

Государственное высшее учебное заведение
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра физики

ОТЧЁТ
по лабораторной работе №72

ВЫНУЖДЕННЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ.
РЕЗОНАНС В КОЛЕБАТЕЛЬНОМ КОНТУРЕ

Выполнил студент группы _____

Преподаватель кафедры физики

Отметка о защите _____

Лабораторная работа 72

ВЫНУЖДЕННЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ.
РЕЗОНАНС В КОЛЕБАТЕЛЬНОМ КОНТУРЕ

Цель работы – построить резонансные кривые, изучить условия, при которых наблюдается резонанс напряжений, определить резонансную частоту и индуктивность колебательного контура.

Приборы и принадлежности: генератор звуковой частоты, микроамперметр, колебательный контур.

Общие положения

Чтобы вызвать вынужденные колебания в колебательном контуре, нужно включить последовательно с элементами переменную эдс

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \cos \Omega t, \quad (1)$$

где ε_0 – амплитудное значение эдс,
 Ω – частота вынуждающей эдс.

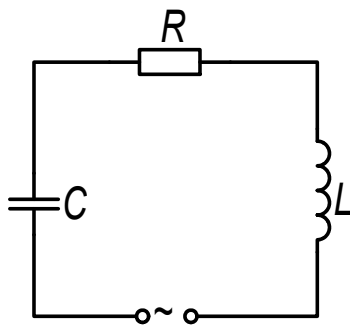


Рисунок 1

Для замкнутого контура (рис. 1) сумма падений напряжений на ёмкости и активном сопротивлении равна сумме эдс самоиндукции, возникающей в катушке, и приложенной эдс:

$$\frac{q}{C} + iR = -L \frac{di}{dt} + \varepsilon_0 \cos \Omega t \quad (2)$$

По определению $i = \frac{dq}{dt}$, а $\frac{di}{dt} = \frac{d^2q}{dt^2}$.

Сделав замену в уравнении (2) и разделив его почленно на индуктивность L , получим:

$$\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{dq}{dt} + \frac{1}{LC} q = \frac{\varepsilon_0}{L} \cos \Omega t \quad (3)$$

Введем обозначения:

$$\frac{R}{L} = 2\beta, \quad (4)$$

где β – коэффициент затухания;

$$\frac{1}{LC} = \omega_0^2, \quad (5)$$

где ω_0 – собственная частота колебаний колебательного контура.

Тогда:

$$\frac{d^2q}{dt^2} + 2\beta \frac{dq}{dt} + \omega_0^2 q = \frac{\varepsilon_0}{L} \cos \Omega t \quad (6)$$

Уравнение (6) является дифференциальным уравнением вынужденных электромагнитных колебаний. При установившихся вынужденных колебаниях решение уравнения (6) имеет вид:

$$q(t) = q_0 \cos(\Omega t - \varphi) \quad (7)$$

Сила тока в колебательном контуре при установившихся колебаниях

$$i = \frac{dq}{dt} = -q_0 \Omega \sin(\Omega t - \varphi) = i_0 \cos(\Omega t - \psi), \quad (8)$$

где $i_0 = q_0 \Omega$ – амплитуда силы тока,

$\psi = \varphi - \pi/2$ – сдвиг фаз между током и приложенной эдс.

Можно показать, что амплитудное значение силы тока

$$i_0 = \frac{\varepsilon_0}{\sqrt{R^2 + \left(\Omega L - \frac{1}{\Omega C}\right)^2}}. \quad (9)$$

Резонансом называется явление резкого возрастания амплитуды вынужденных колебаний при стремлении частоты вынуждающей эдс к собственной частоте ω_0 колебательного контура. Из формулы (9) следует, что амплитуда силы тока в колебательном контуре достигает максимального значения, если

$$\Omega L - \frac{1}{\Omega C} = 0. \quad (10)$$

Циклическая частота $\Omega_{\text{рез}}$, соответствующая максимальному значению силы тока в колебательном контуре, называется резонансной. Из формулы (10):

$$\Omega_{\text{рез}} = \frac{1}{\sqrt{LC}}. \quad (11)$$

Из сравнения формул (11) и (5) можно сделать вывод, что резонанс в колебательном контуре наступает при совпадении частоты вынуждающей эдс с собственной частотой колебательного контура.

Рассмотренный в работе случай резонанса называют резонансом напряжений, т.к. при этом падения напряжений U_C на ёмкости и U_L на катушке равны по величине и противоположны по знаку.

Экспериментально в работе измеряют не циклическую частоту Ω , а линейную ν . Учитывая, что $\Omega = 2\pi\nu$, из формулы (11) можно получить выражение для расчёта общей индуктивности контура :

$$L = \frac{1}{4\pi^2 \nu_{\text{рез}}^2 C} \quad (12)$$

Описание экспериментальной установки

Экспериментальная установка (рис. 2) состоит из колебательного контура, набора резисторов, микроамперметра, размещённых на монтажной панели. Колебательный контур подключается к генератору звуковых колебаний, который служит источником переменной эдс. Активное сопротивление контура можно менять с помощью переключателя.

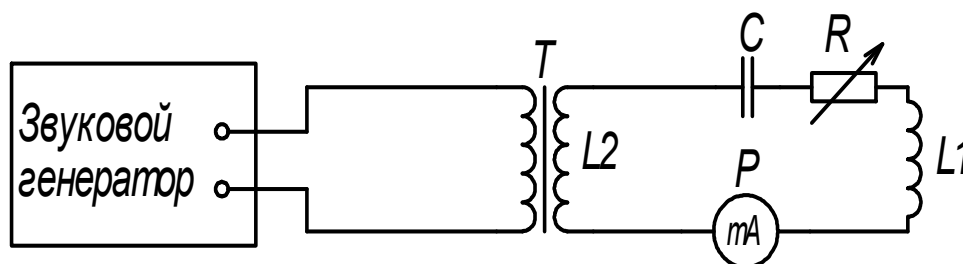


Рисунок 2

Подготовка к работе

(ответы представить в письменном виде)

1. Какова цель работы?
2. Какие величины измеряются в работе непосредственно?
3. Нарисуйте схему колебательного контура, в котором возникают вынужденные электромагнитные колебания.
4. Какой график надо построить по результатам эксперимента?
5. Запишите формулу, по которой в этой работе рассчитывается общая индуктивность контура. Поясните смысл обозначений.

Выполнение работы

1. Записать значения ёмкости C конденсатора и сопротивлений резисторов R_1, R_2, R_3 .
2. Подключить колебательный контур к звуковому генератору.
3. Включить звуковой генератор в сеть и дать ему прогреться 2-3 минуты.
4. Переключателем сопротивлений установить наименьшее значение сопротивления R_1 .
5. Ручку «усиление» генератора установить в среднее положение.
6. Множитель частоты генератора установить на «x1».
7. Вращая ручку лимба генератора найти приблизительный интервал частот, на котором ток возрастает, достигает максимального значения с последующим спадом. Если стрелка микроамперметра зашкаливает, то уменьшить усиление. Если на данном множителе максимальное значение силы тока не достигается, то перейти на множитель «x10».
8. Установить на лимбе генератора начальное значение частоты найденного интервала. Записать в таблицу значение частоты ν и соответствующее ему значение силы тока i .

9. Изменяя частоту генератора в выбранном пределе, записывать соответствующие ей показания микроамперметра, сняв 10-12 точек.
10. Произвести измерения согласно п.п. 8, 9 при других активных сопротивлениях (R_2 и R_3). Ручку «усиление» не трогать!

Оформление отчёта

1. Расчёты

1. Построить графики зависимости $i = f(\nu)$ для каждого сопротивления на одних координатных осях.
2. Определить из графиков частоту $\nu_{рез}$, при которой ток достигает максимального значения (резонансную частоту).
3. Рассчитать общую индуктивность контура по формуле (12).

2. Защита работы

(ответы представить в письменном виде)

1. Запишите дифференциальное уравнение вынужденных электромагнитных колебаний в колебательном контуре. Запишите его решение.
2. В чём состоит явление резонанса в колебательном контуре?
3. Запишите формулу, по которой рассчитывается собственная частота колебаний в контуре.
4. Проанализируйте графики и сделайте вывод о том, как зависит максимальное значение силы тока от величины активного сопротивления контура.

ПРОТОКОЛ
измерений к лабораторной работе № 72

Выполнил(а) _____

Группа _____

Ёмкость конденсатора $C =$ _____

№ п/п	ν , Гц	$R_1=$	$R_2=$	$R_3=$
		i_1 , мкА	i_2 , мкА	i_3 , мкА
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				

Дата _____

Подпись преподавателя _____