

Лабораторная работа 3.2.4  
СВОБОДНЫЕ КОЛЕБАНИЯ В  
ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ КОНТУРЕ

Гарина Ольга

3 ноября 2020 г.

**Цель работы:** изучение свободных колебаний в электрическом контуре.

**В работе используются:** генератор импульсов, электронное реле, магазин сопротивлений, магазин емкостей, индуктивность, электронный осциллограф с разделительной панелью, измеритель LCR.

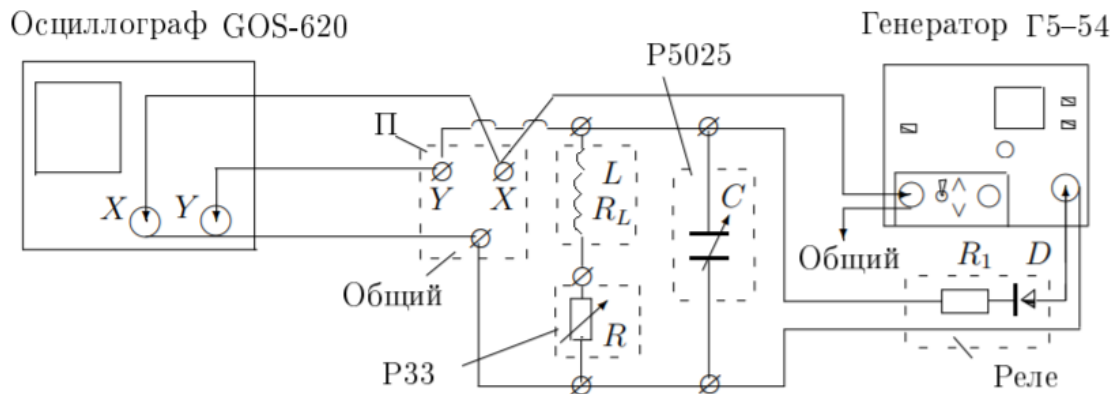


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки

Для периодического возбуждения колебаний в контуре используется генератор импульсов Г5-54. С выхода генератора по коаксиальному кабелю импульсы поступают на колебательный контур через электронное реле, смонтированное в отдельном блоке. Реле содержит диодный тиристор D и ограничительный резистор  $R_1$ .

Импульсы заряжают конденсатор C. После каждого импульса генератор отключается от колебательного контура, и в контуре возникают свободные затухающие колебания. Входное сопротивление осциллографа велико ( $\approx 1$  МОм), так что его влиянием на контур можно пренебречь. Для получения устойчивой картины затухающих колебаний используется режим ждущей развертки с синхронизацией внешними импульсами, поступающими с выхода <синхроимпульсы> генератора.

Уравнение затухающих колебаний можно записать в виде

$$I = -\frac{U_0}{L\kappa} e^{\gamma t} \text{sh} \kappa t, \quad (1)$$

где  $U_0$  - некоторое начальное напряжение в контуре,  $\kappa = \sqrt{\gamma^2 - \omega_0^2}$ , а  $\gamma = \frac{R}{2L}$ .

Зависимость напряжения  $U_C$  от времени в режиме свободных затухающих колебаний представлена на рис.2

В случае слабого затухания ( $\gamma \ll \omega_0$ ) период можно вычислить по формуле

$$T = 2\pi\sqrt{LC}. \quad (2)$$

В случае аperiodических колебаний ( $\gamma > \omega_0$ ), описываемых уравнением

$$U_C = U_0 e^{-\gamma t} \left( \frac{\gamma}{\kappa} \text{sh} \kappa t + \text{ch} \kappa t \right) \quad (3)$$

картину колебаний можно представить в следующей виде (рис.3) В этом случае

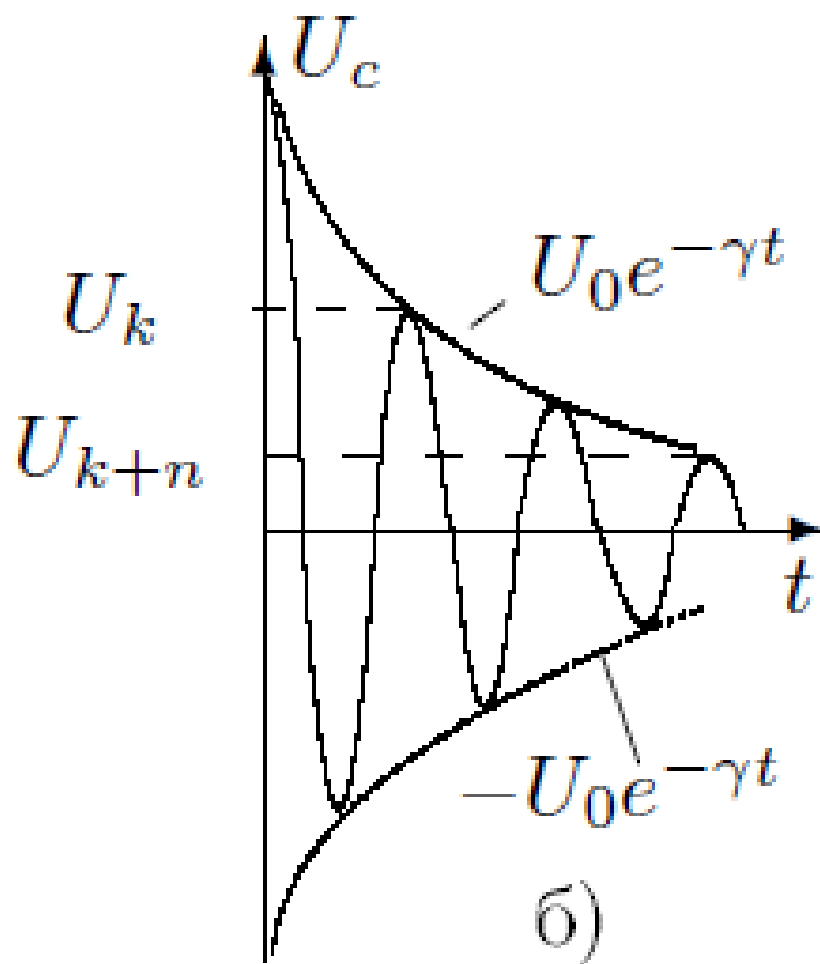


Рисунок 2 – Затухающие колебания ( $\gamma < \omega_0$ )

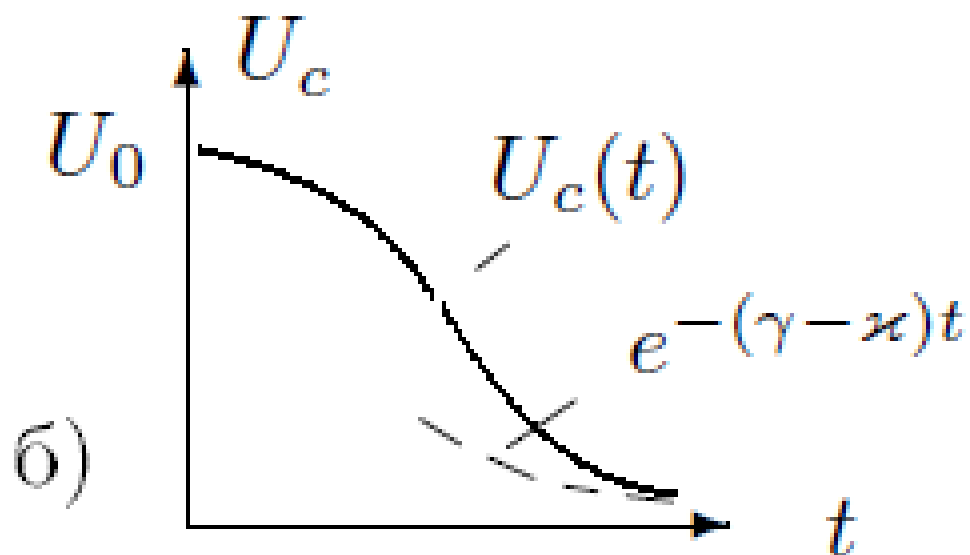


Рисунок 3 – Аперiodический режим ( $\gamma > \omega_0$ )

можно ввести такую величину как критическое сопротивление

$$R_{кр} = 2\sqrt{\frac{L}{C}}. \quad (4)$$

В критическом режиме картина колебаний принимает следующий вид (рис.4)

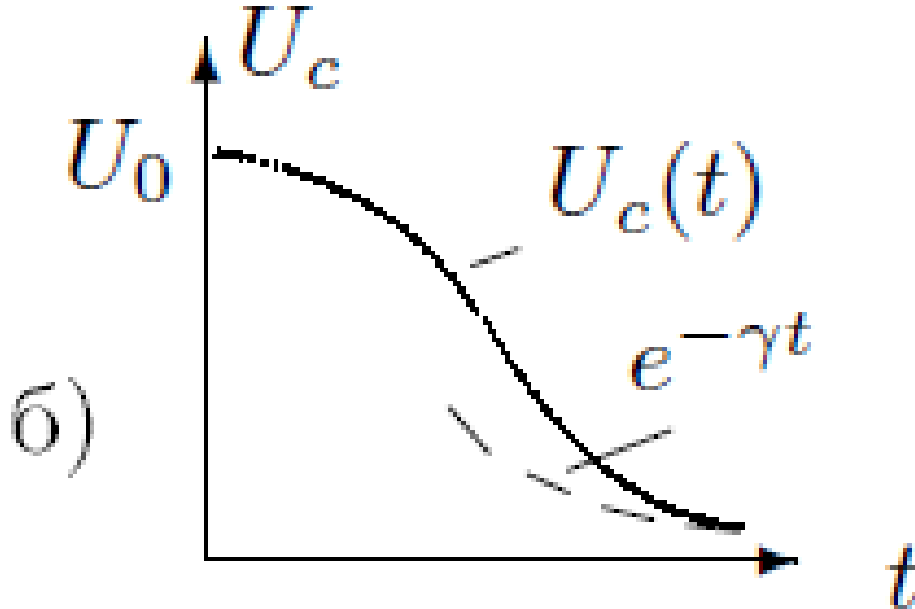


Рисунок 4 – Критический режим ( $\gamma = \omega_0$ )

В колебательном режиме потери в контуре принято характеризовать добротностью  $Q$  и логарифмическим декрементом затухания  $\Theta$

$$Q = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}} \quad (5)$$

$$\Theta = \ln \frac{U_k}{U_{k+1}} = \gamma T. \quad (6)$$

Часто удобнее исследовать не два последовательных максимальных отклонения в одну сторону, а отношение максимальных отклонений, разделенных целым числом периодов  $n$

$$\Theta = \frac{1}{n} \ln \frac{U_k}{U_{k+n}}. \quad (7)$$

Можно определить физический смысл логарифмического декремента затухания: это величина, обратная числу периодов  $n_e$ , за которое амплитуда колебаний падает в  $e$  раз. Связь между добротностью и декрементом затухания выражается следующим уравнением

$$Q = \frac{\pi}{\Theta} \quad (8)$$

## 1 Измерение периодов

В ходе лабораторной работы удалось с помощью осциллографа получить зависимость периода колебаний от емкости конденсатора (данные в Приложении 3.2.4). Зависимость экспериментально полученных периодов колебаний от теоретически рассчитанных по формуле (2) представлена на рис. 5.

С помощью МНК было получено значение коэффициента наклона данной прямой

$$k = 0.64 \pm 0.05$$

## 2 Критическое сопротивление и декремент затухания

В ходе эксперимента получилось снять зависимость декремента затухания от сопротивления в периодическом режиме. При этом по формуле (4)

$$R_{кр} = 12600 \pm 2520 \text{ Ом.}$$

По наблюдениям за картиной апериодических колебаний на осциллографе

$$R_{кр} = 9000 \pm 2000 \text{ Ом}$$

А по коэффициенту наклона прямой графика на рис. 6 по формуле

$$R_{кр} = 2\pi\sqrt{k} = 10675 \pm 271 \text{ Ом,} \quad (9)$$

где  $k$  – посчитанный с помощью МНК коэффициент наклона данной прямой.

## 3 Колебания на фазовой плоскости

Наблюдения за спиралью на осциллографе позволили посчитать добротность контура еще одним способом. Результаты экспериментов приведены в таблице 1

$L_{кат}$	$R_{кр}$			$R$	$Q$		
	Теор	Подбор	Граф		Теор	$f(\Theta)$	Спираль
146 мГн	12600 Ом	9000 Ом	10675 Ом	3510.06 Ом	1.8	1.34	1.95
				1210.06 Ом	5.2	4.32	5.25

Таблица 1 – Результаты измерения критического сопротивления и добротности

Погрешности измерений величин разными способами приведены в Таблице 2. Большая погрешность измерения сопротивления и добротности по показаниям осциллографа обусловлена сложностью определения расстояний на экране.

$R_{\text{теор}}$	20%
$R_{\text{подбор}}$	22%
$R_{\text{граф}}$	2,5 %
$Q_{\text{теор}}$	3-8 %
$Q_{\Theta}$	14-16 %
$Q_{\text{спираль}}$	10-50 %

Таблица 2 – Сводная таблица

#### 4 Вывод

В ходе лабораторной работы удалось изучить свободные колебания в электрическом контуре и измерить характеристики контура при различных параметрах.

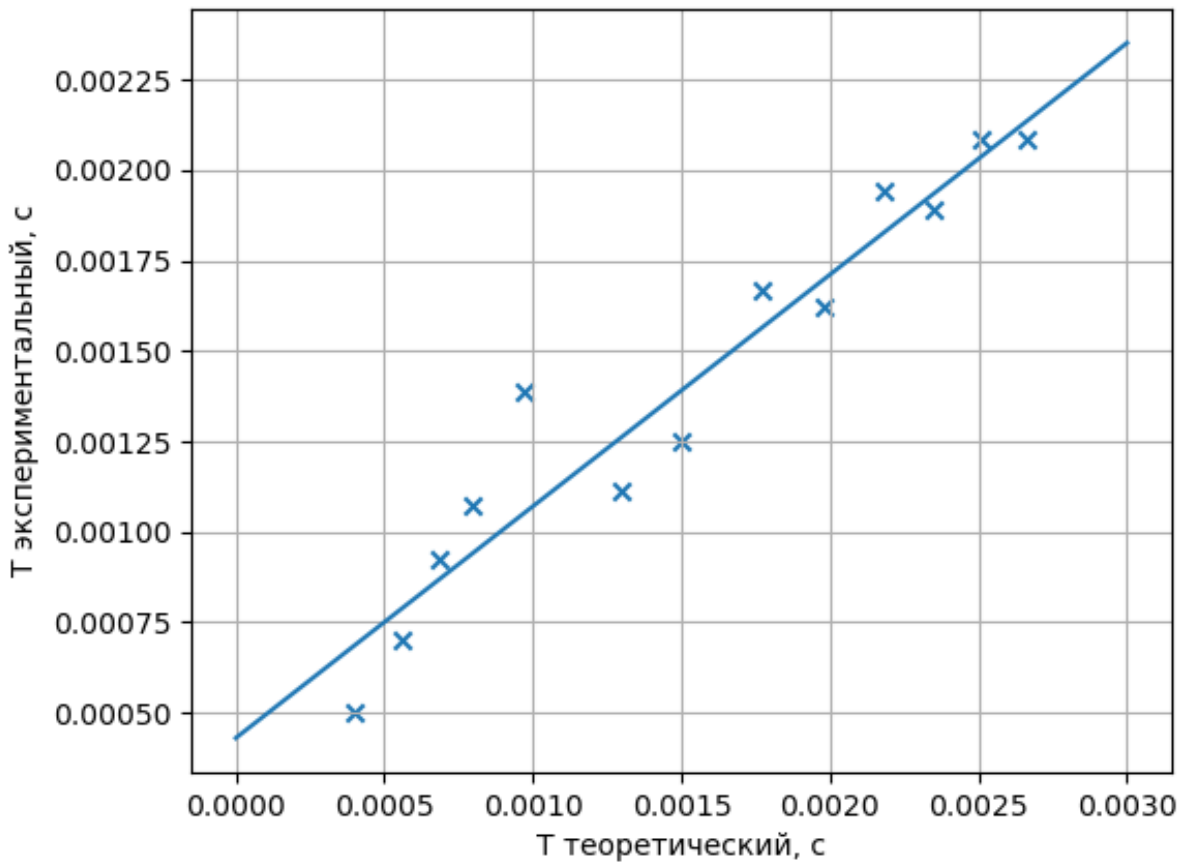


Рисунок 5 – Зависимость экспериментально полученного периода от теоретически рассчитанного

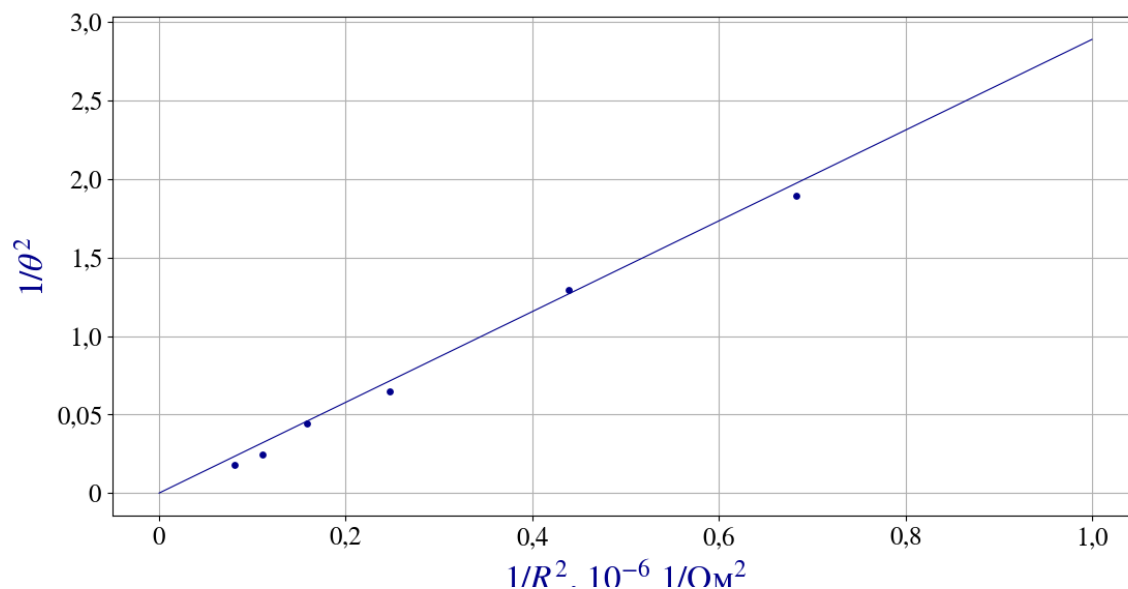


Рисунок 6 – Зависимость обратного квадрата декремента затухания от обратного квадрата сопротивления контура

## 5 Литература

1. Лабораторный практикум по общей физике: Учебное пособие в трех томах. Т. 2. Электричество и магнетизм. 2-е изд., перераб и дополн. / Никулин М.Г., Попов П.В, Нозик А.А. и др.; Под ред. А.В. Максимычева, М.Г. Никулина. – М.: МФТИ, 2019. – 370 с