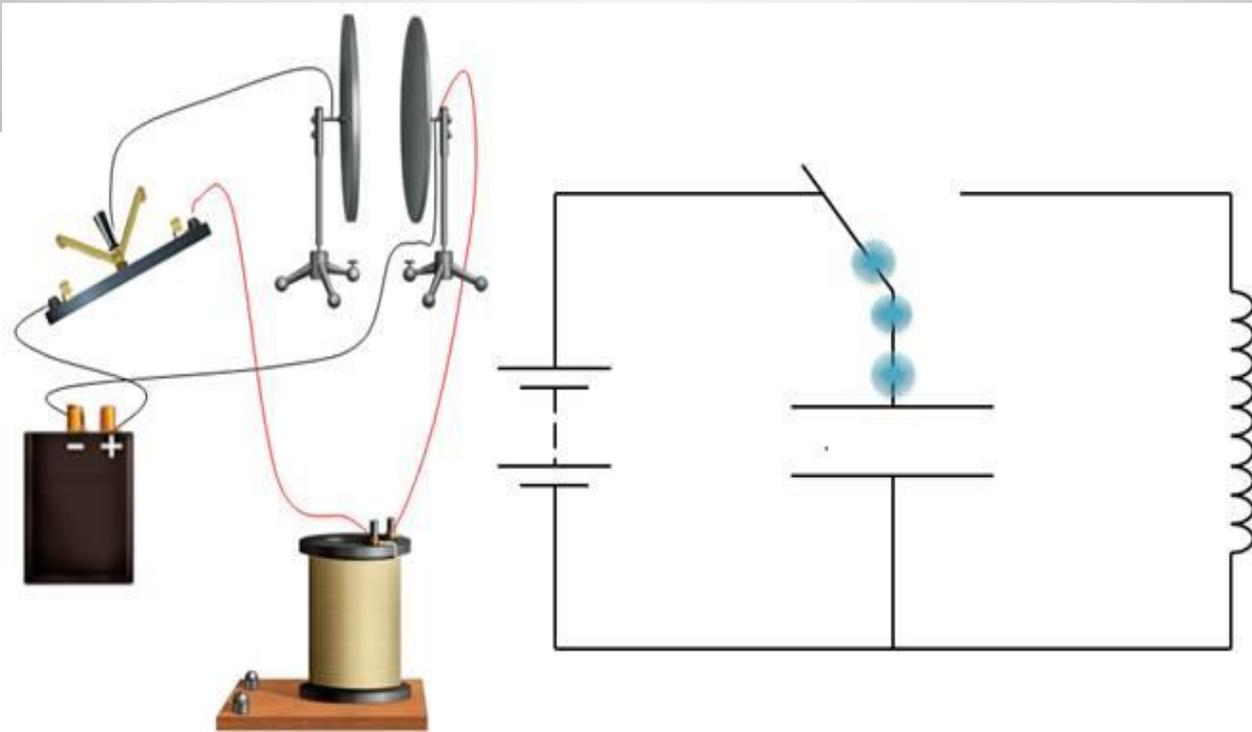


КОЛЕБАТЕЛЬНЫЙ

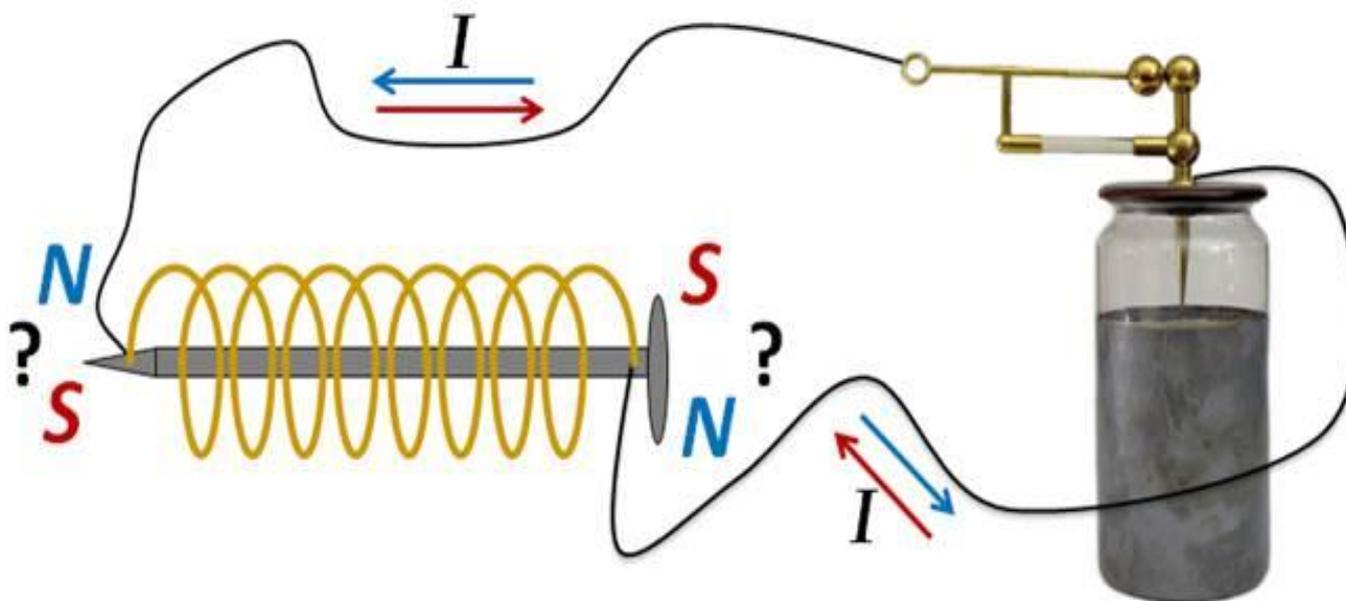
КОНТУР

КОЛЕБАТЕЛЬНЫЙ КОНТУР

замкнутая электрическая цепь, состоящая из конденсатора емкостью C и катушки с индуктивностью L , в которой могут возбуждаться собственные колебания, обусловленные перекачкой энергии из электрического поля конденсатора в магнитное поле катушки и обратно.



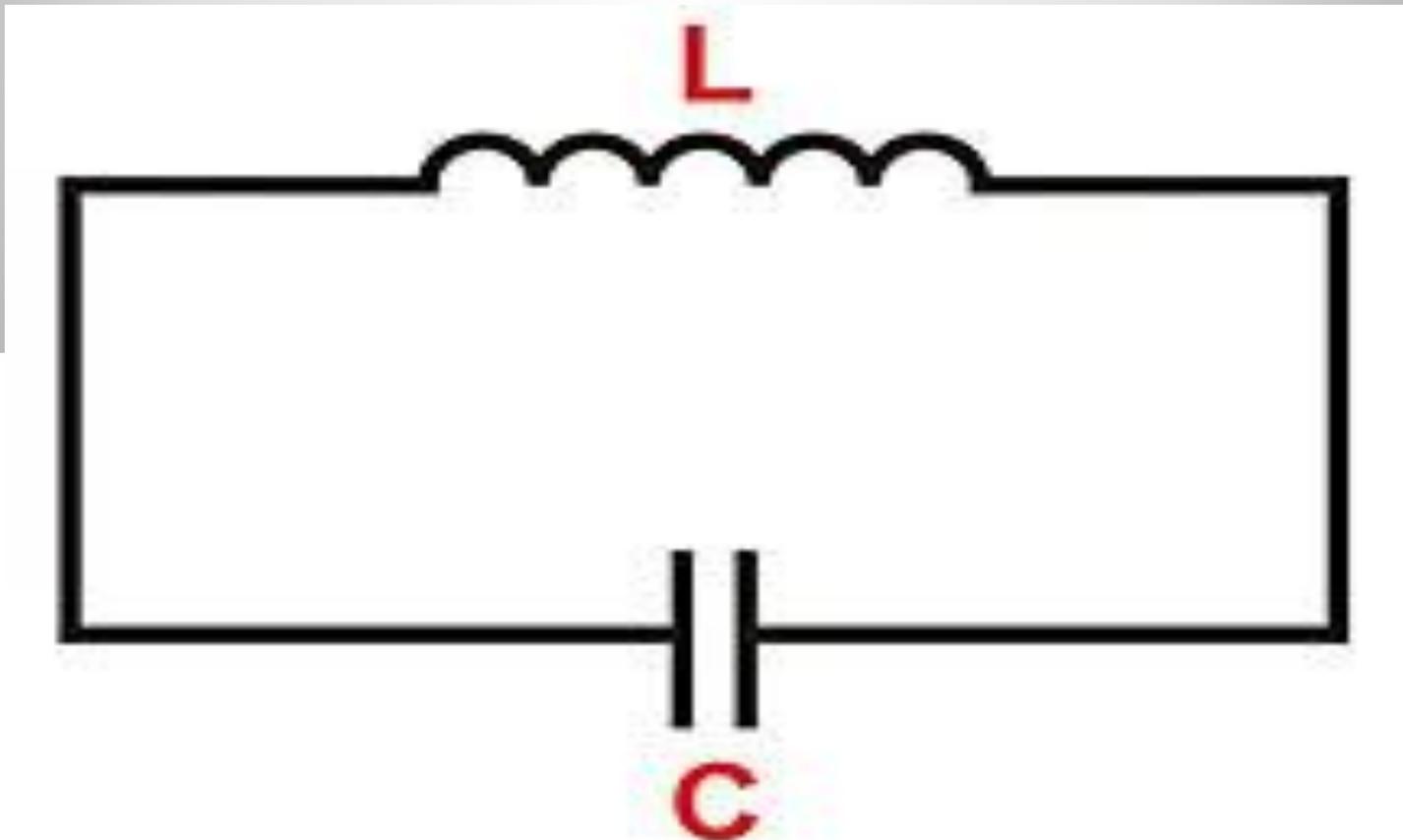
После того как изобрели лейденскую банку (первый конденсатор) и научились сообщать ей большой заряд с помощью электростатической машины, начали изучать электрический разряд банки. Замыкая обкладки лейденской банки с помощью катушки, обнаружили, что стальные спицы внутри катушки намагничиваются.



Странным же было то, что нельзя было предсказать, какой конец сердечника катушки окажется северным полюсом, а какой южным.

Далеко не сразу поняли, что при разрядке конденсатора через катушку в электрической цепи возникают колебания.

Простейший колебательный контур.



Периодические или почти периодические изменения заряда, силы тока и напряжения называются электромагнитными колебаниями.

*В реальных
колебательных контурах
всегда есть активное
сопротивление, которое
обуславливает
затухание колебаний
(так как часть
электрической энергии
превращается в
тепловую, т.е. тратится
на нагрев проводов.)*

СВОБОДНЫЕ КОЛЕБАНИЯ -

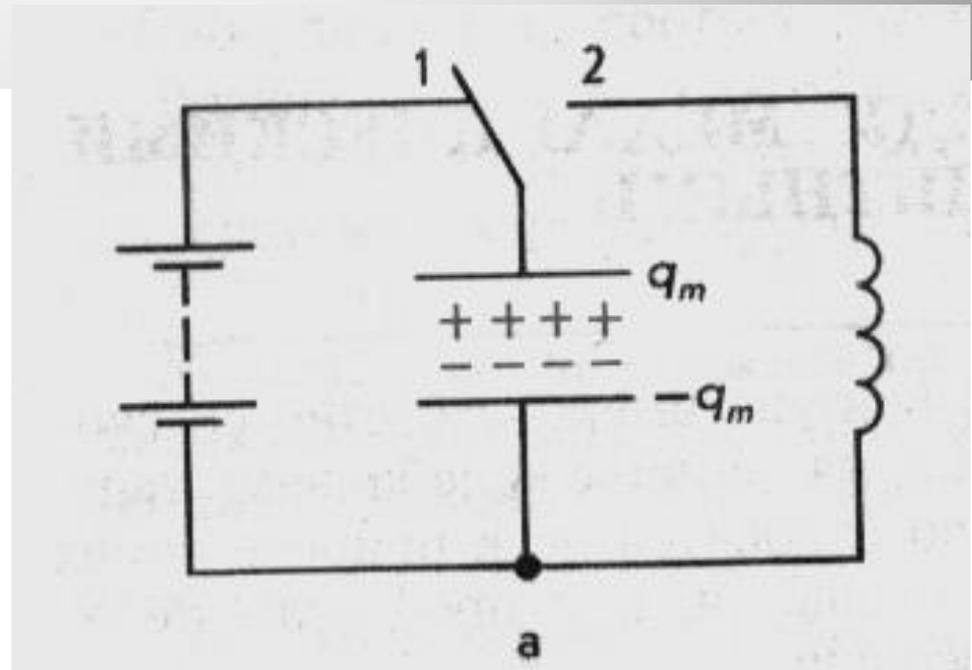
**колебания в системе,
которые возникают после
выведения её из положения
равновесия.**

**Система выводится из
равновесия при сообщении
конденсатору заряда**

Преобразование энергии в колебательном контуре

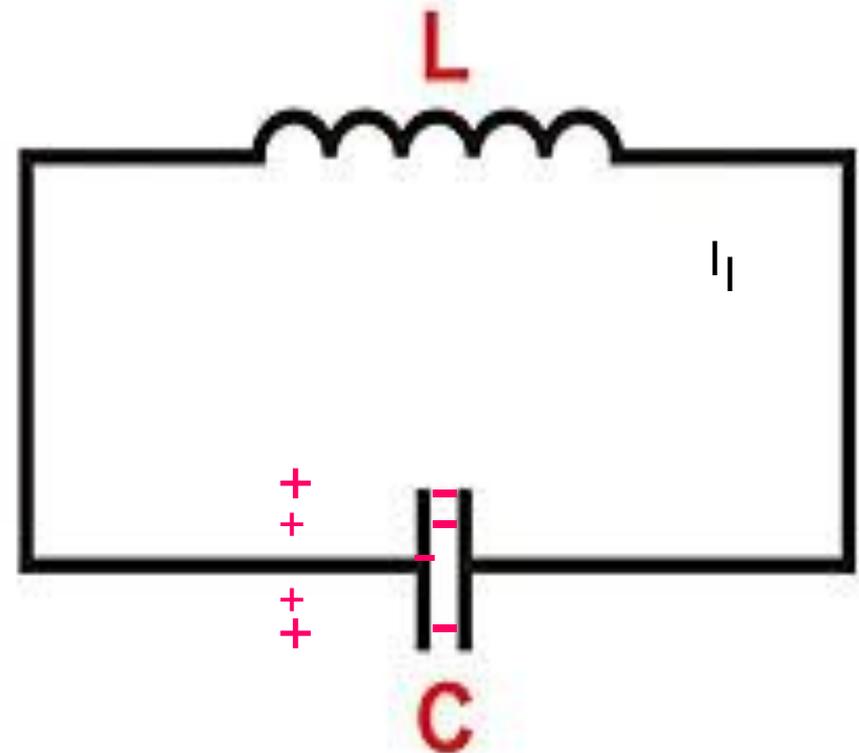
0

Ключ в положении 1.
**ЗАРЯДКА
КОНДЕНСАТОРА.**
Конденсатор
накапливает
электрическую
энергию.



Преобразование энергии в колебательном контуре

1



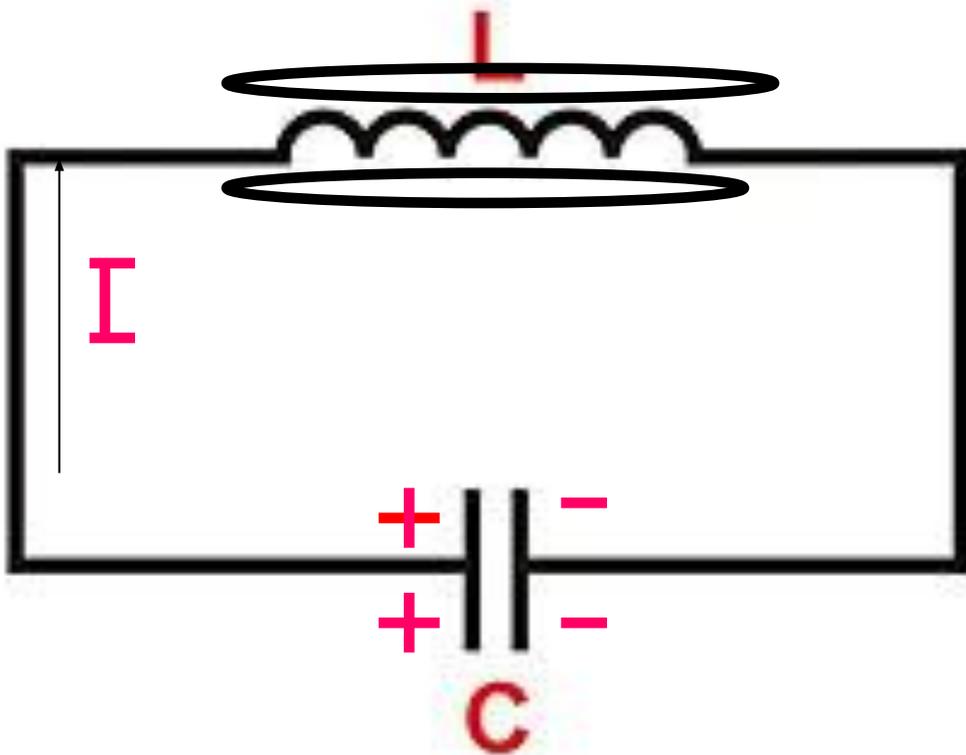
Ключ в положении 2.
Конденсатор
разряжается на
катушку.

$$W_{эл} = C U^2 / 2$$

Преобразование энергии в колебательном контуре

2

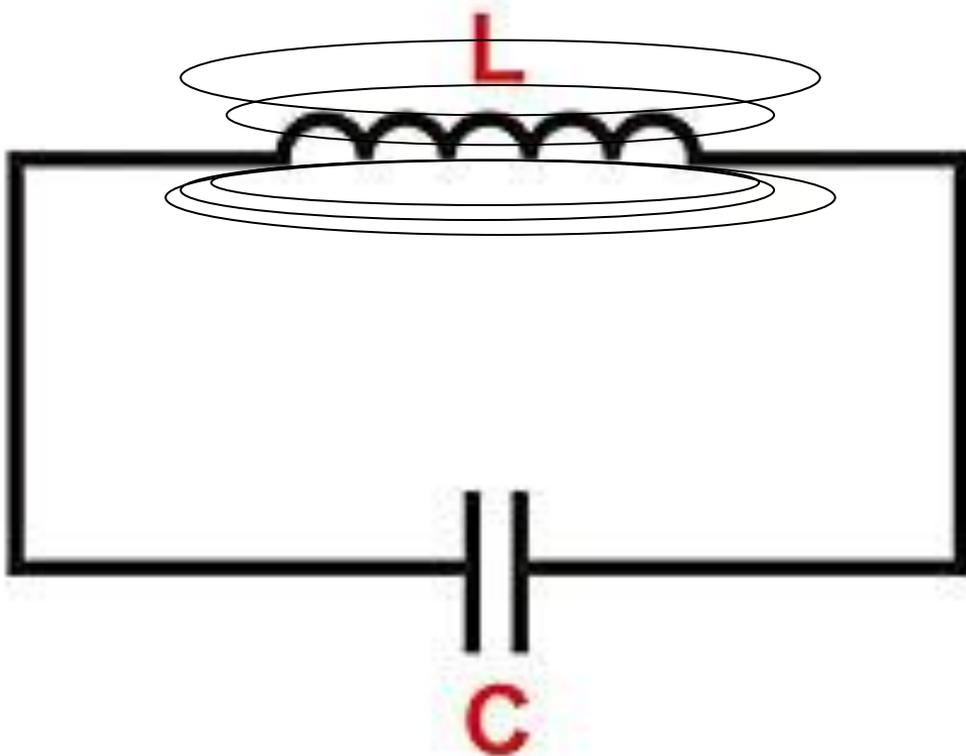
конденсатор
разряжается, в цепи
появляется
электрический ток.
При появлении тока
возникает
переменное
магнитное поле.



$$W = C u^2 / 2 + L i^2 / 2$$

Преобразование энергии в колебательном контуре

3

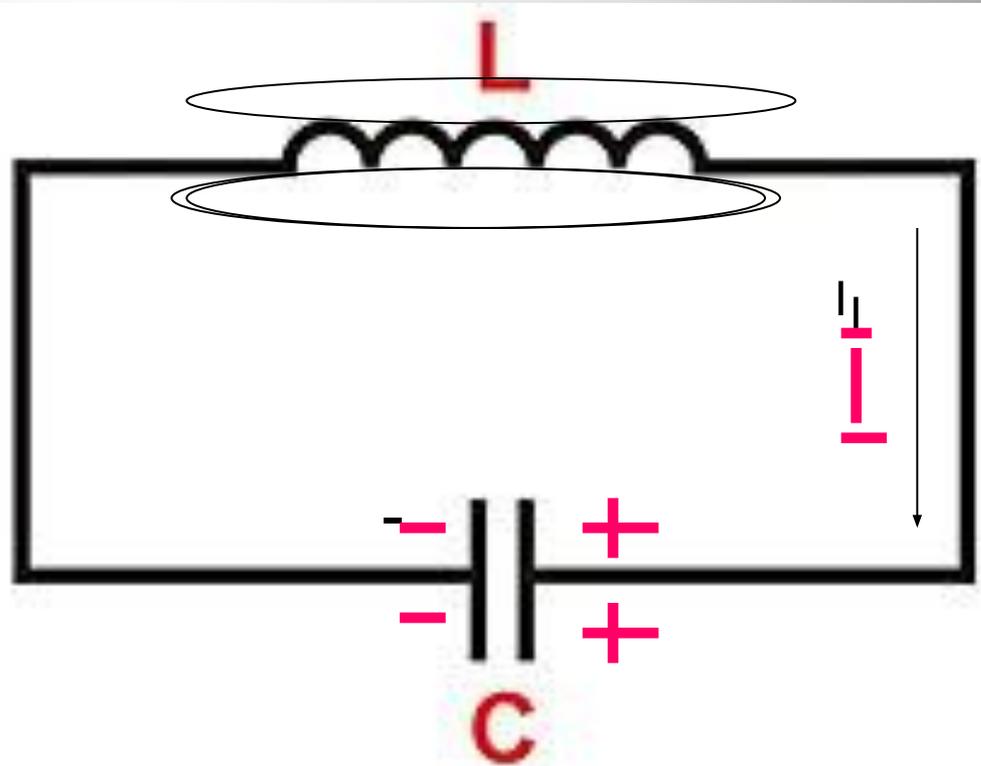


По мере разрядки конденсатора энергия электрического поля уменьшается, но возрастает энергия магнитного поля тока

$$W_M = L I^2 / 2$$

Преобразование энергии в колебательном контуре

4



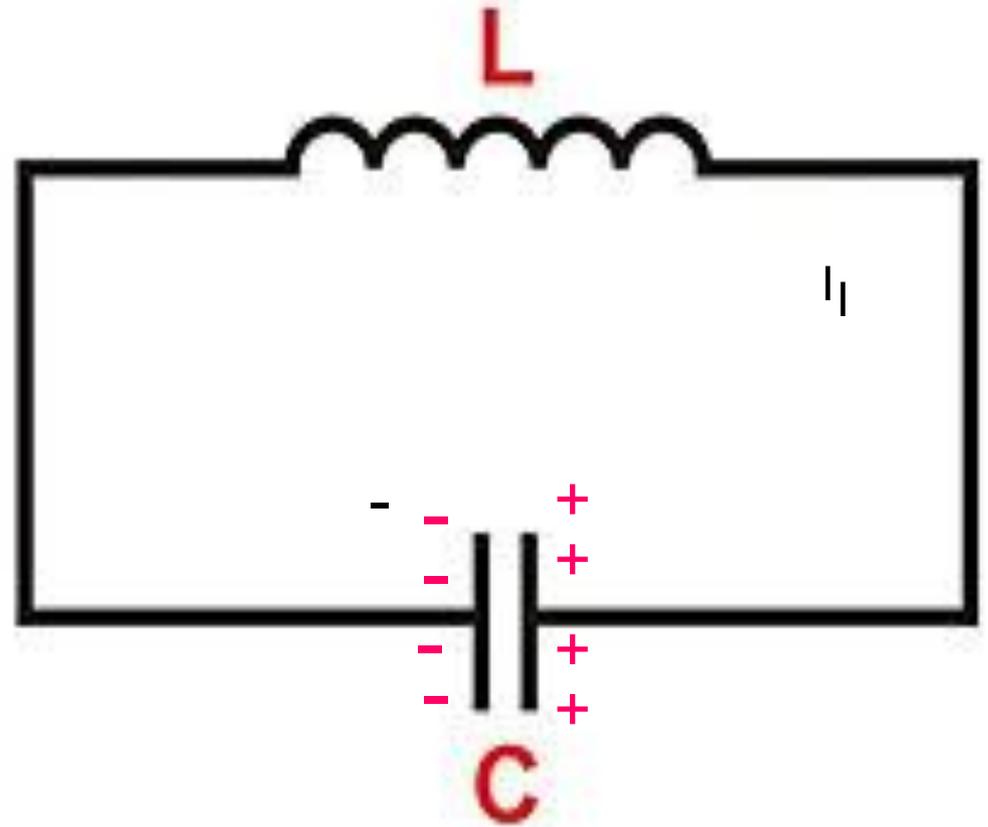
Полная энергия электромагнитного поля контура равна сумме энергий магнитного и электрического полей.

$$W = L i^2 / 2 + C u^2 / 2$$

Преобразование энергии в колебательном контуре

5

*Конденсатор
перезарядился*

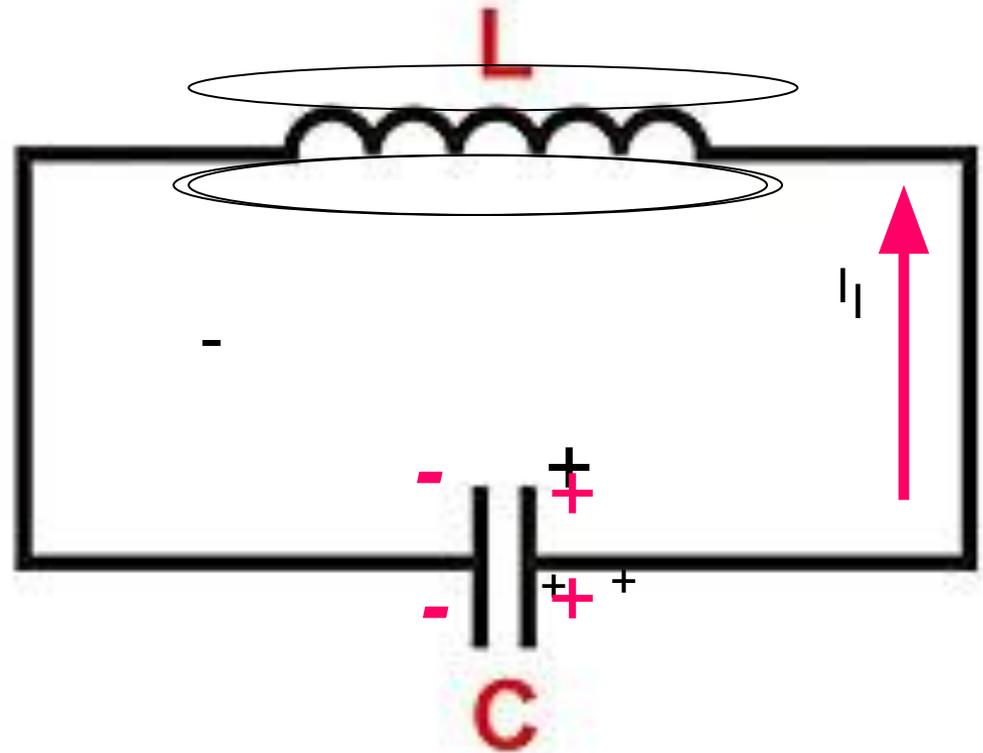


$$W_{\text{эл}} = C U^2 / 2$$

Преобразование энергии в колебательном контуре

6

Электрическая
энергия
конденсатора
преобразуется в
магнитную
энергию катушки
с током.

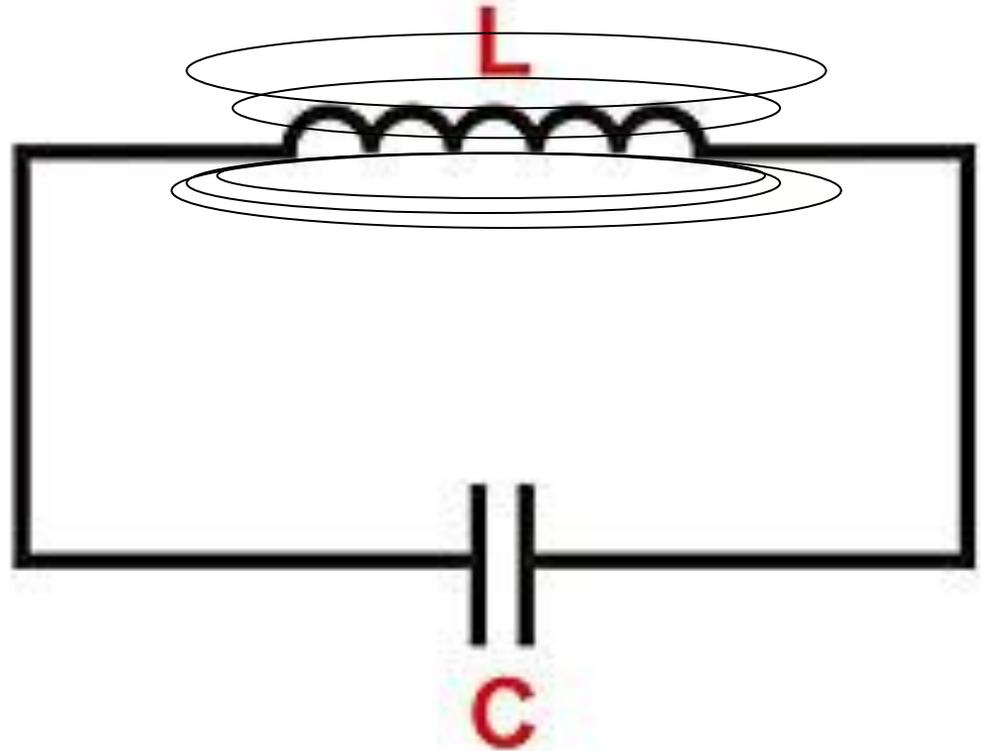


$$W = L i^2 / 2 + C u^2 / 2$$

Преобразование энергии в колебательном контуре

7

Конденсатор разрядился. Электрическая энергия конденсатора равна нулю, а магнитная энергия катушки с током максимальная.

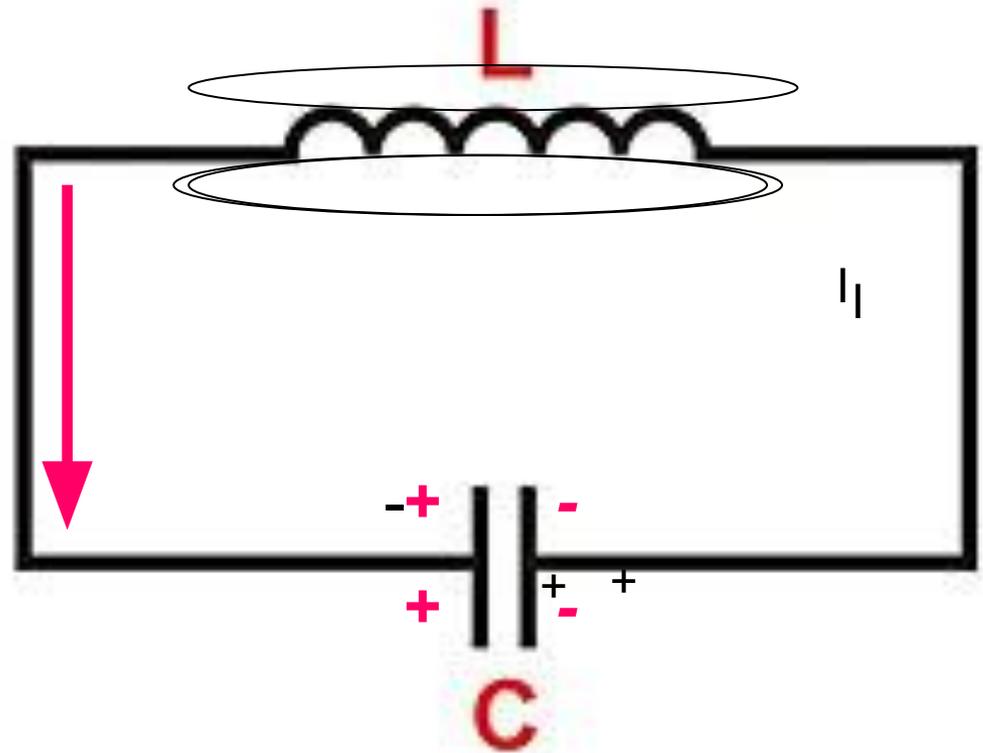


$$W_M = L I^2 / 2$$

Преобразование энергии в колебательном контуре

8

Полная энергия электромагнитного поля контура равна сумме энергий магнитного и электрического полей.

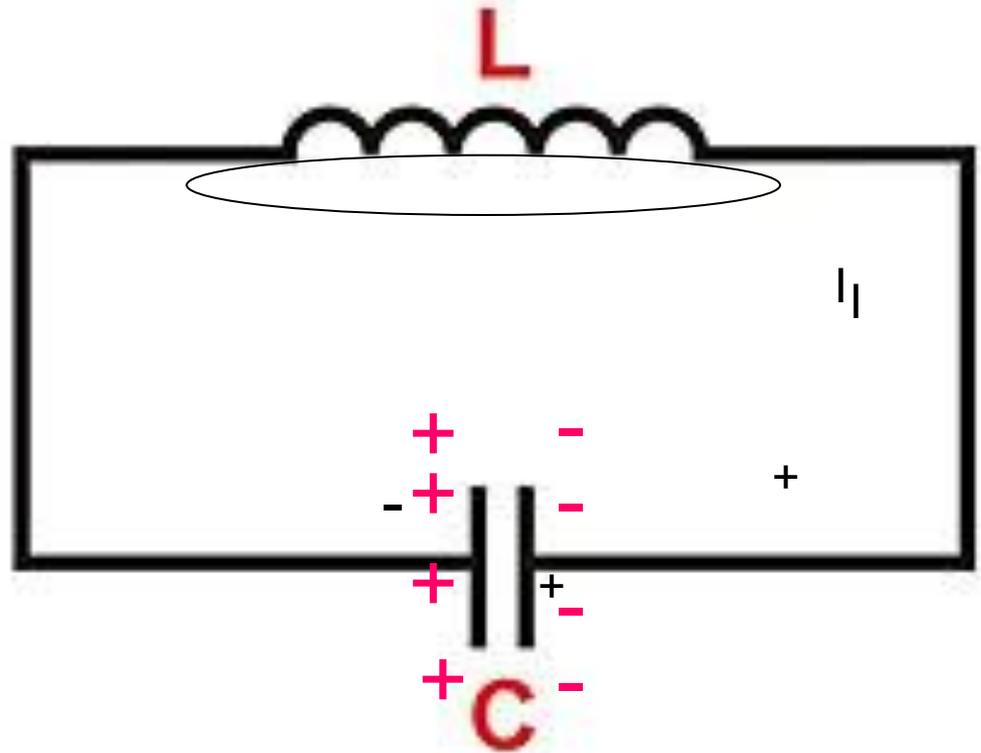


$$W = L i^2 / 2 + C u^2 / 2$$

Преобразование энергии в колебательном контуре

9

*Конденсатор
зарядился заново.
Начинается новый
цикл.*



$$W = C U^2 / 2$$



*Преобразование энергии в
колебательном контуре*

$$CU^2/2 = Cu^2/2 + Li^2/2 = LI^2/2$$

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



$$L \downarrow, C \downarrow \Rightarrow T \downarrow, \nu \uparrow$$

$$L \uparrow, C \uparrow \Rightarrow T \uparrow, \nu \downarrow$$

Период свободных колебаний равен собственному периоду колебательной системы, в данном случае периоду контура. Формула для определения периода свободных электромагнитных колебаний была получена английским физиком Уильямом Томсоном в 1853 г.

Основные выводы:

- **Колебательный контур** — это колебательная система, состоящая из включенных последовательно катушки, конденсатора и активного сопротивления.
- **Свободные электромагнитные колебания** — это колебания, происходящие в идеальном колебательном контуре за счет расходования сообщенной этому контуру энергии, которая в дальнейшем не пополняется.
- **Период свободных электромагнитных колебаний** можно рассчитать с помощью формулы Томсона.

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

- Из этой формулы следует, что период колебательного контура определяется параметрами составляющих его элементов: индуктивности катушки и емкости конденсатора.

ЗАДАЧА

Колебательный контур состоит из конденсатора ёмкостью 10 мкФ и катушки индуктивностью 100 мГн . Найти амплитуду колебаний напряжения, если амплитуда колебаний силы тока $0,1 \text{ А}$.

РЕШЕНИЕ

Дано:

$$C = 10 \text{ мкФ} = 10^{-5} \text{ Ф}$$

$$L = 100 \text{ мГн} = 10^{-1} \text{ Гн}$$

$$I = 0,1 \text{ А}$$

Найти:

$$U = ?$$

Решение:

$$C U^2 / 2 = L I^2 / 2$$

$$U^2 = I^2 L / C$$

$$U = I \sqrt{L/C}$$

$$U = 0,1 \text{ А} \sqrt{10^{-1} \text{ Гн} / 10^{-5} \text{ Ф}} = \\ = 10 \text{ В}$$

Ответ: $U = 10 \text{ В}$

ЗАДАЧА

В колебательном контуре ёмкость конденсатора 3 мкФ , а максимальное напряжение на нем 4 В . Найдите максимальную энергию магнитного поля катушки. Активное сопротивление принять равным нулю.

РЕШЕНИЕ

Дано:

$$C = 3 \text{ мкФ} = 3 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$U = 4 \text{ В}$$

Найти:

$$W_{\text{м}} = ?$$

Решение:

$$W_{\text{м}} = L I^2 / 2$$

$$W_{\text{м}} = W_{\text{эл}}$$

$$W_{\text{эл}} = C U^2 / 2$$

$$\begin{aligned} W_{\text{м}} &= 3 \cdot 10^{-6} \text{ ф} (4 \text{ В})^2 / 2 = \\ &= 24 \cdot 10^{-6} \text{ Дж} = 2,4 \cdot 10^{-5} \text{ Дж} \end{aligned}$$

Ответ: $W_{\text{м}} = 2,4 \cdot 10^{-5} \text{ Дж}$

Определите период и частоту собственных колебаний в контуре при емкости конденсатора 2,2 мкФ и индуктивности 0,65 мГн.

Дано:

$$C = 2,2 \text{ мкФ}$$

$$L = 0,65 \text{ мГн}$$

$$T = ? \quad \nu = ?$$

СИ

$$2,2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$6,5 \cdot 10^{-4} \text{ Гн}$$

Решение:

По формуле Томсона

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

Период и частота связаны формулой $\nu = \frac{1}{T}$.

$$[T] = \sqrt{\text{Гн} \cdot \text{Ф}} = \sqrt{\frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{А}} \cdot \frac{\text{Кл}}{\text{В}}} = \sqrt{\frac{\text{с} \cdot \text{А} \cdot \text{с}}{\text{А}}} = \text{с}.$$

$$[\nu] = \frac{1}{\text{с}} = \text{Гц}.$$

$$T = 2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{2,2 \cdot 10^{-6} \cdot 6,5 \cdot 10^{-4}} = 0,2 \cdot 10^{-3} (\text{с}) = 0,2 (\text{мс}).$$

$$\nu = \frac{1}{0,2 \cdot 10^{-3}} = 5 \cdot 10^3 (\text{Гц}) = 5 (\text{кГц}).$$

Ответ: $T = 0,2 \text{ мс}$; $\nu = 5 \text{ кГц}$.

Дано:

$$C = 10 \text{ мкФ} = 1 \cdot 10^{-5} \text{ Ф}$$

$$\nu_1 = 400 \text{ Гц} = 4 \cdot 10^2 \text{ Гц}$$

$$\nu_2 = 500 \text{ Гц} = 5 \cdot 10^2 \text{ Гц}$$

$$L_1 - ?$$

$$L_2 - ?$$

Решение:

Найдем значения индуктивности, соответствующие верхней и нижней частотам колебаний.

Согласно формуле Томсона:

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

$$\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}} ;$$

$$LC = \left(\frac{1}{2\pi\nu} \right)^2 , L = \frac{1}{C(2\pi\nu)^2} ;$$

$$L_1 = \frac{1}{C(2\pi\nu_1)^2} , L_2 = \frac{1}{C(2\pi\nu_2)^2} ;$$