

# Электромагнитные колебания

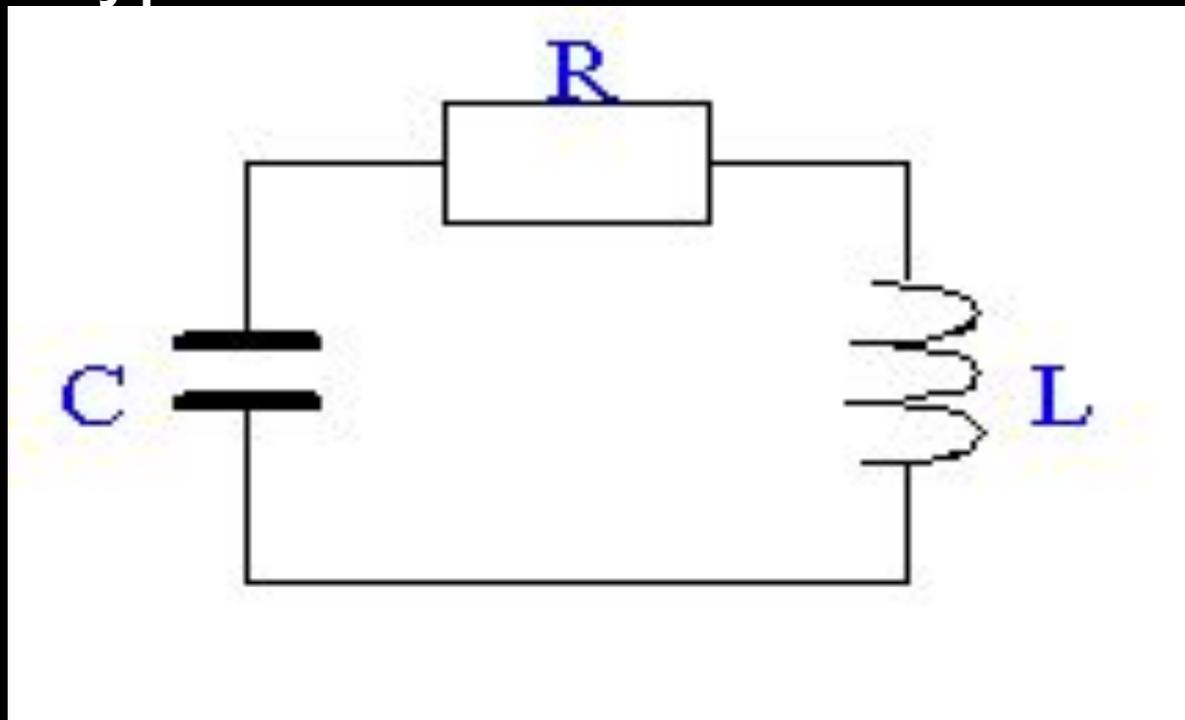
Максвелл предположил, что электрическое и магнитное поля это один и тот же объект - один и тот же вид материи, но проявляющий себя по-разному, и что этот объект существует только совместно как электромагнитное поле.

Периодические изменения зарядов, токов или напряжений называют электромагнитными колебаниями, Электромагнитные колебания - это взаимосвязанное по времени преобразование энергии магнитного поля в энергию электрического поля без потерь энергии

- *Свободные электромагнитные колебания* - это колебания электрической и магнитной энергий, которые совершаются без внешнего воздействия, а только за счет первоначально накопленной энергии.



Такие колебания могут происходить, например, в электрической цепи, состоящей из соленоида с индуктивностью  $L$ , конденсатора с емкостью  $C$  и резистора с сопротивлением  $R$ . В этом случае электрическая цепь называется колебательным контуром.



Электрический  
колебательный  
контур.

- Из формул закона электромагнитной индукции можно вывести, что в идеальном колебательном контуре циклическая частота собственных колебаний равна:
- Отсюда период собственных колебаний контура определится как :

- $$T = 2\pi \sqrt{LC} \text{ [с].}$$



- Период колебаний электромагнитного контура – это время одного полного цикла преобразования электрической и магнитной энергий.
- Из решения дифференциальных уравнений гармонических колебаний получим, что изменение заряда на обкладках конденсатора будет иметь вид:

$$q = q_{\max} \cos(\omega t + \phi_0)$$

.

- В обеих последних формулах отсутствует время. Это значит, что в идеальном электрическом контуре суммарная энергия сохраняется без изменений с течением времени, то есть в нем устанавливаются незатухающие колебания.
- Если вся электромагнитная энергия распределяется внутри контура, контур называется закрытым, если энергия распространяется в пространстве - открытым.
- В колебательном контуре сила тока в цепи и разность потенциалов на обкладках конденсатора сдвинуты по фазе на  $\Delta\phi = \pi/2$ .

# Переменный электрический ТОК

- Ток, изменяющийся по величине или по направлению, называется переменным.
- Переменный электрический ток, например, образуется в электрических генераторах, преобразующих механическую энергию магнитного поля в электрическую, при пересечении этим полем проводников. В рамках по закону электромагнитной индукции образуется переменная ЭДС, изменяющаяся по закону гармонического колебательного движения и если электрическая цепь будет замкнута, то величины мгновенного напряжения или тока на активном сопротивлении  $R$  определяются по формулам:

- $U = U_{\max} \cos(\omega t)$ ;
- $I = I_{\max} \cos(\omega t)$ .
- На векторной диаграмме фаз колебаний напряжений относительно фаз тока, как видно из формул сдвига фаз не происходит.

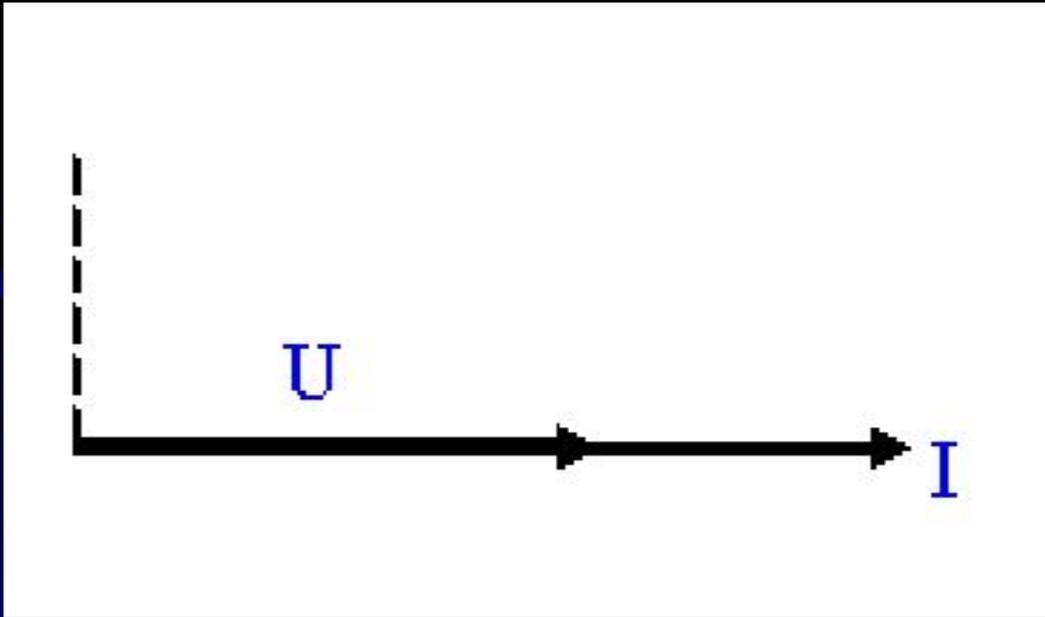


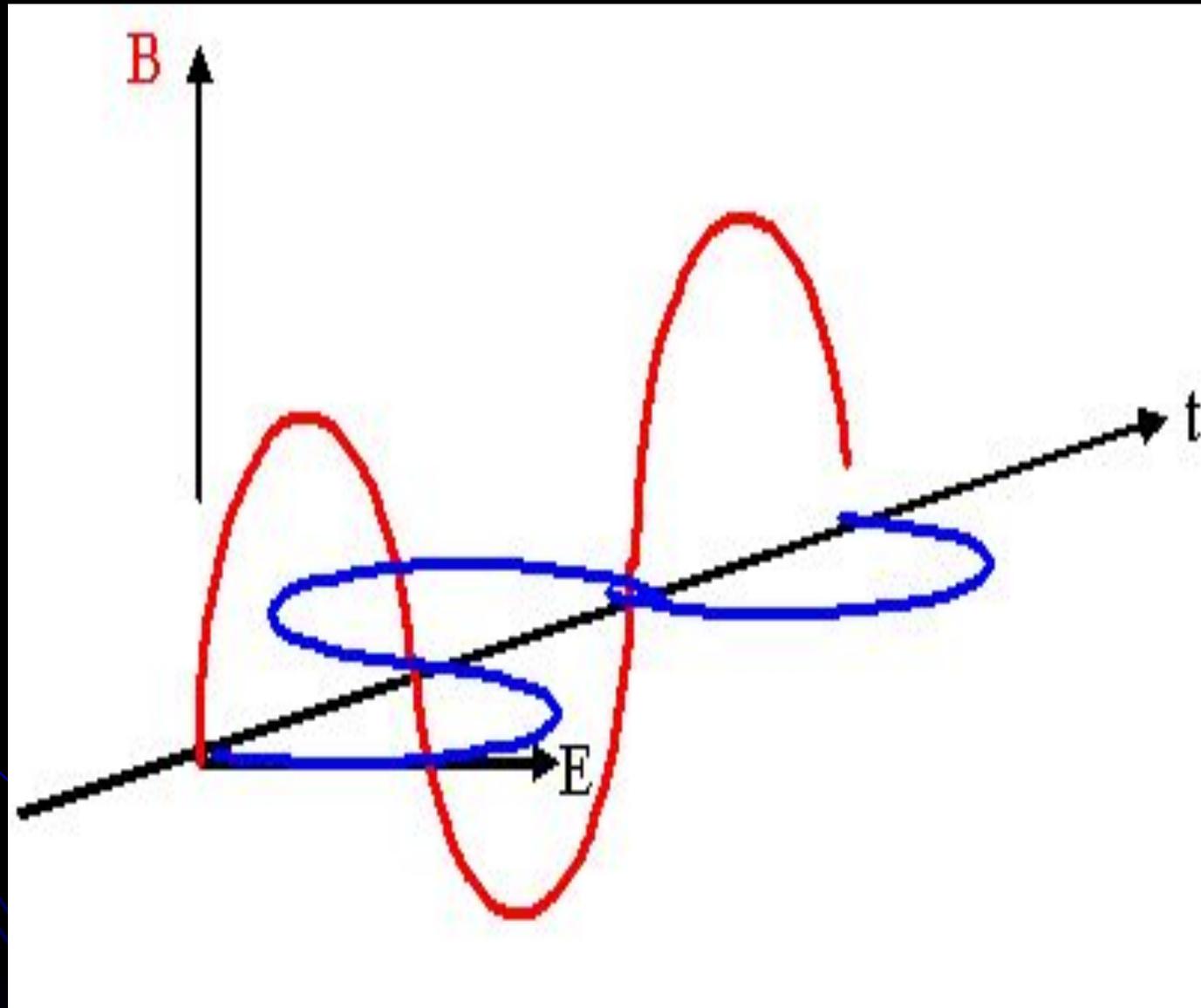
Диаграмма фаз тока и напряжения в цепи с активным сопротивлением  $R$ .

- В цепи переменного тока напряжение  $U$  и сила тока  $I$  на сопротивлении  $R$  находятся в одной фазе.
- Электрическая цепь переменного тока может содержать как элементы, обладающие активным омическим сопротивлением  $R$ , так и индуктивностью, и электроемкостью.
- В цепи переменного тока, содержащей индуктивность, роль сопротивления играет выражение  $\omega L$ , названное индуктивным сопротивлением  $X_L$  :
- $X_L = \omega L$ ; [Ом].

# Электромагнитные волны

- Электромагнитной волной называется распространяющееся в пространстве электромагнитное поле. Например, распространение энергии электромагнитного поля открытого электрического колебательного контура. Впервые этот факт был установлен Д. Максвеллом<sup>1</sup> в 1873 году – «электромагнитные волны возбуждаются ускоренно движущимися электрическими зарядами».
- Электромагнитная волна это взаимосвязанное распространение энергии электрического и магнитного полей в пространстве в течение времени.

# Распространение электромагнитной волны

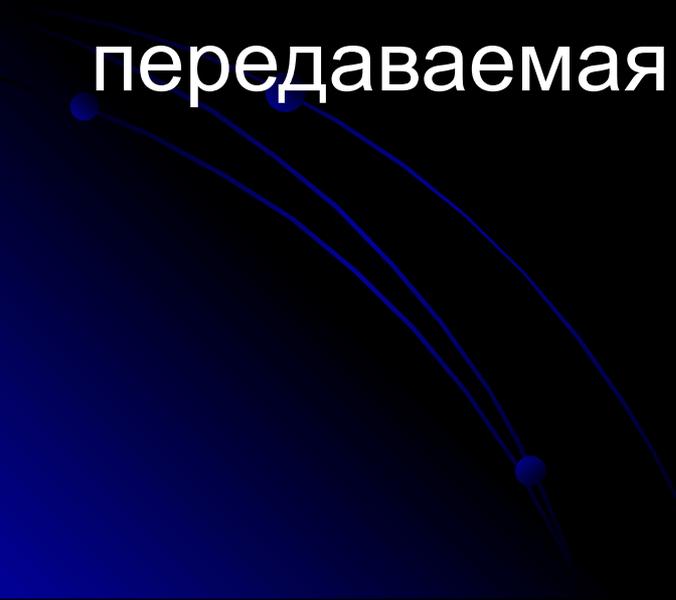


- Теория Максвелла определила, что электромагнитные волны – поперечные: векторы электрических и магнитных полей лежат в перпендикулярных плоскостях по направлению их распространения, причем векторы  $\mathbf{B}$  и  $\mathbf{E}$  колеблются в одинаковых фазах (Рис.148).
- Характеристики электромагнитных волн носят названия, аналогичные характеристикам механических волн.

- Для них также справедлив и принцип Гюйгенса относительно распространения волн: *Каждая точка, до которой доходит возмущения от источника, сама становится источником распространяющихся элементарных сферических волн.*



- Как и всякое волновое движение, электромагнитная волна характеризуется длиной волны  $\lambda$  :
- $\lambda = c T$  [ м].  $c$  – скорость электромагнитных волн,  $c = 3 \cdot 10^8$  м/с.
- $T$  - период электромагнитных колебаний источника.
- К основным характеристикам волн относятся: ее длина ( $\lambda$ ), направленность и интенсивность.

- Электромагнитные волны используются как «переносчики» какой-либо информации для этого на высокочастотные, хорошо распространяющиеся в пространстве электромагнитные колебания, «накладываются» низкочастотные (модулирующие) колебания.
  - В низкочастотном сигнале закодирована передаваемая информация
- 

- Рис. Приемо–передаточные устройства электромагнитных волн



- Примерно 15% внутренней тепловой энергии человека (около 15 Дж), излучается в пространство как *тепловое излучение* в спектре электромагнитных волн, что регистрируется инфракрасным тепловидением.

