Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И Лобачевского»

Отчёт по лабораторной работе

«Исследование колебательных процессов в электрическом контуре»

Выполнили студенты группы 10191

Елясин Андрей Алексеевич  
Петрова Ирина Александровна

Проверил: Водопьянов Александр Валентинович

Нижний Новгород  
2021

Цель работы: экспериментальное исследование колебательных процессов в линейном осцилляторе с потерями.

Теоретическая часть

Уравнение гармонического осциллятора с затуханием

Дифференциальное уравнение, описывающее процессы в исследуемом контуре, имеет вид:

где q – заряд на конденсаторе,   
 – коэффициент затухания,   
 – собственная частота,   
f – вынуждающая сила.

Уравнение (1) является неоднородным линейным дифференциальным уравнением 2 порядка с постоянными коэффициентами, его решение можно представить в виде суммы частного решения уравнения (1) и общего решения соответствующего однородного уравнения:

Исследуем решения уравнения (1), при анализе выделим 3 случая:

1) решения уравнения (1) записывается:

2) В случае процесс называется апериодическим, зависимость заряда на конденсаторе от времени:

3) Условие определяет критический режим колебаний, а соответствующее этому условию сопротивление называется критическим сопротивлением контура

Логарифмический декремент затухания

Логарифм отношения значений заряда на пластинах конденсатора в двух последовательных максимумах называется логарифмическим декрементом затухания.

Часто для характеристики затухание используют добротность контура или

Вынужденные колебания под действием гармонической силы

Вынужденные колебания под действием внешней гармонической силы с частотой ω описываются уравнением:

Решение этого уравнения имеет вид

Для последовательного RLC контура, учитывая, что , формула амплитуды и фазы записываются:

Выразим величины, исследуемые в практической части:

Найдём частоту, при которой достигается максимум напряжения на резисторе, конденсаторе, катушке:

Процессы установления колебаний в контуре описываются уравнением:

В случае решение записывается

Практическая часть

Рассмотрим, как выглядят осциллограммы напряжения на конденсаторе (верхняя) и на резисторе (нижняя) на рисунке 1.

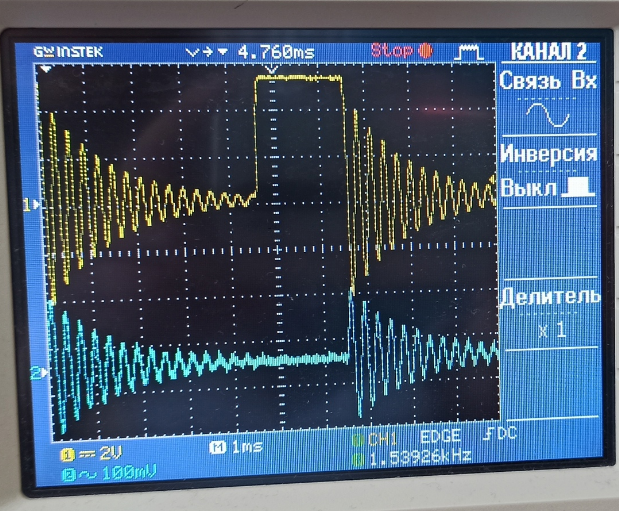


Рисунок . Осциллограммы напряжений на конденсаторе и на резисторе

Измерим период и логарифмический декремент затухания: для нахождения периода колебаний с хорошей точностью – измерим время, за которое проходит несколько периодов колебаний и поделим на число колебаний, аналогичную схему используем для нахождения декремента затухания: измерим отношение между максимумами через несколько периодов и поделим на количество декрементов затухания, укладываемых в период. Данные запишем в таблицу 1.



Таблица . Экспериментальные данные

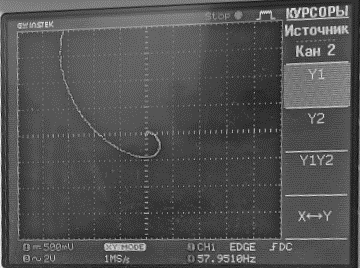
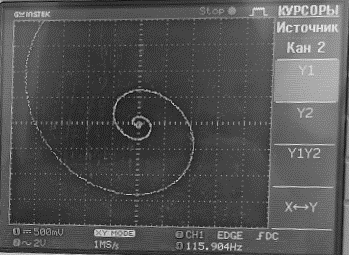
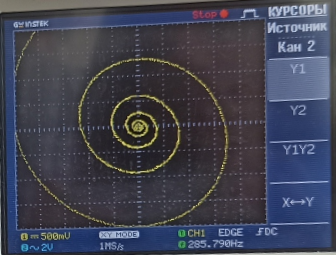
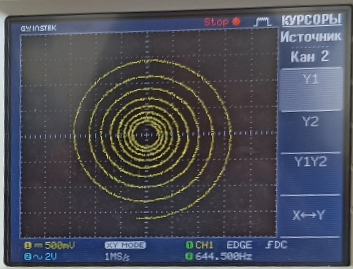
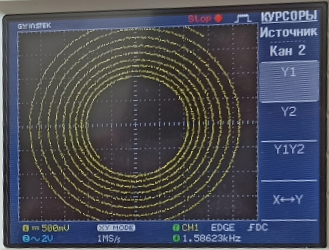
где q1 – значение заряд в первом максимуме, qn – в n-ном, n – количество декрементов затухания между qn и q1.   
Построим графики d(R), T(R):

Рисунок . График зависимости логарифмического декремента от сопротивления

Рисунок . График зависимости периода колебаний от сопротивления

Рассчитаем значение добротности и индуктивности для значения R = 230 Ом. Добротность найдём по формуле , а для поиска индуктивности сначала найдём частоту собственных колебаний по формуле:

Для сопротивления в 230 Ом получим:

Получим фазовые картинки для нескольких значений сопротивлений в координатах 

Сопротивления соответственно – 0; 0,1; 0,5; 1; 2,3 кОм.

Исследуем зависимость амплитуд напряжений от частоты вынуждающей силы, данные представим в виде графиков:

Рисунок . График зависимости напряжений от частоты вынуждающей силы 0,1 кОм

Рисунок . Графи зависимости напряжений от частоты вынуждающей силы при сопротивлении 1 кОм

По экспериментальным данным резонансная частота контура . Уточним значение индуктивности - , уточним и значение сопротивления нашей установки, воспользовавшись формулой для добротности: , тогда сопротивление: , значит более точное сопротивление для 0,1 кОм - , а для 1кОм уточнять не будем, так как точность определения добротности мала (логарифмический декремент затухания измерен за малое количество периодов). Построим теоретические графики используя формулы (3) и (2).

Рисунок . Экспериментальные и теоретические графики зависимости напряжения на конденсаторе, R = 118,5 Ом.

Рисунок . Экспериментальные и теоретические графики зависимости напряжения на катушке, R = 118,5 Ом.

Рисунок . Экспериментальные и теоретические графики зависимости напряжения на резисторе, R = 118,5 Ом.

Рисунок . Экспериментальные и теоретические графики зависимости напряжения на конденсаторе, R = 1кОм.

Рисунок . Экспериментальные и теоретические графики зависимости напряжения на катушке, R = 1кОм.

Рисунок . Экспериментальные и теоретические графики зависимости напряжения на резисторе, R = 1кОм.

Уточним сопротивление контура «1кОм», для этого воспользуемся тем, что на собственной частоте контура амплитуда напряжения на резисторе максимальна и равна отношению амплитуды силы тока к сопротивлению, поэтому точное сопротивление – 1041,97 Ом. Определим добротность контура с сопротивлением «1 кОм» по формуле , получим – . Найдём добротность контура и другим способом: отношение напряжений , при резонансе . Существует и другой способ определения добротности: ширина резонансной кривой (диапазон частот от значения амплитуды в два раза меньшей резонансной слева до значения в два раза меньшей резонансной справа) равна , таким образом, получим: , а ширину резонансной кривой по L по нашим данным не определить точно. Этот метод даёт большое расхождение с данными, полученными нами по определению логарифмического декремента затухания (), потому что выражение использует приближение , что в нашем случае – неверно.

Исследуем зависимость времени установления колебаний в контуре от сопротивления контура, по экспериментальным данным построим график:

Время установления - это время, за которое вынужденные колебания становятся больше собственных, в терминах решения уравнения (1) – время, за которое общее решение становится много меньше частного.

Вывод:

* Провели исследования собственных колебаний в электрическом контуре, получили зависимости периода и логарифмического декремента затухания от значения сопротивления в цепи;
* Рассчитали значения добротности и индуктивности для значения R = 230 Ом: ;
* Рассмотрели фазовые плоскости, описывающие колебания при различных значениях R;
* При исследовании вынужденных колебаний были получены следующие зависимости:, сравнили их с теоретическими кривыми. Расхождение между экспериментом и теорией обусловлено неточными данными цепи, влияющие на теоретические кривые.
* Установили, что время установления колебаний уменьшается при увеличении сопротивления в цепи.