

МОСКОВСКИЙ
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)

КАФЕДРА ОБЩЕЙ ФИЗИКИ
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3.2.1

Сдвиг фаз в цепи переменного тока

Студент

Преподаватель

(имя)

(фамилия)

(имя)

(отчество)

_____ группа

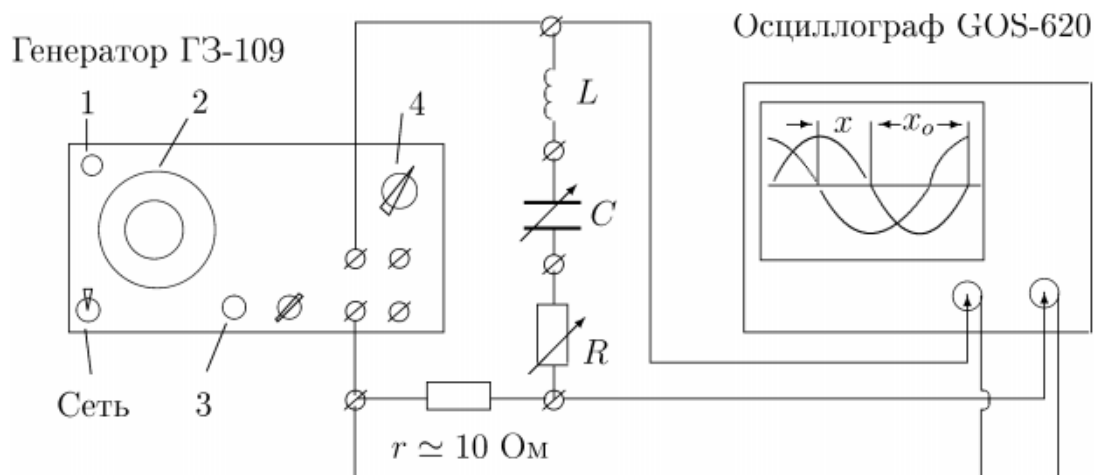
(фамилия)



(дата)

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

1. Экспериментальная установка



$R_L =$ при $\nu =$

$L =$

$r =$

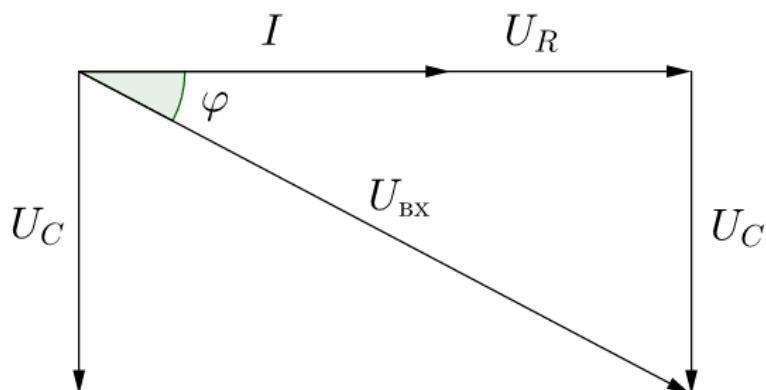
$C =$

$\nu =$

RC-цепь

Ток, текущий через RC-цепочку, пропорционален напряжению на резисторе, и опережает напряжение на конденсаторе по фазе на $\pi/2$. В таком простом случае метод векторных диаграмм даёт простой результат для зависимости сдвига фаз от R :

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{1}{\Omega RC}.$$



RL-цепь

Рассмотрение этого случая аналогично предыдущему. Импеданс катушки равен $Z_2 = j\omega L$, поэтому ток отстаёт по фазе от напряжения, и расчётная формула приобретает вид

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega L}{R_{\Sigma}}.$$

К сопротивлению калибровочного резистора и резистора R добавится активное сопротивление катушки:

$$R_{\Sigma} = R + r + R_L,$$

где R_L – активное сопротивление катушки.

RCL-цепь

Комплексный импеданс RCL-цепочки $Z = R + j\omega L - \frac{j}{\omega C}$.

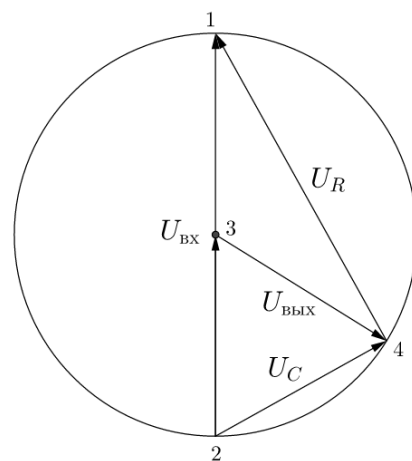
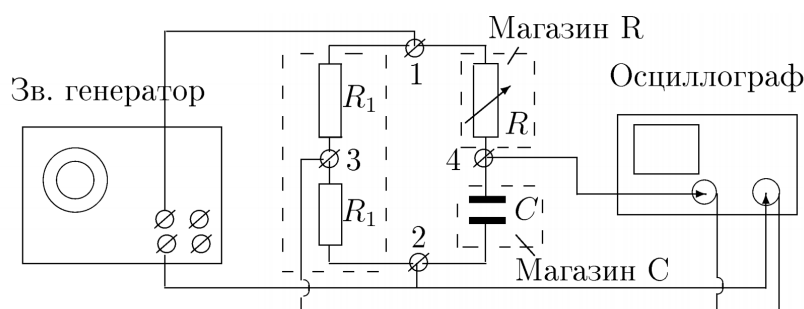
Сдвиг фаз между током и напряжением получим, взяв аргумент Z :

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega L - 1/(\omega C)}{R} = Q \frac{(\omega/\omega_0)^2 - 1}{\omega/\omega_0} = Q \frac{(1+x)^2 - 1}{1+x} \simeq 2xQ,$$

где $x \equiv \Delta\omega/\omega_0 = \Delta\nu/\nu_0$. В последнем переходе пренебрегаем степенями x выше первой. Измерив ширину графика $w = 2x$ на высоте $\varphi = \pi/4$ ($\operatorname{tg} \varphi = 1$), можем непосредственно определить добротность контура:

$$Q = \frac{1}{w}.$$

Фазовращатель



Разность фаз равна $\pi/2$, когда медиана $\overline{34}$ в то же время является и высотой, т.е. когда $\triangle 124$ – равнобедренный, откуда что?

2. Работа и измерения

RC-цепь

$$X_1 = \frac{1}{2\pi\nu C} =$$

| R | x | x_0 | φ | $\operatorname{tg} \varphi$ | R_Σ | $1/(R_\Sigma \Omega C)$ |
|-----|-----|-------|-----------|-----------------------------|------------|-------------------------|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Таблица 1: Полученные значения в RC-цепи

Место для графика

Рис. 1: График зависимости $\operatorname{tg} \varphi = f[1/\Omega C R_\Sigma]$

RL-цепь

$$X_2 = 2\pi\nu L =$$

| R | x | x_0 | φ | $\operatorname{tg} \varphi$ | R_Σ | $\Omega L/R_\Sigma$ |
|-----|-----|-------|-----------|-----------------------------|------------|---------------------|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Таблица 2: Полученные значения в RL-цепи

Место для графика

Рис. 2: График зависимости $\operatorname{tg} \varphi = f[\Omega L/R_\Sigma]$

RCL-цепь

| Сопротивление | ν , кГц | x_0 | x | φ | ν/ν_0 |
|----------------------|-------------|-------|-----|-----------|-------------|
| $R = 0 \text{ Ом}$ | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| $R = 100 \text{ Ом}$ | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Таблица 3: Полученные значения при изучении зависимости фазы от $\frac{\nu}{\nu_0}$

$$C =$$

$$L =$$

$$\nu_0 =$$

Из графика $R = 0 \text{ Ом}$ добротность $Q_0 =$

Из графика $R = 100 \text{ Ом}$ добротность $Q_{100} =$

Можно рассчитать добротность, выразив её через параметры цепочки: $Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$.

$$Q_{\text{теор}, 0} =$$

$$Q_{\text{теор}, 100} =$$

Место для графика

Рис. 3: График зависимости $\varphi = f[\nu/\nu_0]$ при $R = 0$ Ом

Место для графика

Рис. 4: График зависимости $\varphi = f[\nu/\nu_0]$ при $R = 100$ Ом

3. Вывод

В настоящей лабораторной работе была изучена зависимость сдвига фаз между током и напряжением от сопротивления в цепи в RC- и RL-цепях. Была определена добротность колебательного контура, снята зависимость сдвига фаз от частоты вблизи резонанса.
