

Тема урока: **Электромагнитные колебания и волны. Колебательный контур. Свободные электромагнитные колебания в контуре. Формула Томпсона. Превращение энергии в колебательном контуре.**

Электромагнитные колебания - взаимосвязанные колебания электрического и магнитного полей.

Электромагнитные колебания появляются в различных электрических цепях. При этом колеблются величина заряда, напряжение, сила тока, напряженность электрического поля, индукция магнитного поля и другие электродинамические величины.

Свободные электромагнитные колебания возникают в электромагнитной системе после выведения ее из состояния равновесия, например, сообщением конденсатору заряда или изменением тока в участке цепи.

Это затухающие колебания, так как сообщенная системе энергия расходуется на нагревание и другие процессы.


Вынужденные электромагнитные колебания - незатухающие колебания в цепи, вызванные внешней периодически изменяющейся синусоидальной ЭДС.

Электромагнитные колебания описываются теми же законами, что и механические, хотя физическая природа этих колебаний совершенно различна.

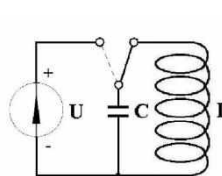
Электрические колебания - частный случай электромагнитных, когда рассматривают колебания только электрических величин. В этом случае говорят о переменном токе, напряжении, мощности и т.д.

Допустим нам необходимо сделать постоянный магнит. Как его можно сделать?

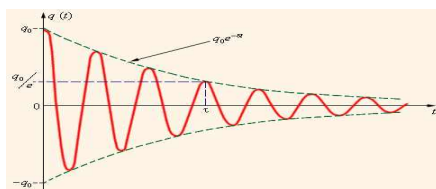
Поместим ферромагнетик в катушку с током

 Пусть $U=10\text{В}$; внутреннее сопротивление $r=1\text{Ом}$; внешнее сопротивление $R=0,01\text{ Ом}$
Тогда $I = \frac{\varepsilon}{R+r}$ $I = \frac{10\text{В}}{10\text{м}} = 10\text{А}$

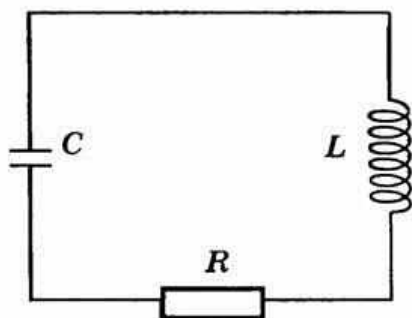
Поскольку при пропускании тока через катушку не получается получить большую силу тока, то физики пошли на ухищрение и подключили к источнику тока к заряженному конденсатору и катушке.


 С конденсатором $I = \frac{10\text{В}}{0,01\text{м}} = 100\text{А}$ это позволяет создать сильное МП. Однако она не намагничивала магнит, а ничивала.

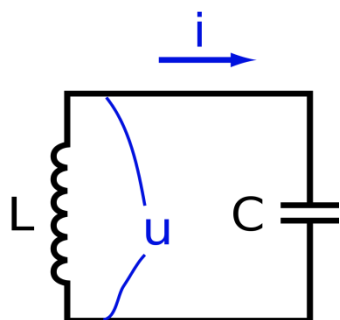
Из данных осциллографа колебания ЭМ поля являются затухающими.



В реальных условиях система выглядит :



Но как правило, активным сопротивлением пренебрегают, считая его равным нулю. В этом случае получается идеализированная модель



_____ Колебательный контур

C(ёмкость) Конденсатор

L(индуктивность) катушка

Колебательный контур – это электрическая цепь, содержащая индуктивность L, ёмкость C и сопротивление R, в которой могут возбуждаться электрические колебания.

Колебания являются затухающими, т.к. ток протекающий через катушку вызывает выделение тепла.

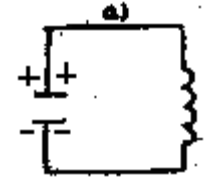

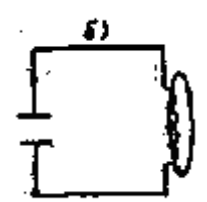

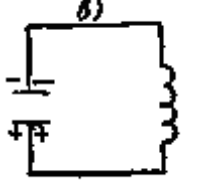

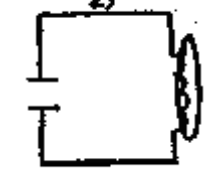
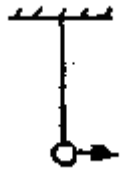
Когда контур не подключен к источнику ЭДС, а ток идет только благодаря накопленному заряду на конденсаторе, то в системе воз, то в системе возникают свободные колебания электрического и магнитного полей.

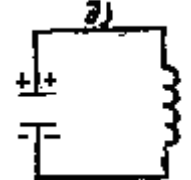

Свободные электромагнитные колебания в контуре – это периодические изменения заряда на обкладках конденсатора, силы тока в контуре и разности потенциалов на обоих элементах контура, происходящие без потребления энергии от внешних сил.

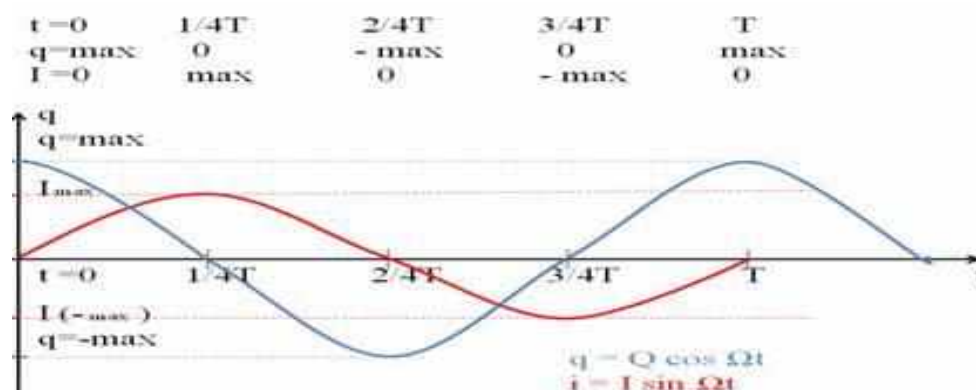
Рассмотрим что происходит когда заряженный конденсатор подсоединяют к катушке .

При $R=0$

$$W_{эл} = \frac{q^2}{2C} \quad W_{МП} = \frac{LI^2}{2} \quad W = \frac{CU^2}{2}$$

 <p>a)</p> <p>t=0</p>	<p>q=max I=0</p> <p>$W_{эл} = max$ $W_{МП} = 0$</p>		<p>A=max $\vartheta=0$</p> <p>$W_{п} = max$ $W_{к} = 0$</p>
 <p>b)</p> <p>t=T\4</p>	<p>q=0 I=max</p> <p>$W_{эл} = 0$ $W_{МП} = max$</p>		<p>A=0 $\vartheta=max$</p> <p>$W_{п} = 0$ $W_{к} = max$</p>
 <p>в)</p> <p>t=T\2</p>	<p>q=max I=0</p> <p>$W_{эл} = max$ $W_{МП} = 0$</p>		<p>A=max $\vartheta=0$</p> <p>$W_{п} = max$ $W_{к} = 0$</p>
 <p>г)</p> <p>t=3T\4</p>	<p>q=0 I=max</p> <p>$W_{эл} = 0$ $W_{МП} = max$</p>		<p>A=0 $\vartheta=max$</p> <p>$W_{п} = 0$ $W_{к} = max$</p>

	$q = \max$ $I = 0$ $W_{\text{эл}} = \max$ $W_{\text{мп}} = 0$		$A = \max$ $\vartheta = 0$ $W_{\text{п}} = \max$ $W_{\text{к}} = 0$
---	--	--	--



Энергия электрического поля аналог потенциальной энергии груза.

Энергия магнитного поля аналог кинетической энергии груза.

Соответствие между механическими и электрическими величинами при колебательных процессах

Механические величины	Электрические величины
Координата x	Заряд q
Скорость ϑ	Сила тока i
Масса m	Индуктивность L
Жесткость пружины k	Величина, обратная емкости $1/C$
Потенциальная энергия $kx^2/2$	Энергия электрического поля $q^2/(2C)$
Кинетическая энергия $m\vartheta^2/2$	Энергия магнитного поля $Li^2/2$

Получим математическое описание процессов в колебательном контуре.
Формула Томпсона.

Вспомним уравнение гармонических колебаний пружинного маятника

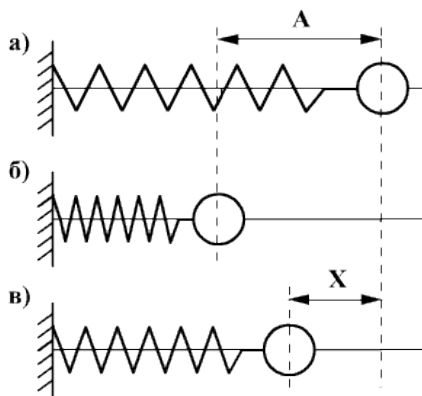


рис. 7.2

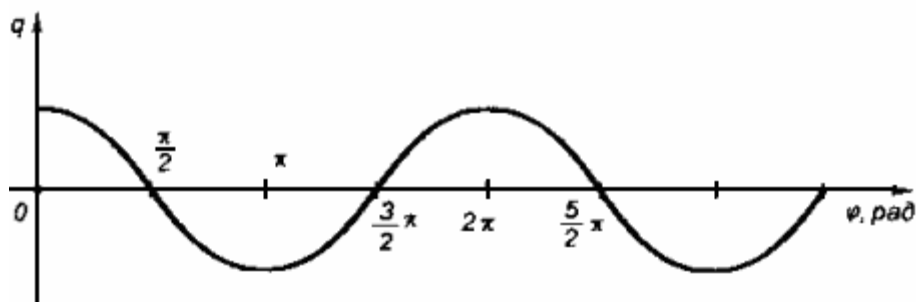
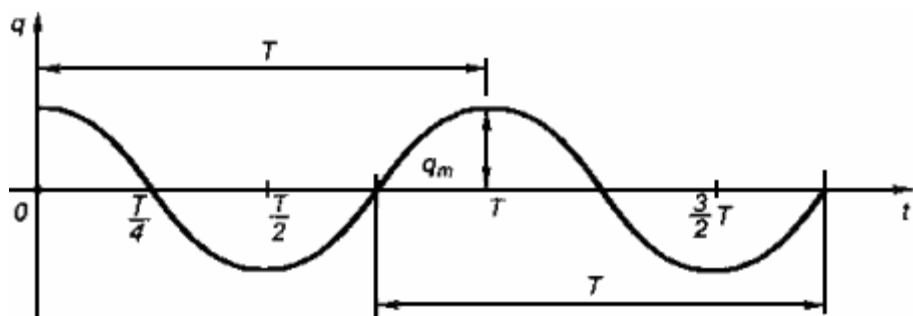
$$x(t) = A \cos(\omega_0 t + \varphi_0) \quad \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Рассмотрим колебательный контур. Пусть $R=0$ $q = C * U$ $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

$$q(t) = q_m \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$$

Величина $\varphi = \omega t + \varphi_0$, стоящая под знаком синуса или косинуса, является фазой колебания.

Фаза определяет состояние колеблющейся системы в любой момент времени t .



$$T = \frac{2\pi}{\omega_0}$$

$T = 2\pi\sqrt{LC}$ - формула Томпсона

$I_m = \omega_0 q_m$ - амплитуда колебаний силы тока.

Полная энергия колебательного контура равна:

$$W = \frac{q_0^2}{2C} = L \frac{I_0^2}{2} = \frac{q^2(t)}{2C} + \frac{LI^2(t)}{2} = \textit{const}$$