

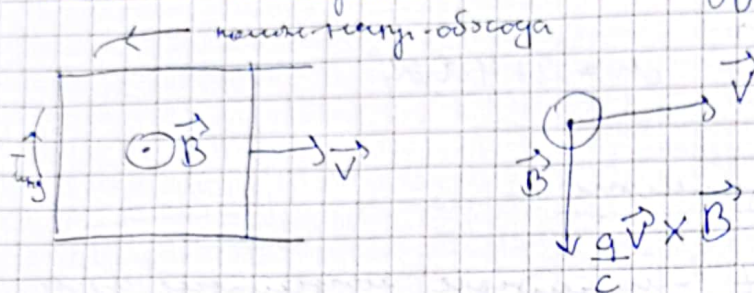
13

Электромагнитная индукция. Поток магнитного поля

ЭДС индукции в движущихся и неподвижных проводниках

Вихревое электрическое поле. Правило Ленца. Закон электромагнитной индукции в интегральной и дифференциальной формах.

Даладесовая и максвелловская трактовка явления электромагнитной индукции



Рассмотрим проводящую замкнутую, замкнутую проводящую петлю,

помещённую в магн. поле  $\vec{B}$

На заряды в петле действует сила Лоренца

$$\vec{F} = \frac{q}{c} \vec{v} \times \vec{B} - \text{приводит заряды в движение, вызывая}$$

индукционный ток в отр. направлении обхода контура

Она эквивалентна силе, создаваемой сторонним электрическим полем

$$\vec{E}_{\text{стор}} = \frac{\vec{F}}{q} = \frac{1}{c} \vec{v} \times \vec{B}$$

индуцирует в петле ЭДС индукции

$$\mathcal{E}_{\text{инд}} = \oint \vec{E}_{\text{стор}} d\vec{l} = -E_{\text{стор}} l = -\frac{1}{c} B l v$$

$$v = \frac{dS}{dt} \quad \mathcal{E}_{\text{инд}} = -\frac{1}{c} \frac{d\Phi}{dt}$$

Если имеется  $\vec{B}_{||}$  (|| плоскости контура), то она не

приводит к появлению индукционного тока вдоль контура

$\Rightarrow$  в вычислении для  $\Phi$  нужно учесть только  $\vec{B}_{\perp}$

$\Phi = B_{\perp} S = \vec{B} \cdot \vec{S}$ . В случае неоднородного магнитного поля

$$\Phi = \int_S \vec{B} \cdot d\vec{S}$$



Если  $\Phi$  растёт со временем  $\Rightarrow$  возникает ЭДС индукции, создающая ток  $I_{\text{инд}}$  в ступиданском направлении. Этот ток создаёт дополнительное магнитное поле  $\Delta B$ , ориентированное против исходного  $B$

Правило Ленца: индуцированный ток имеет такое направление, чтобы с помощью создаваемого им магнитного поля препятствовать изменению магнитного потока, то есть чтобы ослабить действие причины, возбуждающей этот ток

ЭДС индукции в движущемся и неподвижном проводнике

1) Если постоянный магнит неподвижен, а движется провод (замкнутый виток), то в проводе возникает ток обусловленный ЭДС индукции  $\mathcal{E}_{\text{инд}} = - \frac{1}{c} \frac{d\Phi}{dt}$

2) Если перейти в СО проводника, то ток остаётся, но движется уже магнит

3) В 1) и 2)  $\Phi$  изменяется за счёт изменения относительного расположения магнита и провода. Таким же изменением  $\Phi$  можно получить, используя перемещение магнитного поля движ. магнита в месте нахождения неподвижного провода

$\Rightarrow$  при всяком изменении магнитного потока, проходящего через движущегося или неподвижного проводника, возникает индуцированный ток, при чём ЭДС индукции во всех случаях  $\mathcal{E}_{\text{инд}} = - \frac{1}{c} \frac{d\Phi}{dt}$

Фарадеевская трактовка электромагнитной индукции: электромагнитная индукция состоит в возникновении индукционного электрического тока. Для её наблюдения требуется замкнутый проводник



Максвелловская теорема электромагнитной индукции:  
 явление электромагнитной индукции состоит в том, что любое переменное магнитное поле возбуждает в проводнике электрическое поле; проводники для этого не требуются. Индукционные токи возбуждаются в проводниках индукционным электрическим полем.

Вихревое электрическое поле и закон электромагнитной индукции

$$\Phi = \int_S \vec{B} \cdot d\vec{S} \quad E_{\text{инд}} = -\frac{1}{c} \frac{d\Phi}{dt} \quad \text{— интегральная форма закона электромагнитной индукции}$$

$$E_{\text{инд}} = \oint_{L(S)} \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{1}{c} \int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S} \Rightarrow$$

теорема Стокса

$$\left( \oint_L \vec{E} \cdot d\vec{l} = \int_S \text{rot} \vec{E} \cdot d\vec{S} \right)$$

ввиду произвольности

$$\text{rot} \vec{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

дифференциальная форма закона электромагнитной индукции