



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**ИНСТИТУТ ЭЛЕКТРОНИКИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ при
КЫРГЫЗСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ
УНИВЕРСИТЕТЕ им. И. РАЗЗАКОВА.**

Кафедра “Радиоэлектроника”

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
ЗАТУХАЮЩИХ КОЛЕБАНИЙ ПРИ ПОМОЩИ
ОСЦИЛЛОГРАФА**

Методическое указание к выполнению лабораторной работы по дисциплинам «Метрология, стандартизация и сертификация» и «Информационно – измерительная техника и электроника» для студентов по направлениям «Радиотехника», «Телекоммуникация», «Электроэнергетика» всех форм обучения.

Бишкек 2011



Рассмотрено

на заседании кафедры

«Радиоэлектроника»

Протокол: №2 от 25.10.2011

Одобрено

учебно - методической

комиссией ИЭТ

Протокол: № 3 от 24.11.2011

УДК 531.7621.396.969.1

Составитель: ЧИКЕТАЕВ Т.Т.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЗАТУХАЮЩИХ КОЛЕБАНИЙ ПРИ ПОМОЩИ ОСЦИЛЛОГРАФА: методические указания к выполнению лабораторной работы для студентов по направлениям «Радиотехника», «Телекоммуникации», «Электроэнергетика» всех форм обучения.

Излагается методика выполнения лабораторной работы исследовательского характера. Определяется декремент затухания колебательного контура от сопротивления.

Предназначено для студентов направлений 552500, 550401, 551701; всех форм обучения.

Ил. 4; Табл. 2; Библиогр.: 2 наименов.

Рецензент: ст. преп. Джылышбаев Н.А.



Лабораторная работа

Тема: Исследование электрических затухающих колебаний при помощи осциллографа

1. Введение

Цель работы: изучение зависимости периода затухающих колебаний и логарифмического декремента затухания от параметров колебательного контура.

Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью C , катушки индуктивностью L и резистора сопротивлением R , соединенных между собой последовательно (рис. 1).

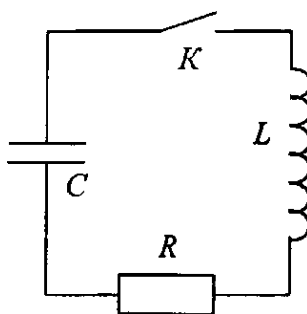


Рис. 1 Схема колебательного контура

Если предварительно заряженный конденсатор замкнуть на катушку индуктивности, то в контуре (рис. 1) возникнут свободные (или собственные) электромагнитные колебания. Точную характеристику этого процесса получим, применив к колебательному контуру обобщенный закон Ома $IR = U_c + e$. Здесь U_c - разность потенциалов на обкладках

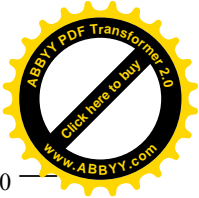
конденсатора в произвольный момент времени; $-e$ - ЭДС самоиндукции (в рассматриваемом контуре это единственная ЭДС); ток в контуре I и заряд на конденсаторе q связаны соотношением $I = -dq/dt$, где $q = CU_c$, знак « $-$ » указывает на то, что положительным считается направление тока, соответствующее убыли заряда (разности потенциалов) на конденсаторе.

Подставив значения e , I и $U_c = q/C$ в закон Ома и разделив на L , получим

$$\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{Rdq}{Ldt} + \frac{1}{LC}q = 0 \quad (1)$$

Решение уравнения (1) имеет вид

$$q = q_0 e^{-\beta t} \cos(\omega t + \varphi_0) \quad (2)$$



где ω - круговая частота возникающего в контуре колебательного процесса; φ_0 — начальная фаза; $\beta = R/2L$ - коэффициент затухания колебаний.

Разность потенциалов обкладок конденсатора изменяется по тому же закону, что и заряд:

$$U_C = \frac{q}{C} = U_0 e^{-\beta t} \cos(\omega t + \varphi_0), \text{ где } U_0 = \frac{q_0}{C}$$

График зависимости $U_C(t)$ (для $\varphi_0 = 0$) изображен на рис.2. Множитель

$A(t) = U_0 e^{-\beta t}$, называемый амплитудой колебательного процесса, убывает по экспоненциальному закону (пунктирная линия на рис. 2); U_0 - начальная амплитуда. Величина ω определяется формулой

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2} \quad (3)$$

Из этого выражения следует, что свободные затухающие колебания возможны в контуре, сопротивление которого удовлетворяет условию

$$\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2 > 0 \text{ или } R < 2\sqrt{\frac{L}{C}};$$

При этом переход электрической энергии в магнитную и обратно будет происходить с потерей на джоулево тепло. Если $R < 2\sqrt{\frac{L}{C}}$; то разряд конденсатора теряет колебательный характер и происходит аperiодически. Сопротивление, при котором начинается аperiодический процесс, называется критическим.

В отсутствие сопротивления ($R = 0$) в контуре возникают свободные незатухающие колебания с частотой $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$, которую называют собственной частотой контура.

Период таких колебаний

$$T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{LC} \quad (4)$$

При этом энергия электрического поля конденсатора C полностью переходит в энергию магнитного поля катушки L и наоборот.

Для характеристики затухания колебаний часто пользуются логарифмическим декрементом затухания δ , который равен натуральному логарифму отношения двух амплитуд, отличающихся во времени на период,



$A(t)$ и $A(t+T)$ на рис. 2:

$$\delta = \frac{\ln(A(t))}{A(t+T)} = \beta T \quad (5)$$

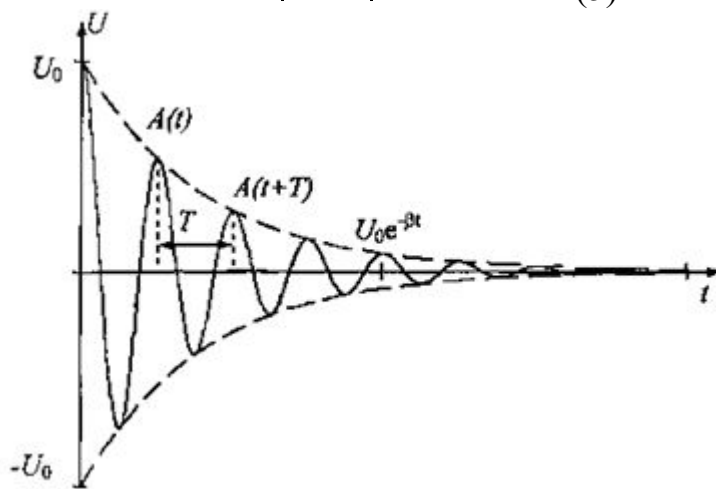


Рис.2 Логарифмический декремент затухания

Величина δ определяет степень убывания амплитуды в течение одного периода.

2. Описание установки и метода измерений

Установка состоит из генератора прямоугольных импульсов Г, электронного осциллографа (ЭО) и колебательного контура LCR. Схема установки изображена на рис. 3,

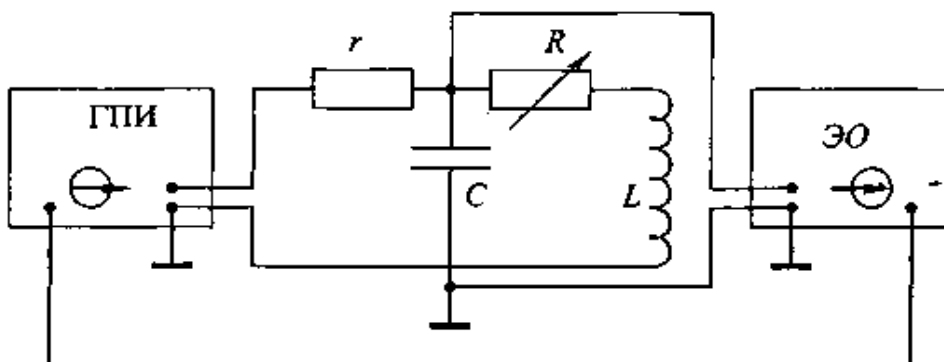


Рис.3 Схема лабораторной установки

где C - набор емкостей; L - катушка индуктивности с сопротивлением R_L ; R -

магазин сопротивления; r - согласующее сопротивление.

Генератор импульсов вырабатывает на выходе прямоугольные импульсы напряжения длительностью от 0,1 до 10^3 мкс. В промежутке между импульсами в контуре LCR совершаются затухающие колебания. Разность потенциалов с обкладок конденсатора подается на вертикально отклоняющие пластины Y осциллографа, на экране которого наблюдается картина затухания колебаний.

Работа состоит из двух частей. В первой части изучают зависимость периода T собственных затухающих колебаний контура от величины емкости. Понятие периода здесь вводится условно, так как затухающие колебания не являются периодическими. Величину T определяют по формуле:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}} \quad (6)$$

Для нахождения T измеряют время τ нескольких n колебаний (рис. 4). Определение временных промежутков производят следующим образом. С помощью делений шкалы экрана осциллографа.

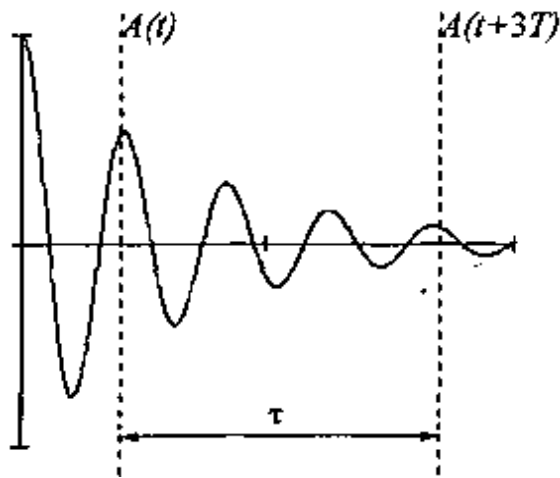


Рис. 4 Измерение длительности колебаний

Измеряют по горизонтальной оси расстояние x между двумя точками, интервал времени τ между которыми необходимо рассчитать. Измеренное по шкале расстояние x , см, умножается на цифровое значение индекса длительности развертки на сантиметр a , а затем на показание переключателя «множитель» γ . В этом случае рассматриваемый интервал времени будет

равен $\tau = \left(x_{CM} * a \frac{MKc}{CM} * \gamma \right)$, а период колебаний определяется по формуле:



$$T = \frac{\tau}{n} \quad (7)$$

Во второй части работы исследуют зависимость логарифмического декремента затухания δ от сопротивления контура. Для большей точности - рекомендуется рассматривать амплитуды в моменты времени, разделенные не одним, а несколькими периодами (например, $n=3$, рис. 4); тогда

$$\delta = \frac{\frac{1}{n} \ln(A(t))}{A(t+T)} \quad (8)$$

Значения амплитуд $A(t)$ и $A(t+nT)$ измеряют по шкале экрана осциллографа. Опыты производят при разных значениях сопротивления контура и при неизменной емкости.

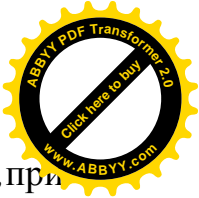
3. Порядок выполнения работы

Определение зависимости периода собственных затухающих колебаний от величины емкости

1. Собрать цепь по схеме рис. 3.
2. Установить ручки управления осциллографа и генератора в положения, которые указаны в таблице на установке.
3. Установить на магазине сопротивления $R=0$ и на магазине емкостей $C=0,01$ мкФ.
4. С помощью ручки вертикального перемещения « \updownarrow » установить кривую на экране трубки по возможности симметрично относительно оси X, а с помощью ручки перемещения по горизонтали « \leftrightarrow » передвинуть измеряемый участок кривой в среднюю часть шкалы.
5. Измерить по горизонтальной оси расстояние x соответствующее n колебаниям (рис.4). Записать значение длительности развертки α и показание «множителя» γ . Точность измерений значительно повышается, если увеличивать длину измеряемого участка кривой (но не более 80 мм).
6. Повторить опыт при различных значениях C .

Изучение зависимости логарифмического декремента затухания от сопротивления контура

1. Установить $R=0$ и одно из значений емкости.
2. По шкале экрана трубки определить значения двух амплитуд $A(t)$ и $A(t+nT)$ (или $A(t+T)$).
3. Повторить измерения при других значениях R магазина (например, $R=10, 20, 30, \dots, 80$ Ом), не изменяя C . Для удобства измерения, рекомендуется



поддерживать постоянным значение $A(t)$ (например, 20 мм) для всех R , при этом каждый раз тщательно определять значение $A(t+nT)$. Регулировку величины $A(t)$ производить с помощью ручек «усилитель Y » осциллографа.

4. Обработка результатов измерений

Зависимость периода собственных затухающих колебаний T от C

Данные установки:

$R = 0$; $L = \dots$ мГн; $\alpha = \dots$ мкс/см; $\gamma =$

Таблица 1

№ п/п	C, мкф	n	τ		$T_{\text{эксп}}, \text{мкс}$	$T_{\text{теор}}, \text{мкс}$
			x, см	мкс		

1. По формуле (7) рассчитать экспериментальное значение периода $T_{\text{эксп}}$ для каждого C , где $\tau = (x \cdot \alpha \cdot \gamma)$ мкс. Например, $\alpha = 50$ мкс/см; $\gamma = (\times 1)$;

тогда $\tau = \left(x_{\text{см}} \cdot 50 \frac{\text{мкс}}{\text{см}} \cdot 1 \right)$ мкс.

2. Сравнить $T_{\text{эксп}}$ с теоретическим значением периода свободных колебаний; поскольку условия эксперимента таковы, что $\beta \ll \omega_0$, то можно принять .

3. Построить график зависимости

Определение логарифмического декремента затухания

Данные установки:

$L = \dots$ мГн; $R_L = \dots$ Ом; $C = \dots$ мкФ.

Таблица 2

№ п/п	R, Ом	$R_1 = R + R_L, \text{Ом}$	$A(t), \text{мм}$	$A(t+nT), \text{мм}$	$\delta_{\text{эксп}}$	$\delta_{\text{теор}}$

1. Рассчитать экспериментальное значение $\delta_{\text{эксп}}$ по формуле (8) для разных R .



2. Сравнить $\delta_{\text{экс}}$ с теоретическим значением, рассчитанным по формуле

где $R_l = R + R_L$ - полное сопротивление контура (R - сопротивление магазина, R_L - сопротивление катушки).

3. Построить график зависимости $\delta_{\text{экс}} = f(R_l)$.

4. Дополнительное задание: определить экспериментально критическое сопротивление, сравнить его с теоретическим значением; проверить условие $\beta \ll \omega_0$.

5. Контрольные вопросы

1. Нарисовать электрическую схему колебательного контура.
2. Как измерить период собственных затухающих колебаний T_c помощью осциллографа? От чего зависит T ?
3. С помощью, каких измерений определяют логарифмический декремент затухания? От каких параметров контура он зависит?
4. Написать закон изменения заряда (или разности потенциалов) на обкладках конденсатора.
5. Что называется критическим сопротивлением?

ЛИТЕРАТУРА

1. Детлаф А. А., Яворский Б. М. Курс физики. Т. 2. — М.: Высш. школа, 1977.
2. Измерения в радиоэлектронике. Справочник. Под редакцией В.А.Кузнецова-М: Энергоиздат, 1987.