

3.2.1 (4.7). СДВИГ ФАЗ В ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ – 5 октября 2016 г.

В работе используются: звуковой генератор (ЗГ), двухканальный электронный осциллограф (ЭО), магазин ёмкостей, магазин сопротивлений, эталонная катушка индуктивности, резисторы, мост переменного тока.

Экспериментальная установка. Схема для исследования сдвига фаз между током и напряжением в цепи переменного тока представлена на рис. 3. Эталонная катушка L , магазин емкостей C и магазин сопротивлений R соединены последовательно и через дополнительное сопротивление r подключены к источнику синусоидального напряжения — звуковому генератору.

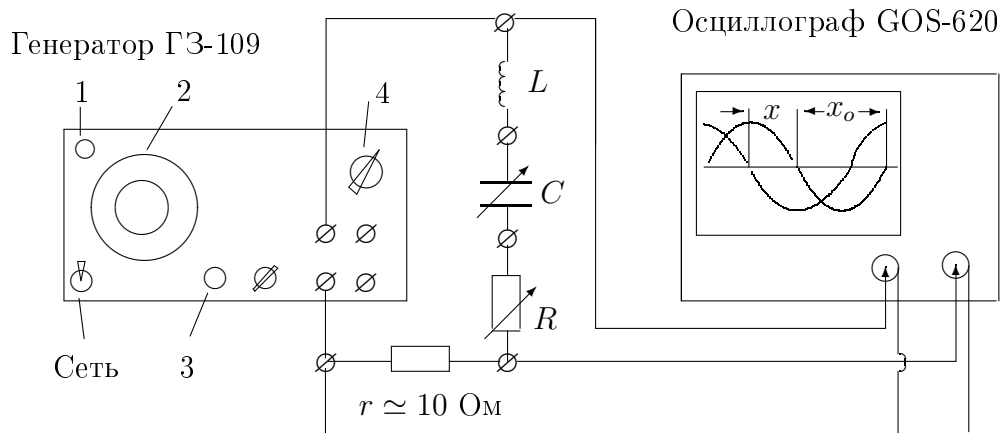


Рис. 3. Схема установки для исследования сдвига фаз между током и напряжением

Сигнал, пропорциональный току, снимается с сопротивления r , пропорциональный напряжению — с генератора. Оба сигнала подаются на универсальный осциллограф. Этот осциллограф имеет два канала вертикального отклонения, что позволяет одновременно наблюдать на экране два сигнала. В нашей работе это две синусоиды (рис. 3), смещённые друг относительно друга на расстояние x , зависящее от сдвига фаз между током и напряжением в цепи.

Измерение сдвига фаз удобно проводить следующим образом:

1) подобрать частоту развёртки, при которой на экране осциллографа укладывается чуть больше половины периода синусоиды;

2) отцентрировать горизонтальную ось;

3) измерить расстояние x_0 (рис. 3) между нулевыми значениями одного из сигналов, что соответствует смещению по фазе на π ;

4) измерить расстояние x между нулевыми значениями двух синусоид и пересчитать в сдвиг по фазе: $\psi = \pi \cdot x/x_0$.

На рис. 3 синусоиды на экране ЭО сдвинуты по фазе на $\pi/2$.

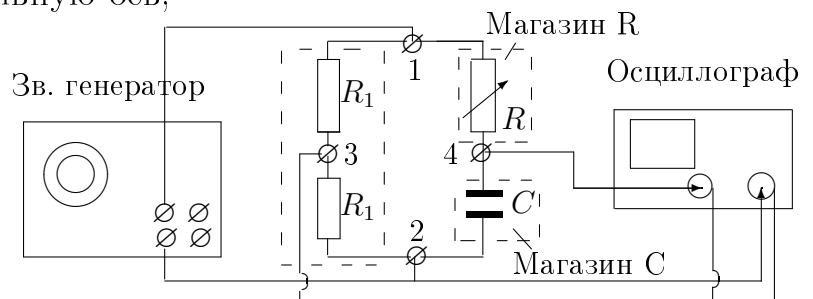


Рис. 4. Схема установки для исследования фазовращателя

Схема фазовращателя, изображённая на рис. 4, содержит два одинаковых резистора R_1 , смонтированных на отдельной плате, магазин сопротивлений R и магазин емкостей C .

ЗАДАНИЕ

В работе предлагается исследовать зависимости сдвига фаз между током и напряжением от сопротивления в RC - и в RL -цепи; определить добротность колебательного контура, сняв зависимость сдвига фаз от частоты вблизи резонанса; оценить диапазон работы фазовращателя.

I. Подготовка приборов к работе

1. Соберите схему, изображённую на рис. 3. Установите на катушке индуктивности максимальное значение $L = 50$ мГн. Для катушки со значением $L = 500$ мГн рекомендации смотрите на её корпусе.

Для подключения магазина емкостей используйте клеммы «1» и «2'». В этом случае верхним рядом курбелей (ручек) можно менять ёмкость в интервале 0–1 мкФ. Показания курбелей суммируются. Установите значение $C = 0,5$ мкФ.

Для подключения магазина сопротивлений используйте клеммы 1 и 3. При этом работают все декады. Установите $R = 0$.

С помощью множителя частоты 1 и лимба 2 генератора установите рабочую частоту $\nu = 1$ кГц; переключатель 4 — нагрузка генератора — поставьте в положение 5 Ом (для $L = 500$ мГн нагрузка 600 Ом). Включите генератор. Потенциометр 3 позволяет менять величину выходного напряжения.

Настройте осциллограф согласно техническому описанию, расположенному в конце папки.

II. Исследование зависимости сдвига фаз между током и напряжением от R в RC -цепи

2. В схеме, собранной согласно рис. 3, закоротите катушку, подключив оба провода, идущих к катушке, на одну клемму. Установите $C = 0,5$ мкФ, $\nu = 1$ кГц
 - а. Рассчитайте реактивное сопротивление цепи $X_1 = 1/(\Omega C)$. Циклическая частота $\Omega = 2\pi\nu$.
 - б. Увеличивая сопротивление R от нуля до $10 \cdot X_1$, проведите измерения сдвига фаз ψ (6–8 значений x/x_0); предварительно подберите шаги ΔR , для которых приращения x будут примерно одинаковы (кнопка «TRIG/ALT» ЭО отжата!). Периодически проверяйте положение нулевой линии синусоиды.

III. Исследование зависимости сдвига фаз от R в RL -цепи

3. В схеме, собранной согласно рис. 3, закоротите магазин емкостей. Установите $\nu = 1$ кГц, $L = 50$ мГн (или $L = 500$ мГн).
 - а. Рассчитайте реактивное сопротивление цепи $X_2 = \Omega L$.
 - б. Меняя сопротивление от 0 до $10 \cdot X_2$ (или до R_{\max} для $L = 500$ мГн), проведите измерения сдвига фаз ψ для 6–8 значений R .

IV. Исследование зависимости сдвига фаз от частоты в RCL -цепи

4. В цепи, собранной согласно рис. 3, установите значения $R = 0$, $L = 50$ мГн, $C = 0,5$ мкФ (или $L = 500$ мГн, $C = 0,05$ мкФ). Рассчитайте резонансную частоту $\nu_0 = 1/(2\pi\sqrt{LC})$.

5-X-2016

а. Подбирая частоту ЗГ, добейтесь резонанса. При резонансе сдвиг фаз $\psi = 0$, и нулевые значения двух синусоид должны совместиться, а при равенстве амплитуд синусоиды полностью совпадают.

б. Оцените по картине на экране ЭО диапазон изменения частоты, в котором сдвиг фаз меняется от $\pi/3$ до $-\pi/3$.

в. Снимите зависимость сдвига фаз от частоты в этом диапазоне, меняя частоту **в обе стороны** от резонансного значения.

С изменением частоты меняется расстояние x_0 , которое занимает половина периода синусоиды, поэтому разумно каждый раз фиксировать отношение x/x_0 .

г. Повторите измерения сдвига фаз для сопротивления $R = 100 \text{ Ом}$.

5. Запишите значения r и R_L — активное сопротивление катушки, указанное на её крышке. Проверьте значения r , L и R_L с помощью моста Е7-8.

V. Исследование работы фазовращателя

6. Соберите схему по рис. 4. Убедитесь, что выход ЗГ не заземлён. Установите $C = 0,5 \text{ мкФ}$, $\nu = 1 \text{ кГц}$. Оцените визуально диапазон изменения сдвига фаз при изменении R от 0 до 10 кОм.

Подберите сопротивление R , при котором сдвиг фаз равен $\pi/2$.

Обработка результатов

1. Для RC -цепи постройте графики $\psi = f(R_\Sigma)$ и $\text{ctg } \psi = f(\Omega C R_\Sigma)$. Здесь R_Σ — суммарное активное сопротивление цепи: $R_\Sigma = R + r$; $r \simeq 10 \text{ Ом}$ — сопротивление резистора. С помощью первого графика определите сопротивление R для $\psi = \pi/2$ и сравните с рассчитанным; ко второму добавьте теоретическую зависимость.

2. Постройте графики $\psi = f(R_\Sigma)$ и $\text{ctg } \psi = f(R_\Sigma/\Omega L)$ для RL -цепи. Здесь $R_\Sigma = R + r + R_L$. С помощью первого графика определите сопротивление R для $\psi = \pi/2$ и сравните с рассчитанным; второй график сравните с теоретическим.

3. Постройте на одном листе графики $|\psi| = f(\nu/\nu_0)$ для $R = 0$ и 100 Ом (величину ψ удобно откладывать в долях π). Определите по графикам добротность контура: $Q = \nu_0/(2\Delta\nu)$, где $2\Delta\nu/\nu_0$ — ширина графика при сдвиге фаз $\psi = \pi/4$.

4. Рассчитайте добротность через параметры контура L , C и R .

5. Постройте векторную диаграмму для фазовращателя¹; с её помощью рассчитайте сопротивление магазина R_M , при котором сдвиг фаз между входным и выходным напряжениями равен $\pi/2$. Сравните расчёт с экспериментом.

6. Сведите результаты эксперимента в таблицу:

$L_{\text{кат}}$	R_M	R_Σ	Q		Фазовращ. $R_M(\psi = \pi/2)$
			Рез. кривая	$f(LCR)$	
	0				Эксп Теор
	100				

7. Оцените погрешности и сравните результаты.

Исправлено 5-X-2016 г.

¹ Отложите по горизонтали вектор входного напряжения, укажите на нём точки 1, 2, 3 (см. рис. 4); зная, каков сдвиг фаз между напряжениями U_C и U_R (при едином токе) изобразите траекторию точки 4 при изменении величины R . Отложите вектор 3,4 для сдвига фаз $\psi = \pi/2$ и сравните соответствующие величины U_C и U_R .