

Колебательный контур.  
Превращения энергии в  
колебательном контуре.

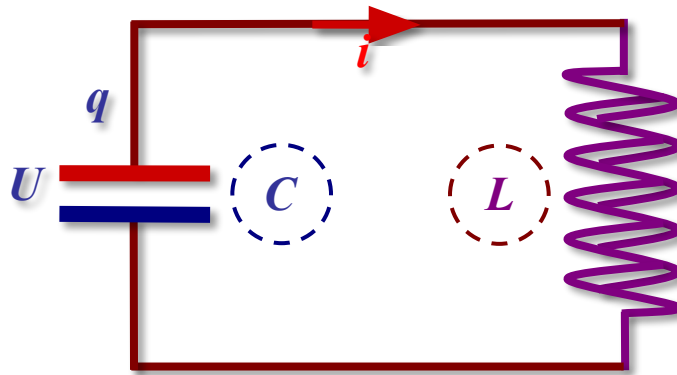
Цель обучения: 11.4.2.1-описывать условия возникновения свободных и вынужденных колебаний

# Свободные электромагнитные колебания

## Колебательный контур

электрическая цепь, состоящая из конденсатора с емкостью  $C$  и катушки с индуктивностью  $L$ .

### Колебательный контур



Свободные электромагнитные гармонические колебания в контуре без сопротивления возникают при подключении катушки к заряженному конденсатору.

За счет явления **самоиндукции** в цепи возникают гармонические колебания заряда  $q$ , напряжения  $U$  на конденсаторе и силы тока  $i$  в катушке индуктивности. Сопротивление проводников не учитывается.

# Электроемкость

физическая величина, равная отношению заряда проводника к разности потенциалов между этим проводником и соседним.

Обозначение: С

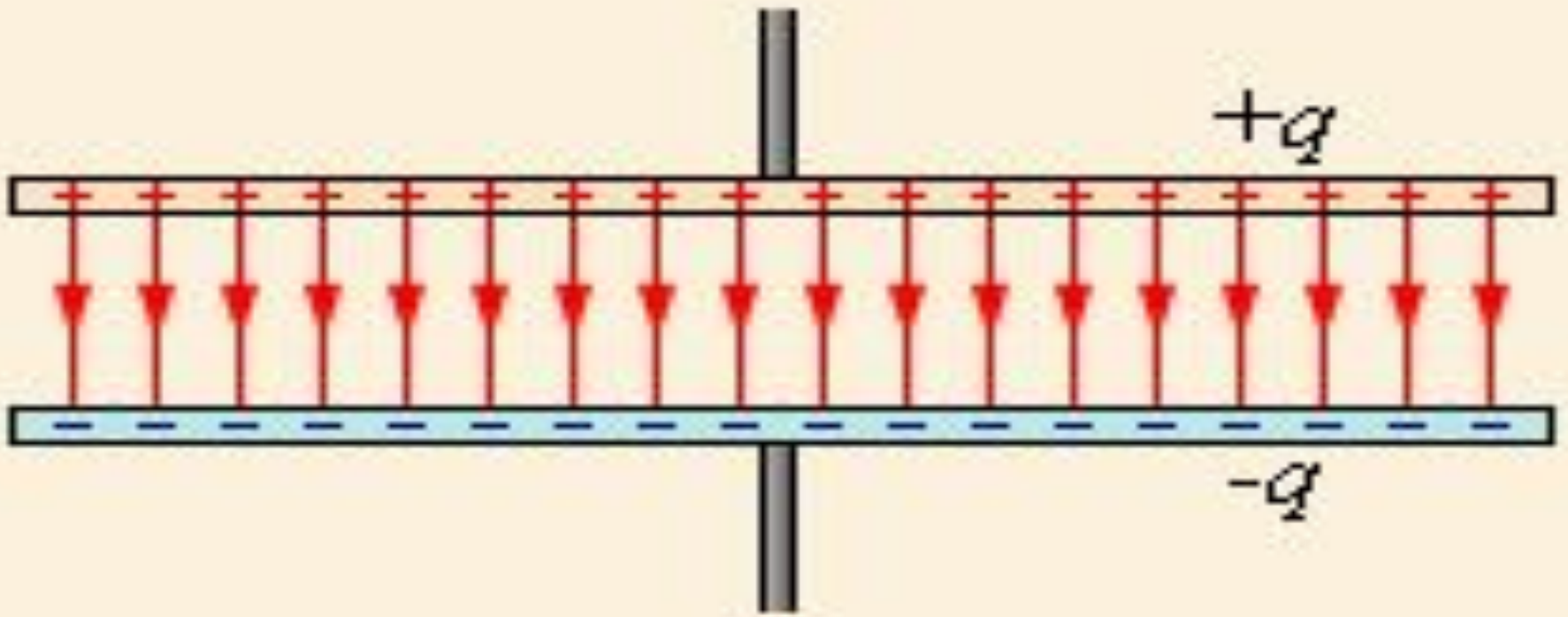
Единица измерения: Ф

$$[C] = \text{Кл}/\text{В} = \text{Ф}$$

$$1 \text{ мкФ} = 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$1 \text{ нФ} = 10^{-9} \text{ Ф}$$

$$1 \text{ пФ} = 10^{-12} \text{ Ф}$$



$$C = \frac{q}{U}$$

# Энергия заряженного конденсатора

$$W_p = \frac{qU}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C}$$

$W_p$  – энергия электрического поля заряженного конденсатора

$q$  – модуль заряда любого из проводников конденсатора

$U$  – разность потенциалов между проводниками

$C$  – емкость конденсатора

# ИНДУКТИВНОСТЬ

- Индуктивность проводника – это скалярная физическая величина численно равная отношению магнитного потока, созданного током в соленоиде к силе тока в нем

$$L = \frac{\Phi}{I}$$

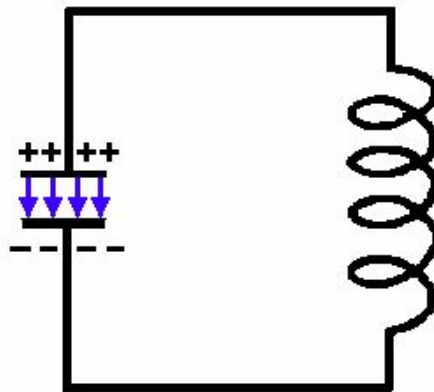
# Условия возникновения электромагнитных колебаний:

- 1. Наличие колебательного контура
- 2. Электрическое сопротивление должно быть очень маленьким.
- 3. Зарядить конденсатор (вывести систему из равновесия).



# Свободные электромагнитные колебания

Колебания, происходящие в колебательном контуре при сообщении заряда конденсатору



$R \neq 0$  → колебания затухающие

$R=0$  → идеальный колебательный контур

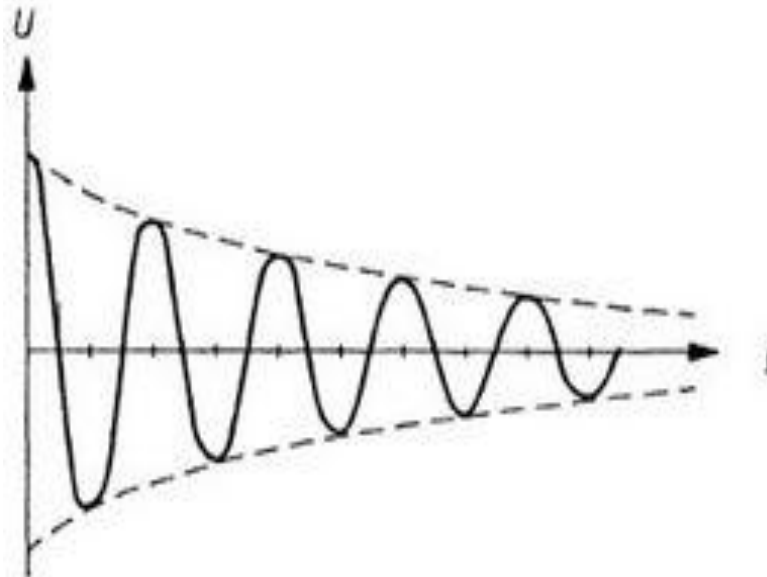
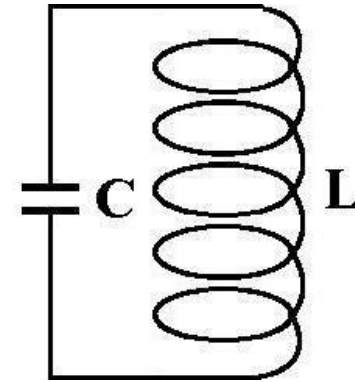
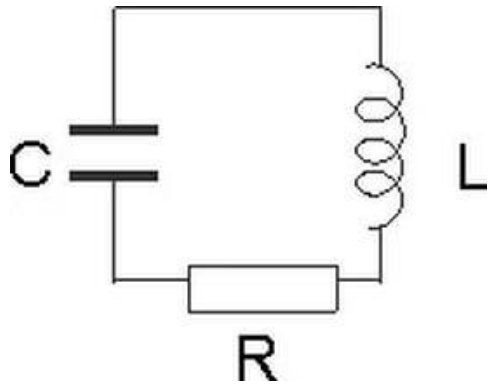
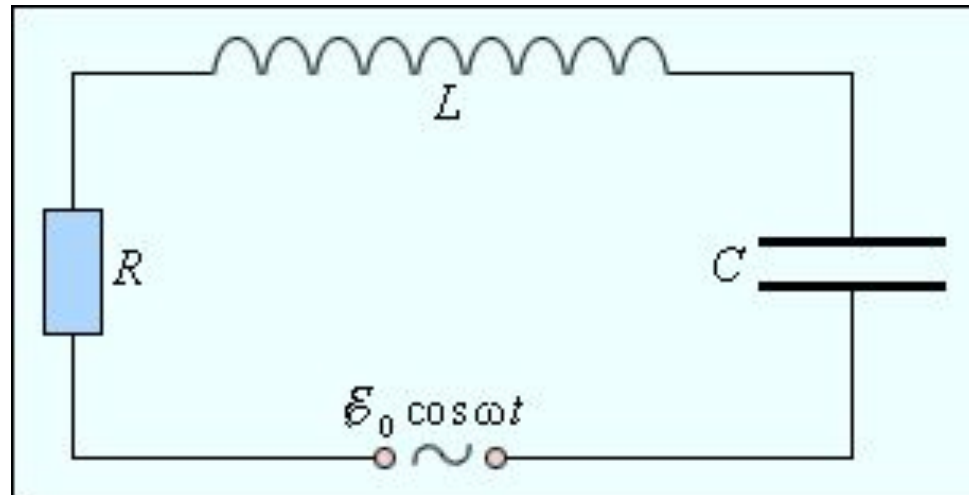


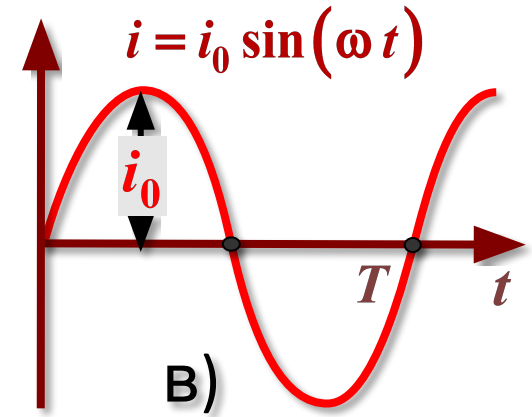
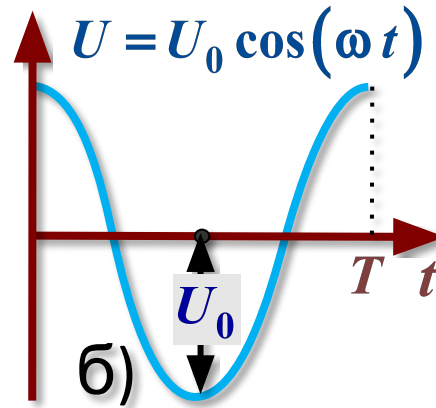
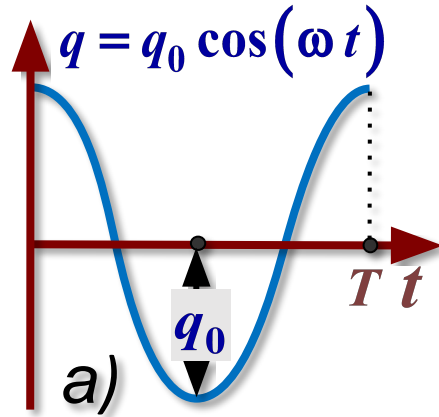
Рис 24 Затухающие колебания

# Вынужденные колебания

колебания в цепи под действием  
внешней периодической  
электродвижущей силы



# Гармонические колебания заряда, напряжения и силы тока



Здесь

:

$q_0$  — амплитудное значение заряда на конденсаторе;

$U_0 = q_0/C$  — амплитудное значение напряжения на конденсаторе;

$i_0 = \omega q_0$  — амплитудное значение силы тока в катушке;

$T$  — период колебаний.

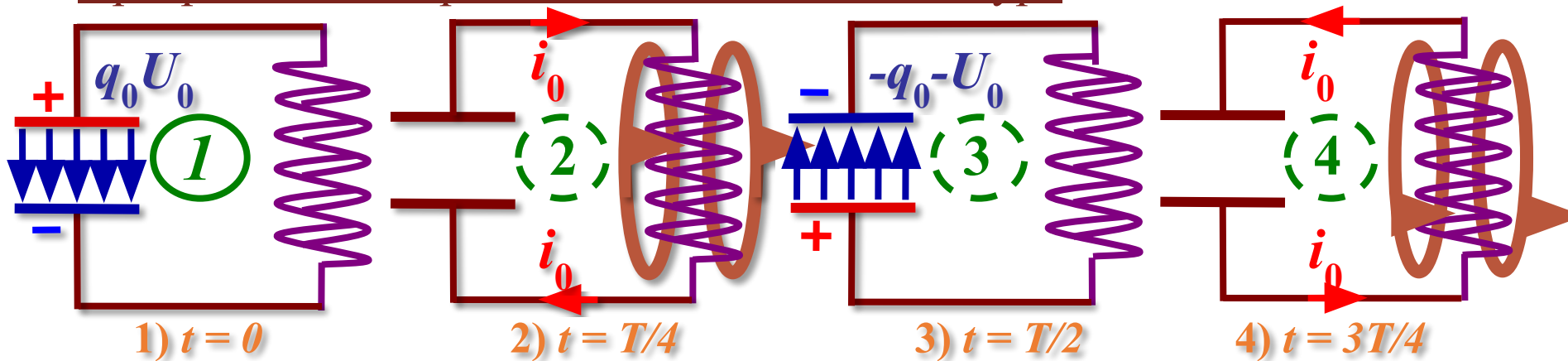
$$T = 2\pi\sqrt{LC}$$

— формула Томсона

$\omega = 2\pi/T$  — циклическая частота колебаний

$$\omega = 2\pi/T = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

## Преобразование энергии в колебательном контуре



1)  $t = 0$ . В начальный момент времени вся энергия контура  $W$  сосредоточена в электрическом поле конденсатора

$$W = W_{\text{Э}} = C \cdot U_0^2 / 2.$$

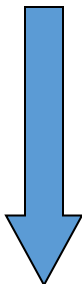
Конденсатор начинает разряжаться и электрический ток, направленный от (+) к (-), создает в катушке магнитное поле. Энергия электрического поля переходит в энергию магнитного.

2)  $t = T/4$ . Энергия контура  $W$  сосредоточена в магнитном поле катушки:

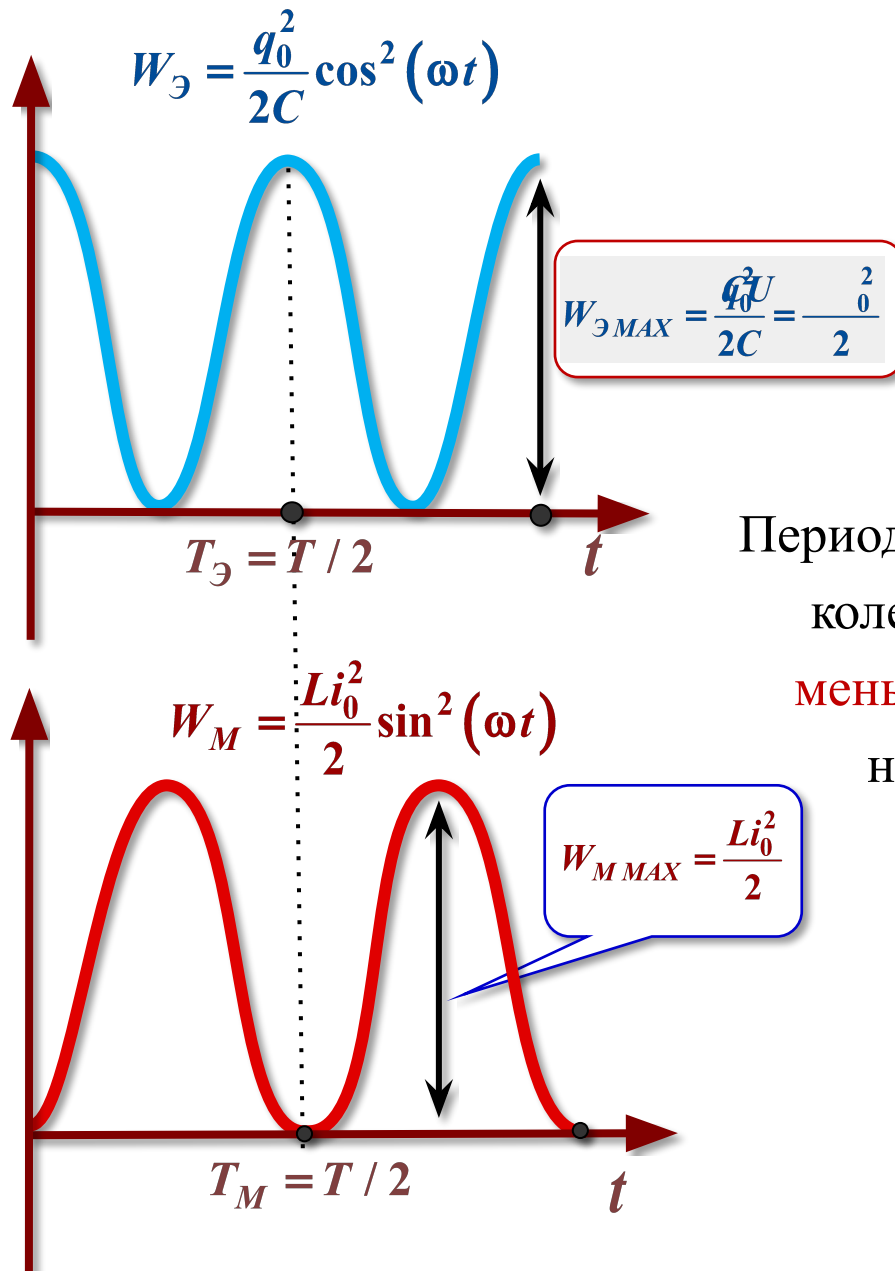
$$W = W_{\text{М}} = L \cdot i_0^2 / 2.$$

3)  $t = T/2$ . Энергия контура  $W$  сосредоточена в электрическом поле конденсатора разрядился. Основной ток должен исчезнуть, но возникающий при этом ток самоиндукции поддерживает убывающий ток (правило Ленца) и перезаряжает конденсатор.

4)  $t = 3T/4$ . Далее процесс повторяется.



# КОЛЕБАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И МАГНИТНОЙ ЭНЕРГИЙ



Период колебания ( $T_{\text{Э}}, T_M$ ) энергий в колебательном контуре **в два раза меньше** периода колебаний заряда, напряжения и силы тока ( $T$ ).

## Закон сохранения электромагнитной энергии

Таким образом, в контуре происходит превращение энергии электрического поля в энергию магнитного и наоборот.

При этом выполняется

*закон сохранения электромагнитной энергии:*

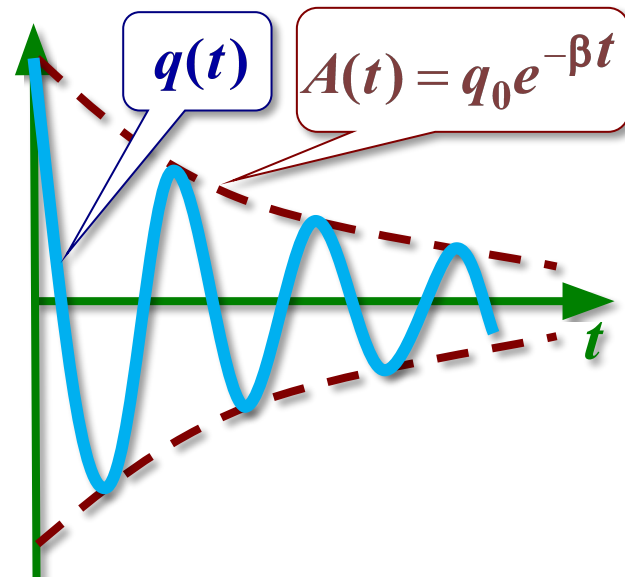
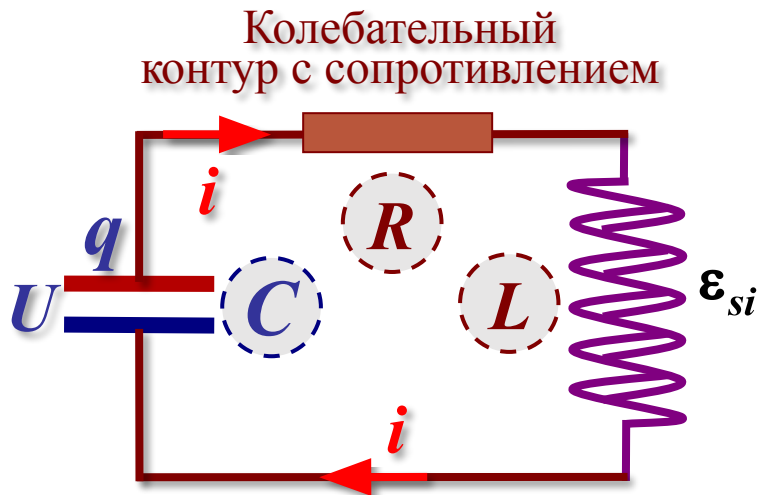
$$W = W_{\text{Э}} + W_{\text{М}} = \frac{C \cdot U^2}{2} + \frac{L \cdot i^2}{2} = \frac{C \cdot U_0^2}{2} = \frac{q_0^2}{2C} = \frac{L \cdot i_0^2}{2} = \text{const.}$$

### Свободные затухающие колебания

Всякий реальный контур обладает активным сопротивлением.

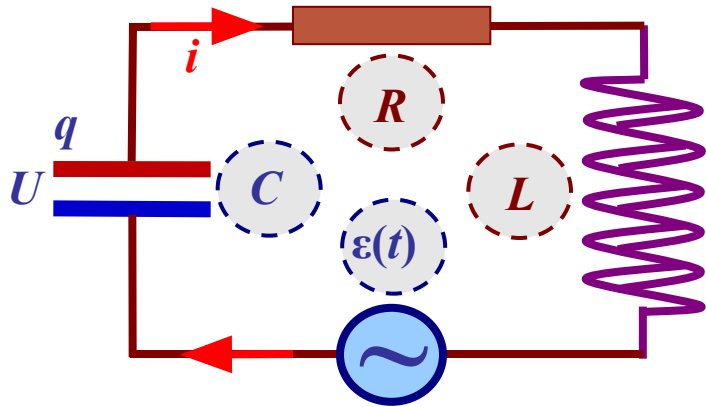
Энергия контура расходуется на нагревание проводника.

Амплитуда колебаний уменьшается, колебания затухают.



# Вынужденные колебания.

Колебательный контур с генератором



возникают в контуре при подключении генератора переменного тока.

Генератор вырабатывает синусоидальное ЭДС

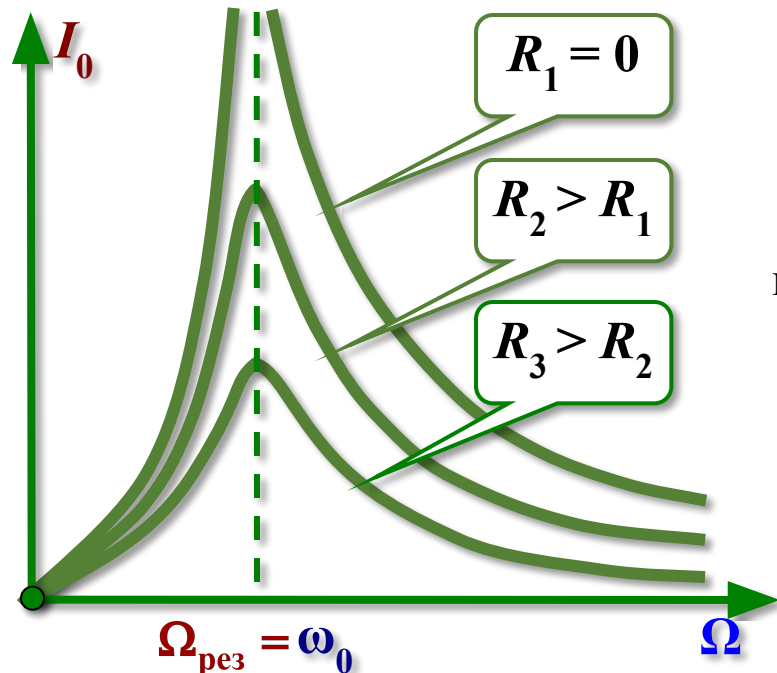
$$\varepsilon(t) = \varepsilon_0 \cdot \cos \Omega t$$

$\varepsilon_0$  — амплитуда ЭДС,

$\Omega$  — частота генератора.

В контуре возникают вынужденные колебания с частотой генератора  $\Omega$ .

Резонансные кривые



## ♦ Резонанс в колебательном контуре

### Резонанс в электрической цепи —

явление резкого возрастания амплитуды тока  $I_0$ . Частота внешней ЭДС, при которой наблюдается резонанс, называется резонансной частотой  $\Omega_{рез}$  и примерно равна собственной частоте колебаний

$$\Omega_{рез} = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Чем больше активное сопротивление  $R$ , тем меньше амплитуда колебаний тока  $I_0$ .



# ***Задача 1.***

Колебательный контур содержит конденсатор емкостью 800 пФ и катушку индуктивности индуктивностью 2 мкГн. Каков период собственных колебаний контура?

3

бадда

## ***Задача 2.***

Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью  $C$  и катушки индуктивности индуктивностью  $L$ . Как изменится период свободных электромагнитных колебаний в этом контуре, если электроемкость конденсатора и индуктивность катушки увеличить в  $3$ р.

4

бадда

## ***Задача 3.***

Амплитуда силы тока при свободных колебаниях в колебательном контуре 100 мА. Какова амплитуда напряжения на конденсаторе колебательного контура, если емкость этого конденсатора 1 мкФ, а индуктивность катушки 1 Гн? Активным сопротивлением пренебречь.

Цель обучения: 11.4.2.1-описывать условия возникновения свободных и вынужденных колебаний