

### 3.2.4 (4.5). СВОБОДНЫЕ КОЛЕБАНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ КОНТУРЕ

ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ – 26 октября 2016 г.

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

**Экспериментальная установка.** На рис. 2 приведена схема для исследования свободных колебаний в контуре, содержащем постоянную индуктивность  $L$  и переменные ёмкость  $C$  и сопротивление  $R$ . Колебания наблюдаются на экране осциллографа.

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 (или на выходе генератора). Реле содержит диодный тиристор<sup>1</sup>  $D$  и ограничительный резистор  $R_1$ .

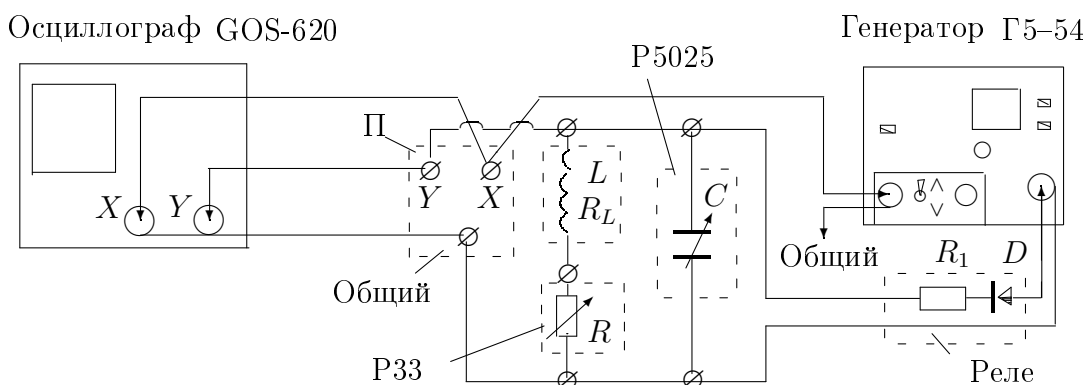


Рис. 2. Схема установки для исследования свободных колебаний

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 развёртки с синхронизацией внешними импульсами, поступающими с выхода <синхроимпульсы> генератора.

#### ЗАДАНИЕ

В работе предлагается исследовать зависимость периода свободных колебаний контура от ёмкости, зависимость логарифмического декремента затухания от сопротивления, определить критическое сопротивление и добротность контура.

#### 1. Подготовка приборов к работе

1. а) Соберите схему согласно рис. 2. Выход генератора через реле подключите к клеммам «1» и «2'» магазина емкостей. В этом случае верхним рядом курбелей (ручек) можно менять ёмкость в интервале 0–1 мкФ. Показания курбелей суммируются.

<sup>1</sup> Тиристор (от греч. *θυρα* — вход, дверь и англ. *resistor* — сопротивление) — полупроводниковый ключ, сопротивление которого зависит от напряжения на нём. При напряжении выше порогового тиристор открывается, а при любом напряжении другого знака закрывается; благодаря этому сопротивление генератора не влияет на процесс в колебательном контуре.

2. Включите генератор импульсов в сеть; ручкой «АМПЛ» генератора установите на вольтметре напряжение чуть меньше 30-и В, при этом должны быть нажаты кнопки « $\times 1$ », « $\perp$ » (или « $\lrcorner$ ») и «запуск»; ручку регулировки амплитуды синхроимпульсов «АМПЛ» поставьте на максимум (поворот по часовой до упора); длительность импульсов подбирается с помощью подвижных шкал (чёрная и белая) и вертикального ряда кнопок (множителей): при нажатой чёрной кнопке отсчёт ведётся по чёрной шкале с умножением на коэффициент, указанный около нажатой кнопки; при нажатой белой кнопке — соответственно по белой шкале: частота повторения импульсов устанавливается аналогично; установите длительность импульсов  $\sim 5 \mu S$  ( $5 \cdot 10^{-6}$  с); частоту повторения импульсов  $\nu_0 = 100$  Hz ( $T_0 = 0,01$ с).
  - б) Настройте осциллограф, руководствуясь техническим описанием, расположенным на установке.

## II. Измерение периодов

3. Установите на магазине сопротивлений величину  $R = 0$ ; на магазине емкостей — величину  $C = 0,02$  мкФ;
4. Прокалибруйте горизонтальную ось осциллографа по известному периоду повторения импульсов: для этого
  - а) подберите частоту развёртки ЭО, при которой расстояние  $x_0$  между импульсами, поступающими с генератора, занимает почти весь экран; измерьте расстояние  $x_0$ ;
  - б) измерив на экране расстояние  $x$ , которое занимают несколько полных периодов  $n$ , можно, зная  $T_0$  (0,01 сек) и  $x_0$ , рассчитать период колебаний контура:  $T = T_0 x / (n x_0)$ . Малые расстояния  $x$  можно увеличить кнопкой растяжки развёртки ( $\times 10$ ).
  - в) Изменяя ёмкость от 0,02 мкФ до 0,9 мкФ и периодически проверяя величину  $x_0$ , проведите измерения периодов (8–10 значений).

## III. Критическое сопротивление и декремент затухания

5. Приняв  $L = 200$  мГн, рассчитайте ёмкость  $C$ , при которой собственная частота колебаний контура  $\nu_0 = 1/(2\pi\sqrt{LC})$  составляет 5 кГц. Для выбранных значений  $L$  и  $C$  рассчитайте критическое сопротивление контура  $R_{кр}$  по формуле  $R_{кр} = 2\sqrt{L/C}$ .
6. Установите на магазине ёмкость, близкую к рассчитанной. Увеличивая сопротивление  $R$  от нуля до  $R_{кр}$ , наблюдайте картину затухающих колебаний на экране ЭО. Зафиксируйте сопротивление магазина, при котором колебательный режим переходит в аperiодический. Найденное экспериментально значение  $R_{кр}$  может отличаться от рассчитанного, т.к. величина  $L$  задана приближённо.
7. Установите сопротивление  $R \simeq 0,1R_{кр}$  (эксп.). Получите на экране картину затухающих колебаний. Для расчёта логарифмического декремента затухания  $\Theta$  по формуле

$$\Theta = \frac{1}{n} \ln \frac{U_k}{U_{k+n}}$$

измерьте амплитуды, разделённые целым числом периодов  $n$ .

Точность измерений повысится, если сместить горизонтальную ось симметрии сигнала в нижнюю часть экрана. Расчёт будет тем точнее, чем больше отличаются друг от друга измеряемые амплитуды, а минимальная не должна быть меньше 5–6 мм.

8. Повторите измерения для 6–8 значений  $R$  в интервале  $(0,1-0,3) \cdot R_{кр}$ .

#### IV. Колебания на фазовой плоскости

9. Для наблюдения затухающих колебаний на фазовой плоскости подайте на вход «X» ЭО напряжение с магазина сопротивлений; для этого достаточно отсоединить «синхроимпульсы» генератора от клемм «X– земля» разделительной панели П и соединить клемму X панели с точкой, расположенной между катушкой  $L$  и магазином  $R$ .

Переведите ручку «TIME/DIV» развёртки в положение «X – Y» (поворотом против часовой стрелки) и убедитесь, что растяжка ( $\times 10$ ) отключена.

Введите сопротивление  $R$  на магазине и ручками чувствительности каналов подберите масштаб спирали.

При том же значении  $C$ , что и в п. 4, наблюдайте за изменением спирали при увеличении сопротивления от 0,1 до  $0,3 \cdot R_{кр}$ .

Для определения  $\Theta$  измерьте радиусы витков спирали, разделённые целым числом периодов  $n$ , для одного-двух значений  $R$  на каждом краю рабочего диапазона.

10. Отсоедините катушку от цепи. Измерьте омическое сопротивление катушки  $R_L$  и индуктивность  $L$  с помощью измерителя  $LCR$  на частотах 50 Гц, 1 кГц и 5 кГц. Подумайте, почему результат измерения  $R_L$  зависит от частоты.

#### V. Обработка результатов

1. Рассчитайте экспериментальные значения периодов по результатам измерений и теоретические по формуле  $T = 2\pi\sqrt{LC}$ . Постройте график  $T_{эксп} = f(T_{теор})$ .

2. Рассчитайте значения  $\Theta$  и  $R_{конт}$  (сопротивление контура состоит из сопротивления магазина  $R$  и омического сопротивления катушки  $R_L$ ).

Постройте график в координатах  $1/\Theta^2 = f[1/(R_{конт}^2)]$ . Определите критическое сопротивление  $R_{кр}$  по наклону прямой. Приняв обозначения  $1/\Theta^2 = Y$ ,  $1/(R_{конт}^2) = X$ , можно показать, что  $R_{кр} = 2\pi\sqrt{\Delta Y/\Delta X}$ .

3. Рассчитайте теоретическое значение  $R_{кр} = 2\sqrt{L/C}$  и сравните с измеренным.

4. Рассчитайте добротность контура  $Q$  для максимального и минимального значений  $\Theta$  по картине затухающих колебаний и сравните с расчётом  $Q$  через параметры контура  $R, L, C$ .

5. Рассчитайте добротность  $Q$  по спирали.

6. Сведите результаты эксперимента в таблицу:

$L_{кат}$	$R_{кр}$			$R$	$Q$		
	Теор.	Подбор	Граф.		Теор.	$f(\Theta)$	Спираль
				max			
				min			

7. Оцените погрешности и сравните результаты. Какой из методов определения  $R_{кр}$  и  $Q$  точнее?

Исправлено 26-X-2016 г.