

ГБОУ ЛИЦЕЙ № 1580 при МГТУ им. Н.Э. БАУМАНА

Лабораторный практикум по общей физике
(колебания и волны)

Алексеев Н.И., Кравцов А.В.

Параллельный колебательный контур, резонанс токов

Москва 2017

Переменный ток в параллельном колебательном контуре.

Рассмотрим электрическую схему на рис. 1. Эта схема содержит параллельно включенный конденсатор емкостью C и катушку индуктивности L . Такая электрическая схема получила название параллельного колебательного контура. Очевидно, что в этой схеме общим является напряжение на контуре U .

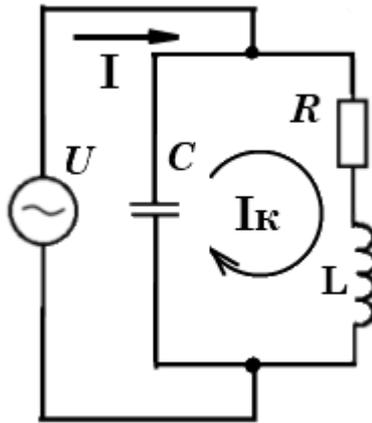


Рис. 1.

Ток от источника переменного напряжения разветвляется на два направления. Один течет через индуктивность L , второй, через емкость C . Проанализируем протекание токов по каждой цепи, учитывая реактивный характер элементов контура. Ток, протекающий через емкость, равен:

$$I_C = U / X_C = U \omega C \quad (1)$$

Ток, протекающий через индуктивность, равен:

$$I_L = U / X_L = U / \omega L \quad (2)$$

Определим общий ток, как сумму токов в цепях. На векторной диаграмме рис. 2 показаны векторы токов. В соответствии с анализом, изложенным в [1], ток на индуктивности будет отставать по фазе от напряжения на $\pi / 2$, тогда как ток на емкости будет опережать напряжение по фазе также на $\pi / 2$. В соответствии с векторной диаграммой получим выражение для общего тока:

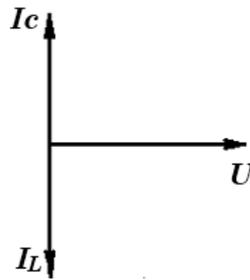


Рис. 2.

$$I = I_C - I_L = U / (X_C - X_L)$$

Здесь необходимо учесть, что в действительности катушка индуктивности обладает активным сопротивлением, равным :

$$R = \rho l / S,$$

Где:

ρ - удельное сопротивление материала проводника, Ом мм² / м

l - длина проводника, м,

S - площадь поперечного сечения проводника, м².

Однако из – за малости величины активного сопротивления, по сравнению с индуктивным, им можно пренебречь.

Параллельный контур обладает резонансными свойствами. В случае если X_C будет равно X_L на некоторой частоте ω в контуре возникнет резонанс токов. При этом ток, протекающий через емкость, будет равен току, протекающему через индуктивность. Однако токи будут течь в противофазе, как это следует из векторной диаграммы, рис. 2. При этом общий ток будет стремиться к нулю. Это можно интерпретировать, как увеличение общего сопротивления контура до бесконечности. Однако, как было отмечено выше активное сопротивление катушки индуктивности не дает полностью

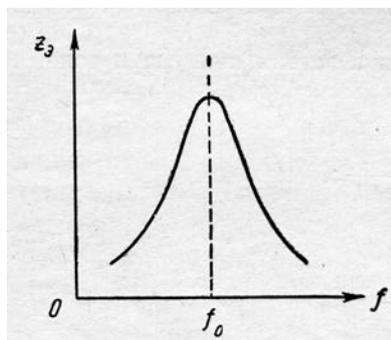


Рис. 3.

компенсировать токи. Таким образом, при изменении частоты вынужденных колебаний на контуре будет происходить изменение сопротивления контура так, как это показано на рис. 3. Это приведет к изменению тока протекающего через контур.

Задание 1.

Исследовать резонанс токов в параллельном колебательном контуре. Снять зависимость напряжения U_R на активном сопротивлении R при изменении частоты синусоидального напряжения на контуре.

Последовательность выполнения задания 1.

1. Собрать схему, показанную на рис. 4. Установить на выходе генератора переменное напряжение синусоидальной формы амплитудой $U_0 = 4$ В и частотой 30 кГц. Амплитуду выходного напряжения контролировать осциллографом на клеммах 1 и 3.

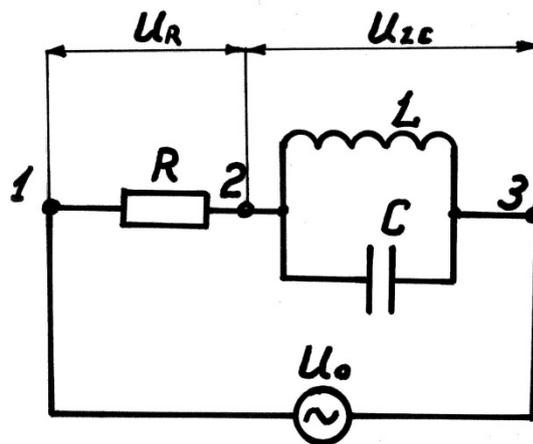


Рис. 4.

2. Измерить напряжение U_R на активном сопротивлении R , на клеммах 1 и 2 на частотах, указанных в таблице 1. Значения измеренных напряжений записать в таблицу протокола. При изменении частоты напряжения на выходе генератора U_0 , т.е. на контактах 1 и 3, необходимо постоянно поддерживать его на одном уровне, т.е. $U_0 = 4$ В.

3. По измеренным значениям напряжений U_R и известному сопротивлению $R = 160$ Ом, сделать расчет токов I_R на частотах, указанных в таблице 1 и построить график функции $I_R = f(f)$. Определить частоту резонанса токов.

Таблица 1.

F,кГц	30	35	40	45	50	55	60	65	70
U_R									
I_R									

F,кГц	75	80	85	90	95	100	105	110	115
U_R									
I_R									

Задание 2.

По измеренным напряжениям на элементах контура L, C, R и векторной диаграмме на заданных частотах установить соответствие токов в контуре закону Ома.

Последовательность выполнения задания 2.

1. При постоянном входном напряжении равном 4 В и частоте 30 кГц на контуре, т.е. на клеммах 1 и 3, измерить напряжение на контуре U_{LC} , на клеммах 2 и 3, и активном сопротивлении U_R , на клеммах 1 и 2.
2. Повторить п.1 на частоте 70 кГц.
3. По измеренным значениям напряжений рассчитать токи в контуре и построить две векторные диаграммы токов в контуре на частоте 30 кГц и частоте 70 кГц.

Задание 3.

По известным значениям L, C, R сделать теоретический расчет токов на элементах L, C, R колебательного контура и сравнить расчетные значения с измеренными.

Последовательность выполнения задания 3.

1. По известным значениям емкости $C = 1000$ пФ, индуктивности $L = 3,5$ мГн, активного сопротивления $R = 160$ Ом, а также по известному входному напряжению $U_0 = 4$ В рассчитать токи на конденсаторе, катушке индуктивности и активном сопротивлении на частотах 30 кГц и 70 кГц.

2. Расчетные значения токов I_C , I_L , I_R на элементах сравнить с величинами токов, которые были получены при выполнении второго задания.

Контрольные вопросы.

1. Какие существуют электрические колебательные контуры?
2. При каких условиях возникает резонанс токов?
3. При каких условиях возникает резонанс напряжений?
4. Как определить резонансную частоту контура?
5. Выведите закон Ома для полной цепи и участка цепи для переменного тока.
6. Почему закон Ома для постоянного тока отличается от закона Ома для переменного тока?
7. Почему вектор напряжения на индуктивности опережает вектор тока, а на емкости вектор напряжения отстает от вектора тока.
8. В радиоприемнике колебательный контур содержит конденсатор переменной емкости с возможностью изменения емкости от 4 пФ до 100 пФ и индуктивность 64 мкГн. В каком диапазоне длин волн можно принимать радиопередающие станции на этом радиоприемнике?

Литература.

1. Алексеев Н.И., Кравцов А.В., Последовательный колебательный контур. Резонанс напряжений, описание лабораторной работы, М., 2017 г.