

# ТОК СМЕЩЕНИЯ. СИСТЕМА УРАВНЕНИЙ МАКСВЕЛЛА.

1. Ток смещения
2. Система уравнений Максвелла и физический смысл отдельных уравнений системы.
3. Вектор Умова-Пойнтинга. Электромагнитные волны. Закон сохранения энергии электромагнитного поля.

# ТОК СМЕЩЕНИЯ

Плотность тока смещения:  $\vec{j}_{см} = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$

Обозначения:

$\vec{E}$  – напряжённость электрического поля

$\vec{D}$  – вектор электрического смещения (индукция электрического поля)

$\vec{B}$  – индукция магнитного поля

$\vec{H}$  – напряжённость магнитного поля

$\vec{j}_{своб}$  – плотность тока проводимости

$\rho$  – объёмная плотность электрического заряда

# СИСТЕМА УРАВНЕНИИ МАКСВЕЛЛА И ФИЗИЧЕСКИЙ СМЫСЛ ОТДЕЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ СИСТЕМЫ

1) Магнитное поле может создаваться как движущимися электрическими зарядами, так и изменяющимся во времени электрическим полем.

$$\operatorname{rot} \vec{H} = \vec{j}_{\text{своб}} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

2) Закон Фарадея. Изменяющееся во времени магнитное поле порождает вихревое электрическое поле.

$$\operatorname{rot} \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

3) Магнитное поле является соленоидальным (не существует магнитных зарядов в природе)

$$\operatorname{div} \vec{B} = 0$$

4) Закон Кулона в дифференциальной форме. Электрическое поле создаётся зарядами. Векторы электрической индукции начинаются и заканчиваются на зарядах.

$$\operatorname{div} \vec{D} = \rho_{\text{наб}}$$

Для решения системы уравнений Максвелла в конкретном случае их нужно дополнить уравнениями связи или материальными уравнениями:

$$\vec{D} = \epsilon_0 \epsilon_r \vec{E}$$

$$\vec{B} = \mu_0 \mu_r \vec{H}$$

$$\vec{j} = \sigma \vec{E}$$

(закон Ома в диф. форме, где  $\sigma$  - удельная проводимость)

Уравнения связи характеризуют конкретную среду (вещество).

# ВЕКТОР УМОВА-ПОЙНТИНГА. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ. ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ.

## *Вектор Умова-Пойнтинга*

Вектор Умова-Пойнтинга  $\vec{S} = [ \vec{E} \vec{H} ]$  характеризует плотность потока энергии электромагнитного поля.

$\vec{E}$  – напряжённость электрического поля

$\vec{H}$  – напряжённость магнитного поля

## *Электромагнитные волны*

Электрическое и магнитное поля, как следует из уравнений Максвелла, взаимосвязаны, поэтому мы должны говорить о новой физической реальности – электромагнитном поле.

Скорость распространения электромагнитного поля в вакууме:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}, \text{ где } \epsilon_0 \text{ – электрическая постоянная; } \mu_0 \text{ – магнитная постоянная.}$$

## *Закон сохранения энергии электромагнитного поля*

Объёмная плотность энергии электромагнитного поля:

$$w = \frac{1}{2} (\vec{D}\vec{E} + \vec{B}\vec{H})$$

Объёмная плотность мощности поля, развиваемая полем при перемещении заряда:

$$Q = \vec{E} \vec{j}$$

Закон сохранения энергии электромагнитного поля в дифференциальной форме:

$$\operatorname{div} \vec{S} + \frac{\partial w}{\partial t} = -Q$$

Смысл: если взять любой объём пространства, то энергия в этом объёме может изменяться только в результате втекания-вытекания энергии через ограничивающие поверхности, или через энергию электрических зарядов.