



$$x_1(t_0 + h) \approx x_1(t_0) + h \frac{dx_1(t_0)}{dt},$$

.....

$$x_n(t_0 + h) \approx x_n(t_0) + h \frac{dx_n(t_0)}{dt}.$$

Далее мы можем определить значения переменных при  $t = t_0 + 2h$ ,  $t_0 + 3h$  и т. д. Таким образом, уравнения (1) позволяют определить состояние цепи в любой момент времени при известных начальных значениях переменных. Если известны значения переменных состояния, то легко могут быть найдены и остальные токи и напряжения.

Переходные процессы в колебательных контурах описываются дифференциальными уравнениями 2-ого порядка.

$$i'' + \frac{R}{L} i' + \frac{1}{LC} i = \frac{1}{L} E'(t) \quad (2)$$

Рассмотрим решение уравнения (2) через интеграл Дюамеля.

Для использования интеграла Дюамеля нужны нулевые начальные условия, а также необходимо предварительно вычислить переходную функцию системы  $x_1(t)$ , которая является откликом системы на единичный входной сигнал.

Если нач. условия не нулевые, то сделаем замену:

$$\begin{aligned} x(t) &= i(t) - i(0), \\ i(t) &= x(t) + i(0). \end{aligned} \quad (3)$$

Подставим  $i(t)$  из неравенства(4) в уравнение (3).

В левой части оставляем всё, что с  $x(t)$ , остальное переносим в правую часть.

Для удобства обозначений сделаем замену:

$$\frac{R}{L} = a, \quad \frac{1}{LC} = b.$$

Вычислим переходную функцию системы  $x_1(t)$ , которая является откликом системы на единичный входной сигнал:

$$x_1''(t) + ax_1'(t) + bx_1(t) = 1 \quad (4)$$

Найдем изображение уравнения:

$$p^2 X_1(p) + apX_1(p) + bX_1(p) = \frac{1}{p}$$

Выразим  $X_1(p)$ :

$$X_1(p) \frac{1}{p \cdot (p^2 + ap + b)}$$

Далее находим оригинал  $x_1(t)$  от изображения.

$$\begin{aligned} p^2 + ap + b &= 0, \\ D &= a^2 - 4b. \end{aligned}$$

Тут есть 3 случая:  $D > 0, D = 0, D < 0$ .

Когда мы нашли  $x_1(t)$ , нам нужно найти производную  $x_1'(t)$ . После этого находим  $x(t)$ , вычислив интеграл:

$$x(t) = \int_0^t F(t - \tau)x_1'(\tau) d\tau$$

Далее подставим  $x(t)$  в эту формулу (3) и получим  $i(t)$ .

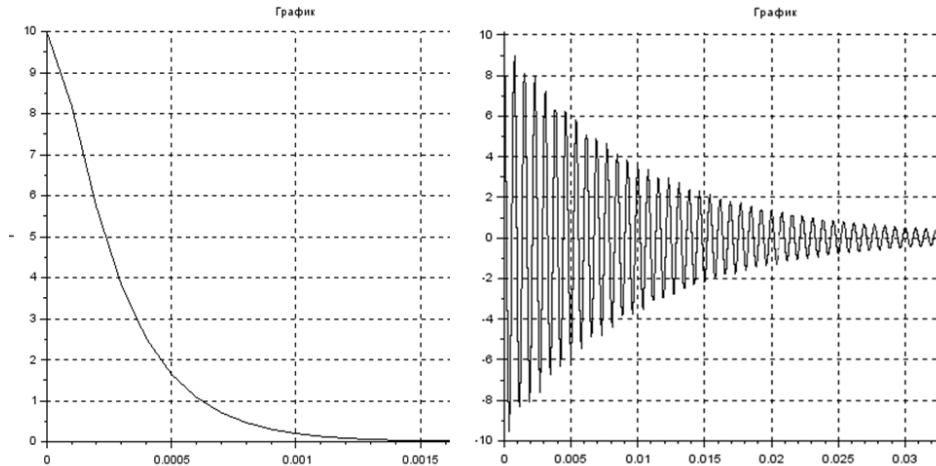


Рисунок 1 –  $i(t)$  при  $D \geq 0$  (слева), при  $D < 0$  (справа)

Исследование зависимости от сопротивления и собственной частоты контура

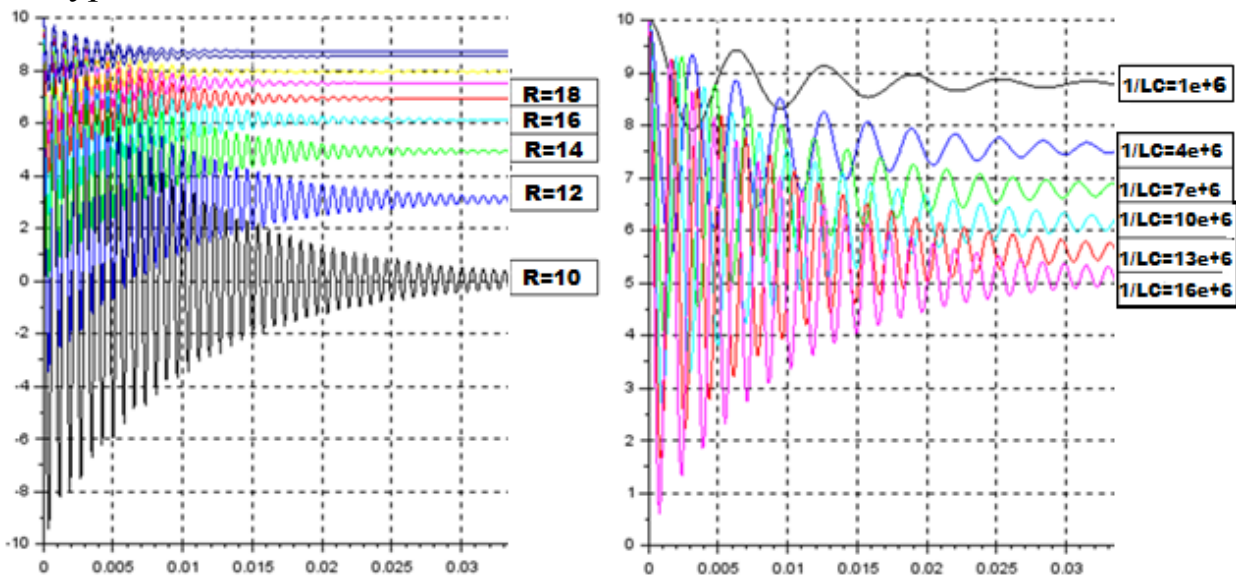


Рисунок 2 – Зависимость от сопротивления(слева), зависимость от собственной частоты контура(справа)

При увеличении сопротивления в контуре, скорость затухания колебаний увеличилась.

При увеличении собственной частоты контура  $\frac{1}{LC}$ , частота и амплитуда колебаний возрастает, скорость затухания колебаний увеличивается.