

Работа 3.2.1

Сдвиг фаз в цепи переменного тока.

Цель работы — изучить влияние активного сопротивления, индуктивности и емкости на сдвиг фаз между током и напряжением в цепи переменного тока.

В работе используются: генератор звуковой частоты, двухканальный осциллограф, магазин емкостей, магазин сопротивлений катушка индуктивности, резисторы, мост переменного тока.

Теория

Циклическая частота:

$$\Omega = 2\pi\nu.$$

Реактивное сопротивление емкости:

$$Z = \frac{1}{\Omega C}.$$

Реактивное сопротивление индуктивности:

$$Z = \Omega L.$$

Сдвиг фаз между синусоидами на двухканальном осциллографе:

$$\psi = \pi \cdot \frac{x}{x_0}, \quad \sigma_\psi = \pi \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{x_0}\right)^2 + \left(\frac{x}{x_0} \frac{\sigma_{x_0}}{x_0}\right)^2}; \quad (1)$$

где x — расстояния между нулевыми значениями синусоид, x_0 — расстояния между нулевыми значениями одного из сигналов.

Экспериментальная установка:

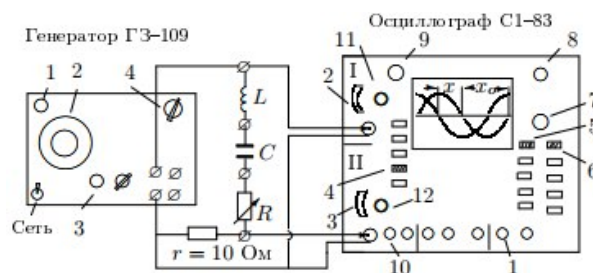


Рис. 1: Схема установки для исследования сдвига фаз между током и напряжением.

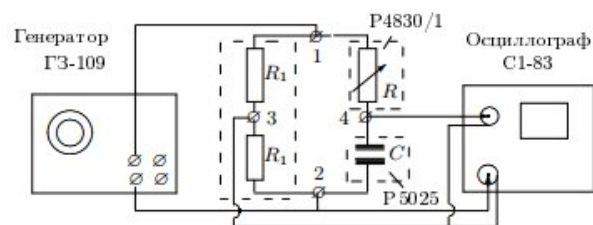


Рис. 2: Схема установки для исследования фазовращателя.

Обработка результатов

РС-цепь. Построим график $\tan \psi = f[1/(\Omega C R_\Sigma)] \equiv f(X)$, где $R_\Sigma = R + r$. Теоретический график будет иметь коэффициент наклона 1 и пересечение с осью $\tan \psi$ в точке 0. Рассчитаем ψ по формуле (1). Результаты в таблице 1 и на рисунке 3.

Коэффициент наклона графика: 1.03 ± 0.04 , что сходится с теорией.

Таблица 1: Зависимость для RC-цепи

ψ	$\tan \psi$	$\sigma_{\tan \psi}$	$1/(\Omega C R_{\Sigma})$
1.51	16	1	25.7
1.26	3.1	0.2	2.83
1.01	1.6	0.1	1.65
0.75	0.94	0.09	0.93
0.50	0.55	0.07	0.566
0.25	0.26	0.07	0.260
0.00	0.00	0.06	0.099

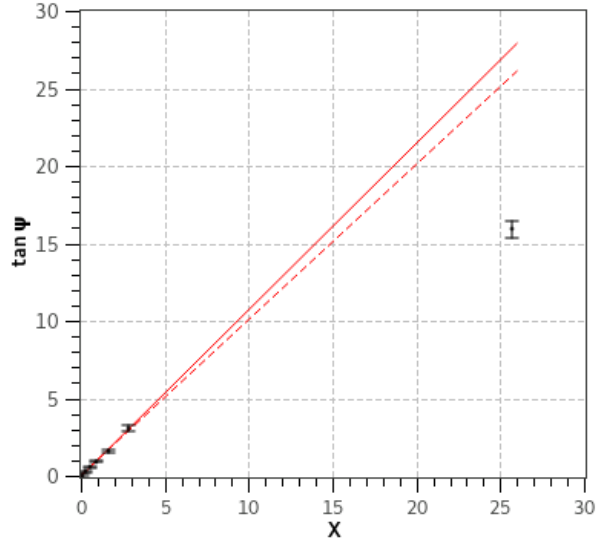


Рис. 3: Зависимость $\tan \psi(X)$

RL-цепь. Построим график $\tan \psi = f[\Omega L/R_{\Sigma}] \equiv f(Y)$, где $R_{\Sigma} = R + r + R_L$. Теоретический график будет иметь коэффициент наклона 1 и пересечение с осью $\tan \psi$ в точке 0. Рассчитаем ψ по формуле (1). Результаты в таблице 2 и на рисунке 4.

Коэффициент наклона графика: 1.04 ± 0.05 , что сходится с теорией.

RLC-цепь. Построим графики $|\psi| = f(\nu/\nu_0)$ для $R = 0$ и $R = 100$. Выберем масштаб оси ψ $\pi/16$. Результаты в таблицах 3, 4 и на рисунке 5.

Рассчитаем добротности по графикам:

$$Q_{R=0} = 1/(1.10 - 0.92) = 5.56, \quad Q_{R=100} = 1/(1.24 - 0.78) = 2.17$$

Рассчитаем добротности по формуле

$$Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

Таблица 2: Зависимость для RL-цепи

ψ	$\tan \psi$	$\sigma_{\tan \psi}$	$\Omega L/R_{\Sigma}$
1.4	7.6	0.6	5.85
1.2	2.4	0.2	2.18
0.92	1.3	0.1	1.29
0.65	0.77	0.08	0.739
0.39	0.41	0.07	0.394
0.26	0.27	0.07	0.157
0.13	0.13	0.07	0.098

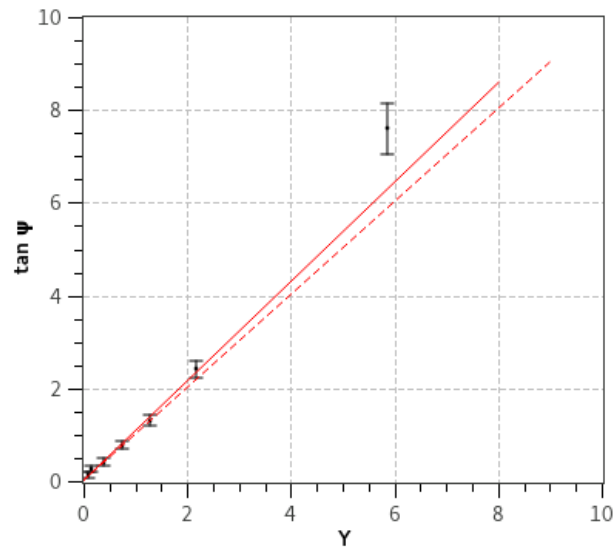


Рис. 4: Зависимость $\tan \psi(X)$

Таблица 3: Зависимость для RLC-контура при $R = 0$

ν , Гц	ψ	σ_ψ	ν/ν_0
920	0.90	0.06	0.90
960	0.70	0.06	0.94
980	0.48	0.06	0.96
1,000	0.27	0.07	0.98
1,020	0.00	0.07	1.00
1,040	0.30	0.08	1.02
1,080	0.63	0.08	1.06
1,200	0.99	0.09	1.18

$$Q_{R=0}^{\text{теор}} = 9.56, \quad Q_{R=100}^{\text{теор}} = 2.37$$

Теоретические значения больше полученных экспериментально, т.к. они не учитывают сопротивление соединительных проводов, а также эффекты, возникающие в катушке и конденсаторе.

Таблица 4: Зависимость для RLC-контура при $R = 100$ Ом

ν , Гц	ψ	σ_ψ	ν/ν_0
700	0.99	0.05	0.70
760	0.88	0.05	0.76
810	0.73	0.05	0.81
870	0.58	0.06	0.87
910	0.35	0.06	0.91
980	0.13	0.06	0.98
1,000	0.00	0.07	1.00
1,020	0.13	0.07	1.02
1,100	0.41	0.07	1.10
1,240	0.79	0.08	1.24
1,500	1.05	0.11	1.50

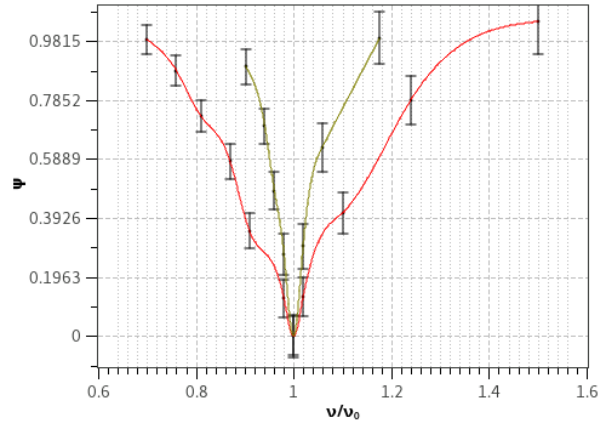


Рис. 5: Зависимость $|\psi| = f(\nu/\nu_0)$

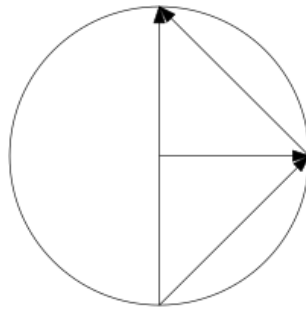


Рис. 6: Векторная диаграмма фазовращателя