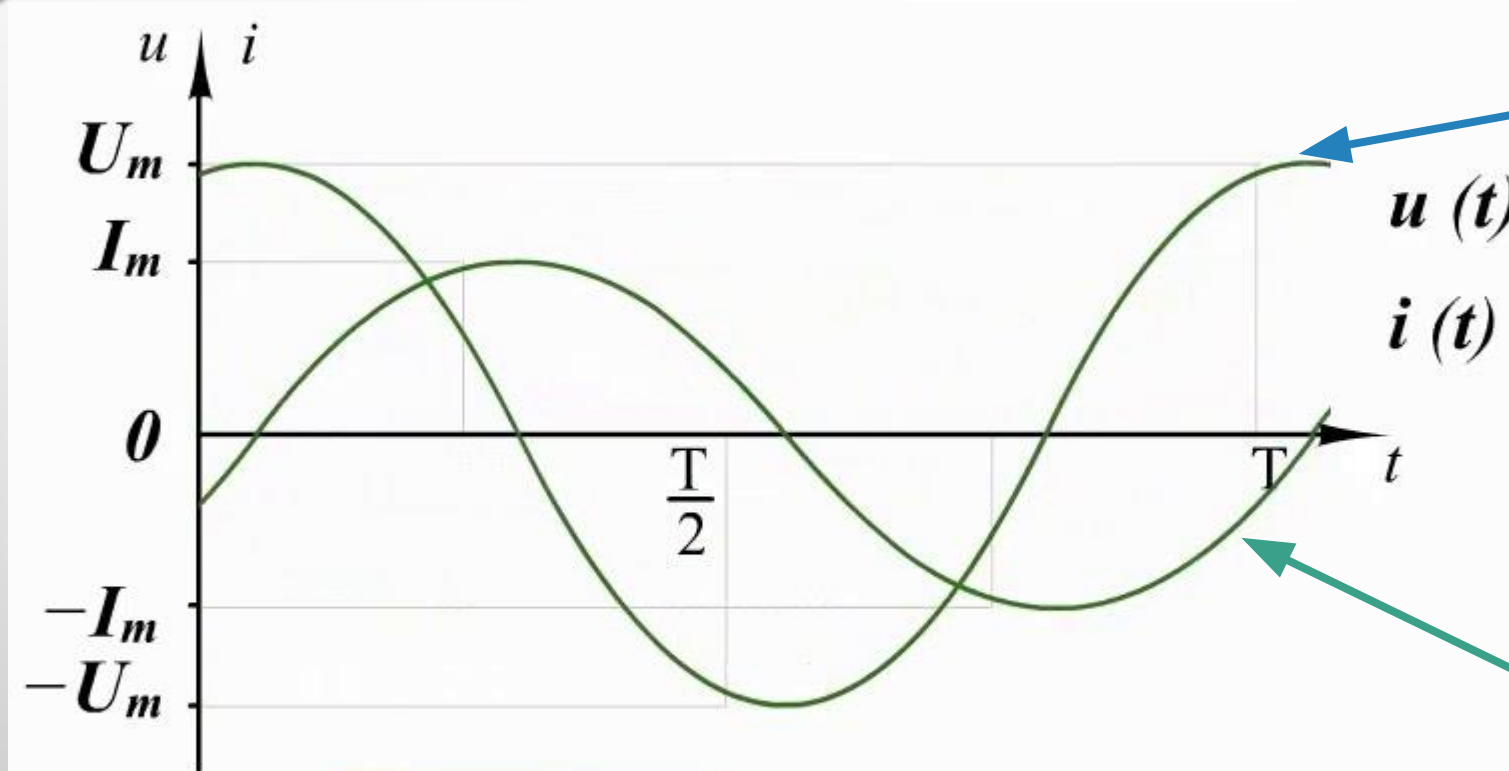


The background of the slide is a light gray gradient, decorated with several realistic water droplets of various sizes. The droplets are rendered with soft shadows and highlights, giving them a three-dimensional appearance. They are scattered across the page, with a higher concentration in the top-left and bottom-right corners.

**СВОБОДНЫЕ И ВЫНУЖДЕННЫЕ  
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ.  
КОЛЕБАТЕЛЬНЫЙ КОНТУР.  
ПЕРЕМЕННЫЙ ТОК.**

**Колебания** – это движения или процессы, повторяющиеся во времени.

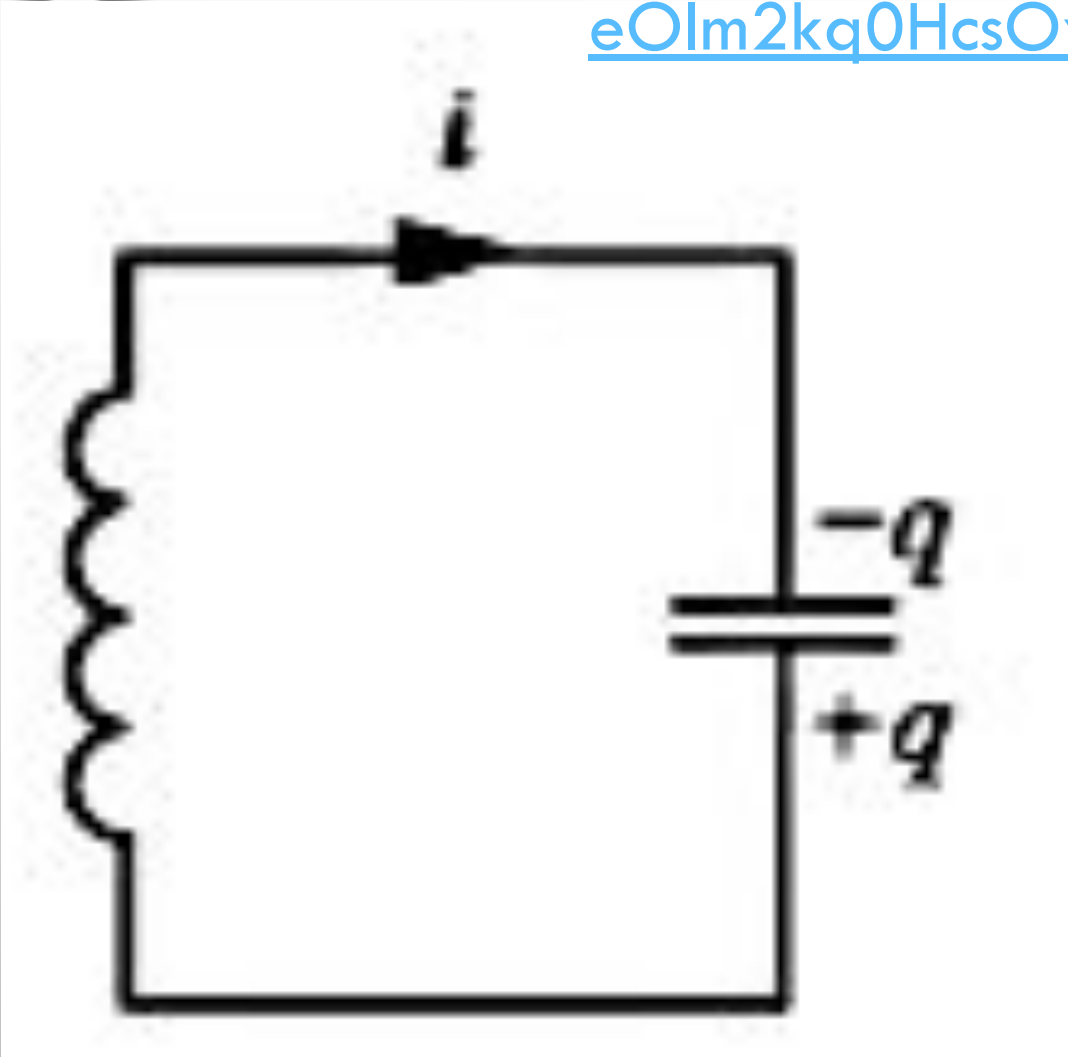


Периодическое  
изменение  
напряжения

Периодическое  
изменение силы  
тока

**Электромагнитные колебания** -  
периодические изменения заряда, сила тока  
или напряжения.

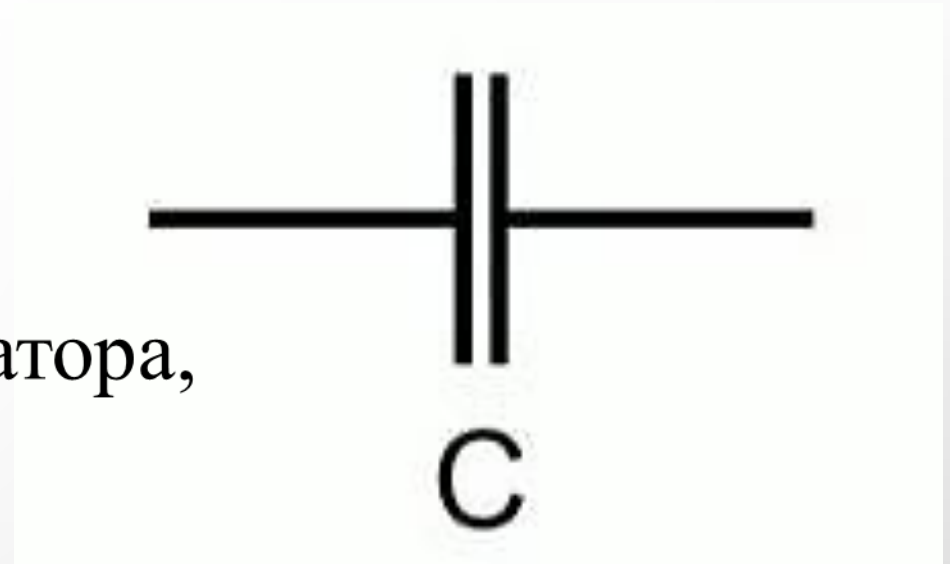
<https://www.youtube.com/watch?v=I2apjzY6PLk&list=PLeOIm2kq0HcsOyCtDiuvi-dVvIDyhh9pK&index=13>



Простейшая система, в которой могут происходить свободные электромагнитные колебания – это **КОЛЕБАТЕЛЬНЫЙ КОНТУР**, состоящий из *конденсатора и катушки*, присоединенной к его обкладкам.

электрического поля)  $W_{\text{э}} = \frac{q_{\text{max}}^2}{2C}$ :

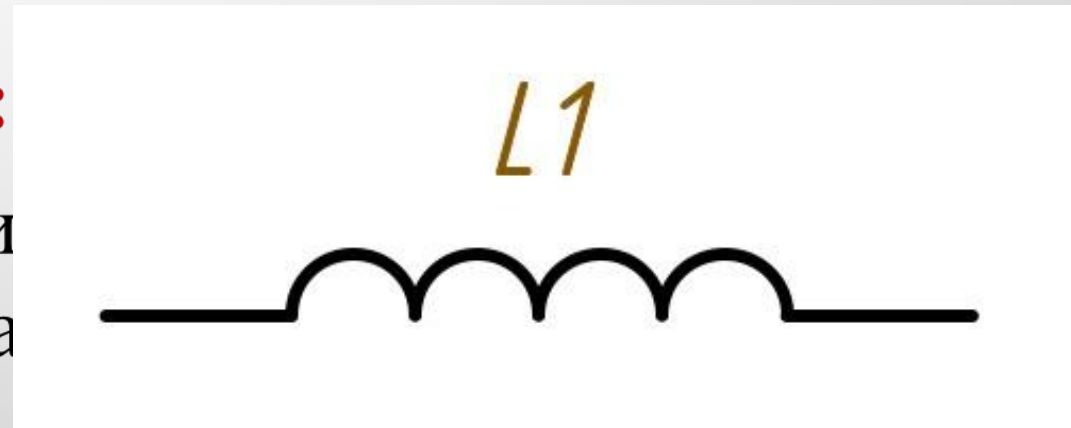
где  $q_{\text{max}}$  - максимальный заряд конденсатора,  
 $C$  – емкость конденсатора.



Энергия катушки (энергия

магнитного поля)  $W_{\text{м}} = \frac{LI_{\text{max}}^2}{2}$ :

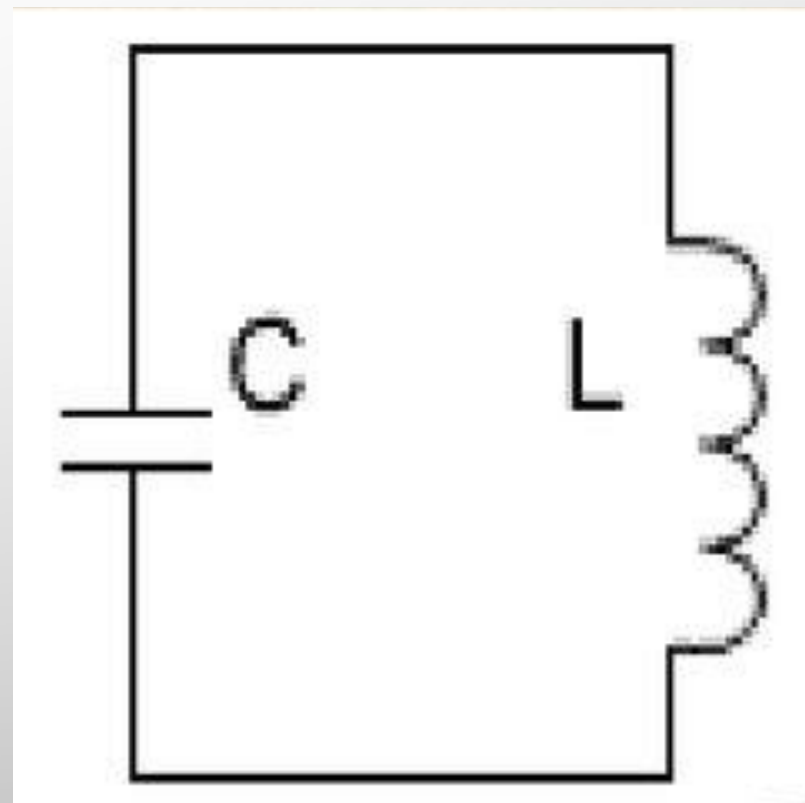
где  $L$  – индуктивность катушки  
 $I_{\text{max}}$  – максимальная сила тока  
протекающая в цепи.



энергии во внешнюю среду, то **энергию всего колебательного контура по закону сохранения энергии** можно было рассчитать по формулам:

$$\dots \dots \dots \quad a^2 \quad Li^2 \quad a_{max}^2 \quad LI_{max}^2$$

Аналогично тому, как при механических колебаниях **кинетическая энергия** перетекает в **потенциальную** и наоборот, при электромагнитных колебаниях **энергия электрического поля** перетекает в **энергию магнитного поля** и наоборот.

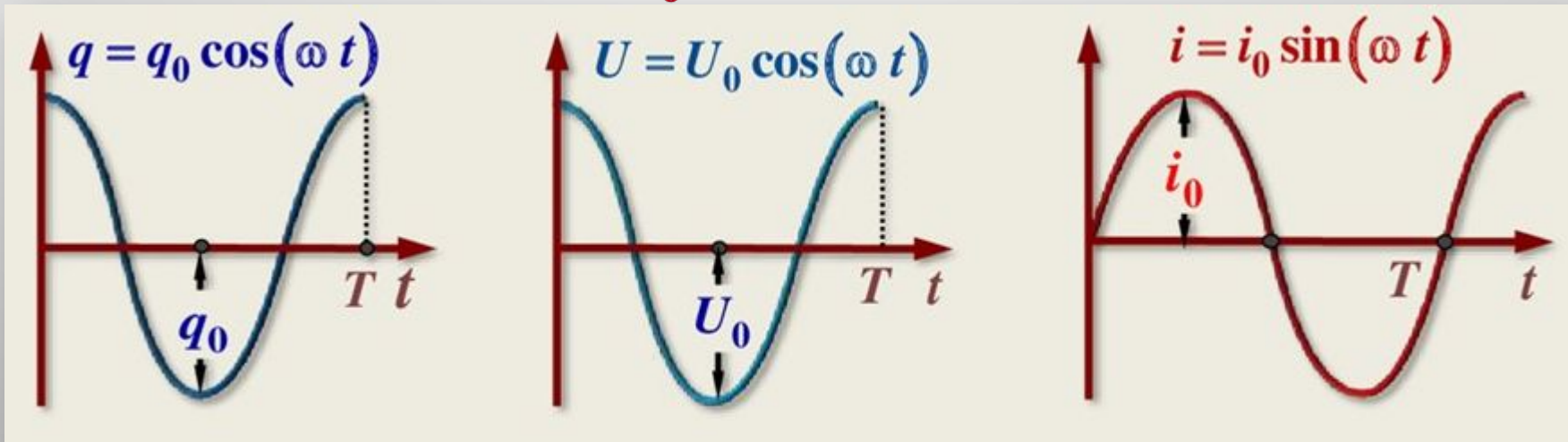


Основное уравнение, описывающее свободные гармонические колебания в контуре:  $q'' = -\frac{1}{LC}q$

$$x'' = -\omega_0^2 x$$

**ФОРМУЛА ТОМСОНА** для нахождения периода гармонических колебаний в колебательном контуре:

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



<https://www.youtube.com/watch?v=Nv2V5VcXIEI>

Если цепь запитать напряжением, изменяющимся по синусоидальному закону, в цепи возникнет ток, который будет изменяться аналогично.

Такой **ток** называется **переменным** — электрический ток, который с течением времени изменяется по величине и направлению.



Если в цепь, в которой напряжение и ток меняются со временем, подключить амперметр и вольтметр, изменения этих параметров мы не увидим. Приборы будут показывать постоянные рабочие (действующие) значения, которые будут в  $\sqrt{2}$  раз меньше от реальных (максимальных).

Например, в цепь со станций, нам подается напряжение 311В, но мы в итоге в розетке имеем только 220В, это и есть действующее напряжение. То же самое происходит и с переменным током.

$$I = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$$

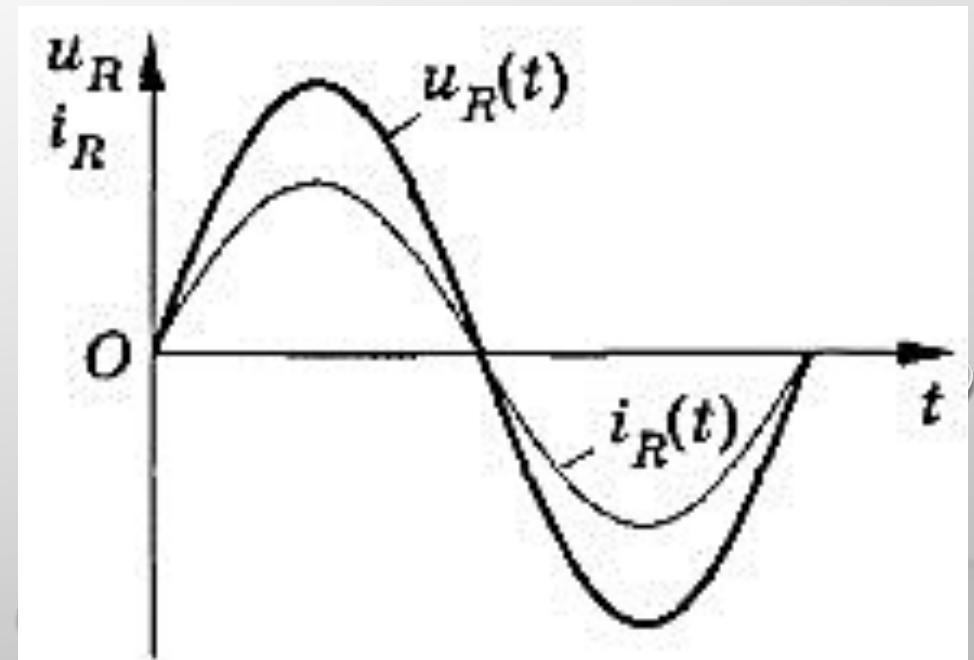
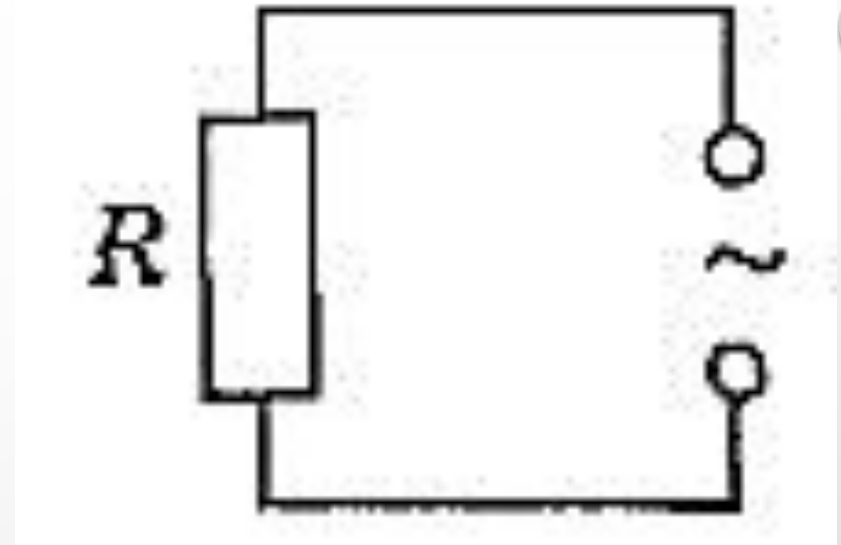
$$U = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}}$$



## **R [Ом] - АКТИВНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ**

Если в цепь с переменным напряжением добавить резистор, сдвига между фазами напряжения и возникшей в цепи силы тока не будет, что и видно из графика. Но при этом значение силы тока изменится в соответствии с законом Ома:

$$I_{max} = \frac{U_{max}}{R}$$



## $X_C$ [Ом] - ЁМКОСТНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ

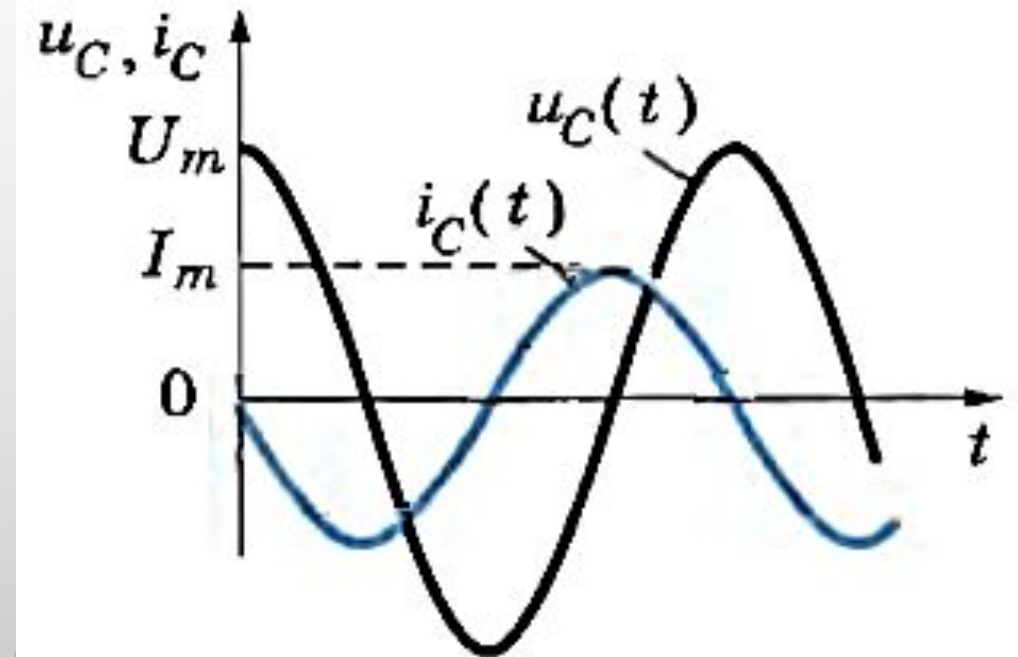
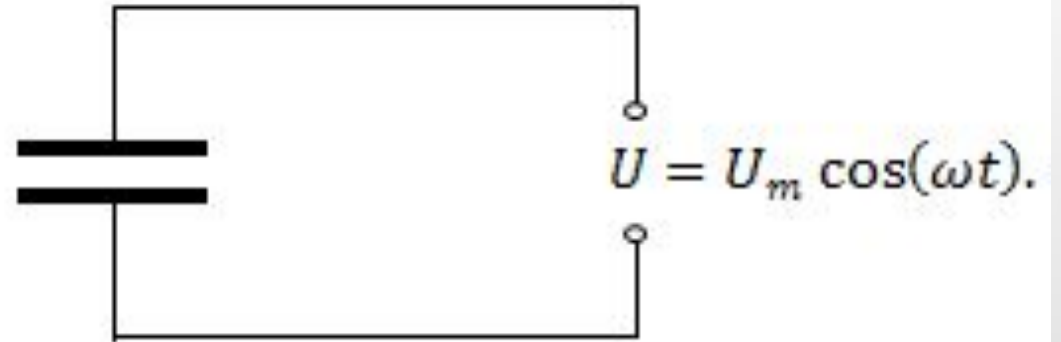
<https://www.youtube.com/watch?v=GWfY0My11v8&list=PLeOIm2kq0HcsS1P9Hw8HJzygXEtcvB7ks&index=4>

Если в цепь с переменным напряжением добавить конденсатор, колебания силы тока будут опережать по фазе колебания напряжения на конденсаторе на  $\frac{\pi}{2} = 90^\circ$ . При этом значение силы тока изменится в соответствии с законом Ома:

$$I = \frac{U}{X_C} = U\omega C,$$

$$\text{где } X_C = \frac{1}{\omega C}.$$

<https://www.youtube.com/watch?v=sCdYxwld3aA&list=PLeOIm2kq0HcsS1P9Hw8HJzygXEtcvB7ks&index=3>



## $X_L$ [Ом] – ИНДУКТИВНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ

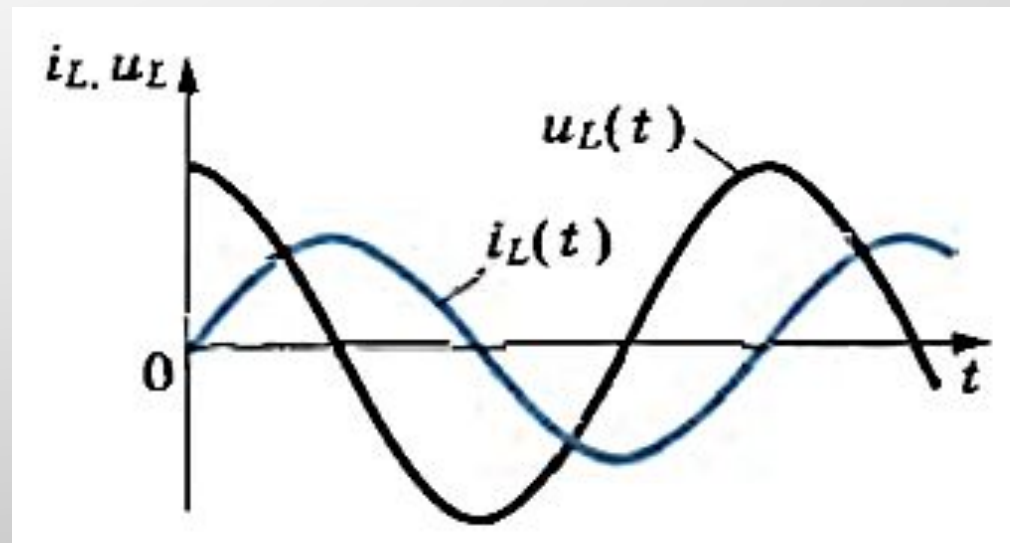
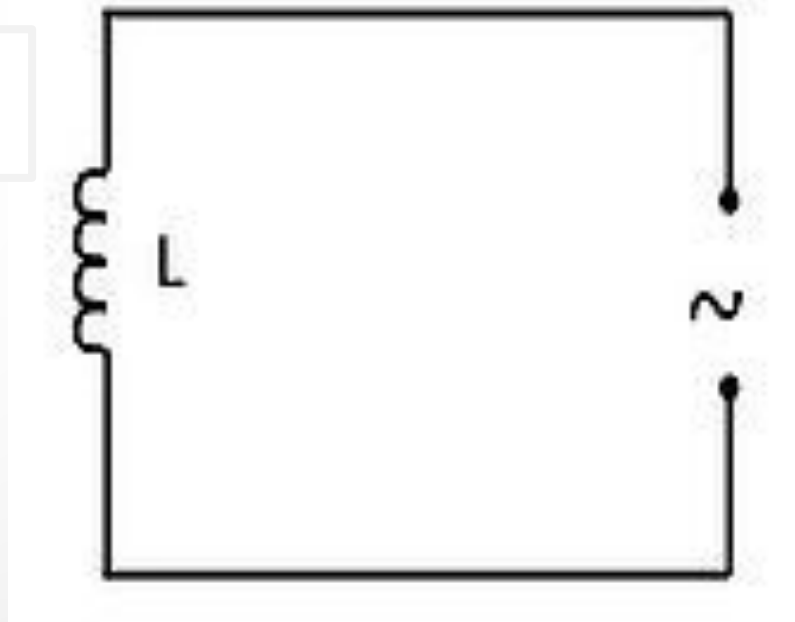
[https://www.youtube.com/watch?v=suDKwb\\_XmQ&list=PLeOIm2kq0HcsS1P9Hw8HJzygXEtcvB7ks&index=6](https://www.youtube.com/watch?v=suDKwb_XmQ&list=PLeOIm2kq0HcsS1P9Hw8HJzygXEtcvB7ks&index=6)

Если в цепь с переменным напряжением добавить катушку, колебания напряжения на катушке будут опережать по фазе колебания силы тока на  $\frac{\pi}{2} = 90^\circ$ . При этом значение силы тока изменится в соответствии с законом Ома:

$$I = \frac{U}{X_L} = \frac{U}{\omega L},$$

где  $X_L = \omega L$ .

<https://www.youtube.com/watch?v=vu1sKI7hNBI&list=PLeOIm2kq0HcsS1P9Hw8HJzygXEtcvB7ks&index=5>



## **Z [Ом] – ПОЛНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ЦЕПИ**

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

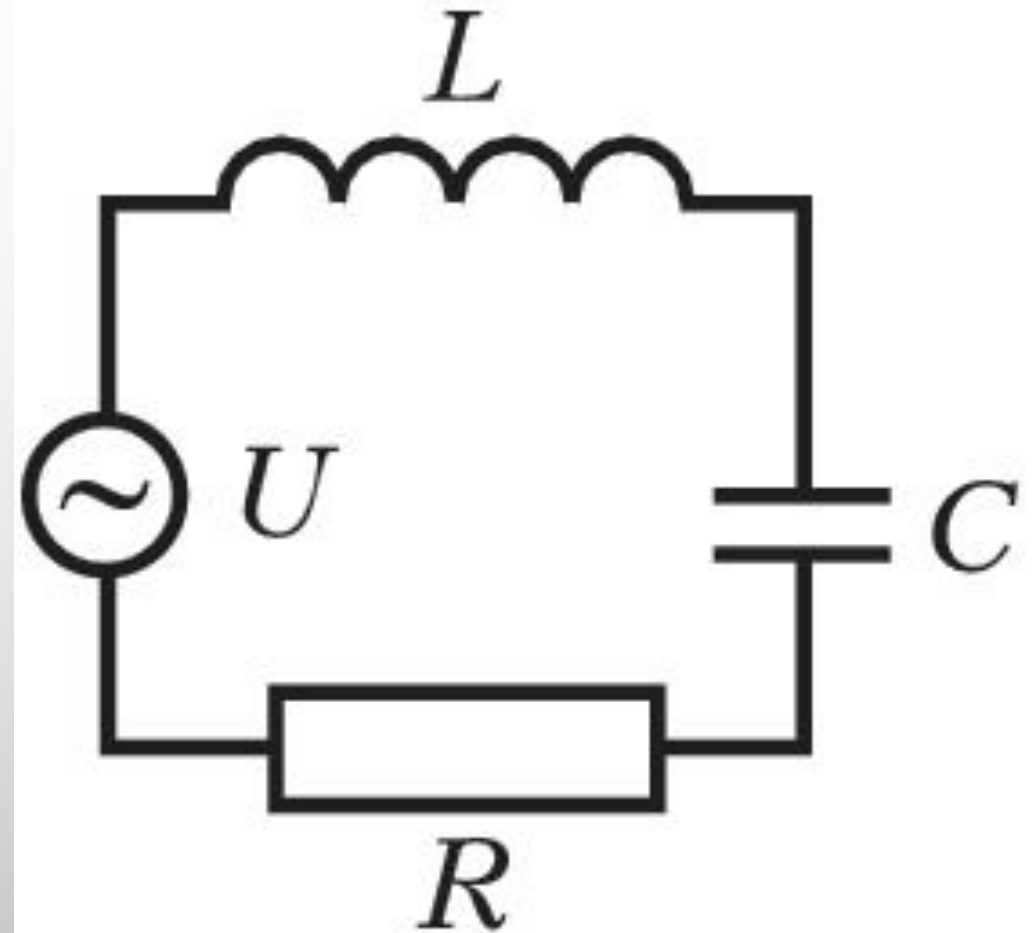
**Цепь с переменным напряжением, включающая в себя резистор, конденсатор и катушку:**

Сила тока  $i = I_m \cos(\omega t - \varphi_0)$ ,

где  $I_m = \frac{U_m}{Z}$  (закон Ома),

а  $\varphi_0$  - разность фаз между током и напряжением,

причем  $\operatorname{tg} \varphi_0 = \frac{X_L - X_C}{R}$ .



<https://www.youtube.com/watch?v=Xl6Wrg2z8gQ&list=PLeOIm2kq0HcsOyCtDiuvi-dVvIDyhh9pK&index=14>

## Резонансом в электрическом колебательном контуре

называется явление резкого возрастания амплитуды вынужденных колебаний силы тока или напряжения при совпадении частоты внешнего переменного напряжения с собственной частотой колебательного контура:

$$\omega = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \Rightarrow X_L = X_C \Rightarrow Z = R$$

Условия  
возникновения  
резонанса

