ГЛАВА III. ЕЛЕКТРОМАГНИТНО ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ

24. МАГНИТНО ПОЛЕ

ЗАД.1.
Посоката, която сочи северният полюс на малка магнитна стрелка, поставена в дадена точка от магнитното поле, са приема за посока на магнитната индукция B в тази точка от полето.

Мерната единица за магнитна индукция се нарича тесла, като $1T = \frac{1N}{1C.m/s} = \frac{1N}{A.m}$

Магнитно поле, чиято индукция B има една и съща големина и посока във всички точки от полето, се нарича еднородно магнитно поле. Неговите индукционни линии са успоредни прави, разположени на еднакви разстояния една от друга.

ЗАД.2.
Полето е най- силно в точка A_2 (индукционните линии в тази точка са най- гъсто разположени)
Полето е най- слабо в точка A_1 (индукционните линии в тази точка са най- отдалечени една от друга)
Полето е приблизително еднородно в точка A_2 (индукционните линии са приблизително успоредни една на друга)

25.ДВИЖЕНИЕ НА ЗАРЕДЕНИ ЧАСТИЦИ В МАГНИТНО ПОЛЕ

ЗАД.1.
Общото между електричните и магнитните сили- те действат на заредени частици. Различията са: под действие на електричните сили заредените частици започват да се движат (положителните частици по посака на силовите линии, а отрицателните- в обратна посока). Електричните сили извършват положителна работа, при което електричната потенциална енергия на зарядите намалява, а тяхната кинетична енергия расте.
За магнитната сила-
1. действа само на движещи се заряди.
2. Големината на магнитната сила зависи от посоката на движение;
3. Силата F_{max} зависи както от големината на заряда, така и от скоростта му;
4. Тъй като посоката на магнитната сила е перпендикулярна на посоката на движение, магнитната сила не извършва работа. Действието на магнитната сила върху заредените частици води до промяна на тяхната траектория на движение, т.е. посоката на скоростта (в случая, когато частицата попада перпендикулярно на индукционните линии)

ЗАД.3.
Не. Магнитната сила действа само на движещи се заряди.

ЗАД.4.
Когато се доближи магнит до екрана на телевизора, картината се деформира. Причина за това е действието на магнитните сили върху заредените частици, при което се променя тяхната траектория на движение.

ЗАД.5.
Посоката на магнитната сила определяме с помощта на правилото на дясната ръка: палецът сочи посоката на движение на частицата, изпънатите пръсти са по посока на магнитната индукция, а силата F е перпендикулярна на дланта и излиза от нея, а ако частицата е отрицателна, посоката на магнитната сила е противоположна.
Частица 1 се движи към нас, 2- също към нас, 3 – към листа.

ЗАД.6.
По правилото на опънатите пръсти на дясната ръка определяме заряда на частицата: сноп 1 съдържа отрицателни частици; сноп 2 – неутрални, а сноп 3 – положителни.

ЗАД.7.
Дадено: q = 2.10^{-12} C;
B = 0,1 T
$F_{max} = 2.10^{-13}$ N
Търси се: v = ?
Скоростта определяме от формулата за магнитна сила:

$$F_{\max} = qvB \Rightarrow v = \frac{F_{\max}}{qB} = \frac{2.10^{-13}}{2.10^{-12}.0,1} = 1m/s$$

26. ЗАКОН НА АМПЕР

ЗАД.1.
Магнитната сила, която действа на прав проводник, по който тече ток, е максимална, когато проводникът е поставен перпендикулярно на индукционните линии.
Магнитната сила е нула, когато проводникът е поставен успоредно на индукционните линии на полето.

ЗАД.2.
Дадено: $l = 100m$
I = 1000A
B = 5.10^{-5}T
Търси се: F_{max} =?
Максималната магнитна сила определяме от закона на Ампер:

$$F_{\max} = B.I.l = 5.10^{-5}.1000.100 = 5N$$

ЗАД.3.
Дадено: $l = 2cm = 2.10^{-2}\,m$
I = 10A
F_{max} = 0,04N
Търси се: B =?
Магнитната индукция определяме от закон на Ампер: $F_{\max} = BIl$

За магнитната индукция получаваме: $B = \frac{F_{\max}}{Il} = \frac{0,04}{10.2.10^{-2}} = 0,2T$

27. МАГНИТНИ СИЛИ (РЕШАВАНЕ НА ЗАДАЧИ)

ЗАД.1.

Дадено: $l = 5cm = 5.10^{-2} m$

I = 10A

B = 0,1T

Търси се: F_{MN} =? F_{PO} =? F_{NP} =? F_{OM} =?

Прилагаме правилото на изпънатите пръсти на дясната ръка. F_{MN} е насочена нагоре, перпендикулярно на равнината на рамката, а F_{PO} – надолу.

Големината на силите намираме от закон на Ампер: $F_{\max} = BIl$

$F_{MN} = 0{,}1.10.5.10^{-2} = 5.10^{-2} = 0{,}05N$

$F_{PO} = 0{,}1.10.5.10^{-2} = 5.10^{-2} = 0{,}05N$

$F_{NP} = F_{OM} = 0$, защото проводникът е по направление на индукционните линии.

Техните направления съвпадат с направлението на оста на рамката и не влияят на въртенето й.

ЗАД.2.

Дадено: $l = 10cm = 0{,}1m$

m = 10g = 0,01kg

g = 10 m/s^2

Търси се: I =?

На проводника действат силите на опъване, силата на тежестта и магнитната сила. За да бъде проводникът в равновесие, трябва да е изпълнено условието $2T + F_{\max} - G = 0$. По условие T = 0 и получаваме:

$F_{\max} = G$

$BIl = mg$

$I = \frac{mg}{Bl} = \frac{0{,}01.10}{0{,}1.0{,}1} = 10A$

Прилагайки правилото на изпънатите пръсти, установяваме, че токът тече наляво.

28. МАГНИТНО ПОЛЕ НА ЕЛЕКТРИЧЕН ТОК

ЗАД.1.

Опитът на Оерстед показва, че електричният ток създава магнитно поле.

ЗАД.2.

Дадено: I_1 = 2A

B_1 = 0,05T

I_2 10A

Търси се: B_2 =?

Големината на магнитната индукция на еднородно поле в намотката е правопропорционална на тока B ~ I.

Тогава можем да запишем $B_1 \sim I_1$, $B_2 \sim I_2$

$B_2 \propto \frac{B_1.I_2}{I_1} \propto \frac{0{,}05.10}{2} = 0{,}25T$

ЗАД.3.
Дадено: B_1 = 1mT
Търси се: B_2 =?, ако се промени посоката на тока
Ако се промени посоката на тока през провдник с произволна форма, без да се изменя неговата големина, то посоката на магнитната индукция B_2 във всички от полето също става противоположна на първоначалната , а големината й остава същата. Следователно B_2 = 1mT, а посоката й е юг.

ЗАД.4.
Дадено: r_1 = 1mm = 10^{-3} m
B_1 = 1.10^{-10} T
r_2 = 2mm = 2.10^{-3} m
Търси се: B_2 =?
Индукцията на магнитното поле на дълъг прав проводник с ток е B ~ $\frac{I}{r}$

B1~ $\frac{I}{r_1}$ B2 ~ $\frac{I}{r_2}$

B2 ~ $\frac{B_1.r_1}{r_2} = \frac{1.10^{-10}.10^{-3}}{2.10^{-3}} = 0{,}5.10^{-10}T$

29. МАГНИТНИ СВОЙСТВА НА ВЕЩЕСТВАТА

ЗАД.1.
Диамагнитни вещества: веществата, които се отблъсват от силен магнит. Когато диамагнитно топче попадне в магнитно поле се намагнитва: превръща се в слаб магнит, чийто северен полюс е насочен срещу северния полюс на силния магнит и се отблъсква от него.
Парамагнитни вещества: вещества, които се привличат от силен магнит. Когато парамагнитно топче попадне в магнитно поле се намагнитва така, че южният му полюс е насочен към северния полюс на силния магнит и се привлича от него.
И двата вида вещества се намагнитват много слабо и губят магнитните се свойства, ако се извадят от външното магнитно поле.
Феромагнитни вещества- вещества, които се намагнитват много по – силно в магнитно поле. След премахване на външното поле те остават намагнитени – превръщат се в постоянни магнити.

ЗАД.2.
Намагнитването на феромагнитно вещество може да се изследва, ако образец от такова вещество се постави в намотка, по която тече ток. Чрез промяна на тока I се изменя индукцията B_0 на външното магнитно поле и се измерва индукцията B на поле във феромагнитното вещество.Увеличаването на B_0 отначало води до бързо нарастване на B, докато при големи стойности на B_0 магнитната индукция B във веществото нараства все по бавно – намагнитването на веществото достига насищане.След като образецът се намагнити до насищане, намаляваме тока през намотката. Тогава B се изменя по друга крива: наблюдава се изоставане в изменението на B и при премахване на външното поле веществото остава намагнитено.Това явление се нарича хистерезис. За да

продължи да намалява B, трябва да се промени посоката на тока. Стойността на B_0, при която B намалява до нула, се нарича размагнитваща индукция или коерцитивна сила. След това веществото започва да се пренамагнитва, т.е. да се намагнитва в обратна посока, докато достигне насищане. Затворената крива е характерна за феромагнитните вещества и се нарича хистерезисна крива.

ЗАД.3.

Магнитно меки материали- материали, които имат малка коерцитивна сила. Използват се за изработване на сърцевини за електромагнити и трансформатори.
Магнитно твърди материали – материали с голяма коерцитивна сили и с голяма остатъчна индукция. От тях се правят постоянни магнити.

ЗАД.4.

Първоначално магнитни носители са се използвали за запис на звук, като аналогова информация, а по-късно с развитието на компютърните технологии започват да се използват и за запис на цифрова информация. Цифровият магнитен запис се извършва на магниточувствителен материал. Към този тип материали се отнасят някои разновидности на железния окис, никел, кобалт, съединения на някои редки елементи с кобалт, магнитопласти микропрахови магнитни материали и други.

Магнитното покритие е много тънко (няколко микрона). Колкото по-тънко е това покритие, толкова по-качествен е магнитния запис. Покритието се нанася върху немагнитна основа, която за магнитни ленти и флопи дискове е определен тип пластмаса, а за твърди дискове е алуминий. Магнитното покритие има структура (домейна структура), определяща се от множество малки частици, намагнитващи се по определен начин.

Магнитният домейн (dominion - владение) е микроскопическа еднородно намагнитвана област във феромагнитния материал, отделен от съседните области с тънки преходни слоеве. Под въздействие на външно магнитно поле собствените магнитни полета в домейните се ориентират по определен начин в съответствие с направлението на магнитните силови линии. След преустановяване на действието на външното магнитно поле, на повърхността на магнитния носител се образуват зони с остатъчна намагнитеност. По този начин върху диска се запазва информация за действието на магнитното поле. Изменението на тока предизвикващ външното магнитно поле от специална записваща глава води до изменение на направлението на магнитните силови линии и от там до различно направление на остатъчната намагнитеност. Измененията в направлението на остатъчната намагнитеност между два съседни домейни може да се разглежда като запис на двоична единица (1), а отсъствието на такова изменение - като двоична нула (0).

Записът на информация върху магнитна повърхност на ленти и дискове използва един и същ способ. Повърхността се разглежда като непрекъсната последователност от точкови позиции (dot positions), всяка от които се асоциира с бит информация. Доколкото позициите на тези точки са неточно зададени, за записа на информация са необходими предварително нанесени отметки, които спомагат намирането на правилното местоположение на записите. За нанасянето на такива синхронизиращи отметки, дисковете трябва предварително да се форматират (извършва се логическо разделяне на диска на писти и сектори).

Организацията на бърз достъп до информацията върху магнитните носители се явява ключова характеристика на устройствата. Магнитната лента е линеен носител (информацията е записана последователно от началото към края на лентата), затова бърз достъп до определена информация е невъзможен. Бърз достъп до различни области от повърхността на магнитните дискове се осигурява за сметка на въртенето на дисковете и преместването на четящите глави по радиуса на диска. Благодарение на голямата скорост на въртене на дисковете, достигането до определени зони от

повърхността на диска се извършва бързо. Флопидисковете се въртят със скорост 300 - 600 об/мин, а твърдите дискови пакети - със скорост 3600 - 7200 об/мин.

Магнитните дискове се наричат магнитни носители с пряк достъп, а магнитните ленти - носители с последователен достъп.

ЗАД.5.
Между съседните атоми на желязото напр. съществува особен вид взаимодействие, в резултат на което атомните магнити на големи групи от атоми, наречени домени, се ориентират в една и съща посока дори в отсъствие на външно магнитно поле. Всеки домен е подобен на малък постянен магнит, който има свой северен и южен полюс. В слаби външни полета нарастват размерите на домените, които са ориентирани по посока на индукцията на външното поле. В силни полета цели домени се завъртат и северните им полюси постепенно се насочват по посока на външното поле.

30. ЕЛЕКТРОМАГНИТНА ИНДУКЦИЯ

ЗАД.1.
Явлението, при което поради промяна на магнитното поле в един затворен проводников контур протича ток, се нарича електромагнитна индукция, а самият ток- индуциран. Условието в един проводников контур да се индуцира ток в промяна на магнитното поле.
Посоката на индуцирания ток се определя с правилото на Ленц- посоката на индуцирания ток в затворен проводников контур е такава, че магнитното поле на тока се противопоставя на изменението на магнитното поле, което поражда този ток.

ЗАД.2.
В първия случай не се индуцира ток, защото няма промяна на броя на индукционните линии на полето, които пресичат равнината на проводника.
Във втория случай ще се индуцира ток, тъй като при изключване на електромагнита се променя магнтиното поле, т.е. брою на индукционните линии, пресичащи равнината на кръговия проводник

ЗАД.3.
Ток ще се индуцира в случаите на подточка А и подточка В. Посоката на индуцирания ток определяме с правилото на Ленц.
А) Когато рамката навлиза в полето, броят на индукционните линии расте. Тогава полето на тока е в противоположна посака на еднородното поле. И с помощта на правилото на свитите определяме, че посоката на индуцирания ток е по посока на движение на часовниковата стрелка.
Б) Когато рамката се намира в магнитното поле, ток не се индуцира, защото няма промяна на полето.
В) Когато рамката излиза от полето, броят на индукционните линии намалява. Посоката на полето на тока е същата, както на еднородното поле. Тогава с правилото на свитите пръсти на дясната ръка определаме, че посоката на индуцирания ток е обратна на часовниковата стрелка.

ЗАД.4.
Дадено: R = 100 Ω
I = 0,1A
Търси се: E = ?
$E = IR = 0{,}1.100 = 10V$

ЗАД.5.
Първо с помощта на свитите пръсти на дясната ръка определяме посоката на магнитното поле, създадено от тока по дългия праволинеен проводник- посоката е от нас към листа.
А) когато пръстена се отдалечава от проводника- броят на индукционните линии, които пресичат равнината на металния пръстен, намалява. Тогава полето на индуцирания ток е също от нас към листа. С правилото на свитите пръсти определяме, че посоката на тока е по посоката на движение на часовниковата стрелка.
Б) когато пръстенът се приближава- броят на индукционните линии, които пресичат равнината на металния пръстен, расте. Тогава посоката на магнитното поле на индуцирания ток е противоположна, т.е. от листа към нас. С правилото на свитите пръсти определяме, че посоката на инд. ток е в обратна на часовниковата стрелка.
В) Случаят, когато токът I нараства е подобен на случая от подточка Б.

31. ПРОМЕНЛИВ ТОК

ЗАД.1.
Принцип на действие на генератор: Правоъгълна рамка е поставена в еднородно магнитно поле. Двата края на рамката са свързани с изолирани метални пръстени, неподвижно свързани с оста на генератора. Рамката се върти в магнитното поле. Към пръстените се притискат две пластинки от графит или мед, които осъществяват електричен контакт с рамката, без да пречат на нейното въртене. Към четките се свързва потребител на електроенергия.. При въртенето на рамката непрекъснато се променя броя на индукционните линии, които пресичат нейната площ- той е максимален, когато рамката е перпендикулярна на индукционните линии и става нула, когата тя е разположена успоредно на тях. Тази промяна води до възникване на индуцирано напрежение и във веригата протича ток.
Разликата между електромотора и генератора е: в електромоторите магнитните сили поддържат въртенето на рамката, при което електричната енергия се преобразува в механична. Действието на генераторите е противоположно: магнитните сили се притивопоставят на въртенето на рамката. Затова генераторът се свързва с парна турбина и по този начин става преобразуването на механичната енергия в електрична енергия.

ЗАД.2.
Дадено: ν = 50 Hz
t = 1 min = 60s
Търси се: n =?

$$t = nT \rightarrow n = \frac{t}{T} \qquad \text{но} \qquad T = \frac{1}{\upsilon} = \frac{1}{50} = 0{,}02s$$

$$n = \frac{t}{T} = \frac{60}{0{,}02} = 3000\,\text{оборота}$$

ЗАД.3.
Дадено: ν = 60 Hz
Търси се: T =?

$T = \frac{1}{\nu} = \frac{1}{60} \approx 0{,}017s$

ЗАД.4.

Дадено:t = 1 min= 60s

ν = 50 Hz

Колко пъти се променя посоката на тока?

$t = nT \rightarrow n = \frac{t}{T}$

$T = \frac{1}{\upsilon} = \frac{1}{50} = 0{,}02s$

$n = \frac{t}{T} = \frac{60}{0{,}02} = 3000 \text{оборота}$

За 1 оборот токът променя посоката си 2 пъти, а за 3000 оборота токът ще промени посоката си 6000 пъти.

32. ВЕЛИЧИНИ ПРИ ПРОМЕНЛИВ ТОК

ЗАД.1.

Променливият ток се характеризира с честотата си, периода си и ефективната си стойност.

Амперметрите и волтметрите измерват съответно ефективните стойности на променливия ток и променливото напрежение.

ЗАД.2.

„64А” означава ефективната стойност на променливия ток, която е допусима за този предпазител.

ЗАД.3.

Ефективната стойност на променливото напрежение на електрическата мрежа е 220V.

ЗАД.4.

Дадено: R = 200 Ω

t = 1 min = 60s

Q = 13,2 kJ = 13200J

Търсим: I =?

Токът определяме от закон на Джаул- Ленц, който е в сила и за ефективните стойности на променливите ток и напрежение : $Q = I^2.R.t$

От тук определяме I: $I^2 = \frac{Q}{Rt} \Rightarrow I = \sqrt{\frac{Q}{Rt}} = \sqrt{\frac{13200}{200.60}} \approx 1A$

ЗАД.5.

Дадено: P = 2200W

U = 220V

Търсим: I =?

$P = I.U \Rightarrow I = \frac{P}{U} = \frac{2200}{220} = 10A$

ЗАД.6.

Дадено: R = 110 Ω
I = 2A
t = 10h
Търсим: E =?

$$E = I^2.R.t = 2^2.110.10 = 4400Wh = 4,4kWh$$

33. ТРАНСФОРМАТОРИ. ПРЕНАСЯНЕ НА ЕЛЕКТРОЕНЕРГИЯ

ЗАД.1.
Принципът на действие на трансформатора се основава на явлението електромагнитна индукция.
Трансформаторът не може да се използва за промяна на постоянен ток, защото няма условие за индуциране на ток.
Коефициентът на трансформация показва колко пъти ефективното напрежение на входа на трансформатора е по- голямо от изходното напрежение.

ЗАД.2.
Дадено: $N_2 = 5N_1$
Търсим: k =?

$$k = \frac{N_1}{N_2} = \frac{N_1}{5N_1} = 0,2$$

Трансформаторът е повишаващ.

ЗАД.3.
Дадено: k = 10
$N_1 = 1000$
Търсим: N_2 =?

$$k = \frac{N_1}{N_2} \Rightarrow N_2 = \frac{N_1}{k} = \frac{1000}{10} = 100 \text{ навивки}$$

ЗАД.4.
Дадено: $U_1 = 220V$
$U_2 = 22V$
$U`_2 = 220V$
Търси се: $U`_1$ =?

$$k = \frac{U_1}{U_2} = \frac{220}{22} = 10$$

$$k = \frac{U`_1}{U`_2} \Rightarrow U`_1 = k.U`_2 = 10.220 = 2200V = 2,2kV$$

ЗАД.5.
Дадено: $U_1 = 220V$
$U_2 = 9V$
N_1 =880; N_2 =650; N_3 = 440; N_4 = 36; N_5 = 20 навивки
Търси се: Коя намотка трябва да използваме за първична и коя- за вторична?
Най- напред ще определим коефициена на трансформация:

$$k = \frac{U_1}{U_2} = \frac{220}{9} = 24{,}4$$

Сега ще комбинираме различните намотки и ще търсим при кои от тях се получава същият коефициент на трансформация:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{880}{650} = 1{,}35$$

$$\frac{N_1}{N_3} = \frac{880}{440} = 2$$

$$\frac{N_1}{N_4} = \frac{880}{36} = 24{,}4$$

$$\frac{N_1}{N} = \frac{880}{20} = 44$$

Следователно за първична намотка ще се използва N_1, а за вторична – N_4

ЗАД.6.

Дадено: U_1 = 400kV

U_2 = 100kV

Търсим: Q_1 = ? Q_2 =?

$Q_1 = \frac{U_1^2}{R}.t$ $Q_2 = \frac{U_2^2}{R}.t$ Делим почленно и получаваме:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{\frac{U_1^2}{R}.t}{\frac{U_2^2}{R}.t} = \frac{U_1^2}{U_2^2} = \frac{400^2}{100^2} = 16$$

Следователно топлинните загуби ще намалеят 16 пъти.

ЗАД.7.

Дадено: U_1 = 10kV = 10000V

U_2 = 220V

P = 110kW

Търси се: k =? I_1 =? I_2 =?

$$k = \frac{U_1}{U_2} = \frac{10000}{220} = 45{,}45$$

$$P = I_1.U_1 \Rightarrow I_1 = \frac{P}{U_1} = \frac{110}{10} = 11A$$

$$I_2 = \frac{P}{U_2} = \frac{110000}{220} = 500A$$