Технически университет – София Електротехнически Факултет Катедра " Обща електротехника " Презентация № 2

Основни понятия от електромагнитното поле

дисципл<mark>ина "Електротехника и Електроника I" – ВІМ16</mark>
ОКС "Бакалавър" от Учебен план за студентите на специалност
"Индустриален мениджмънт", Професионално направление
5.13. Общо Инженерство



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



Съдържание

Въведение

Електрическо поле

Електрически заряд. Електрическа сила и закон на Кулон

Интензитет на електрическото поле. Силови линии

Електрически потенциал и напрежение

Проводници и Изолатори

Електрически капацитет. Кондензатор

Магнитно поле

Магнитна инд<mark>ук</mark>ция

Силови линии на магнитното поле

Проводник с ток в магнитно поле. Магнитна сила. Магнитен поток

Интензитет (напрегнатост) на магнитното поле

Закон за пълния ток

Силово взаимодействие между проводници с ток

Електромагнитна индукция

Самоиндукция

Влияние на веществените среди върху магнитното поле

Основни свойства на феромагнитните материали. Хистерезис

Литература



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



Въведение

Електромагнитните взаимодействия са едни от фундаменталните взаимодействия в природата. Те могат да се опишат чрез понятията: **електрически** заряд и **електромагнитно** поле

<u>Електрическият заряд</u>

е характеристика на телата, която определя способността им да участват в електромагнитните взаимодействия.

<u>Електромагни<mark>тното</mark> поле</u>

е посредникът, чрез който се осъществяват електромагнитните взаимодействия. То се характеризира със силови или индукционни прояви.

Електромагнитното поле се разглежда като неразривна връзка между двете негови страни: **електрическо** и **магнитно** поле. Двете полета са свързани и взаимно се обуславят, но при определени условия могат да се наблюдава преобладаващо влияние на едно от тях.



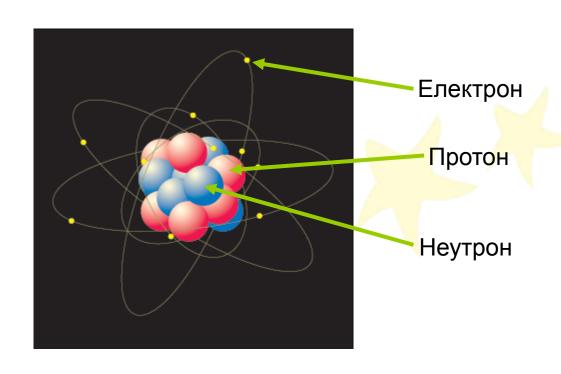
ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



Електрически заряд

Атомите са съставени от положително заредени ядра, заобиколени от електрони. Ядрата съдържат положително заредени протони и неутрони.



Ако всеки протон има заряд +е, то заряда на електрона е -е, където е = 1.602×10⁻¹⁹ С

В нормално състояние атомите са електрически неутрални.

Броят на протоните в един атом е равен на броя на електроните



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

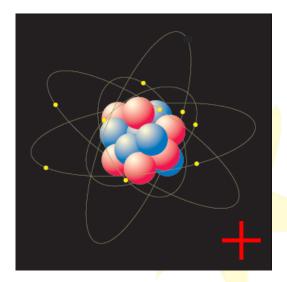
"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



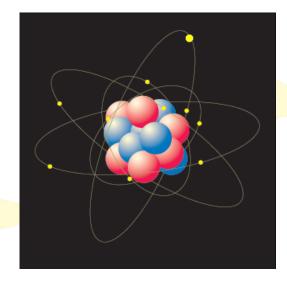
Електрически заряд

Промяната на заряда на атома изисква да се промени броя на електроните или протоните.

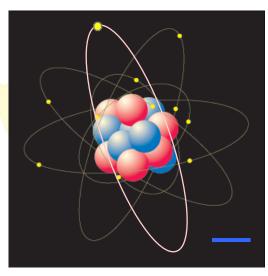
За повечето атоми промяната на броя на протоните е невъзможна.



Ако от атома се премахне електрон, заряда му става положителен



Ако се възстанови премахнатия електрон атома е **неутрален**



Ако към атома се добави електрон, заряда му става **отрицателен**



ПРОЕКТ ВG051РО001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



Електрическо поле

Електрическо поле наблюдава се само в пространството около неподвижни електрически заредени тела.

<u>Особености на електрическото поле</u>

- → Източници на електрическото поле са тела притежаващи определено количество електрически заряд.
- → Съществуването на полето е свойство на неговите източници.
- → Полето се открива чрез силовото му действие върху пробно тяло притежаващо единичен електрически заряд.
- → Електрическото поле е векторно поле.
- → Негова основна характеристика е векторната величина електрически интензитет Е
- ightharpoonup Полето се визуализира чрез силови линии, към които тангира вектора на електрическия интензитет E



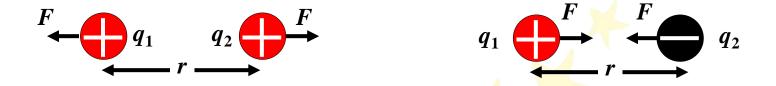
ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



Електрическа сила и закон на Кулон

Два пробни точкови заряда q_1 и q_2 , отдалечени на разстояние r един от друг търпят действието на сила F



Изследванията върху силовите взаимодействия между зарядите са проведени от *Чарлз Кулон*. Той установява, че големината на силата може да се определи с израза:

$$\boldsymbol{F} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{|\boldsymbol{q}_1||\boldsymbol{q}_2|}{\boldsymbol{r}^2}$$

където $\varepsilon_0 = 8,85 \ 10-12 \ \text{F/m}$ е диелектрична проницаемост на вакуум.



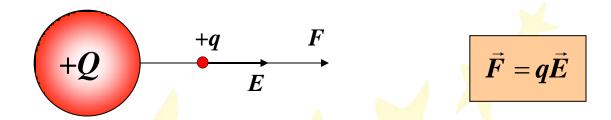
ПРОЕКТ ВG051РО001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



Електрически интензитет (напрегнатост)

В пространството около неподвижно тяло, заредено със заряд +Q се разпространява електрическо поле. Полето въздейства на единичен пробен положителен заряд +q със сила F определена с израза:



където E е електрически интензитет на полето.

- Електрическият интензитет е еднозначна силова характеристика на електрическото поле в точка от пространството.
- Електрическият интензитет е векторна величина .
- > Електрическият интензитет зависи от разположението на пробния заряд и от свойствата на средата в която се разпространява полето.



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"

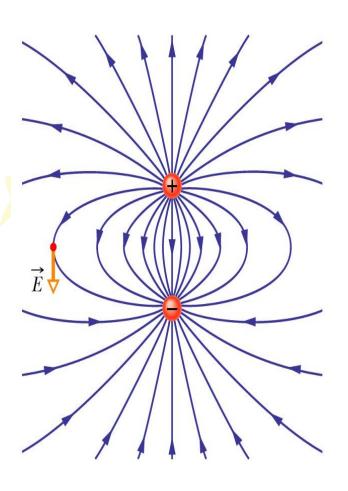


Силови линии на електрическото поле

Графична представа за електрическото поле дават неговите $\underline{cuлови\ линии}$. Това са $\underline{насочени}$ $\underline{линии}$, тангентите към които съвпадат с вектора на електрическия интензитет E.

Особености на електрическите силови линии

- Тези линии винаги са прекъснати. Започват от повърхността на положително заредените тела и завършват върху повърхността на отрицателно заредените тела
- Електрическите силови линии никога не се пресичат взаимно.
- Гъстотата им е пропорционална на големината на електрическия интензитет *E* във всяка точка от пространството.





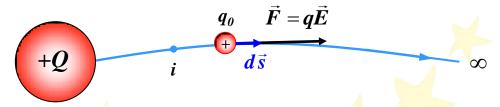
ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



Електрически потенциал

Електрическото поле създадено от тяло притежаващо заряд +Q премества единичен пробен положителен заряд q_{θ} от точка i в безкрайността, при което извършва работа A.



Отношението н<mark>а извърш</mark>ената работа A и г<mark>олеми</mark>ната на заряда q_{θ} , определя величината <u>електрическия потенциал</u> в точката $i \to \varphi_i$

$$\varphi_i = \frac{A}{q_0} = \int_{i}^{\infty} \vec{E} d\vec{s}, \ V$$

Посоката на силовите линии на електрическото поле съвпада с посоката на намаляване на потенциала му.



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



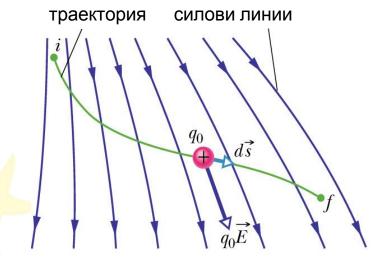
Електрическо напрежение

При преместването на единичен пробен заряд q_{θ} от точка i в точка f електрическото поле извършва работа A_{if}

$$\mathbf{A}_{if} = \int_{i}^{f} \mathbf{q}_{0} \vec{E} d\vec{s} = \mathbf{q}_{0} \left(\int_{i}^{\infty} \vec{E} d\vec{s} - \int_{f}^{\infty} \vec{E} d\vec{s} \right)$$

Отношението на извършената работа A_{if} и големината на заряда q_{0} , определя величината <u>електрическо напрежение</u> U_{if} или <u>потенциалната разлика</u> между тези точки:

$$U_{if} = \frac{A_{if}}{q_0} = \varphi_i - \varphi_f = \int_i^f \vec{E} d\vec{s}, \ V$$



Електрическото напрежение не зависи от пътя по който се извършва преместването а само от координатите на началната и крайната точка.



ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"

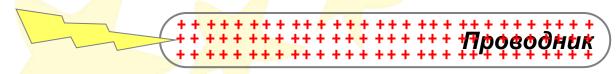


Проводници и изолатори

Електрически неутрално състояние на веществените среди може да се променя след добавяне или отнемане на заряд. В зависимост от електрическите си свойства те се разделят на **проводници** и **изолатори**.

<u>ПРОВОДНИЦИ</u>

са материалите, в които добавения електрически заряд може свободно и бързо да се предвижва навсякъде в материала.



- Предвижването на електрическия заряд продължава докато резултантното електрическо поле вътре в проводника стане нула.
- Електрическото поле не може да съществува продължително време в проводяща среда.



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



Проводници и изолатори

ИЗОЛАТОРИ са материалите, които не позволяват свободно движение на електрическия заряд. При тях заряда се съсредоточава върху участък от повърхността където е поставен.



- Поради липсата на възможност за движение на електрическия заряд в изолационната среда, електрическото поле в нея може да съществува продължително време.
- ho Качествата на изолационната среда се оценяват с нейната абсолютна диелектричната проницаемост ε (ε =ε₀.ε_r)
- Където ε_r е относителна диелектрична проницаемост на средата. Тя отразява колко пъти се намалява интензитета на електрическото поле вътре в една веществена среда в сравнение с вакуума.



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



Електрически капацитет. Кондензатор

Електрически капацитет — "C" е характеристика на телата, отразяваща възможността им да поемат върху себе си определено количество заряд. Дефинира се като отношение на количеството електрически заряд +Q и потенциала по повърхността на тялото φ .

$$C = \frac{Q}{\varphi}$$
, F

$$C = \frac{Q}{U_{if}}, F$$

<u>Паралелно</u> включените кондензатори — работят с еднакво напрежение и различно количество заряд. Еквивалентния капацитет на групата C_{EO} се определя от:

$$C_{EQ} = \sum_{K=1}^{N} C_{K}$$

<u>Последователно</u> включените кондензатори — работят с еднакво количество заряд и различно напрежение. Еквивалентния капацитет на групата C_{EO} се определя от:

$$\frac{1}{C_{EQ}} = \sum_{K=1}^{N} \frac{1}{C_K}$$

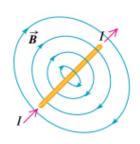


ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"

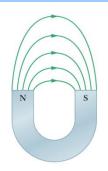


Магнитно поле



<u>Магнитно поле</u>

наблюдава се в пространството около проводници по които протича ток, или около постоянни магнити.



Особености на магнитното поле

- → Магнитното поле не притежава елементарни източници.
- → Източници на магнитното поле са движещи се електрически заряди (проводници с ток), или постоянни магнити.
- → Неговото съществуване се открива чрез силовите или индукционни прояви.
- → Магнитното поле е векторно поле.
- → Основната силова характеристика на магнитното поле е векторната величина магнитна индукция В.
- → Полето се визуализира чрез своите силови линии, към които тангира вектора на магнитната индукция *В*.



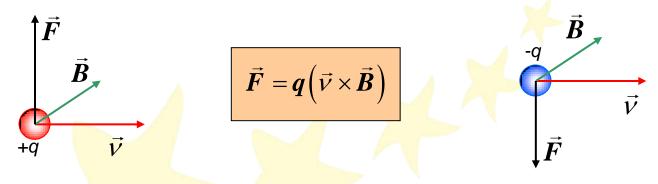
ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



Магнитна индукция

Електрически заряд q, движещ се в магнитно поле, търпи действието на сила F. Нейната големина се определя от произведението на алгебричната стойност на заряда и векторното произведение от скоростта му v и силовата характеристика на магнитното поле, наречена магнитната индукция B



Големината на магнитната индукция B в дадена точка от магнитното поле се определя от отношението на максималната сила F_{max} , която действа на движещ се заряд и произведението от големината на заряда q и скоростта му v. Мярната единица за магнитна индукция са нарича «mecna» (T)

$$\boldsymbol{B} = \frac{\boldsymbol{F}_{\text{max}}}{|\boldsymbol{q}|\nu}$$



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"

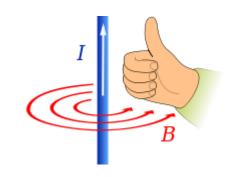


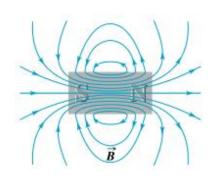
Силови линии на магнитното поле

Графична представа за разпространението на магнитното поле дават неговите $\underline{cuлови\ линиu}$. Това са затворени насочени линии, тангентите към които съвпадат с вектора на магнитната индукция B.

Особености на магнитните силови линии

- Посоката им се определя по правилото на дясната ръка, ако полето се създава от проводник с ток, или от северния магнитен полюс (N) към южния полюс (S), ако полето е създадено от постоянен магнит.
- Тези линии са винаги затворени. От това следва, че магнитното поле не се поражда от магнитни заряди. Магнитни заряди в природата не съществуват.
- Магнитните силови линии никога не се пресичат взаимно.
- Гъстотата им е пропорционална на магнитната индукция в разглежданата точка от пространството.







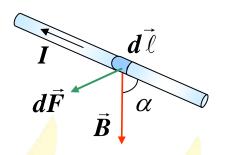
ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



Проводник с ток в магнитно поле. Магнитна сила

Силата dF, с която външно магнитното поле с индукция B действа върху елементарен токов елемент от проводник с ток $Id\ell$ е равна на векторното произведение от токовия елемент и магнитната индукция в този елемент.



$$d\vec{F} = I(d\vec{\ell} \times \vec{B})$$

Магнитната сила F, действаща върху целия проводник с дължина L, е получена след векторно сумиране на силите, приложени към всички токови елементи на проводника.

$$\vec{F} = I \int_{0}^{L} d\vec{\ell} \times \vec{B}$$

Големината на силата се определя не само от големините на тока \emph{I} , магнитната индукция \emph{B} и дължината на проводника \emph{L} , но и от ориентацията му спрямо магнитното поле α .

$$\left| \vec{F} \right| = ILB \sin \alpha$$



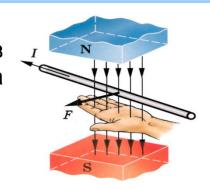
ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



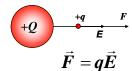
Магнитна сила

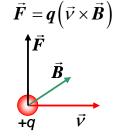
Посоката на магнитната сила може да се определи или чрез прилагане на правилата за векторно произведение на два вектора, или чрез прилагане на <u>правилото на лявата ръка</u>.



Електрически и магнитни сили

- Електрическите сили действат върху зарядите независимо дали те са в покой или се движат. Магнитните сили действат само върху движещи се заряди.
- ightharpoonup Докато електрическите сили действат по посока на електрическия интензитет E, магнитните сили действат перпендикулярно на магнитната индукция B.
- При преместване на електрическия заряд в електрическо поле електрическите сили извършват работа. Преместването на заряд в магнитно поле не е свързано с извършване на работа от магнитните сили.







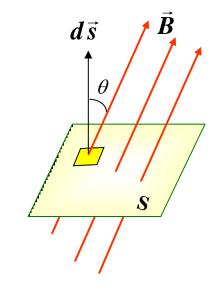
ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



Магнитен поток

Магнитният поток Φ е скаларна величина, с която се описва броя на линиите на магнитната индукция B, които преминават през някаква произволна повърхност S. Той се определя като се сумират (интегрират) елементарните магнитните потоци през безкрайно малките равнини повърхности ds



$$\Phi = \int_{S} \vec{B} \, d\vec{s}$$

В случаите, когато магнитното поле има постоянна големина на магнитната индукция (B=const), а разглежданата повърхнина е равнинна, Φ се определя с:

$$\Phi = \mathbf{BS} \cos \theta$$

Магнитният поток се измерва във «вебери» (Wb), $[\Phi] = Wb = T.m^2 = V.s$



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



Интензитет (напрегнатост) на магнитното поле

Векторната величина магнитна индукция В зависи от свойствата на веществените среди в които се разпространява магнитното поле.

Интензитетът на магнитното поле H е векторна величина която зависи единствено от характеристиките на източниците на магнитното поле и не се влияе от свойствата на материалните среди в които се разпространява полето. Тя се дефинира като отношение на магнитната индукция B, в точка от пространството и магнитната проницаемост на средата в същата точка μ . Магнитния интензитет се измерва в «ампери на метър», [A/m]

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu}$$

Магнитната проницаемост μ е характеристиката на веществените среди, която отразява техните магнитни свойства. Определя се като произведение от магнитната проницаемост на вакуум μ_0 (μ_0 = $4\pi 10^7 H/m$) и относителната магнитна проницаемост μ_r

$$\mu = \mu_0 . \mu_r$$



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



Закон за пълния ток (закон на Ампер)

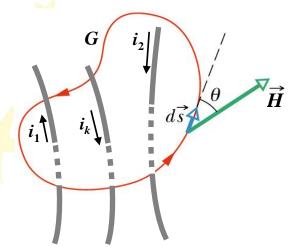
Законът дава връзка между големината на токовете протичащи в определен участък от пространството и големината на създаденото от тях магнитно поле.

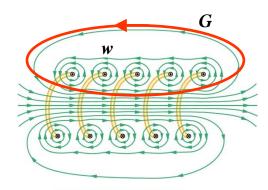
Циркулацията на вектора на интензитета на магнитното поле H по произволен затворен контур G е равна на *пълния ток I_{\Sigma}*, които пробожда ограничената от контура повърхност.

$$\oint_{G} \vec{H} d\vec{s} = I_{\Sigma} = \sum_{k=1}^{M} i_{k}$$

За посочената посока на обхождане на контура G, пълния ток е $I_{\Sigma} = i_1 - i_2 - i_k$.

Когато контура G обхваща навивките на намотка с w навивки, през които протича ток i пълния ток се определя с $I_{\Sigma}=w.i=F_m$, където величината F_m се нарича магнитодвижещо напрежение на бобината.







ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



Силово взаимодействие между проводници с ток

Ако през проводник с дължина L разположен във въздушна среда, протича постоянен ток i_a , той създава магнитно поле, индукцията B_a на което, на разстояние d от него може да се определи от закона за пълния ток. Избира се контур G с формата на окръжност с център в проводника a и радиус d при което:

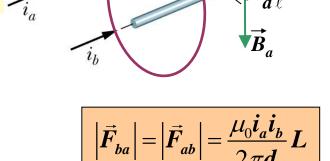
$$\oint_G \vec{m{H}}_a m{d}\, \vec{s} = m{i}_a$$
 , откъдето $\left| \vec{m{B}}_a \right| = \mu_0 \left| \vec{m{H}}_a \right| = rac{\mu_0 \, m{i}_a}{2\pi m{d}}$

Върху проводника b, през който протича ток i_b , ще действа силата F_{ab} :

$$\vec{F}_{ba} = i_b \int_0^L d\vec{\ell} \times \vec{B}_a = i_b \left(\vec{L} \times \vec{B}_a \right) = \mu_0 i_b \left(\vec{L} \times \vec{H}_a \right)$$

Аналогичен анализ на въздействието на магнитното поле на проводника b върху a определя силата F_{ab} :

$$\vec{F}_{ab} = \vec{i}_a \int_{0}^{L} d\vec{\ell} \times \vec{B}_b = \vec{i}_a (\vec{L} \times \vec{B}_b) = \mu_0 \vec{i}_a (\vec{L} \times \vec{H}_b)$$



Двете сили са равни по големина и противни по посока.

Когато токовете протичат в една посока проводниците се привличат, в противен случай се отблъскват.



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



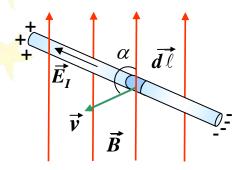
Електромагнитна индукция

Електромагнитната индукция е физическо явление, което отразява появата на потенциална разлика в краищата на проводник, подложен на въздействието на променящо се във времето магнитно поле.

При движение на проводник с дължина L в хомогенно магнитно поле с индукция B, свободните му електрони търпят действието на магнитна сила, която променя концентрацията им в двата края на проводника.

Въздействието на магнитното поле върху свободните електрони на проводника може да се замени с действие на електрическо поле с интензитет E_I , вектора на който е насочен в указаната посока.

Скаларното произведение на E_I и елементарната дължина на проводника dl, дефинира величината uhdykmupaho електродвижещо напрежение е (е.д.н.), която за цялата му дължина L, се определя с :



$$\vec{E}_{I} = \begin{pmatrix} \vec{v} \times \vec{B} \end{pmatrix}$$

$$e = \int_{0}^{L} \vec{E}_{I} \vec{d} \ell = \int_{0}^{L} (\vec{v} \times \vec{B}) \vec{d} \ell$$



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

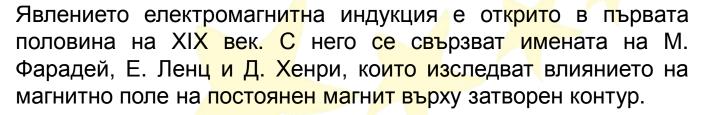
"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



Електромагнитна индукция

В хомогенно магнитно поле, големината на индуцираното е.д.н. зависи от дължината на проводника $oldsymbol{L}$, магнитната индукция но полето B, скоростта на движение v и ъгъла α , под който проводника пресича силовите ЛИНИИ полето. на Посоката му се определя от правилото на дясната ръка.

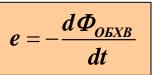
$$e = BLv\cos\alpha$$



Изследванията установяват, че в такъв контур, индуцираното е.д.н. зависи само от промяната на обхванатия от контура магнитен поток, или:

$$e = -\frac{d\Phi_{OEXB}}{dt}$$

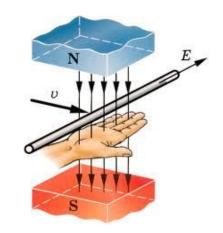


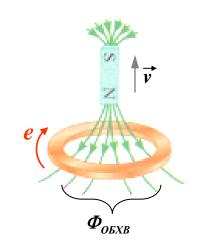


ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма "Развитие на човешките ресурси", съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз Инвестира във вашето бъдеще!





Европейски социален фонд

Електромагнитна индукция

Изразът
$$e = -rac{d \Phi_{OEXB}}{dt}$$

описва количествено явлението електромагнитна индукция.

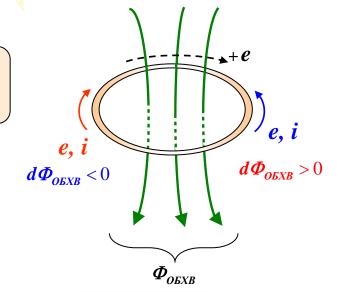
Анализът му позволява да се направи извода, че в затворен контур се индуктира електродвижещо напрежение ако:

- контура се движи и пресича силовите линии на постоянно магнитно поле;
- контура е неподвижен но е облъчван от променливо във времето магнитно поле

Посоката на индуктираното е.д.н. (+ e) се определя с правилото на Ленц. Той установява, че:

Електрическите контури се стремят да запазят неизменен обхванатия магнитен поток Ф_{ОБХВ}

При промяна на Φ_{OEXB} в контура се индуктира е.д.н e и протича ток i с такава посока, че той чрез своя магнитен поток се противопоставя на промяната. Така ако $d\Phi_{OEXB} > 0$, то е.д.н. индуцираното от тази промяна ще бъде e < 0.





ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



Самоиндукция

Бобините са електрически съоръжения предназначени да създават магнитно поле. Съставени са от w навивки в които протича един и същ ток i. Ако всяка навивка създава магнитен поток \sqrt{I} то резултантния магнитен поток на бобината Φ_L ще има големина: $\Phi_L = w\Phi_{I}$. Отношението на създадения магнитен поток Φ_L и тока през бобината i, определя нейната i индуктивността е «хенри» [H]

$$L = \frac{\Phi_L}{i}, \quad [H]$$

Ако в бобина протича променлив ток, създадения от нея магнитен поток също е променлив, при което в бобината ще се индуктира е.д.н. Явлението се нарича $\underline{camoundykuun}$, а създаденото е.д.н $\underline{e_L}$ съответно $\underline{e.d.h.}$ от $\underline{camoundykuun}$.

$$oldsymbol{e_L} = -rac{doldsymbol{\Phi_L}}{dt}$$
 , което при $L = const$ приема вида: $oldsymbol{e_L} = -Lrac{di}{dt}$

Индуктивността на всяка бобина зависи от броя на нейните навивки, магнитните свойства на средата в която се разпространява полето и от нейните размери.



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



Влияние на веществените среди върху магнитното поле

<u>Относителната магнитна проницаемост</u> μ_r е безразмерно число, което показва колко пъти магнитните характеристики на една веществена среда се различават от тези на вакуума.

В зависимост от стойността на μ_r веществените среди се разделят на диамагнитни ($\mu_r < 1$), парамагнитни ($\mu_r \ge 1$) и феромагнитни ($\mu_r >> 1$)

Диамагнитните среди намаляват резултантното ма<mark>гнит</mark>но поле вътре в себе си $(\mu_r \approx 0.95)$. Такива свойства притежават среброто, медта и др.

<u>Парамагнитните среди</u> са по-д<mark>обри про</mark>водници на магнитните силови линии в сравнение с вакуума. В такива среди магнитно поле е с малко по-голяма индукция $(\mu_r \approx 1,05)$. Парамагнитни свойства притежават алуминия, хрома и др.

Феромагнитните среди са <u>най-добрите проводници</u> на магнитните силови линии. В такива среди магнитно поле се съсредоточава, а получената магнитна индукция многократно надвишава тази на вакуума ($\mu_r >> 1$). Феромагнитни свойства притежават желязото, никела, платината и др.



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"

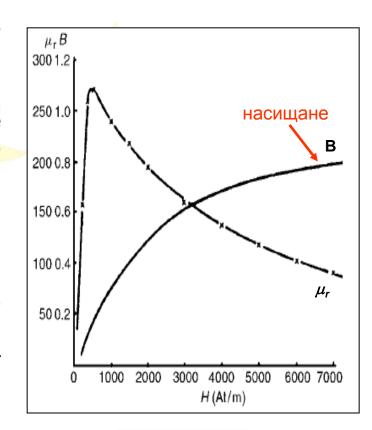


Основни свойства на феромагнитните материали

Относителната магнитна проницаемост μ_r на феромагнитните материали се изменя в широки граници от $\mu_r \approx 50$ до $\mu_r \approx 10^4$, като за някой материали тя може да достигне до стойности от $\mu_r \approx 10^6$

Изследването на изменението на индукцията B на магнитното поле вътре в материала при промяна на интензитета H на външното магнитно поле установява, че зависимостта е нелинейна. Получената характеристиката B(H) е известна като основна крива на намагнитване на феромагнитните материали.

При увеличаване на интензитета H на външното магнитно поле, индукцията вътре в материала B достига насищане. Следователно относителната магнитна проницаемост на тези материали, μ_r не е константа, а зависи от интензитета H, т.е. $\mu_r(H)$.





ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



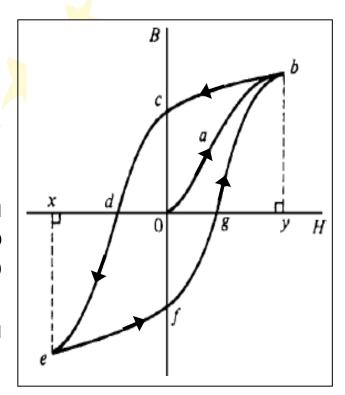
Хистерезис

Явлението описващо противопоставянето на феромагнитните материали на въздействието на външно магнитно поле, което циклично променя посоката си се нарича $\underline{xucmepesuc}$. Графичното изображение на зависимостта B(H) за този материал представлява неговата $\underline{xucmepesucha \ kpuea}$ - "bcdefgb"

Кривата отразява възможността на тези материали да се намагнитват. Така при премахване на външното поле, т.е. H=0, в материала се наблюдава остатъчна магнитна индукция $+\boldsymbol{B}_r$ (точка c) или $-\boldsymbol{B}_r$ (точка f).

Феромагнитния материал може да се размагнити напълно (B=0), ако му се въздейства с подходящо външно магнитно поле с интензитет $-H_c$ (точка d) или с интензитет $+H_c$ (точка g).

Стойността на H_c , при която във феромагнитния материал B=0, се нарича коерцитивна сила





ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



Литература

Основна

- 1. Д. Цветков и др., Електротехника и електроника, печат ЕТ "Здравков", 1997, София
- 2. Д. Цветков и др., Основи на електротехниката и електрониката, изд. Техника, 1989, София
- 3. С. Папазов, С. Фархи, Теоретична електротехника, Техника, 1990, София

Допълнителна

- 1. X. Полов, Електродинамика, изд. Наука и изкуство, 1989, София
- 2. J. Bird, Electrical and Electronic Principles and Technology, Elsevier, 2007
- 3. G. Rizzoni, Fundamentals of Electrical Engineering, McGraw Hill, 2009
- 4. W. Roadstrum, D. Wolaver, Electrical Engineering for All Engineers, John Wiley, 1994



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"

