

140 Разрядка конденсатора на катушку индуктивности

Зарядим конденсатор C до напряжения, равного ЭДС источника E (рис.1), а затем подключим к катушке индуктивности L , намотанной проводом с сопротивлением r . Так как принуждённые составляющие равны 0, ток и напряжение имеют вид синусоид, затухающих по экспоненте

$$i = I e^{-\alpha t} \sin(\omega t + \psi_i); \quad u = U e^{-\alpha t} \sin(\omega t + \psi_u) \quad (1)$$

Собственная (резонансная) частота колебательного контура равна $\omega_0 = 1 / \sqrt{LC}$; коэффициент затухания $\alpha = r / 2L$; частота затухающих колебаний $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \alpha^2}$; критическое сопротивление равно $2\sqrt{L/C}$.

Из начальных условий, используя законы коммутации, можно рассчитать коэффициенты при экспонентах и начальные фазы колебаний

$$\psi_i = 0; \quad I = E/\omega L; \quad \psi_u = \arccos(\alpha/\omega_0); \quad U = E\omega_0/\omega; \quad \varphi = \psi_u - \psi_i, \quad (2)$$

$$\text{следовательно} \quad i = E/\omega L e^{-\alpha t} \sin \omega t; \quad u = E\omega_0/\omega e^{-\alpha t} \sin(\omega t + \varphi) \quad (3)$$

При малом сопротивлении r коэффициент затухания тоже мал, частота колебаний ω близка к собственной частоте колебательного контура ω_0 , сдвиг фаз φ между током и напряжением близок к четверти периода (осциллограмма рисунка 1 вверху слева).

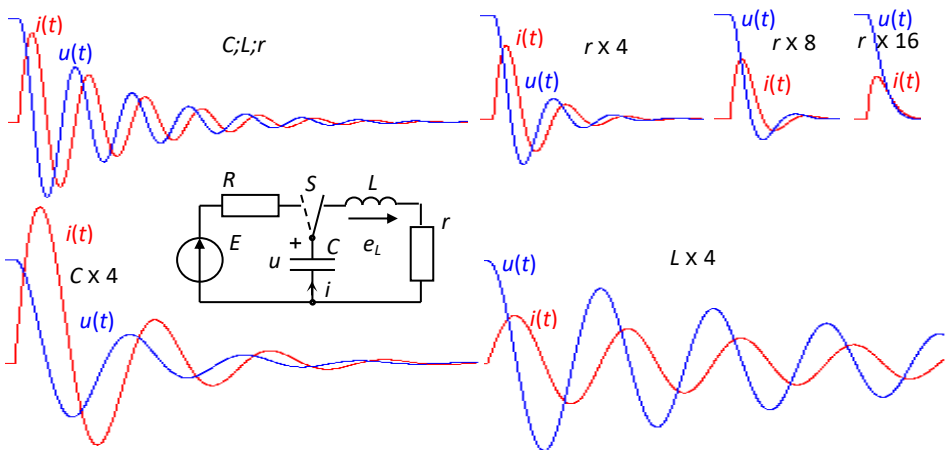


Рисунок 1 – Процессы разрядки конденсатора на катушку индуктивности; зависимость колебаний тока и напряжения от параметров элементов схемы

С увеличением сопротивления r (осциллограммы вверху справа) растёт коэффициент затухания α , синусоиды всё круче «сжимаются» экспонентами, частота колебаний ω и сдвиг фаз φ несколько уменьшаются. Для наглядного представления замедления колебаний при увеличении коэффициента затухания вполне уместна аналогия с лёгким маятником, помещённым в плотный газ. Когда сопротивление достигает критического значения (крайняя правая осциллограмма вверху), переходный процесс становится апериодическим.

Увеличение ёмкости C (осциллограмма слева внизу) приводит к уменьшению частоты колебаний ω (они растягиваются, не изменяя коэффициент затухания α); одновременно возрастает сила тока I .

Увеличение индуктивности L (осциллограмма справа внизу) растягивает колебания, их частота ω и коэффициент затухания α уменьшаются, одновременно снижается сила тока I .