

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3.11

**Свободные колебания в контуре**

Ознакомьтесь с теорией в конспекте, учебнике [1], §143, §146. Запустите программу. Выберите «Электричество и магнетизм» и «Свободные колебания в RLC контуре». Нажмите вверху внутреннего окна кнопку с изображением страницы. Прочитайте краткие теоретические сведения и запишите в свой конспект. Если вы забыли, как работать с системой компьютерного моделирования, прочитайте ВВЕДЕНИЕ, с.5 еще раз.

## Цель работы

- Знакомство с компьютерной моделью процесса свободных затухающих колебаний в электрическом колебательном контуре.
- Экспериментальное исследование закономерностей свободных затухающих колебаний.
- Экспериментальное определение величины индуктивности контура.

## Краткая теория

Колебательным контуром называется замкнутая цепь, содержащая катушку индуктивности с индуктивностью  $L$  и конденсатор с емкостью  $C$ . Если в цепи нет активного сопротивления  $R$  (резистора), то в контуре возможны гармонические (незатухающие) колебания тока  $I$ , заряда конденсатора  $q$  и напряжения на элементах.

Напряжение на конденсаторе

$$U_c = \frac{q}{C}.$$

ЭДС самоиндукции в катушке

$$\varepsilon = -L \frac{dI}{dt}.$$

Напряжение на резисторе

$$U_R = IR.$$

Определение тока

$$I = \frac{dq}{dt}.$$

Дифференциальное уравнение свободных незатухающих колебаний

$$\frac{d^2 q}{dt^2} + \omega_0^2 q = 0,$$

где  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$  - собственная частота контура.

Период электрических колебаний

$$T = 2\pi\sqrt{LC}.$$

Решение уравнения  $q(t) = q_v \cos(\omega_0 t + \alpha)$ , где  $\alpha$  - начальная фаза.  
Дифференциальное уравнение свободных затухающих колебаний

$$\frac{d^2 q}{dt^2} + 2\beta \frac{dq}{dt} + \omega_0^2 q = 0,$$

где  $\beta = \frac{R}{2L}$  - коэффициент затухания.

Его решение

$$q(t) = q_{v0} e^{-\beta t} \cos(\omega t + \alpha),$$

где  $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}$  - частота затухающих колебаний.

Постоянная времени затухания в контуре  $\tau$  есть время, за которое амплитуда колебаний уменьшается в  $e = 2.73$  раз. На графике зависимости амплитуды затухающих колебаний от времени касательная, проведенная к графику  $q(t)$  в начальный момент времени, пересекает ось времени в точке  $t = \tau$ .



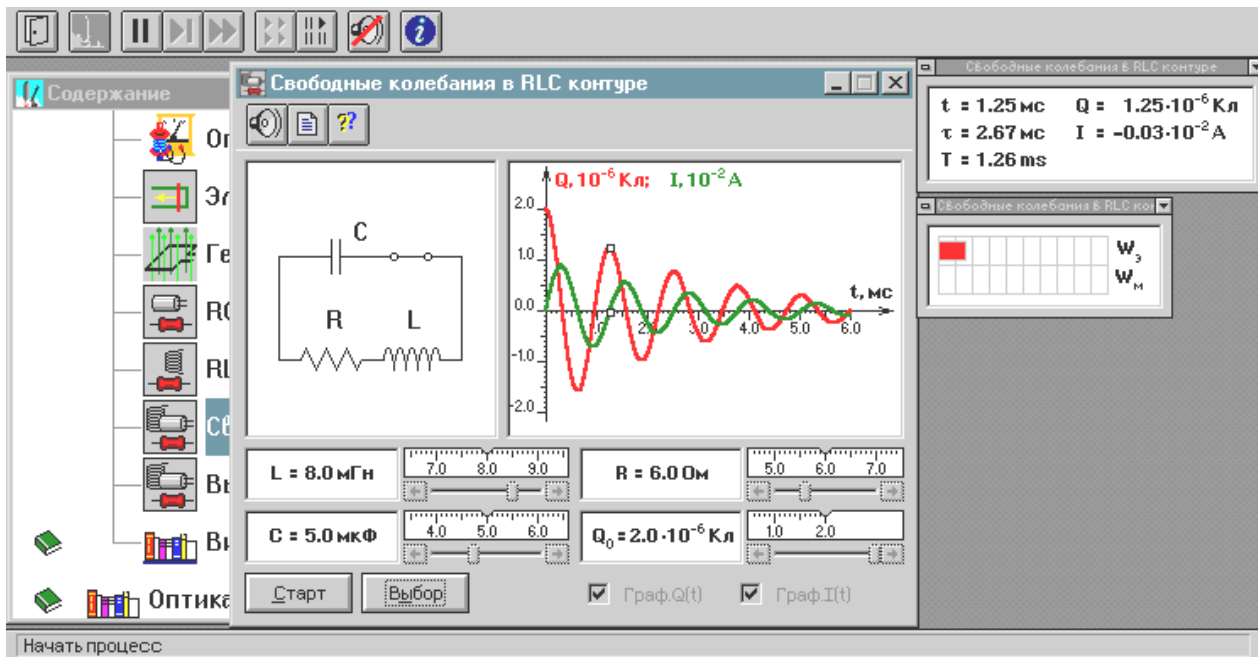
Логарифмическим декрементом колебаний называется величина, определяемая формулой

$$\lambda = \ln \frac{A(t)}{A(t+T)} = \beta T.$$

Добротностью контура называется величина  $Q = \frac{\pi}{\lambda}$ .

## Методика и порядок измерений

Закройте окно теории. Внимательно рассмотрите рисунок, найдите все регуляторы и другие основные элементы и зарисуйте их в конспект.



**Получите у преподавателя допуск для выполнения измерений.**

### Измерения

1. Нажмите мышью кнопку «Выбор». Подведите маркер мыши к движку регулятора, нажмите на левую кнопку мыши и, удерживая ее в нажатом состоянии, меняйте величину емкости конденсатора и установите числовое значение, равное взятому из табл. 1 для вашей бригады. Аналогичным способом установите величину индуктивности катушки в соответствии с табл. 1.
2. Установите сопротивления резистора  $R = 1$  Ом. Нажав кнопку «Старт», наблюдайте график зависимости заряда конденсатора от времени. Измерьте линейкой значения первых шести амплитуд и запишите их в табл. 2, составленную по форме 1. Меняя сопротивление  $R$ , повторите измерения амплитуд и заполните табл. 2.

Значения емкости конденсатора и индуктивности катушки  
(не перерисовывать)

Табл. 1

Бригада	1	2	3	4	5	6	7	8
$C$ [мкФ]	3	3	2.7	2.7	2.4	2.4	2	2
$L$ [мГн]	6	7	8	9	10	9	8	7

Результаты измерений при  $C = \underline{\hspace{1cm}}$  мкФ,  $L = \underline{\hspace{1cm}}$  мГн,  $T = \underline{\hspace{1cm}}$  мс.

Форма 1

$R$ , Ом	$A_1$ , мм	$A_2$ , мм	$A_3$ , мм	$A_4$ , мм	$A_5$ , мм	$A_6$ , мм	$\tau$ , мс	$\beta$ , с <sup>-1</sup>
1								
2								
3								
4								
5								
6								
$t$ [мс]								

### Обработка результатов и оформление отчета

1. Рассчитайте значения периода колебаний и запишите в заголовке таблицы по форме 1.
2. Рассчитайте время  $t$ , при котором измерена соответствующая амплитуда и запишите в таблицу по форме 1.
3. Постройте на одном чертеже графики экспериментальных зависимостей амплитуды колебания  $A$  от времени  $t$  (6 линий, соответствующих разным  $R$ ).
4. Для каждого графика постройте касательную к нему в начальный момент времени. Продолжив касательную до пересечения с осью времени, определите экспериментальное значение постоянной времени затухания  $\tau$  и запишите в таблицу по форме 1.
5. Рассчитайте величины коэффициента затухания  $\beta = 1/\tau$  и также внесите в таблицу по форме 1.
6. Постройте график зависимости коэффициента затухания от сопротивления резистора.
7. По графику  $\beta(R)$  определите индуктивность контура, используя формулу

$$L = \frac{1}{2} \frac{\Delta R}{\Delta \beta}.$$

8. Запишите ответ и сформулируйте выводы по ответу и графикам.

**Вопросы и задания для самоконтроля**

1. Что такое колебательный контур?
2. Каковы электрические характеристики резистора, конденсатора, катушки?
3. Дайте определение гармонических колебаний.
4. Что такое период колебания?
5. Какая физическая величина испытывает колебания в колебательном контуре?
6. Напишите формулу для напряжения на конденсаторе.
7. Напишите формулу для напряжения на катушке индуктивности. Какое другое название она имеет?
8. Напишите формулу для напряжения на резисторе. Какое другое название она имеет?
9. Какие законы выполняются для тока и напряжения на отдельных элементах в колебательном контуре?
10. Сформулируйте и запишите в виде формулы закон электромагнитной индукции в общем виде.
11. Сформулируйте и запишите в виде формулы закон электромагнитной индукции для проводящего контура.
12. Сформулируйте и запишите в виде формулы закон самоиндукции.
13. Запишите дифференциальное уравнение для заряда на конденсаторе в контуре, где существуют свободные гармонические колебания.
14. Запишите дифференциальное уравнение для заряда на конденсаторе в контуре, где существуют свободные затухающие колебания.
15. Напишите формулу циклической частоты свободных гармонических колебаний в контуре.
16. Напишите формулу зависимости заряда на конденсаторе от времени при свободных гармонических колебаниях в контуре.
17. Напишите формулу циклической частоты свободных затухающих колебаний в контуре.
18. Напишите формулу зависимости заряда на конденсаторе от времени при свободных затухающих колебаниях в контуре.
19. Напишите формулу для коэффициента затухания.
20. Дайте определение постоянной времени затухания.
21. Напишите формулу логарифмического декремента затухания колебаний. Что он характеризует?
22. Напишите формулу связи логарифмического декремента затухания колебаний с коэффициентом затухания.
23. Напишите формулу для добротности контура. Что определяет добротность?
24. Нарисуйте зависимость заряда на конденсаторе от времени при свободных затухающих колебаниях в контуре. Покажите на рисунке, как графически определяется постоянная времени затухания.