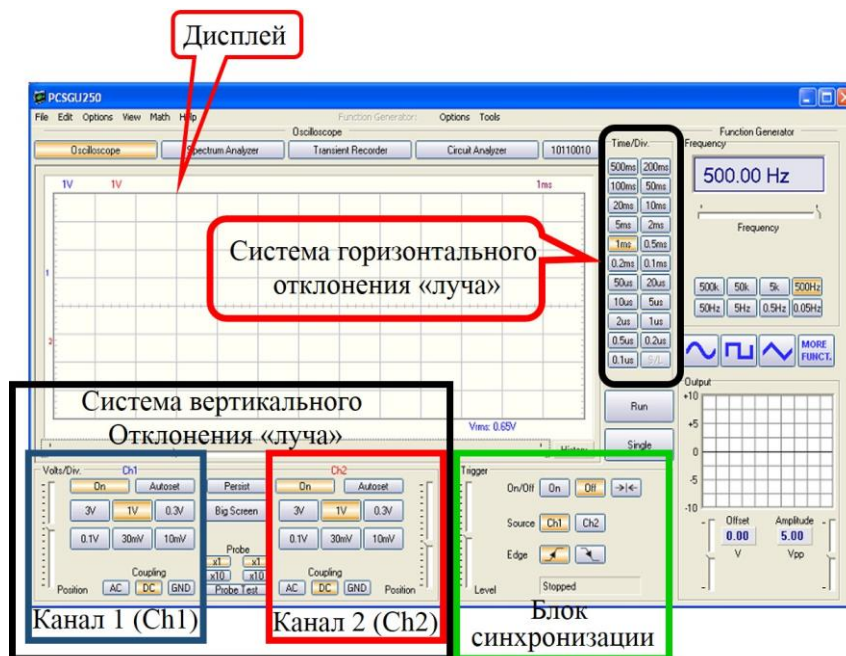
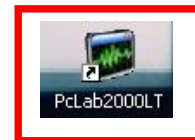


Рис. 5.6. «Лицевая панель» осциллографической приставки.

который позволяет (при наличии ПК) не только регистрировать форму сигнала и автоматически проводить измерение его характеристик, но и проводить спектральный анализ сигналов, находить резонансные частоты цепей, складывать и умножать сигналы и т.д. На рис. 5.5 представлен внешний вид

осциллографической приставки PCSGU250. На передней панели прибора расположены: внизу – выход цифрового генератора сигналов, выше – разъемы для подачи исследуемого сигнала, два канала. На задней панели прибора – USB разъем для подключения к компьютеру. На компьютере устанавливается специальная программа для работы приставки.

На рис. 5.6 представлена «лицевая панель» приставки – такое окно открывается в начале работы (если щелкнуть по иконке прибора на мониторе ПК).



Лицевая панель цифровых осциллографов (или картинка лицевой панели на экране монитора для осциллографической приставки) во многом похожа на внешний вид аналоговых осциллографов из-за логичности и завершенности принципов работы осциллографии и ради привычек пользователей.

Обычно в осциллографе на лицевой панели 4 основных узла:

- система вертикального отклонения;
- система горизонтального отклонения;
- система запуска (синхронизация);
- система отображения информации – дисплей (экран).



Рис. 5.7. Панель управления работой генератора.

Под экраном расположены кнопки управления системы вертикального отклонения двух каналов: Ch1 – сигнал на экране будет нарисован синим цветом, Ch2 – красным. Рассмотрим работу генератора. На рис. 5.7 представлена панель управления работой генератора. Генератор включается, если щелкнуть курсором (левой кнопкой мышки) по кнопке выбора формы сигнала: синусоидальный до 1 МГц (кнопка ); прямоугольные импульсы  и сигнал треугольной формы  до 500 кГц. Сигналы более сложной формы

из «библиотеки» извлекаются с помощью кнопки  (MODE FUNCT.). При этом, вид выбранного сигнала можно увидеть на дополнительном экране. Можно добавить к переменному сигналу (или выдать самостоятельно) постоянное смещение (двигая ползунок).

Приставка может работать в различных режимах. Для перехода в них необходимо нажать одну из кнопок (рис. 5.8). Рассмотрим работу приставки в режиме осциллографа. Для перехода в этот режим необходимо «нажать» кнопку «oscilloscope» (рис. 5.8).



Рис. 5.8. Панель управления режимами приставки.

Включение или выключение канала осуществляется кнопкой «On». Режимы входа – следующими кнопками (рис. 5.6):

«AC» – (закрытый вход) на экране нарисуют только переменную составляющую сигнала;

«DC» – (открытый вход) на экране будут и переменная и постоянная составляющие сигнала;

«GND» (земля) – на экране – прямая (имитация заземленного входа): позволяет установить на экране положение «ноль вольт».

Развертка по оси X осуществляется с помощью меню «Time/Div» (рис. 5.9, справа). На рис. 5.9 развертка установлена 2ms.

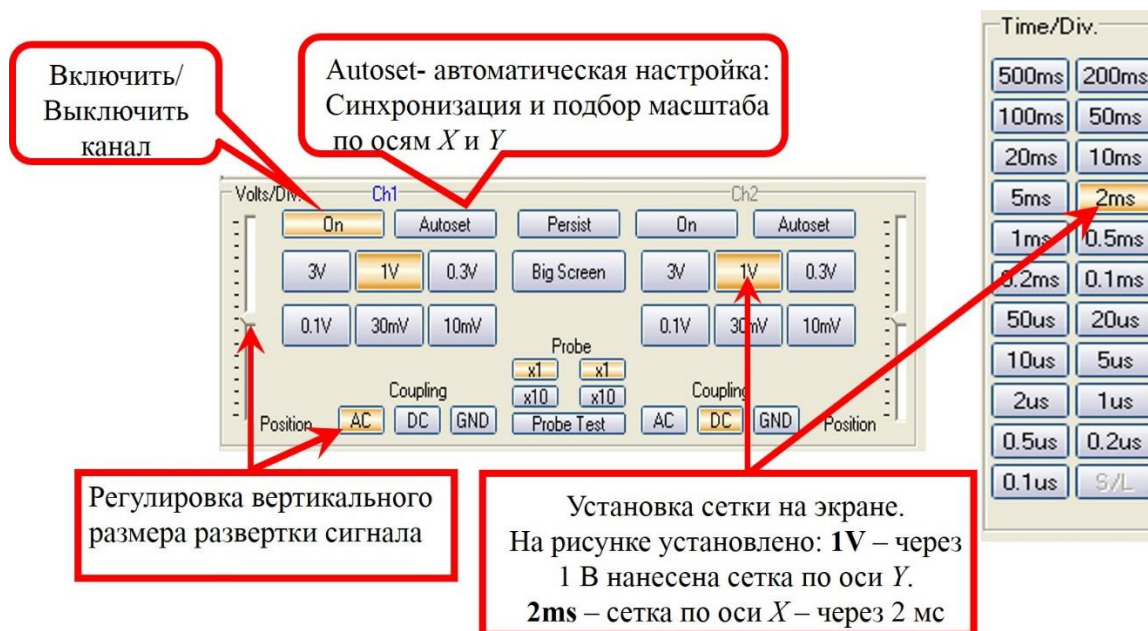


Рис. 5.9. Панель управления осциллографом.

Регулировка вертикального размера развертки сигнала осуществляется дискретно и плавно. На рис. 5.9 включена развертка 1В (сетка по оси Y нанесена через 1В). Плавная регулировка усиления сигнала осуществляется курсором (на рис. 5.9. слева). При нажатии клавиши «Autoset» синхронизация и подбор масштаба по осям X и Y осуществляется автоматически.

В данной приставке синхронизация осуществляется блоком «Триггер», расположенным под экраном, справа (рис. 5.10). «Триггер» включается кнопкой «On». Подключение каналов кнопками «Ch1» и «Ch2». Запуск осуществляется или по фронту или по спаду сигнала (управляется кнопками «Edge»), его уровень устанавливается курсором (на рис. 5.10, слева).

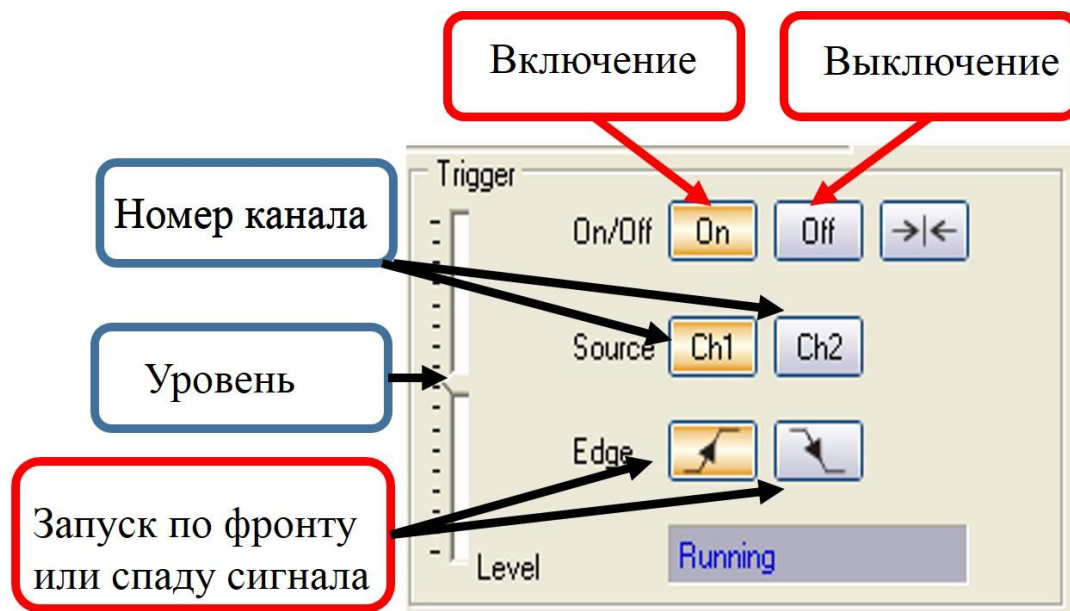


Рис. 5.10. Панель управления синхронизацией осциллографа.

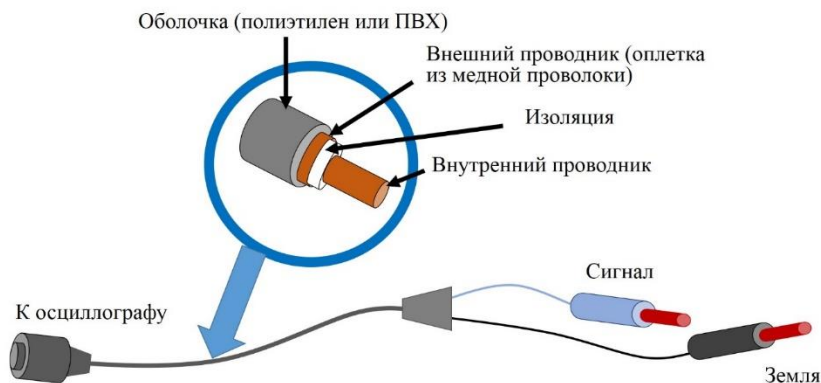


Рис. 5.11. Коаксиальный кабель для соединения с осциллографом, на вставке - устройство кабеля.

Для подключения осциллографа к исследуемой цепи обычно используют *коаксиальный кабель* (рис. 5.11). Внешний проводник (оплетка) (рис. 5.11, вставка) соединяется с корпусом прибора (и «землей»). Благодаря совпадению осей обоих проводников у идеального коаксиального кабеля и электрическое, и магнитное поле полностью сосредоточены в пространстве между проводниками (в диэлектрической изоляции), что исключает потери электромагнитной энергии на излучение (это особенно ценно при передаче высокочастотных сигналов большой мощности), и влияние внешних

электромагнитных наводок (помех), дающих "размытое" изображение (это важно при работе с сигналами малой мощности).

Провод для подключения к "земле" делают более длинным и более темного цвета по сравнению с сигнальным (рис. 5.11).

4.2. Проведение эксперимента

Упражнение 5.1. Измерение сдвига фаз в интегральной RC- цепи методами линейной развертки и эллипса.

В данном упражнении осваиваются два осциллографических метода определения разности фаз: метод линейной развертки и метод эллипса (синусоидальной развертки).

Фазовым сдвигом φ называется модуль разности аргументов двух гармонических сигналов одинаковой частоты

$$u_1 = U_1 \sin(\omega t + \varphi_1), \quad (5.1)$$

и

$$u_2 = U_2 \sin(\omega t + \varphi_2), \quad (5.2)$$

т.е. разности начальных фаз

$$\varphi = |\varphi_1 - \varphi_2|. \quad (5.3)$$

В данной демонстрации используется осциллографический метод определения разности фаз, который реализуется с помощью линейной и синусоидальной разверток.

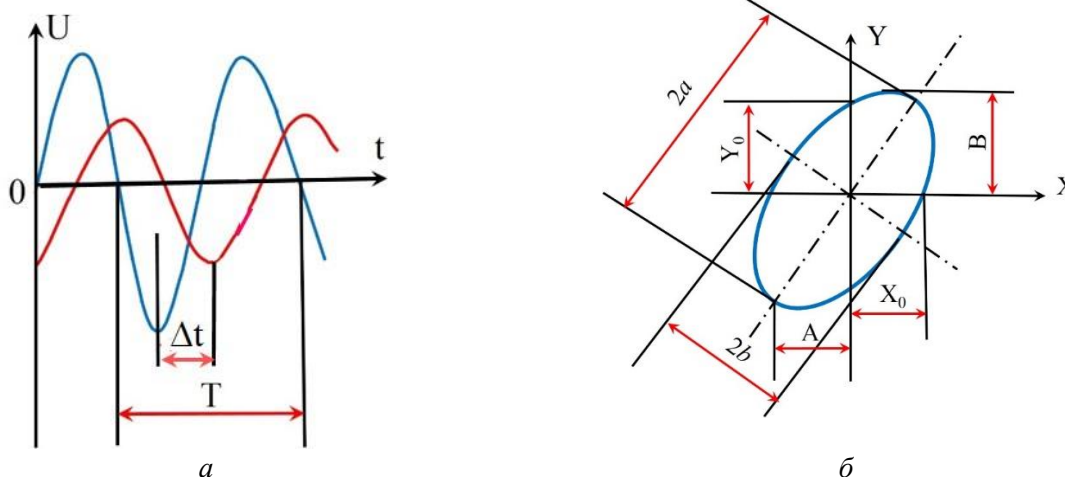


Рис. 5.12. К описанию методов определения разности фаз: метод линейной развертки (а), метод синусоидальной развертки (б).

Метод линейной развертки. На входы Y_1 и Y_2 подаются исследуемые сигналы. Частота развертки подбирается так, чтобы на экране наблюдалось 1-2 периода сигналов (рис. 5.12, а). Измерив T и Δt по формуле

$$\varphi_{\text{л}} = \frac{360^\circ}{T} \Delta t \quad (5.4)$$

определяют фазовый сдвиг.

Метод эллипса (синусоидальной развертки). Один сигнал

$$U_y = U_2 \sin(\omega t + \varphi) \quad (5.5)$$

подается в канал Y, а второй

$$U_x = U_1 \sin \omega t \quad (5.6)$$

– на канал X (генератор развертки отключен). На экране осциллографа получается простейшая фигура Лиссажу — эллипс (рис. 5.12, б), уравнение которого имеет вид

$$U_y = \frac{U_2}{U_1} \left(U_x \cos \varphi + \sqrt{U_1^2 - U_x^2} \sin \varphi \right) \quad (5.7)$$

Приняв $X = 0$, получим $Y_0 = U_2 \sin \varphi$. Аналогично при $Y = 0$, получим $X_0 = U_1 \sin \varphi$.

Из этих уравнений находим значение угла сдвига фаз

$$\sin \varphi = \pm \frac{Y_0}{U_2} = \pm \frac{X_0}{U_1}. \quad (5.8)$$

Если перед началом измерений уравнивать максимальные отклонения луча по осям X и Y, т.е. сделать $U_1 = U_2$, то угол сдвига фаз можно определить по формуле

$$\varphi = \pm \arcsin \frac{Y_0}{U_1}. \quad (5.9)$$

Угол сдвига фаз можно вычислить по длинам большой и малой осей эллипса

$$\varphi_s = 2 \arctg \frac{2b}{2a}. \quad (5.10)$$

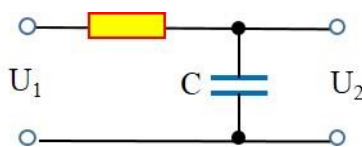
К недостаткам метода эллипса относится сложность установления знака угла сдвига фаз. Установить знак фазового угла можно, если учесть, что при положительных углах луч, описывающий эллипс, вращается в одну сторону, а при отрицательных в другую.

В качестве исследуемого объекта взята RC-цепь интегрирующего типа, в которой зависимость напряжения на выходе связана с входным значением напряжения формулой

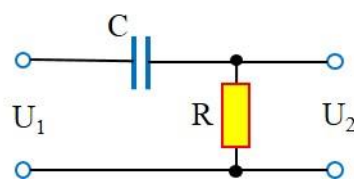
$$U_{\text{ВЫХ}} = k \int U_{\text{ВХ}} dt.$$

Схема такой цепи представлена на рис. 5.13, а. RC-цепь бывает и дифференцирующей, схема которой представлена на рис. 5.13, б. Для такой цепи

$$U_{\text{ВЫХ}} = k \frac{dU_{\text{ВХ}}}{dt}.$$



а



б

Рис. 5.13. Интегрирующая (а) и дифференцирующая (б) RC-цепи.

Для используемой в данном упражнении RC- цепи фазовый угол имеет значение

$$\varphi = -\arctg(\omega RC). \quad (5.11)$$

Измерения

1. Собрать схему, согласно рис. 5.14 для измерения сдвига фаз. Значения емкости и сопротивления выбрать $R=470 \text{ Ом}$, $C=1 \text{ мкФ}$. Подать на схему с генератора синусоидальное напряжение с амплитудой 5 В.
2. В режиме линейной развертки измерить размер в клетках по горизонтали m для Δt и n для T для различных частот. Результаты измерений запишите в табл. 5.1 Записать в табл. 5.1 значения масштаба K по горизонтали.

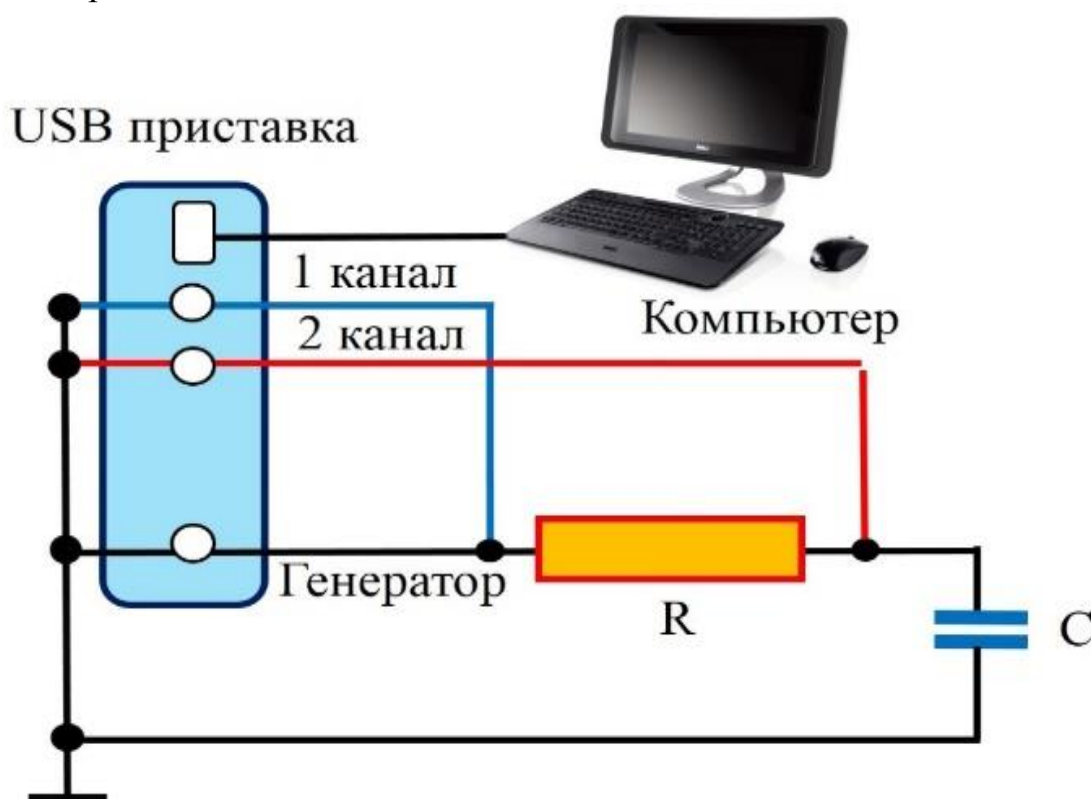


Рис. 5.14. Схема для измерения разности фаз.

3. В закладке «Math» выбрать меню «XY- Plot», получите на экране изображение фигуры Лиссажу в виде эллипса для частоты сигнала 50 Гц. Измерьте размер в клетках по горизонтали l для U_1 и k для X_0 ; и по вертикали v - для Y_0 и τ для U_2 . Результаты измерений запишите в табл. 5.1 Записать в табл. 5.1 также значения масштаба L по горизонтали и V по вертикали.
4. Провести измерения параметров эллипса для других частот. Результаты измерений записать в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Экспериментальные значения

Частота f , Гц	50	100	500	1000	2000	3000	4000	5000
m								
n								
K								
l								
k								
ν								
τ								
L								
V								

Обработка результатов

1. Вычислите период T и Δt по формулам

$$T = K \cdot m;$$

$$\Delta t = K \cdot n.$$

Результаты записать в табл.5.2.

Таблица 5.2

Расчетные значения

Частота f , Гц	50	100	500	1000	5000	10000
T						
σ_T						
Δt						
$\sigma_{\Delta t}$						
φ_d , град.						
Δ_{φ_d}						
U_2						
σ_{U_2}						
Y_0						
σ_{Y_0}						
φ_s , град.						
Δ_{φ_s}						
$\varphi_{\text{теор}}$						
$\Delta_{\varphi_{\text{теор}}}$						

2. Вычислите погрешности однократных измерений σ_T и $\sigma_{\Delta t}$ с учетом приборной погрешности $\sigma_{\text{приб}}$ (5% от измеряемой величины, если она не

менее 1 деления – клетки) и погрешности считывания $\sigma_{\text{счит}}$ (с учетом мелких делений 0,2 клетки)

$$\sigma_T = \sqrt{(\sigma_{\text{приб}}^T)^2 + (\sigma_{\text{счит}}^T)^2};$$

$$\sigma_{\Delta t} = \sqrt{(\sigma_{\text{приб}}^{\Delta t})^2 + (\sigma_{\text{счит}}^{\Delta t})^2}.$$

Результаты вычислений запишите в табл. 5.2.

3. По формуле (5.4) вычислите значение разности фаз $\varphi_{\text{л}}$ для всех значений частоты. Результаты запишите в табл. 5.2.

4. Вычислите стандартное отклонение суммарной погрешности для определенного по формуле (5.4) значения $\varphi_{\text{л}}$.

$$\sigma_{\varphi_{\text{л}}} = \sqrt{\left(\frac{\partial \varphi_{\text{л}}}{\partial T}\right)^2 \cdot \sigma_T^2 + \left(\frac{\partial \varphi_{\text{л}}}{\partial (\Delta t)}\right)^2 \cdot \sigma_{\Delta t}^2}.$$

Определите доверительный интервал суммарной погрешности определения $\varphi_{\text{л}}$

$$\Delta_{\varphi_{\text{л}}} = \gamma_{\alpha} \cdot \sigma_{\varphi_{\text{л}}},$$

где $\gamma_{\alpha} = \frac{1}{\sqrt{1-\alpha}}$ – коэффициент Чебышева. Проведите вычисление для $\alpha = 0,9$ ($\gamma_{\alpha} = 3,16$). Результаты расчетов запишите в табл. 5.2.

5. Вычислите параметры эллипса U_2 и Y_0 по формулам

$$U_2 = \tau V;$$

$$Y_0 = V \cdot v.$$

6. Вычислите погрешности однократных измерений σ_{U_2} и σ_{Y_0} с учетом приборной погрешности $\sigma_{\text{приб}}$ и погрешности считывания $\sigma_{\text{счит}}$ аналогично как в п.2.

7. По формуле (5.9) вычислите значение разности фаз φ_3 для всех значений частоты.

8. Аналогично п.4 вычислите стандартное отклонение суммарной погрешности σ_{φ_3} и доверительный интервал суммарной погрешности Δ_{φ_3} определения φ_3 . Результаты вычисления пп. 6-8 запишите в табл. 5.2.

9. Вычислите значение $\varphi_{\text{теор}}$ по формуле (5.11) для частот, на которых были измерены $\varphi_{\text{л}}$ и φ_3 .

10. Вычислите доверительный интервал суммарной погрешности $\Delta_{\varphi_{\text{теор}}}$ определения $\varphi_{\text{теор}}$. Результаты расчетов пп. 9,10 запишите в табл. 5.2.

11. По результатам расчета построить графики и $\varphi_{\text{л}}(F)$, $\varphi_3(F)$ и $\varphi_{\text{теор}}(F)$.

Упражнение 5.2. Получение амплитудно-частотных и фазочастотных характеристик RC цепей.

В данном упражнении исследуются амплитудно-частотные и фазочастотные характеристики дифференцирующей и интегрирующей RC-цепи.

Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ)- зависимость отношения выходного сигнала к входному от частоты

$$K(F) = \frac{U_{\text{вых}}(F)}{U_{\text{вх}}(F)}.$$

Фазо-частотная характеристика (ФЧХ) – зависимость разности фаз между выходным и входным сигналами от частоты $\varphi(F)$.

Для интегрирующей RC (рис. 5.13, а) - цепи передаточные характеристики имеют следующий вид:

$$\text{АЧХ} - K_{\text{инт}}(F) = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega\tau)^2}},$$

$$\text{ФЧХ} - \varphi_{\text{инт}} = -\arctg \frac{F}{F_{\text{гр}}},$$

где $\omega = 2\pi F$, τ – постоянная времени цепи (время уменьшения напряжения в e раз), $F_{\text{гр}}$ – граничная частота.

Для интегрирующей RC –цепи $\tau = RC$, $F_{\text{гр}} = \frac{1}{2\pi RC}$.

На рис. 5.15 представлены АЧХ (а) и ФЧХ (б) для интегрирующей RC цепи.

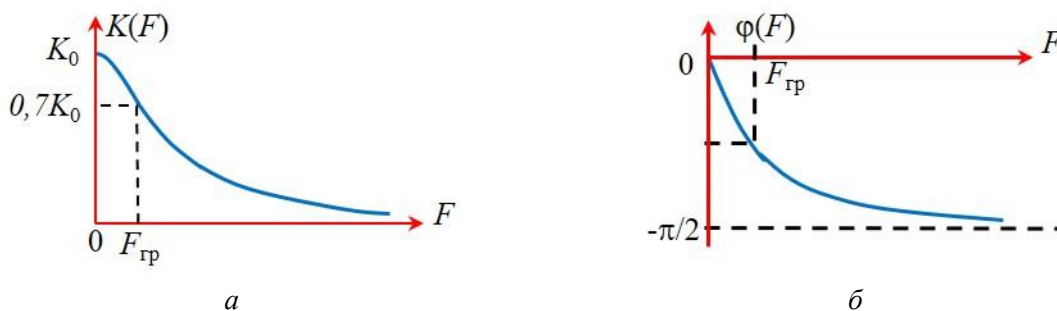


Рис. 5.15. АЧХ (а) и ФЧХ (б) интегрирующей цепи.

Для дифференцирующей RC (рис. 5.13, б) - цепи передаточные характеристики имеют следующий вид:

$$\text{АЧХ} - K_{\text{диф}}(F) = \frac{\omega\tau}{\sqrt{1 + (\omega\tau)^2}},$$

$$\text{ФЧХ} - \varphi_{\text{диф}} = \frac{\pi}{2} - \arctg \frac{F}{F_{\text{гр}}}, \quad \tau = RC, \quad F_{\text{гр}} = \frac{1}{2\pi RC}.$$

На рис. 5.16 представлены АЧХ (а) и ФЧХ (б) для дифференцирующей RC - цепи.

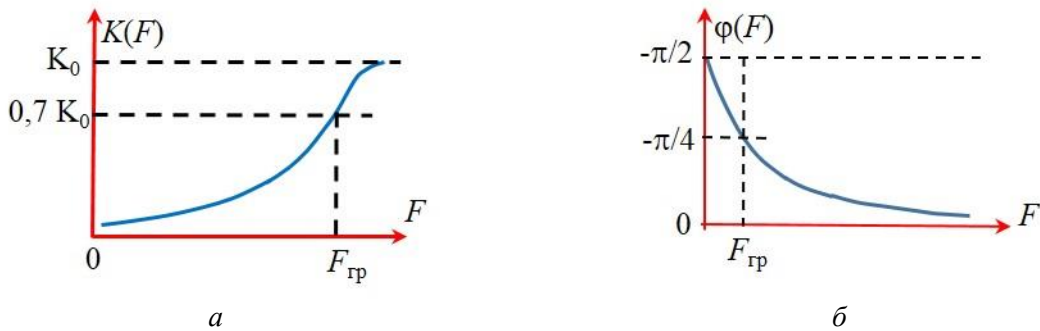
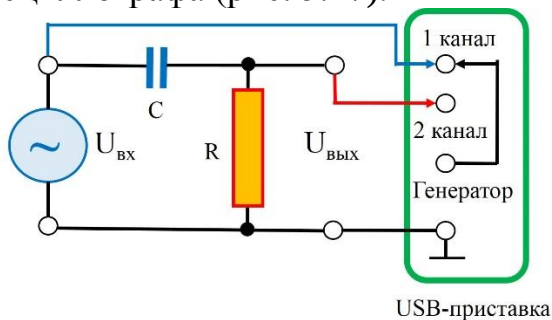
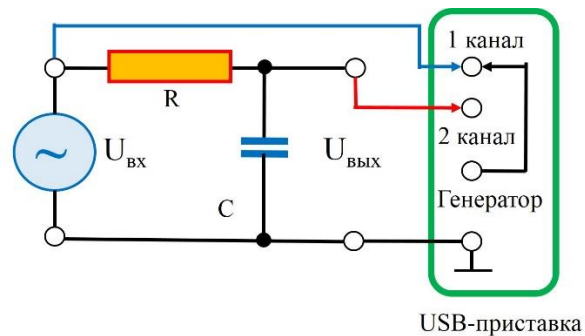


Рис. 5.16. АЧХ (а) и ФЧХ (б) дифференцирующей цепи.

Измерения

1. Собрать схему дифференцирующей RC - цепи. Емкость конденсатора $C = 1$ мкФ, сопротивление $R = 470$ Ом. Подключить вход цепи к генератору и соединить его со входом 1 (канал 1), выход с цепи соединить с каналом 2 осциллографа (рис. 5.17).

Рис. 5.17. Схема для измерения частотных характеристик дифференцирующей RC -цепи.Рис. 5.18. Схема для измерения частотных характеристик интегрирующей RC -цепи.

2. Подать на вход цепи с генератора синусоидальное напряжение с частотой 50 Гц и амплитудой 5 В.
3. Измерить с помощью осциллографической приставки через «Wave-form Parameters» значения $U_1 = U_{вх}$, $U_2 = U_{вых}$ и разность фаз $\Delta\varphi$. Записать эти значения в табл. 5.3.
4. Меняя частоту сигнала от 50 Гц до 5 кГц измерить в режиме «Wave-form Parameters» значения U_1 , U_2 и $\Delta\varphi$. Записать измеренные значения в табл. 5.3.
5. Собрать схему для измерения АЧХ и ФЧХ интегрирующей RC - цепи (рис. 5.18).

Таблица 5.3

Экспериментально измеренные данные и расчетные характеристики для дифференцирующей RC -цепи

F , Гц									
U_1 , В									
σ_{U_1} , В									
U_2 , В									

$\sigma_{U_2}, \text{ В}$									
$\varphi, \text{ град}$									
K									
σ_K									

Таблица 5.4

**Экспериментально измеренные данные и расчетные характеристики
для интегрирующей RC-цепи**

$F, \text{ Гц}$									
$U_1, \text{ В}$									
$\sigma_{U_1}, \text{ В}$									
$U_2, \text{ В}$									
$\sigma_{U_2}, \text{ В}$									
$\varphi, \text{ град}$									
K									
σ_K									

Обработка результатов

1. Вычислите погрешности однократных измерений ΔU_1 и ΔU_2 с учетом приборной погрешности $\sigma_{\text{приб}}$ и погрешности считывания $\sigma_{\text{счит}}$ для трех цепей и для разных частот. При измерении сигнала в автоматическом режиме работы осциллографа «Waveform Parameters», приборная погрешность также равна 5% от измеряемой величины, а погрешность считывания равна половине последнего разряда.

$$\sigma_{U_1} = \sqrt{(\sigma_{\text{приб}}^{U_1})^2 + (\sigma_{\text{счит}}^{U_1})^2},$$

$$\sigma_{U_2} = \sqrt{(\sigma_{\text{приб}}^{U_2})^2 + (\sigma_{\text{счит}}^{U_2})^2},$$

$$\sigma_{\varphi} = \sqrt{(\sigma_{\text{приб}}^{\varphi})^2 + (\sigma_{\text{счит}}^{\varphi})^2}.$$

Результаты вычислений запишите в табл. 5.3 – 5.5.

2. Вычислите значения коэффициента передачи $K = \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вх}}} = \frac{U_2}{U_1}$ для двух цепей и разных частот. Результаты вычислений запишите в табл. 5.3 – 5.5.
3. Вычислите погрешность σ_K определения значения коэффициента передачи K для трех цепей и разных частот по формуле

$$\sigma_K = \frac{U_2 \cdot \sigma_{U_1} + U_1 \cdot \sigma_{U_2}}{U_2^2}.$$

Результаты вычислений пп.1-3 запишите в табл. 5.3– 5.5.

4. Постройте зависимости $K(F)$ и $\varphi(F)$ (с учетом погрешностей) для двух типов цепей.
1. Сравнить теоретические и экспериментальные значения резонансных частот.

Упражнение 5.3. Амплитудно-частотные характеристики различных цепей на переменном токе.

Для измерения АЧХ схемы ее выводы подключают к выходу генератора переменного тока и последовательно со схемой подключают миллиамперметр переменного тока. По результатам измерений силы тока в цепи от частоты при постоянной амплитуде колебаний входного напряжения строится график АЧХ.

1. **Резистор.** Чисто активное сопротивление не зависит от частоты, поэтому АЧХ такого элемента имеет вид прямой, параллельной оси абсцисс.
2. **Конденсатор.** Емкостное сопротивление конденсатора в цепи переменного тока определяется выражением: $X_C = 1/(\omega C)$, то есть, линейно убывает с увеличением частоты. Таким образом, на АЧХ наблюдается линейное возрастание силы тока.
3. **Резистор и конденсатор, соединенные параллельно.** На низких частотах «работает» активное сопротивление, а на высоких – емкостное. Анализируя АЧХ на разных участках, можно вычислить параметры цепи.
4. **Резистор и конденсатор, соединенные последовательно.** В таком случае на низких частотах цепь ведет себя как емкостное сопротивление, на высоких – как активное.
5. **Катушка индуктивности.** Индуктивное сопротивление прямо пропорционально частоте тока: $X_L = \omega L$. Таким образом, для цепи, состоящей из индуктивного и активного сопротивления, на низких частотах цепь ведет себя как резистор, а на высоких амплитуда силы тока спадает обратно пропорционально частоте.
6. **Параллельно соединенные конденсатор, катушка и резистор.** Полное сопротивление такой цепи на переменном токе определяется выражением:

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

7. Последовательная RLC -цепь. Полное сопротивление такой цепи на переменном токе определяется выражением:

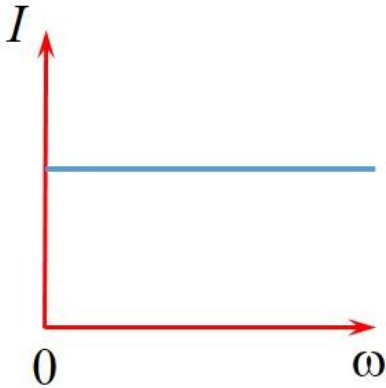
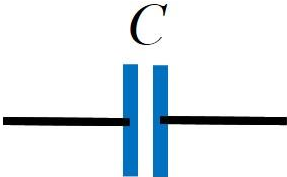
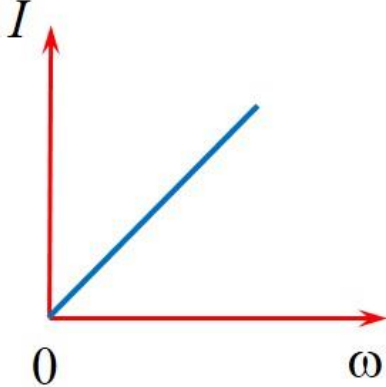
$$Z = \sqrt{R^2 + (X_C - X_L)^2} = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C} - \omega L\right)^2}.$$

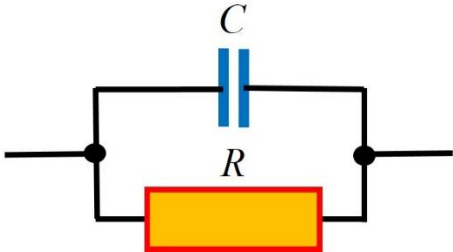
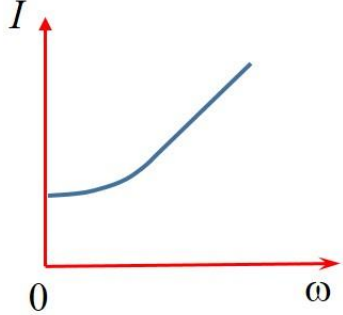
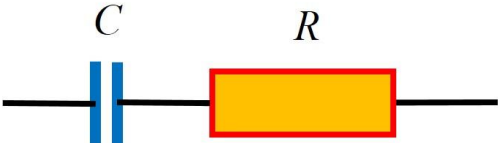
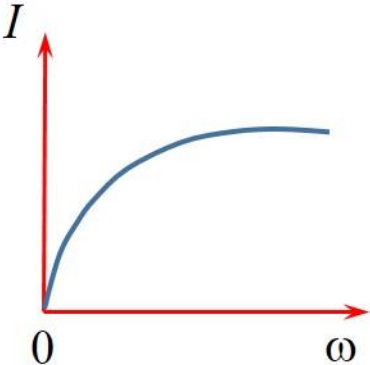
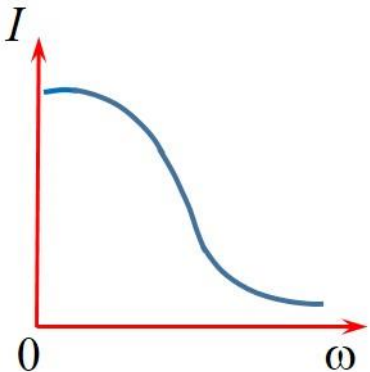
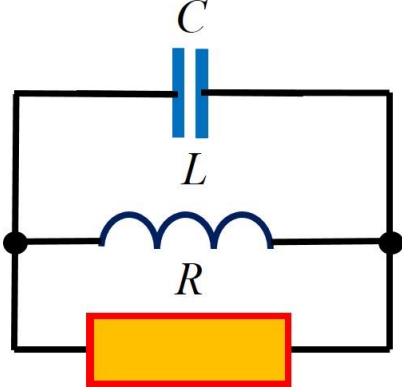
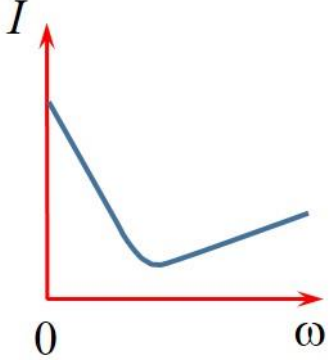
При резонансе $X_L = X_C$.

Основные схемы и их АЧХ приведены в табл.5.5.

Таблица 5.5

Основные схемы соединения R , C и L и их АЧХ

Схема	АЧХ
	
	

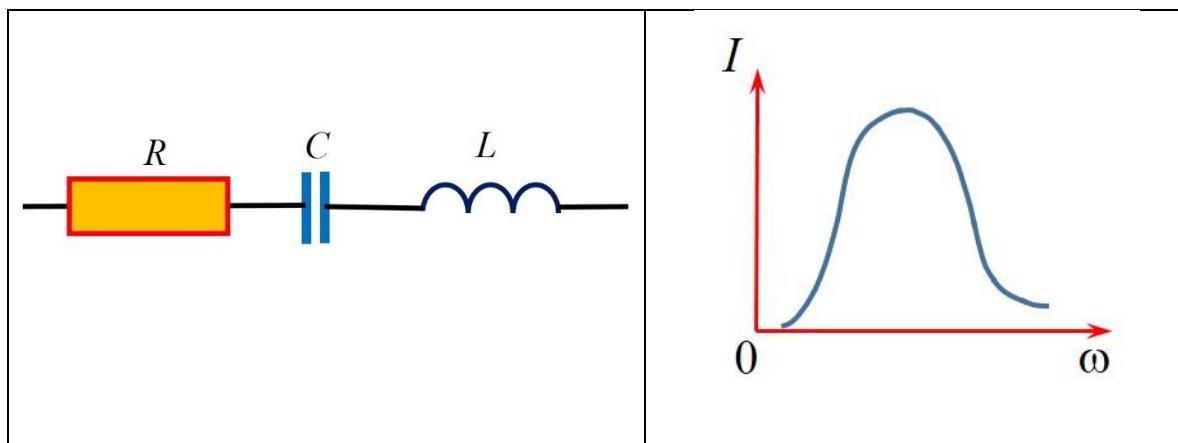


Схема измерения АЧХ простых электрических цепей представлена на рис. 5.19. На монтажной плате собирается последовательно исследуемая цепь и цифровой мультиметр М9803R (в режиме измерения переменного тока), на эту цепь подается сигнал со встроенного генератора USB-приставки.

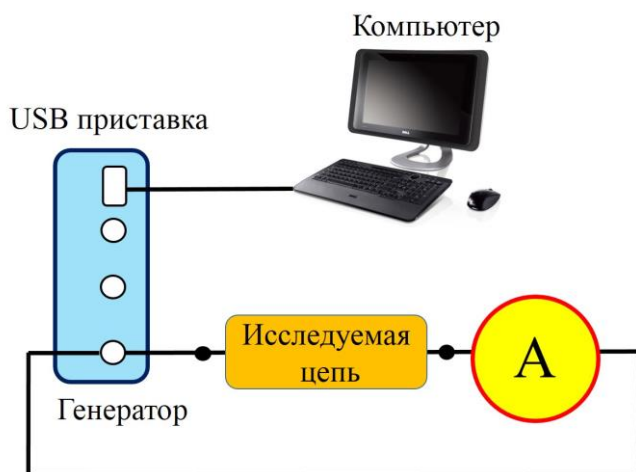


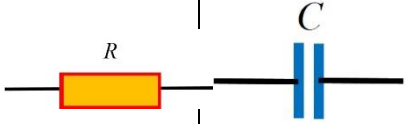
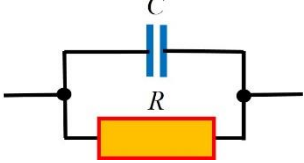
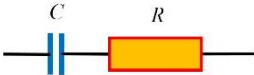
Рис. 5.19. Блок-схема для измерения АЧХ простых электрических цепей.

Измерение

1. Используя в качестве исследуемой цепи резистор сопротивлением 47 Ом. Изменяя частоту генератора (при напряжении на выходе 5 В) в интервале 50 Гц - 5 кГц, измерять амплитуду переменного тока. Результаты занести в таблицу 5.6.
2. Повторить измерение, заменив резистор на конденсатор емкостью 1 мкФ. Результаты занести в таблицу 5.6.
3. Подключить резистор сопротивлением 47 Ом параллельно конденсатору 1 мкФ и повторить измерения. Результаты занести в таблицу 5.6.
4. Повторить п.4, подключив конденсатор и резистор последовательно.

Таблица 5.6

Значения тока в цепях при различных частотах

ν , Гц	I , мА			
				
50				
100				
400				
800				
1200				
1600				
2000				
3000				
4000				
5000				
6000				

Обработка результатов

1. Построить графики АЧХ для всех исследованных цепей.

Упражнение 5.4. Определение резонансной частоты последовательного колебательного контура.

В данном упражнении исследуются амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) последовательного колебательного контура от параметров цепи (C и L).

Измерение

1. На монтажной плате собрать схему, представленную на рис. 5.20, используя обмотку катушки с меньшим числом витков (200 витков), сопротивление R

= 47 Ом и емкость $C = 1$ мкФ. Подать на контур сигнал с генератора приставки. На первый канал осциллографа подать сигнал с резистора: этот сигнал будет пропорционален току в цепи.

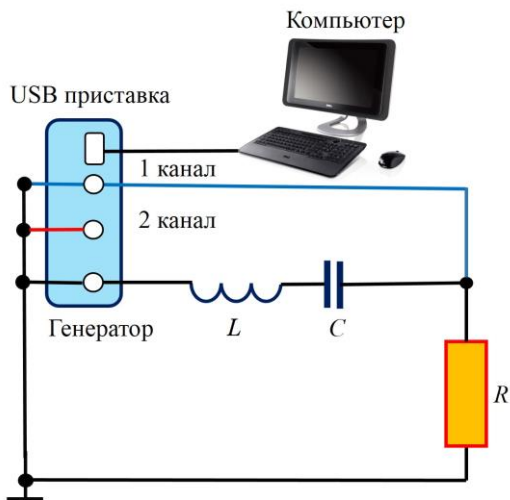


Рис. 5.20. Схема измерения АЧХ в последовательном контуре.

2. Для определения резонансной частоты контура использовать режим «Circuit Analyzer». В автоматическом режиме, с заданным шагом, с генератора будет подаваться сигнал на контур и считываться напряжение с резистора. На индикаторе будет строиться график изменения напряжения от частоты. При резонансе сопротивление контура минимальное – ток в цепи максимальный, и соответственно, и напряжение на резисторе максимальное. Определить резонансную частоту контура $F_{рез}$. Результат записать в табл. 5.7.

3. Оставить в схеме катушку с числом витков 200 и измерить резонансные частоты для разных значений C (всего два значения). Результаты записать в табл. 5.7.

4. Подключить в схему другую обмотку катушки (400 витков). Выполнить измерения аналогично п. 3. Результаты измерения записать в табл. 5.7.

5. Подключить в схему всю катушки (600 витков). Выполнить измерения аналогично п.3. Результаты измерения записать в табл. 5.7.

Таблица 5.7

Значения резонансных частот $F_{рез}$ для различных значений L и C

Катушка L , мН	C , мкФ	$F_{рез}$, Гц
200 витков $L_1 =$		
400 витков $L_2 =$		
600 витков $L_3 =$		

Обработка результатов

2. Для каждой пары значений C и L вычислить значение теоретическое значение $F_{рез}^{теор}$

$$F_{\text{рез}}^{\text{теор}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}.$$

3. Построить теоретическую зависимость резонансных частот $F_{\text{рез}}$ от $(C L)^{-1/2}$.
4. Отметить на графике экспериментально полученные значения резонансных частот для всех пар L и C (всего 6 точек).

Основные итоги работы

В результате выполнения лабораторной работы должны быть получены амплитудночастотные и фазочастотные простых цепей. Освоены два осциллографических методов измерения сдвига фаз: метод линейной развертки и метод эллипса. Определена резонансная частота последовательного колебательного контура.

Контрольные вопросы

1. Как измеряют угол сдвига фаз методом линейной развертки?
2. Как измеряют угол сдвига фаз методом эллипса?
3. Каким образом определяют знак угла сдвига фаз при осциллографических измерениях?
4. Дайте определение амплитудночастотной характеристике (АЧХ) линейной цепи. Как экспериментально определить эту характеристику?
5. Дайте определение фазочастотной характеристике (ФЧХ) линейной цепи. Как экспериментально определить эту характеристику?
6. Как определяется фазовый сдвиг между напряжением и током в цепи, содержащей активное сопротивление и индуктивность?
7. Как определяется фазовый сдвиг между напряжением и током в цепи, содержащей активное сопротивление и емкость?
- 8.

Литература

1. Атамаян Э.Г. Приборы и методы измерения электрических величин. - М. Высшая школа, 1982.
2. Каяцкас А.А. Основы радиоэлектроники: Учебное пособие для студентов вузов. М.: Высш.шк., 1988.
3. Колтик Е.Д. Фазосдвигающие устройства. –М. Изд-во стандартов, 1981.
4. Измерения в электронике. Справочник./Под ред. В. А. Кузнецова. - М. Энергоатомиздат, 1987.