

MATERIAL MËSIMOR

Në mbështetje të mësuesve të drejtimit mësimor

ELEKTROTEKNIKË

Niveli II i KSHK

Nr. 9

Ky material mësimor i referohet:

➤ **Lëndës profesionale:** “Bazat e elektroteknikës”, kl.10 (L-11-062-18).

➤ **Temave mësimore:**

- Dukuritë elektrike. Madhësitë kryesore elektrike
- Elektrostatika. Kondensatorët
- Qarku elektrik. Ligjet kryesore në elektroteknikë
- Llogaritja e qarqeve të thjeshta elektrike të rrymës së vazhduar
- Llogaritja e qarqeve të përbëra elektrike të rrymës së vazhduar
- Fusha magnetike
- Elektromagnetizimi. Qarku elektrik
- Induksioni elektromagnetik
- Rryma alternative. Madhësitë alternative sinusoidale
- Qarqet e thjeshta të rrymës alternative
- Qarqet e përbëra të rrymës alternative, RL, RC, RLC seri dhe paralel
- Fuqia në qarqet e rrymës alternative. Njohuri mbi koeficientin e fuqisë
- Studimi i rezonancës në qarkun RLC, në seri dhe paralel
- Qarqet trefazore. Njohuri të përgjithëshme
- Lidhja e pështjellave të gjeneratorit në yll dhe në trekëndësh
- Lidhja e marrësve të energjisë me gjeneratorit

Përgatitën:

Emanuela Shkupi

Myzejen Menkulazi

Tiranë, 2020

1. DUKURITË ELEKTRIKE. MADHËSITE KRYESORE ELEKTRIKE

1.1. Grupimi i materialeve elektrike

Materialet e përdorura në fushën e elektroteknikës quhen materiale elektrike. Materialet elektrike klasifikohen si më poshtë:

- Përçuesit (ose përcjellësit)
- Gjysëm përçuesit
- Izoluesit (ose dielektrikët)
- Materiale magnetike

Grupimi i materialeve elektrike bazohet në vetitë fizike dhe fushën e përdorimit të tyre. Le ti shohim me rradhë:

- Përcjellësit

Përcjellësit janë metalet që kanë përçueshmëri shumë të lartë elektrike. Numri i elektroneve të lirë në përcjellës është shumë i lartë pasi ato janë të lidhura dobët me bërthamën. Në temperaturën e dhomës përçueshmëria e tyre është shumë e lartë.

Këto materiale përdoren në industri, në instalime elektrike, makina elektrike etj.

Për shembull: ari, argjendi, bakri, alumini etj.

Argjendi është materiali që ka vetitë më të mira përcjellëse të energjisë elektrike.

Në fig. 1.1, jepen disa përdorime të materialeve përcjellëse.

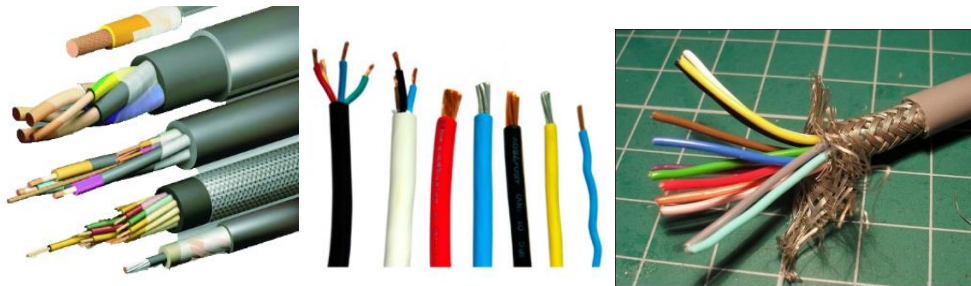


Fig. 1.1

- Gjysëm përçuesit

Gjysëm përçuesit janë materiale që kanë përcjellshmërinë midis përçuesve dhe atyre izoluese (ose dielektrike). Materialet gjysëm përçuese kanë lidhje kovalente. Në temperaturë normale përçueshmëria e gjysmëpërçuesve është shumë e ulët. Me rritjen e temperaturës përçueshmëria e gjysëm përçuesve rritet në mënyrë eksponenciale.

Këto materiale gjejnë përdorim në elektronikë në ndërtimin e diodave, tranzistorëve, qarqeve të integruara etj.

Disa nga këto materiale janë: germanium, silici, galium, arsenik etj.

Në fig. 1.2, jepen disa përdorime të materialeve gjysëm përçuese.

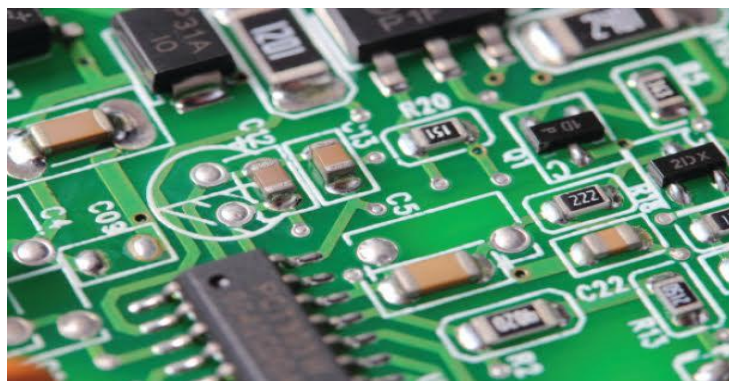


Fig. 1.2

- Materialet izoluese (dielektrike)

Përcjellshmëria e materialeve izoluese është shumë e ulët. Në materialet izoluese elektronet janë të lidhura fort me bërthamën e për këtë shkak nuk mund të lëvizin të lira në material. Kjo bën që rezistenca e materialeve izoluese të jetë shumë e lartë, e si rrjedhim ata janë shumë të përshtatshëm për të izoluar materialet përcjellse të rrymës.

Këto materiale gjejnë përdorim në izolimin e pjesëve rrymësjellëse, në izolimin e veglave të punës, të aparateve matëse, të pajisjeve elektroshtëpiake, të përcjellësve dhe kabllave etj.

Për shembull: plastika, qeramika, bakeliti, druri, PVC etj.

Në fig. 1.3, jepen disa përdorime të materialeve izoluese.



Fig. 1.3

- Materialet magnetike

Materialet magnetike kanë përshkueshmëri të lartë. Këto materiale luajnë një rol të rëndësishëm për ndërtimin e makinave elektrike si transformatorë, motorë elektrik,

gjeneratorë elektrik etj.

Materialet magnetike mund të ndahen më tej në kategoritë e mëposhtme:

- Materiale ferromagnetike
- Materiale paramagnetike
- Materiale diamagnetike
- Materiale antiferromagnetike
- Ferrite

Për shembull: hekuri, çeliku, kobalti, kromi, mangani etj.

Në fig.1.4, jepen disa përdorime të këtyre materialeve.

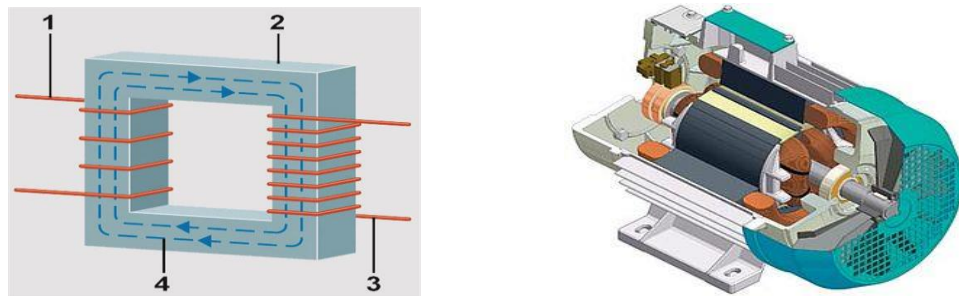


Fig. 1.4

1.2. Karakteristikat elektrike të materialeve

Karakteristikat elektrike të materialeve përcaktojnë aftësinë e materialit për të qenë i përshtatshëm për një aplikim të veçantë në industri.

Disa nga vetitë tipike elektrike të materialeve janë renditur më poshtë:

- Rezistenca elektrike specifike
- Përçueshmëria
- Koeficienti i temperaturës së rezistencës
- Forca dielektrike
- Termoelektriciteti

Le ti shohim me rradhë:

- Rezistenca

Shpreh vetinë e materialit për t'i rezistuar rrjedhës së rrymës elektrike nëpër të.

Rezistenca është e anasjellta e përçueshmërisë.

Simbolikisht shenohet “ ρ ”.

Rezistenca e një materiali të një përcjellësi mund të përcaktohet si më poshtë

$$\rho = R S / l$$

Ku: R është rezistenca e përcjellësit në Ω
 S është sipërfaqja terthore e përcjellësit në m^2
 l është gjatësia e përcjellësit në m
Në sistemin e njësive SI njësia e rezistencës është Ω metër.

- Përçueshmëria

Është veti e materialit për të lejuar rrjedhjen e rrymës elektrike përmes materialit.
Është një parametër që tregon se sa lehtë mund të rrjedhë rryma elektrike nëpër material.
Përçueshmëria është e anasjellta e rezistencës specifike.
Simbolikisht shenohet “ γ ”.
Përçueshmëria e materialit mund të përcaktohet si më poshtë:

$$\gamma = 1/\rho \quad [1S/m]$$

- Forca dielektrike

Forca dielektrike tregon aftësinë e materialit për ti rezistuar tensioneve të larta.
Një material që ka forcë të lartë dielektrike mund të përballojë tensione të larta.
Në sistemin e njësive SI ajo përfaqësohet në njësinë KV / cm .

- Koeficienti i temperaturës së rezistencës

Koeficienti i temperaturës së rezistencës së një materiali tregon ndryshimin e rezistencës së materialit me ndryshimin e temperaturës.

Rezistenca e përcjellësit ndryshon me ndryshimin e temperaturës.

Simbolikisht shenohet “ α ”

- Termoelektriciteti

Nëse lidhja e formuar nga bashkimi i dy metaleve nxehet, prodhohet një tension i vogël në rrangun e milivoltit. Ky efekt quhet termoelektricitet ose efekt termoelektrik. Ky efekt përbën parimin e punës së termoçifteve. Shfrytëzohet për të gjeneruar energji elektrike, për të matur temperaturën ose për të matur ndryshimin e temperaturës së objekteve.

1.3. Ngarkesa elektrike, fusha elektrike dhe paraqitja e saj

Lënda përbëhet nga molekulat dhe atomet.

Atomi është i ndërtuar nga bërthama e cila përbëhet nga protonet, të cilët kanë ngarkesë pozitive, neutronet me ngarkesë neutrale.

Elektronet me ngarkesë negative rrotullohen rreth bërthamës në orbita të përcaktuara (fig 1.5)

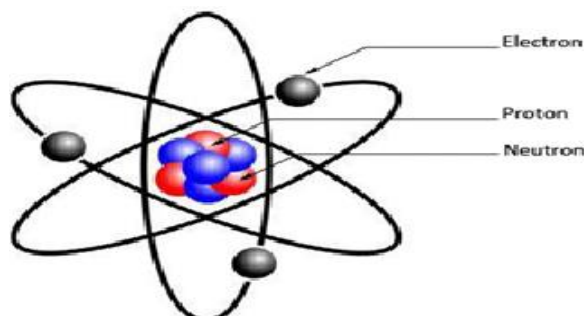


Fig. 1.5

Nëse ngarkesat pozitive të bërthamës janë të njëjta me ngarkesat negative të elektroneve, atomi paraqitet elektrisht neutral. Në qoftë se një nga elektronet largohet nga atomi, atëherë ai kthehet në jon pozitiv. Ndërsa në qoftë se atomit i shtohet një elektron ai kthehet në jon negativ. Pra ngarkesat elektrike janë: elektronet, jonet pozitive dhe jonet negative.

Ngarkesë elektrike quhet sasia e pakompensuar e elektricitetit në një trup.

Simbolikisht ngarkesa elektrike shënohet me Q (ose q).

Në sistemin SI të njësive matëse ngarkesa matet me Culon (C).

Gjatë llogaritjeve përdoren nënfishat e Culonit:

- milikuloni, $1\text{mC} = 10^{-3}\text{ C}$

- mikrokuloni, $1\mu\text{C} = 10^{-6}\text{ C}$

Përreth ngarkesës elektrike krijohet *fushë elektrike*.

Fusha elektrike është një formë e veçantë e materies e cila vepron me një forcë mbi ngarkesën elektrike, është në përpjestim të drejtë me ngarkesën dhe nuk varet nga shpejtësia e lëvizjes së saj.

Fusha elektrike e krijuar nga ngarkesat e palëvizshme në hapësirë dhe e pa ndryshuar në kohë quhet *fushë elektrostатike*.

- Paraqitja grafike e fushës elektrike

Fusha elektrike paraqitet grafikisht me anë të vijave të fushës elektrike, që janë vija gjeometrike ku tangentja e hequr në çdo pikë të tyre përputhet me drejtimin e vektorit fushë.

Fusha elektrike mund të jetë e njëtrajtëshme ose jo e njëtrajtëshme.

Fusha elektrike quhet e njëtrajtëshme nëse vektori fushë elektrike është i njëjtë në të gjitha pikat e kësaj fushe.

Vijat e fushës elektrike nuk ndërpriten, simbolikisht ato dalin nga ngarkesa pozitive dhe hynë tek ngarkesa negative ose në pafundësi.

Fusha elektrike quhet e njëtrajtëshme nëse vektori fushë elektrike është i njëjtë në të gjitha pikat e saj.

Në figurat më poshtë praqiten grafikisht:

- fusha elektrike ndërmjet dy pllakave të rrafshëta paralele që kanë ngarkesa me shenja të kundërta (fig. 1.6).

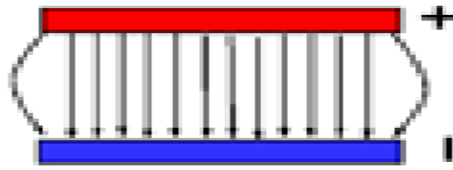


Fig. 1.6

- fushat elektrike për ngarkesa pozitive dhe negative (fig. 1.7)

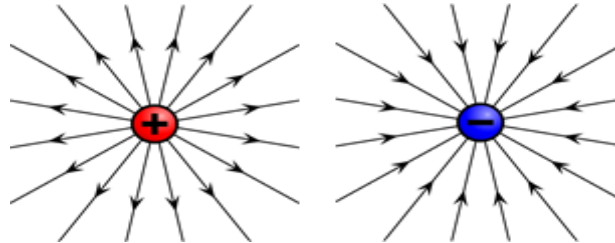


Fig. 1.7

- fushat elektrike për dy ngarkesa të ndryshme dhe dy ngarkesa të njëjta (fig. 1.8)

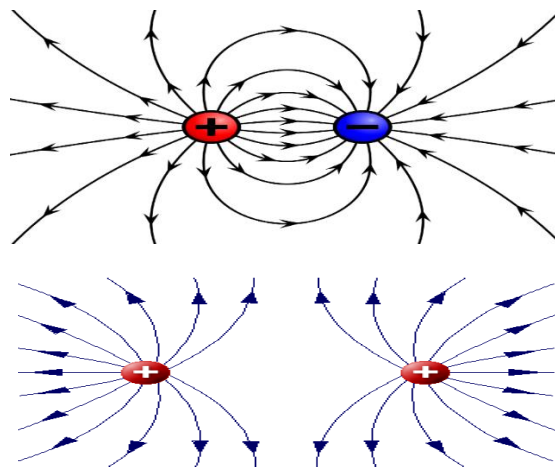


Fig. 1.8

Siç shihet nga figurat duket se kur ngarkesat kanë shenja të njëjta, forcat e bashkëveprimit janë shtytëse dhe kur ngarkesat janë me shenja të kundërta, këto forca janë tërheqëse.

1.5. Ligji i Kulonit

Fusha elektrike karakterizohet nga forca me të cilën ajo vepron mbi ngarkesat elektrike të ndodhura në të.

Ngarkesat elektrike bashkëveprojnë ndërmjet tyre me anë të forcave të fushave elektrike

përkatëse.

Ligji i Kulonit përcakton forcën e bashkëveprimit ndërmjet ngarkesave elektrike.

Forca me të cilën dy ngarkesa elektrike bashkëveprojnë ndërmjet tyre me anë të fushave elektrike është në përpjestim të drejtë me ngarkesat elektrike dhe në përpjestim të zhdrejtë me largësinë ndërmjet qendrave të tyre (fig. 1.9).

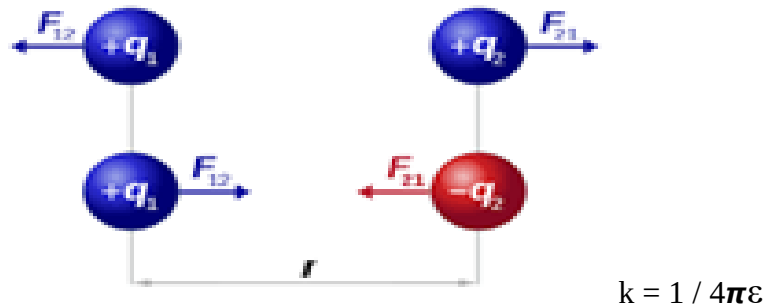


Fig. 1.9

$$F_{12} = F_{21} = F = k Q_1 Q_2 / r^2$$

k - është një koeficient, i cili varet nga sistemi i njësive matëse dhe nga mjedisi ku ndodhen ngarkesat.

Në sistemin SI të njësive matëse, nëse ngarkesat ndodhen në boshllëk (vakum), vlera e koeficientit shënohet k_0 dhe është:

$$k_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2},$$

F - është forca e bashkëveprimit të dy ngarkesave.

Forcat e bashkëveprimit kanë kahe të tilla që kur ngarkesat janë me shenjë të njëjtë ato janë shtytëse dhe kur ngarkesat janë me shenja të kundërta forcat janë tërheqëse.

Q_1, Q_2 - janë ngarkesat elektrike të cilat krijojnë fushat elektrike përkatëse

r - është distanca ndërmjet qendrave të ngarkesave

ϵ - është përshkueshmëria dielektrike e mjedisit

Për boshllëkun (ose ajrin) përshkueshmëria dielektrike ka vlerën $\epsilon_0 = 8,855 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$ (Farad për metër).

Për boshllëkun (ose ajrin), forcat e bashkëveprimit ndërmjet dy ngarkesave përcaktohen me formulën:

$$F_0 = 9 \cdot 10^9 Q_1 Q_2 / r^2$$

Raporti i përshkueshmërisë dielektrike absolute të mjedisit me përshkueshmërinë dielektrike të boshllëkut quhet *përshkueshmëri dielektrike relative*:

$$\epsilon_r = \epsilon / \epsilon_0 \quad \text{ose} \quad \epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$$

Përshkueshmëria dielektrike relative është një faktor krahasimi që tregon sa herë është më e madhe përshkueshmëria dielektrike absolute e mjedisit nga përshkueshmëria dielektrike e boshllëkut.

1.6. Madhësitë që karakterizojnë fushën elektrike

1. Intensiteti i fushës elektrike (ose vektori fushës elektrike)

Intensiteti i fushës elektrike quhet madhësia që karakterizon vlerën dhe drejtimin e forcës me të cilën fusha elektrike vepron mbi njësinë e ngarkesës elektrike të vendosur në një pikë të saj.

Vlera e intensitetit të fushës elektrike është e barabartë me raportin vektorit të forcës me të cilën fusha vepron mbi ngarkesën me vetë ngarkesën.

$$E = F / Q \quad [\text{N/C}] \text{ ose } [\text{V/m}]$$

Q - është ngarkesa e vendosur në fushën elektrike në Culon.

F - është forca e fushës elektrike që vepron mbi ngarkesën, në Njuton.

Vektori E në një pikë të fushës, ka si origjinë pikën ku ndodhet ngarkesa dhe të njëjtin drejtim me forcën që vepron mbi këtë ngarkesë.

Kahu i vektorit fushë përputhet me kahun e vektorit të forcës që vepron mbi ngarkesën pozitive ndërsa ka kahe të kundërt me forcën që vepron mbi ngarkesën negative (fig. 1.10).

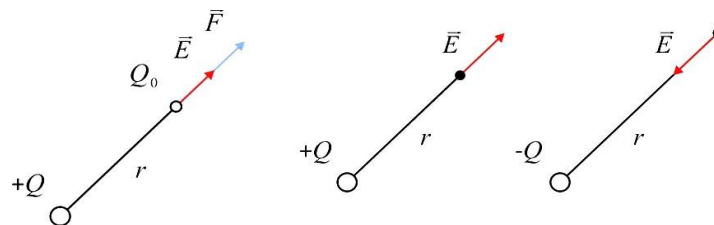


Fig. 1.10

2. Potenciali elektrik

Potencial elektrik në një pikë të fushës elektrike quhet madhësia e barabartë me punën që nevojitet për të zhvendosur ngarkesën njësi pozitive nga kjo pikë në pambarim potenciali i së cilës është zero.

$$V = W / Q \quad [\text{V}]$$

V - është potenciali i pikës së dhënë në volt [V].

W - është puna (energji) në J, e nevojshme për zhvendosjen e ngarkesës elektrike.

Q - është ngarkesa elektrike në C, në pikën e dhënë të fushës elektrike.

$$1\text{ Volt} = 1\text{ Jaul} / 1\text{ Culon}$$

Në pika të ndryshme të fushës, potenciali elektrik ka vlera të ndryshme.
Vendi gjeometrik i pikave që kanë potencial të njejtë quhet *sipërfaqe ekuipotenciale*.
Vijat e fushës elektrike janë pingule me sipërfaqen ekuipotenciale.

3. Tensioni elektrik

Tension elektrik quhet diferenca e potencialeve ndërmjet dy pikave të fushës elektrike.

$$U = V_A - V_B \quad [V]$$

Njësia matëse është volti.

Tensioni ndërmjet dy pikave të fushës elektrike është i barabartë me punën e harxhuar për zhvendosjen e ngarkesës njësi ndërmjet këtyre dy pikave të fushës.

$$U = W / Q \quad [V]$$

Nga kjo formulë duket se puna që kryhet për zhvendosjen e ngarkesës elektrike varet nga madhësia e ngarkesës dhe nga tensioni elektrik ndërmjet dy pikave.

4. Puna e forcave të fushës elektrike

Gjatë zhvendosjes së ngarkesës elektrike në fushën elektrike, kryhet punë.

Nëse ngarkesa zhvendoset sipas kahut të vijave të fushës puna meret pozitive dhe në rast se zhvendoset në kah të kundërt me forcën puna meret negative.

Puna që kryejnë forcat e fushës gjatë zhvendosjes së ngarkesave ndërmjet dy pikave përcaktohet nga pozicioni i pikave të fillimit dhe të mbarimit të rrugës.

$$W = F l = E Q l \quad (J)$$

Njësia matëse është Jaul.

1.7. Ushtrime

Ushtrimi 1:

Të llogariten forcat e bashkëveprimit ndërmjet dy ngarkesave $Q_1 = 0,002C$ dhe $Q_2 = 0.003C$ kur ato ndodhen në boshlllek dhe largësia midis tyre është $r = 2.4m$.

Zgjidhje:

Sipas ligjit të Kulonit forcat e bashkëveprimit ndërmjet dy ngarkesave janë

$$F = kQ_1Q_2 / r^2 = 9 \cdot 10^9 \cdot 0,002 \cdot 0.003 / 2,4^2 = 9 \cdot 10^3 \text{ N}$$

Ushtrimi 2:

Të llogaritet forca që vepron në ngarkesën $Q = 7 \cdot 10^{-3} \text{C}$, nëse intensiteti i fushës elektrike $E = 0,15 \text{ kV/m}$.

Zgjidhje:

Në fillim bëjmë kthimin e njësive matëse $E = 0,15 \text{ kV/m} = 150 \text{ V/m}$.
Sipas formulës forca e fushës elektrike llogaritet

$$F = E \cdot Q = 150 \cdot 7 \cdot 10^{-3} = 105 \text{ N}$$

Ushtrimi 3:

Në tabelën më poshtë jepen vlerat e potencialeve në dy pikat A dhe B të fushës elektrike. Gjeni vlerën e tensionit ndërmjet këtyre dy pikave.

V_A	10 V	-10 V	4V	-4V	4V
V_B	6 V	-6 V	-6V	10	6V
U_{AB}	4 V	-4 V	10 V	-14 V	-2 V

Ushtrimi 4:

Të llogariten forca e fushës elektrike F , puna e kryer nga kjo forcë ë, për zhvendosjen e ngarkesës $Q = 3 \cdot 10^{-4} \text{C}$, nga pika A me potencial $V_A = -200 \text{ V}$ në pikën B, ku distance nga pika A në pikën B është $l = 0,25 \text{ m}$.

Intensiteti fushës elektrike është $E = 2 \cdot 10^3 \text{ V/m}$.

Të llogariten gjithashtu potenciali i pikës B, V_B dhe tensioni U_{AB} ndërmjet pikave A dhe B.

Zgjidhje:

$$F = E \cdot Q = 2000 \cdot 3 \cdot 10^{-4} = 0,6 \text{ N}$$

$$W = F \cdot l = 0,6 \cdot 0,25 = 0,15 \text{ J}$$

$$U_{AB} = W/Q = 0,15 / 3 \cdot 10^{-4} = 500 \text{ V}$$

$$U_{AB} = V_A - V_B \text{ nga ku } V_B = -200 - 500 = -700 \text{ V}$$

2. ELEKTROSTATIKA. KONDENSATORËT

Përreth ngarkesës elektrike ekziston *fusha elektrike*.

Fusha elektrike e krijuar nga ngarkesat e palëvizshme në hapësirë dhe e pa ndryshuar në kohë quhet *fushë elektrostatiqe*.

2.1. Kapaciteti elektrik. Kondensatori

Një trup përcjellës i ngarkuar ka potencial të njëjtë në të gjithë vëllimin e tij dhe sipërfaqja e tij është një sipërfaqe ekuipotenciale.

Ndërmjet potencialit elektrik dhe ngarkesës së përcjellësit të veçuar ekziston një varësi, në të cilën ndikojnë forma, sipërfaqja e përcjellësit si dhe mjedisi ku ai ndodhet.

Për të shprehur këtë ndikim futet koncepti i kapacitetit elektrik të përcjellësit të Veçuar.

Kapacitet elektrik quhet aftësia e përcjellësit për të grumbulluar ngarkesa elektrike ose aftësia për tu ngarkuar elektrikisht.

Me rritjen e ngarkesës rritet edhe potenciali elektrik dhe anasjelltas.

Potenciali elektrik është në përpjestim të drejtë me ngarkesën elektrike.

$$Q = CV \quad \text{dhe} \quad C = Q/V \quad [F]$$

C - është koeficient përpjestimi që karakterizon aftësinë e përcjellësit për të grumbulluar ngarkesa elektrike dhe quhet kapacitet elektrik i përcjellësit.

Simbolikisht kapaciteti elektrik shënohet me C dhe njësia matëse e tij është Farad [F], (kulon/volt). Meqë Faradi është madhësi shumë e madhe, në praktikë përdoren nënfishat e Faradit:

mikrofaradi, $1\mu F = 10^{-6} F$

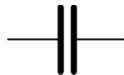
nanofaradi, $1nF = 10^{-9} F$

pikofaradi, $1pF = 10^{-12} F$

Aftësinë më të madhe për të grumbulluar ngarkesa e ka *sistemi dypërcjellës*.

Kondensatori është sistemi i përbërë nga dy përcjellës (pallat) të ngarkuara me ngarkesa të njëjta por shenja të kundërta të vendosura pranë njëri-tjetrit por të ndarë ndërmjet tyre nga një dielektrik.

Simboli i kondensatorit është:



Për të ngarkuar kondensatorin elektrodave të tij lidhen me kapset e burimit të energjisë.

Kondensatori karakterizohet nga kapaciteti ndërmjet elektrodave.

Kapaciteti i një kondensatori përcaktohet si raport i ngarkesës elektrike të një elektrode me tensionin e zbatuar ndërmjet elektrodave.

$$C = Q / U \quad [F]$$

Kapaciteti i kondesatorit varet nga forma dhe përmasat e elektrodave, nga largësia ndërmjet tyre dhe nga vetitë e dielektrikut.

Kondensatorët klasifikohen:

- me kapacitet të ndryshueshëm
- me kapacitet të pa ndryshueshëm

Sipas formës kondensatorët ndahen në:

- të rrafshët
- cilindrikë

Sipas dielektrikut kondensatorët janë:

- ajrore
- me dielektrik të ngurtë
- me dielektrik të lëngshëm.

Kapaciteti i kondensatorit të rrafshët përcaktohet nga formula:

$$C = \epsilon S / d$$

S - është sipërfaqja e njërës pllakë në m^2 .

d – është largësia ndërmjet pllakave në m .

Kondensatorët shërbejnë për të grumbulluar dhe ruajtur energjinë e fushës elektrike.

Energjia elektrike e grumbulluar në fushën elektrike të kondesatorit llogaritet me formulën:

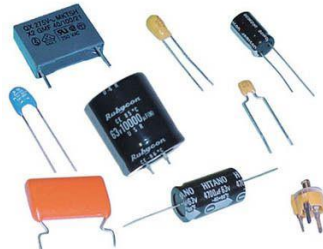
$$W_c = CU^2 / 2$$

Kujdes: Pas ndërprerjes së tensionit në kondensator, në të ruhet një energji e madhe.

Prekja e tij mund të shkaktojë kalimin e një rryme të rrezikshme në trupin e njeriut. Prandaj duhet që më parë të bëhet shkarkimi i kondesatorit nëpërmjet një përcjellësi të izoluar që lidhet me tokën.

Kondesatorët jane të tipeve, llojeve dhe madhësive të ndryshme.

Në fig.2.1, janë paraqitur disa prej tyre.



Kondesatorët janë elemente që perdoren shumë në skema të ndryshme elektronike dhe elektrike.

Kondensatorët lidhen në këto mënyra: në seri, në paralel dhe të kombinuar.
Disa kondensatorë të lidhur bashkë quhen bateri kondensatorësh.

2.2. Lidhja e kondensatorëve në seri

Në këtë lidhje pllaka me ngarkesë negative e kondensatorit paraardhës lidhet me pllakën me ngarkesë pozitive të kondensatorit vijues dhe kështu lidhen njëri pas tjetrit (fig.2.2).

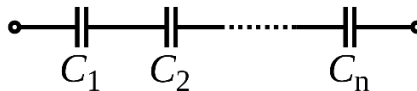


Fig. 2.2

Vetitë e lidhjes në seri të kondensatorëve janë:

- Ngarkesat elektrike janë të pavarura nga kapacitetet dhe të barabarta:

$$Q_1 = Q_2 = \dots = Q_n$$

- Tensioni i përgjithshëm në skajet e baterisë së kondensatorëve është i barabartë me shumën e tensioneve në çdonjërin prej tyre:

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$$

- Tensionet ndërmjet kondensatorëve të lidhur në seri shpërndahen në përpjestim të zhdrejtë me kapacitetet e tyre:

$$U_1 / U_2 = C_2 / C_1$$

- Në lidhjen në seri të kondensatorëve, i anasjellti i kapacitetit të përgjithshëm është i barabartë me shumën e të anasjelltës së kapaciteteve të kondensatorëve të veçantë:

$$1 / C_p = 1 / C_1 + 1 / C_2 + \dots + 1 / C_n$$

- Nëse në seri lidhen vetëm dy kondensatorë, atëherë kapaciteti i përgjithshëm mund të llogaritet me formulën:

$$C_p = C_1 C_2 / (C_1 + C_2)$$

- Nëse lidhen në seri n kondensatorë me kapacitet të njëjtë C , atëherë

$$C_p = C / n$$

Lidhja e kondensatorëve në seri përdoret për të zvogëluar kapacitetin e përgjithshëm.

Shembull

Tre kondensatorë me kapacitete $C_1 = 9\mu\text{F}$, $C_2 = 6\mu\text{F}$ dhe $C_3 = 3\mu\text{F}$ janë lidhur në seri. Tensioni i zbatuar në skajet e grupit të kondensatorëve është $U = 110\text{V}$.

Të gjenden: kapaciteti i njëvlershëm, ngarkesa dhe tensioni në çdo kondensator.

Zgjidhje:

Kapaciteti i njëvlershëm është:

$$1/C = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3 = 1/9 + 1/6 + 1/3 = 1.6 \mu\text{F}$$

Ngarkesa në çdo kondensator është:

$$Q = CU = 1.6 \cdot 10^{-6} \cdot 110 = 176 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

Tensionet në çdo kondensator janë:

$$U_1 = Q / C_1 = 176 \cdot 10^{-6} / 9 \cdot 10^{-6} = 20 \text{ V}$$

$$U_2 = Q / C_2 = 176 \cdot 10^{-6} / 6 \cdot 10^{-6} = 30 \text{ V}$$

$$U_3 = Q / C_3 = 176 \cdot 10^{-6} / 3 \cdot 10^{-6} = 60 \text{ V}$$

$$\text{Prova: } U = U_1 + U_2 + U_3 = 20 + 30 + 60 = 110 \text{ V}$$

2.3. Lidhja e kondensatorëve në paralel

Në këtë lidhje të gjithë kondensatorët lidhen ndërmjet dy kapseve të burimit të energjisë elektrike dhe në to zbatohet tensioni i burimit (fig.2.3).

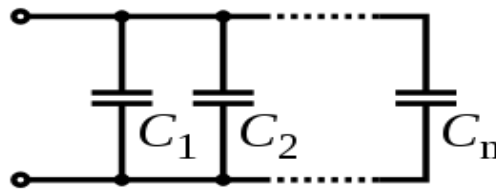


Fig.2.3

Vetitë e lidhjes në paralel të kondensatorëve janë:

- Tensioni në kapset e kondensatorëve të veçantë është i njëjtë me tensionin në kapset e burimit:

$$U_1 = U_2 = \dots = U_n$$

- Ngarkesat në çdo kondensator shpërndahen në përpjestim të drejtë me kapacitetet përkatëse:

$$Q_1/Q_2 = C_1/C_2$$

- Ngarkesa e përgjithëshme e baterisë së kondensatorëve është e barabartë me shumën e ngarkesave të veçanta:

$$Q_p = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n$$

- Kapaciteti i përgjithshëm i lidhjes në paralel të kondensatorëve është i barabartë me shumën e kapaciteteve të kondensatorëve të veçantë:

$$C_p = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

- Nëse lidhen në paralel n kondensatorë me kapacitet të njëjtë C , atëherë

$$C_p = nC$$

Lidhja në paralel e kondensatorëve përdoret për të rritur kapacitetin elektrik.

Shembull

Dy kondensatorë me kapacitete $C_1 = 10\mu\text{F}$, $C_2 = 6\mu\text{F}$ janë lidhur në paralel.

Tensioni i zbatuar në skajet e kondensatorëve është $U = 100\text{V}$.

Të gjenden: kapaciteti i njëvlershëm dhe ngarkesat në çdo kondensator.

Zgjidhje:

Kapaciteti i njëvlershëm është:

$$C = C_1 + C_2 = 10 + 6 = 16 \mu\text{F}$$

Ngarkesa në çdo kondensator është:

$$Q_1 = C_1 U = 10 \cdot 10^{-6} \cdot 100 = 1000 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

$$Q_2 = C_2 U = 6 \cdot 10^{-6} \cdot 100 = 600 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

$$Q_p = C U = 16 \cdot 10^{-6} \cdot 100 = 1600 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

$$\text{Prova: } Q = Q_1 + Q_2 = 1000 \cdot 10^{-6} + 600 \cdot 10^{-6} = 1600 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

2.4. Lidhja e kombinuar e kondensatorëve

Lidhja e kombinuar e kondensatorëve përdoret kur mungon kondensatori me kapacitetin e nevojshëm.

Në këto lidhje, skema ka disa kondensatorë që lidhen në mënyra të ndryshme seri dhe paralel.

Shembull

Për skemën e dhënë në fig.2.4, të lidhjes së kombinuar të kondensatorëve, gjeni si janë lidhur kondensatorët me njëri-tjetrin dhe gjeni kapacitetin e përgjithshëm C_p , nëse të gjithë

kondensatorët kanë vlerë të njëjtë kapaciteti $C=1\mu\text{F}$, pra:

$$C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = C_5 = 1\mu\text{F}$$

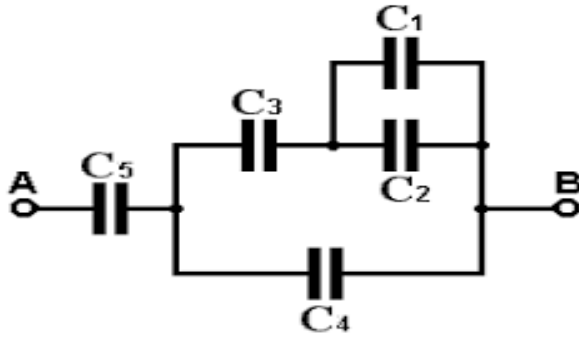


Fig.2.4

Përgjigje:

Sic duket nga skema kondensatorët C_1 dhe C_2 janë të lidhur në paralel:

$$C_{12} = C_1 + C_2 = C + C = 1 + 1 = 2 \mu\text{F}$$

kondensatorët C_3 dhe C_{12} janë të lidhur në seri:

$$C_{123} = C_1 C_2 / (C_1 + C_2) = C \cdot C / C + C = 1 \cdot 1 / 1 + 1 = 1/2 = 0,5 \mu\text{F}$$

kondensatorët C_{123} dhe C_4 janë të lidhur në paralel:

$$C_{1234} = C_{123} + C_4 = 0,5 + 1 = 1,5 \mu\text{F}$$

kondensatorët C_5 dhe C_{1234} janë të lidhur në seri dhe kapaciteti i përgjithshëm është:

$$C_p = C_5 C_{1234} / (C_5 + C_{1234}) = 1 \cdot 1,5 / 1 + 1,5 = 1,5 / 2,5$$

$$C_p = 0,6 \mu\text{F}.$$

3. QARKU ELEKTRIK. LIGJET KRYESORE NË ELEKTROTEKNIKË

3.1. Intensiteti i rrymës elektrike në përcjellës

Materialet ndahen në: përcjellës, gjysëmpërcjellës dhe dielektrik (izolues).

Materiale përcjellëse janë kryesisht metalet në të cilët elektronet janë të lidhura dobët me bërthamën.

Përcjellshmëria e trupave varet nga këto elektrone, kurse në elektrolitet (që janë tretësirat e bazave, acideve dhe kripërave), ajo varet nga jonet.

Në temperaturën e mjedisit këto elektrone kryejnë lëvizje të çrregullt (fig. 3.1.a).

Nëse brenda përcjellësit krijohet një fushë elektrike duke lidhur skajet e tij me kapëset e burimit të energjisë elektrike, elektronet e lira lëvizin në një drejtim të caktuar në veprimin e kësaj fushe, duke formuar kështu rrymën elektrike (fig. 3.1.b)

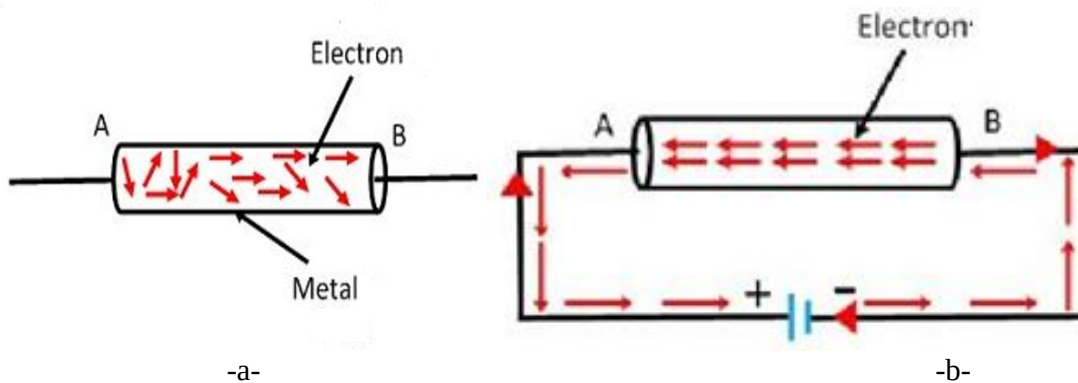


Fig.3.1

Ngarkesat lëvizin nga pika me potencial më të lartë drejt pikës me potencial më të ulët.

Rryma elektrike paraqet lëvizjen e drejtuar të ngarkesave elektrike nën veprimin e fushës elektrike.

Madhësia e rrymës elektrike vlerësohet nga madhësia fizike e quajtur *intesitet i rrymës elektrike*.

Në praktikë, kjo madhësi quhet *rrymë elektrike* ose thjesht *rrymë*.

Intensiteti i rrymës është sasia e ngarkesave që kalojnë në njësinë e kohës në seksionin tërthor të përcjellësit. Simbolikisht intensiteti shënohet *I*.

$$I = Q / t \quad [A]$$

Njësia matëse e intesitetit të rrymës elektrike është Amperi (ku 1Amper=1Culon/1sekondë). Në praktikë përdoren edhe nënfishat dhe shumëfishat e amperit:

mikroamper $1\mu A = 10^{-6}A$
miliamper $1mA = 10^{-3}A$
kiloamper $1kA = 10^3A$

Rryma elektrike është madhësi vektoriale.

Kahu i rrymës elektrike: Si kah pozitiv i rrymës elektrike është pranuar kahu i lëvizjes së ngarkesave pozitive ose kahu i kundërt i ngarkesave negative.

Rryma elektrike në përcjellës përhapet me shpejtësinë e dritës.

- **Densitet i rrymës elektrike** quhet raporti i rrymës I me seksionin tërthor S të përcjellësit:

$$d' = I / S \quad [A/mm^2]$$

Densitet i rrymës është një madhësi e rëndësishme gjatë llogaritjes së seksionit të përcjellësve të rrjeteve elektrike, makinave elektrike etj.

Në industri gjejnë përdorim lloje të ndryshme rrymash.

Kur rryma elektrike nuk e ndryshon vlerën dhe kahun e saj, për një interval të gjatë kohe, quhet *rrymë e vazhduar* (fig. 3.2).

Nëse rryma gjatë kohës ndryshon vlerën dhe kahun ajo quhet *rrymë e ndryshueshme* (fig. 3.3).

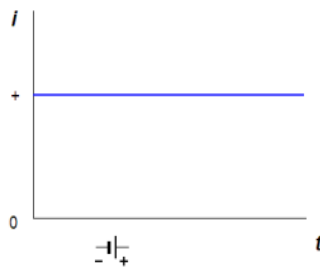


Fig.3.2

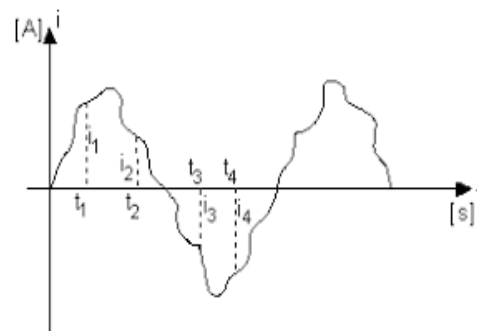


Fig.3.3

Rryma alternative sinusoidale është më e përdorura në industri.

Në qarqet elektronike përdoren dhe forma të tjera të rrymës elektrike:

Rryma pulsante e cila ndryshon nga madhësia por jo nga drejtimi (fig. 3.4), rryma impulsive etj. (fig. 3.5).

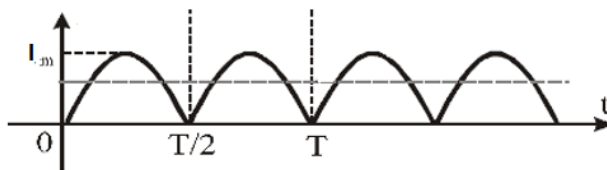


Fig. 3.4

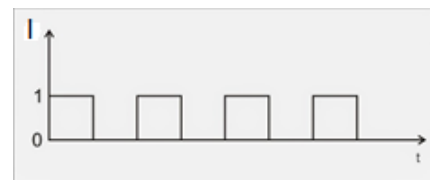


Fig. 3.5

3.2. Qarku elektrik

Rryma elektrike mbahet në përcjellës në sajë të energjisë së dhënë nga një burim i energjisë elektrike i cili shndërrohet në forma të tjera energjie (kimike, mekanike, termike etj).

Qark elektrik quhet tërësia e elementeve që shërbejnë për kalimin e rrymës elektrike.

Elementet kryesore të qarkut elektrik janë: burimi i energjisë elektrike, marrësi energjisë dhe përcjellësit lidhës.

Burime të energjisë elektrike janë për shembull gjeneratorët që shndërrojnë energjinë mekanike në elektrike, pilat dhe akumulatorët që shndërrojnë energjinë kimike në elektrike etj.

Elementet elektroteknike në të cilat ndodhin shndërrimet e energjisë quhen *marrës energjie* ose *konsumatorë*. Konsumatorë janë për shembull: motorët elektrikë që shndërrojnë energjinë elektrike në mekanike, pajisjet ngrohëse që shndërrojnë energjinë elektrike në energji termike etj.

Elementë të tjerë të qarkut elektrik janë: aparate matës, element komandues, mbrojtës, sinjalizues, rregullues etj.

Me *skemë elektrike* kuptojmë paraqitjen grafike të qarkut elektrik që me shenja konvencionale jep elementet dhe lidhjet e tyre.

Në fig. 3.6 paraqitet një qark elektrik i thjeshtë dhe skema elektrike e tij.

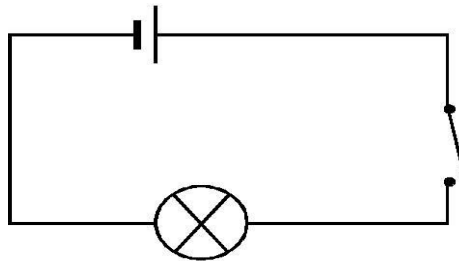


Fig. 3.6

Konvencionalisht, qarku elektrik ndahet në:

- *qark i brendshëm* që përfshin vetëm burimin dhe
- *qark i jashtëm* që përfshin të gjithë elementet e tjerë të qarkut pa burimin

Në një qark elektrik elementet mund të lidhen në seri ose në paralel.

Pjesë e qarkut është pjesa ndërmjet dy pikave çfarëdo të tij.

Pikë nyje në një qark quhet pika në të cilën lidhen më shumë se dy përcjellës.

Degë e qarkut quhet pjesa e qarkut ndërmjet dy pikave nyje.

Kontur quhet pjesa e mbyllur e qarkut.

- Burimet dhe marrësit e rregjisë elektrike

Burim i rregjisë elektrike është një shndërrues i çdo lloj energjie në energji elektrike. Burimet janë të rrymës së vazhduar dhe alternative.

- Gjeneratori elektrik është shndërruesi kryesor i cili shndërron energjinë mekanike në energji elektrike.

- Hidrogjenatorët janë makina elektrike të rrymës alternative që vihen në lëvizje nga turbine hidraulike . Në hidrocentrale energjia e ujit shndërrohet në energji elektrike.

- Turbogjeneratorët janë makina elektrike që vihen në lëvizje nga turbina termike, pra energjia e avullit ose gazit shndërrohet në energji elektrike.

- Termogjeneratorët janë shndërrues të energjinë termike në energji elektrike, pra energjia e lëndëve djegëse (naftë, vajra të ndryshëm,qymyr etj.) shndërrohet në energji elektrike.

Sot në botë ka marrë përparësi prodhimi i rregjisë elektrike nga energjia atomike, ecila realizohet në centrale bërthamore.

Si burime të energji elektrike shërbejnë edhe transformatorët (të rrymës dhe të tensionit) dhe drejtuesit e rrymës që shndërrojnë tensionin alternative në të vazhduar (AC DC).

Këto pajisje nuk prodhojnë energji, ato janë edhe marrës por edhe burime të rregjisë.

Marrësit e rregjisë elektrike shndërrojnë energjinë elektrike ne lloje të tjera energjish.

A mund të sillni disa shembuj të marrësve që shndërrojnë energjinë elektrike në lloje të tjera të rregjisë.

- Elektromotorët janë makina elektrike që shndërrojnë energjinë elektrike në energji mekanike të lëvizjes. Keto gjenden në industry dhe në pajisjet elektroshtëpiake.

- Pajisjet elektroshtëpiake në të cilat ndodh shndërrimi energjinë elektrike në energji termike p.sh. soba elektrike, bolieri, radiator, hekuri hekurosjes etj.

- Ndricuesit e tipeve të ndryshëm shndërrojnë energjinë elektrike në energji drite.

Disa simbole të elementeve të qarkut elektrik

Percjelles	Percjelles te lidhur	Rezistor	Rezistor variabel	Motor i rrymes vazhduar
Akumulator	Bateri Akumulative	Bobine	Kondensator	Motor i rrymes alternative
Bobine me berthame ferromagnetike	Tokezimi	Siguresë	Celes	Gjenerator i rrymes vazhduar
Ampermeter	Voltmeter	Llampe	Transformator	Gjenerator i rrymes alternative

3.3. Forca elektromotore. Energjia dhe fuqia e rrymës elektrike

Rryma elektrike mbahet në përcjellës në sajë të energjisë së dhënë nga një burim i energjisë elektrike, pra fusha elektrike kryen punë për zhvendosjen e ngarkesave.

Kjo punë quhet *forcë elektromotore* (f.e.m.).

Numerikisht f.e.m. e burimit është e barabartë me punën e kryer nga fusha elektrike për zhvendosjen e ngarkesës njësi pozitive në qarku e mbyllur.

F.e.m. shënohet me E dhe njehsohet me anë të formulës:

$$E = W_b / Q \quad [V]$$

Forca elektromotore e burimit (f.e.m.) është madhësia që karakterizon aftësinë e tij për të dhënë energji.

Njësia matëse e f.e.m është e njëjtë me atë të tensionit dhe potencialit elektrik, Volti [V].

Kahu i f.e.m. përputhet me kahun e forcave që veprojnë mbi ngarkesat pozitive. Brenda burimit kahu është nga kapësja – tek kapësja +.

Nën veprimin e f.e.m. të burimit në qarkun e mbyllur lind rrymë elektrike. Në bazë të ligjit të ruajtjes së energjisë, energjia e dhënë nga burimi $\dot{E}_b$ është e barabartë me energjinë e zhvilluar në qarkun e jashtëm $\dot{E}$ (në marrës) dhe energjinë $\dot{E}_0$ të zhvilluar në qarkun e brendshëm (ose humbjet e energjisë).

$$W_b = W + W_0$$

Duke zëvendësuar në barazimin e mësipërm, kemi:

$$E = W + W_0 / Q = W / Q + W_0 / Q \quad \text{ose} \\ E = U + U_0$$

F.e.m. e burimit është e barabartë me shumën e rënieve të tensionit në qarkun e jashtëm dhe në qarkun e brendshëm.

- Energjia dhe fuqia e rrymës elektrike

Për llogaritjen praktike të *energjisë* së zhvilluar nga burimi nisemi nga formula:

$$W_b = QE$$

Duke zëvendësuar në këtë formulë barazimin $Q = It$, kemi:

$$W_b = EIt \quad [Wh]$$

Energjia e zhvilluar në qarkun e brendshëm është: $W_0 = U_0 It$.

Energjia e zhvilluar në marrës është: $W = U It$

Njësia matëse e energjisë është Watorë (Wh).

Në praktikë përdoren edhe shumëfishat e Wh:

$$1KWh = 1000 Wh = 10^3 Wh$$

$$1MWh = 10^6 Wh$$

$$1GWh = 10^9 Wh$$

- Fuqia e rrymës përcaktohet si puna që kryhet nga burimi për zhvendosjen e ngarkesës në njësinë e kohës.

Simbolikisht shënohet me P dhe jepet nga barazimi: $P = W / t$

Në qark dallojmë:

Fuqia e burimit

$$P_b = Eit / t = EI$$

Fuqia e marrësit

$$P = Uit / t = UI$$

Fuqia e humbjeve në burim është

$$P_0 = U_0 It / t = U_0 t$$

Nga bilanci i fuqive kemi:

$$P_b = P + P_0$$

Njësia matëse e fuqisë është $\dot{E}$. Shumëfishat e $\dot{E}$ atit janë:

$$1KW = 1000 W = 10^3 W$$

$$1MW = 10^6 W$$

$$1GW = 10^9 W$$

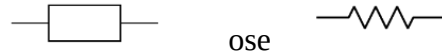
3.4. Rezistenca elektrike dhe përcjellshmëria

Elektronet e lira në përcjellës, lëvizin nën ndikimin e fushës elektrike dhe përplasen me atomet. Kështu elektronet gjatë zhvendosjes në përcjellës ndeshin rezistencë në lëvizjen e tyre.

Rezistenca elektrike e përcjellësit është *kundërveprimi* i përcjellësit ndaj zhvendosjes së ngarkesave elektrike.

Ose rezistencë elektrike quhet *pengesa* që përcjellësi i paraqet kalimit të rrymës.

Simboli i rezistencës është:



Rezistenca elektrike varet nga lloji i materialit, nga përmasat (gjatësia, seksioni) dhe temperatura (fig. 3.7).

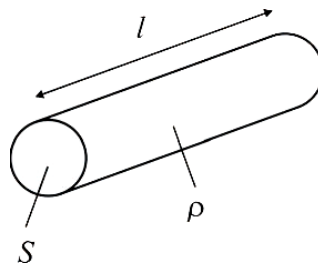


Fig. 3.7

Vlera e rezistencës elektrike të përcjellësit në temperaturën 20°C përcaktohet sipas formulës:

$$R = \rho \cdot l / S \quad [\Omega]$$

ρ - është *rezistenca elektrike specifike* e përcjellësit

l - është gjatësia e tij

S - sipërfaqja e seksionit tërthor

Njësia matëse e rezistencës elektrike është Ohmi $[\Omega]$.

Rezistenca elektrike specifike ka një vlerë të caktuar për një material të caktuar, ajo është rezistenca e përcjellësit me gjatësi 1m dhe seksion tërthor 1mm^2 .

Vlerat e rezistencës specifike të materialeve të ndryshme jepen në tabela.

Madhësia e anasjelltë e rezistencës elektrike quhet *përcjellshmëri*. Simboli i saj është G .

$$G = 1/R \quad [1/\Omega] \text{ ose } [S]$$

Njësia matëse e përcjellshmërisë është Simens $[S]$.

Madhësia e anasjelltë e rezistencës elektrike specifike quhet *përcjellshmëri specifike* dhe shënohet γ :

$$\gamma = 1 / \rho \quad [1S/m]$$

Këto formulat vlejnë për temperaturën e mjedisit 20°C.

Rezistenca elektrike ndryshon me ndryshimin e temperaturës. Kur përcjellësit prej metali nxehen, rezistenca e tyre rritet. Gjatë nxehjes së elektrolitit dhe karbonit rezistenca e tyre zvogëlohet.

Rezistenca e vendit të lidhjes së elementeve në qarqet elektrike quhet *rezistencë kalimtare*.

Aparati që përbëhet prej një rezistence të ndryshueshme quhet *reostat*.

Pothuajse për të gjitha metalet, varësia e rezistencës nga temperatura jepet me formulën:

$$R_2 = R_1 [1 + \alpha (\theta_2 - \theta_1)], \text{ ku}$$

R_1 - është rezistenca në temperaturën fillestare θ_1

R_2 - është rezistenca në temperaturën θ_2 .

α - është *koeficienti i temperaturës* që tregon ndryshimin relativ të rezistencës së përcjellësit për ndryshimin e temperaturës me 1°C .

Për materiale të ndryshme, vlera e koeficientit të temperaturës jepet në tabela.

Shembull:

Të gjendet rezistenca e përcjellësit të linjës ajrore prej bakri në temperaturën 20°C , me gjatësi $l=100\text{m}$, seksion $S=10\text{mm}^2$, ρ e bakrit është $0.0175 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$.

Zgjidhje:

Rezistenca e dy përcjellësve të linjës në temperaturën 20°C është:

$$R = \rho l / S = 0.0175 \cdot 2 \cdot 100 / 10 = 0.35 \Omega$$

3.5. Ligji i Ohmit

- Ligji i Ohmit për një pjesë të qarkut

Parametrat kryesore të qarkut elektrik janë: tensioni, rryma dhe rezistenca (fig.3.6).

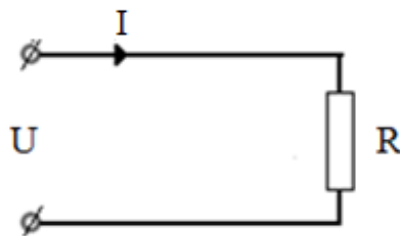


Fig. 3.8

Ligji i Ohmit përcakton lidhjen ndërmjet tyre. Sipas ligjit të Ohmit:

Intensiteti i rrymës në qarkun elektrik është në përpjestim të drejtë me tensionin e zbatuar në të dhe në përpjestim të zhdrejtë me rezistencën e këtij qarku.

Me rritjen e ngarkesës në qark, rryma zvogëlohet dhe e anasjellta.

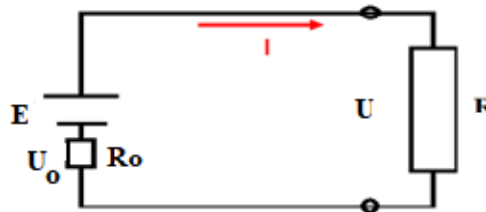
Në qarkun me rezistencë R , ku zbatohet tensioni U , kalon rryma $I = U/R$.

Ligji i Ohmit për një pjesë të qarkut shprehet me formulën:

$$I = U/R \quad \text{nga ku} \quad U = IR \quad \text{dhe} \quad R = U/I$$

- Ligji i Ohmit për qarkun e plotë

Ky ligj mer parasysh përveç tensionit, rrymës dhe rezistencës edhe f.e.m. E të burimit dhe rezistencën e tij të brendshme R_0 .



Rryma në qarkun elektrik është në përpjestim të drejtë me f.e.m. dhe në përpjestim të zhdrejtë me shumën e rezistencave të qarkut.

$$I = E / (R + R_0)$$

R - është rezistenca e marrësit

R_0 - është rezistenca e brendshme e burimit, e cila nuk është reale dhe mer parasysh humbjet (mekanike, elektrike dhe magnetike) në burim.

Nga formula më sipër kemi:

$$E = I(R + R_0) = IR + IR_0 = U + U_0$$

Kjo formulë na tregon se f.e.m. e burimit është numerikisht e barabartë me shumën e rënieve të tensionit në pjesën e jashtme dhe të brendshme të qarkut.

Matja e rrymës elektrike bëhet me aparatën matëse ampermetër, i cili lidhet në seri me elementin ku do bëhet matja e rrymës.

Rezistenca e brendshme e këtij aparati është shumë e vogël, $R_A = 0$.

Matja e tensionit elektrik bëhet me aparatën matëse voltmetër, i cili lidhet në paralel me elementin ku do bëhet matja e tensionit (fig. 3.7).

Rezistenca e brendshme e këtij aparati është shumë e madhe, $R_V = \infty$.

Matja e rezistencës elektrike bëhet me aparatën matëse ommetër, i cili lidhet në paralel me rezistencën ku do bëhet matja.

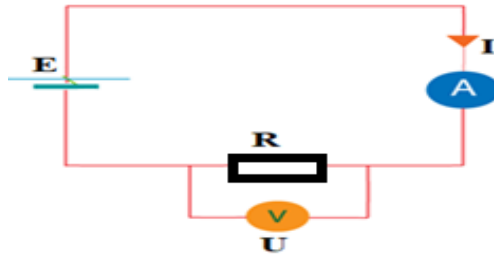


Fig. 3.7

Matja e fuqisë elektrike bëhet me aparatën matëse vatmetër, i cili ka dy bobina.

Një bobinë ampermetrike që lidhet në seri dhe një bobinë voltmetrike që lidhet në paralel si në figurën më poshtë (fig. 3.8).

Matja e fuqisë mund të bëhet edhe duke lidhur në qark një ampermetër dhe një voltmetër, duke zbatuar formulën $P = UI$.

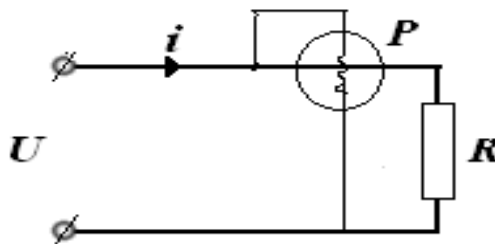


Fig. 3.8

Shembull

Në një qark elektrik, burimi me f.e.m. $E=60V$, dhe rezistencë të brendëshme $R_0 = 0.2 \Omega$, lidhet me marrësin me rezistencë $R=15\Omega$.

Të llogariten: rryma në qark, humbjet e tensionit në burim, tensioni në marrës, fuqia dhe energjia në burim dhe në marrës, si dhe humbjet e fuqisë dhe energjisë në burim.

Koha e punës së marrësit është 2 orë.

Zgjidhje:

Rezistenca e plotë e qarkut është: $R = R_0 + R = 0.2 + 15 = 15.2 \Omega$

Nga ligji i Ohmit rryma në qark $I = E / (R_0 + R) = 60 / 15.2 = 3.95A$

Tensioni në rezistencën e brendëshme $U_0 = IR_0 = 3.95 \cdot 0.2 = 0.8 V$

Tensioni në marrësin është $U = IR = 3.95 \cdot 15 = 59.2 V$

Fuqia dhe energjia e burimit $P_b = EI = 60 \cdot 3.95 = 237 W$, $W_b = P_b \cdot t = 237 \cdot 2 = 474 Wh$

Fuqia dhe energjia e marrësit $P = UI = 59.2 \cdot 3.95 = 233.84 W$,

$W = P \cdot t = 233.84 \cdot 2 = 467.68 Wh$

Fuqia dhe energjia e humbjeve $P_0 = U_0 I = 0.8 \cdot 3.95 = 3.16 W$, $W_0 = P_0 \cdot t = 3.16 \cdot 2 = 6.32 Wh$

Bilanci energjitik në qark: $W_b = W + W_0 = 467.68 + 6.32 = 474 Wh$

3.6. Regjimet e punës të qarkut elektrik

Regjimi i punës të një qarku elektrik, përcaktohet nga vlerat e rrymës, të tensionit dhe të fuqisë së elementeve përbërës të qarkut.

Dallohen tre regjime pune të një qarku elektrik.

1- *Regjimi nominal (normal) i punës.*

Në regjimin nominal të gjithë elementët e qarkut karakterizohen nga madhësitë nominale të rrymës **I_n** , të tensionit **U_n** , të fuqisë nominale **P_n** etj, për të cilat është llogaritur të punojë pajisja. Madhësitë nominale shënohen në targën e pajisjes (fig. 3.9)

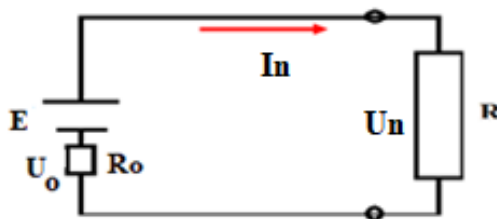


Fig. 3.9

2- *Regjimi i punimit pa ngarkesë.*

Regjimi i punimit pa ngarkesë është rasti kur qarku është i hapur, pra $R = \infty$, rryma është zero $I = 0$, tensioni është i barabartë me f.e.m të burimit, $U = E$ (fig. 3.10).

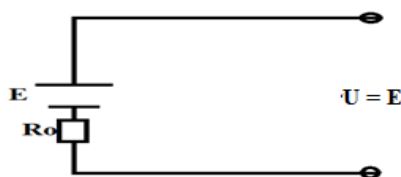


Fig. 3.10

3- *Regjimi i lidhjes së shkurtër (l.sh).*

Në regjimin e lidhjes së shkurtër, rezistenca e qarkut bëhet zero $R = 0$, rryma mer vlerë maksimale dhe quhet *rrymë e lidhjes së shkurtër* $I = E / R_0 = I_{sh}$. Tensioni në bornat e marrësit bëhet zero $U = 0$ (fig. 3.11).

Ky regjim është i padëshirueshëm, sepse shoqërohet me rritje të theksuar të nxehtësisë dhe sjell prishjen e instalimeve elektrike.

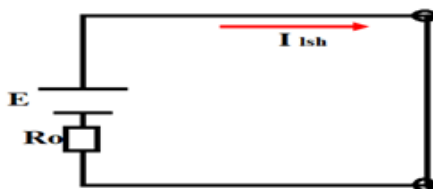


Fig. 3.11

3.7. Shndërrimi i energjisë elektrike në lloje të tjera të energjisë Ligji i Xhaul - Lencit

Energjia elektrike e dhënë nga burimi në qarkun elektrik, shndërrohet në marrës në forma të tjera energjie si: energji termike, drite, mekanike, energji kimike etj. Këto shndërrime janë shumë të rëndësishme në industri dhe në jetën e përditshme për njeriun.

Shndërrimi i energjisë elektrike në nxehtësi (Ligji i Xhaul - Lencit)

Gjatë kalimit të rrymës elektrike në përcjellës, elektronet përplasen me molekulat duke rritur në këtë mënyrë lëvizjen lëkundëse të tyre. Kjo gjë çon në nxehjen e përcjellësit.

Xhaul dhe Lenc, provuan në mënyrë eksperimentale lidhjen që ekziston ndërmjet nxehtësisë së prodhuar Q , rrymës I , rezistencës R dhe kohës së kalimit të rrymës në përcjellës.

Sasia e nxehtësisë së çliruar në përcjellës është në përpjestim të drejtë me katrorin e rrymës, me rezistencën e përcjellësit dhe kohën e kalimit të rrymës në të.

$$Q = I^2 R t \quad \text{ose} \quad Q = U^2 t / R$$

Në ligjin e Xhaul-Lencit bazohet parimi punës e ndërtimi i pajisjeve ngrohëse elektroshtëpiake.

Shndërrimi i energjisë elektrike në energji drite

Parimi i shndërrimit të energjisë elektrike në energji drite shërben si bazë e punës së llampave të ndriçimit.

Shndërrimi i energjisë elektrike në energji kimike

Ky shndërrim shrytëzohet gjatë ngarkimit të akumulatorëve. Akumulatorët gjatë ngarkimit të tyre janë marrës të energjisë elektrike. F.e.m. gjatë ngarkimit ruan të njëjtin kah si gjatë shkarkimit, kurse rryma në akumulator ndërron kahun.

Akumulatorët gjatë shkarkimit të tyre janë burime të energjisë elektrike.

4. LLOGARITJA E QARQEVE TË THJESHTA ELEKTRIKE TE RRYMËS SË VAZHDUAR

4.1. Ligji i parë i Kirkofit

Ligjet e Kirkofit janë rrjedhime të ligjit të ruajtjes së energjisë dhe bashkë me ligjin e Ohmit përdoren për llogaritjen e qarqeve elektrike.

Ligji i parë i Kirkofit ka të bëjë me nyjet e qarkut elektrik.

Shuma e rrymave që hyjnë në njëjtë e qarkut elektrik është e barabartë me shumën e rrymave që dalin nga kjo nyje .

Për pikënyjen në fig. 4.1, ligji i parë i Kirkofit shkruhet:

$$I_1 + I_4 + I_5 = I_2 + I_3 + I_6$$

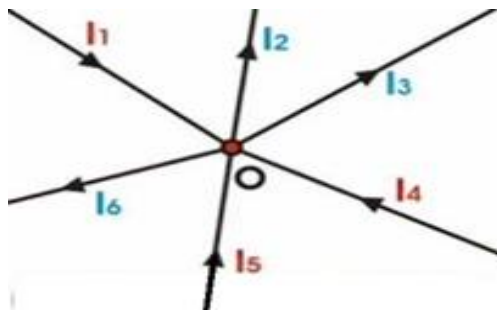


Fig. 4.1

Ligji i parë i Kirkofit mund të shprehet kështu:

Shuma algjebrike e rrymave në një pikë nyje të qarkut është e barabartë me zero.

Duke pranuar me shenjë pozitive rrymat që hyjnë në pikë nyje dhe me shenjë negative ato që dalin prej saj:

$$I_1 + (-I_2) + (-I_3) + I_4 + I_5 + (-I_6) = 0 \text{ ose } \sum i = 0$$

4.2. Lidhja e rezistencave në seri

Në *lidhjen në seri* fundi i rezistencës së parë lidhet me fillimin e së dytës, fundi i së dytës me fillimin e së tretës e kështu me radhë.

Lidhje në seri e rezistencave quhet lidhja në të cilën nuk ka pika nyje dhe në çdo element të qarkut kalon e njëjta rrymë (fig. 4.2).

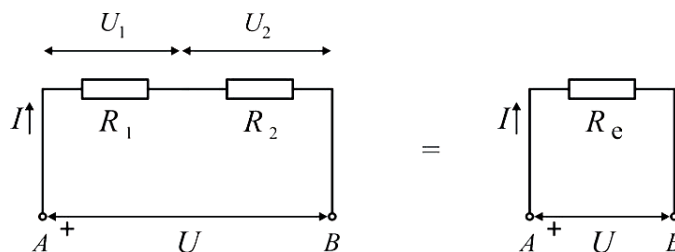


Fig. 4.2

Vetitë e lidhjes në seri të rezistencave janë:

- Rryma në të gjithë pjesët e qarkut është e njëjtë:

$$I_1 = I_2 = \dots = I_n$$

Gjatë heqjes (këputjes) së një rezistence rryma në qark ndërpritet.

Tensioni në kapëset e qarkut është i barabartë me shumën e tensioneve në pjesët e tij:

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$$

- Rënit e tensioneve (ose tensionet) në rezistenca të veçanta janë në përpjestim të drejtë me rezistencat e tyre:

$$U_1 / U_2 = R_1 / R_2$$

- Rezistenca e përgjithshme për lidhjen në seri është e barabartë me shumën e rezistencave të veçanta të lidhura në qark:

$$R_p = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

Në lidhjen në seri rezistenca e përgjithshme e qarkut rritet.

- Fuqia e përgjithshme është e barabartë me shumën e fuqive të rezistencave të veçanta:

$$P_p = P_1 + P_2 + \dots + P_n$$

- Fuqitë që zhvillohen në rezistenca të veçanta janë në përpjestim të drejtë me këto rezistenca:

$$P_1 / P_2 = R_1 / R_2$$

Lidhja në seri e rezistencave përdoret kur tensioni i lejuar në rezistencat e veçanta është më i vogël se tensioni i burimit dhe kur kërkohet të merret një rezistencë më e madhe se rezistencat e veçanta.

Shembull

Dy rezistorë me rezistenca $R_1 = 6\Omega$, $R_2 = 4\Omega$ janë lidhur në qarkun seri. Të gjenden: rryma, tensionet dhe fuqitë në çdo rezistor, nëse tensioni i zbatuar është $U = 80V$.

Zgjidhje:

Rezistenca e përgjithshme është:

$$R_p = R_1 + R_2 = 6 + 4 = 10 \, \Omega$$

Rryma në qark

$$I = U / R = 80 / 10 = 8 \, \text{A}$$

Tensionet në çdo rezistor janë:

$$U_1 = IR_1 = 8 \cdot 6 = 48 \, \text{V}$$

$$U_2 = IR_2 = 8 \cdot 4 = 32 \, \text{V}$$

Prova:

$$U = U_1 + U_2 = 48 + 32 = 80 \, \text{V}$$

Fuqitë në çdo rezistor janë:

$$P_1 = U_1 I = 48 \cdot 8 = 384 \, \text{W}$$

$$P_2 = U_2 I = 32 \cdot 8 = 256 \, \text{W}$$

Fuqia e zhvilluar në qark është

$$P = P_1 + P_2 = 384 + 256 = 640 \, \text{W}$$

$$\text{ose } P = UI = 80 \cdot 8 = 640 \, \text{W}$$

4.3. Lidhja e rezistencave në paralel

Në lidhjen në paralel fillimet e të gjithë rezistencave lidhen në një pikë nyje, kurse fundet e tyre në një pikë tjetër (fig. 4.3).

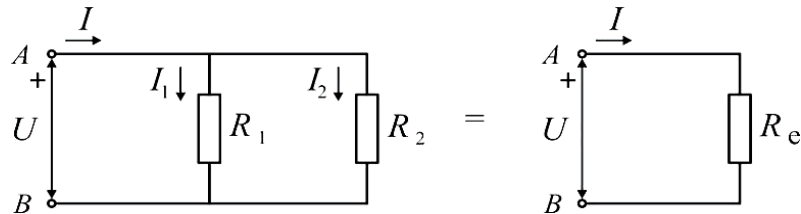


Fig. 4.3

Vetitë e lidhjes në paralel të rezistencave janë:

- Tensioni në të gjitha degët është i njëjtë:

$$U = U_1 = U_2 = \dots = U_n$$

- Rryma në pjesën e padegëzuar të qarkut është e barabartë me shumën e rrymave në pjesë të veçanta të saj:

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

Gjatë heqjes (këputjes) së një rezistence rryma në degët e tjera nuk ndërpritet.

- Rrymat në degë të veçanta janë në përpjestim të zhdrejtë me rezistencat e degëve:

$$I_1 / I_2 = R_2 / R_1$$

- E anasjellta e rezistencës së përgjithshme të qarkut është e barabartë me shumën e të anasjelltave të rezistencave të veçanta:

$$1/R_p = 1/R_1 + 1/R_2 + \dots + 1/R_n$$

- Zakonisht për llogaritjen e qarkut me degë paralele punohet me përcjellshmëritë e degëve:

$$G_p = G_1 + G_2 + \dots + G_n$$

- Në qoftë se në qark janë të lidhura vetëm dy rezistenca, atëherë rezistenca e përgjithshme mund të llogaritet me anë të formulës:

$$R = R_1 R_2 / (R_1 + R_2)$$

- Për n - rezistenca në paralel, me vlerë të njëjtë R do të kemi:

$$R = R_n / n.$$

- Fuqia e përgjithëshme e qarkut është e barabartë me shumën e fuqive të zhvilluara në çdo rezistencë:

$$P = P_1 + P_2 + \dots + P_n$$

- Fuqitë e zhvilluara në degë të veçanta janë në përpjestim të zhdrejtë me rezistencat e tyre:

$$P_1 / P_2 = R_2 / R_1$$

Në lidhjen në paralel të rezistencave rezistenca e plotë e qarkut zvogëlohet.

Shembull

Tre rezistorë me rezistencë $R_1 = 6\Omega$, $R_2 = 4\Omega$ dhe $R_3 = 2\Omega$ janë lidhur në qarkun paralel.

Rryma në pjesën e padegëzuar të qarkut është 10A.

Të llogariten rrymat dhe fuqitë në çdo rezistor, tensioni dhe fuqia e përgjithshme e qarkut.

Zgjidhje

Rezistenca e përgjithshme është:

$$1/R_p = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 = 1/6 + 1/4 + 1/2 = 11/12 \Omega$$

$$R_p = 12/11 = 1.1\Omega$$

Tensioni në qark

$$U = IR = 10 \times 1.1 = 11 \text{ V}$$

Rrymat në çdo rezistor janë: $I_1 = U/R_1 = 11/6 = 1.85 \text{ A}$

$$I_2 = U/R_2 = 11/4 = 2.75 \text{ A}$$

$$I_3 = U/R_3 = 11/2 = 5.5 \text{ A}$$

Prova:

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = 1.85 + 2.75 + 5.5 = 10.1 \text{ A}$$

Fuqitë në çdo rezistor janë: $P_1 = UI_1 = 11 \cdot 1.85 = 20.35 \text{ W}$

$$P_2 = UI_2 = 11 \cdot 2.75 = 30.25 \text{ W}$$

$$P_3 = UI_3 = 11 \cdot 5.5 = 60.5 \text{ W}$$

Fuqia e zhvilluar në qark është:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 = 20.35 + 30.25 + 60.5 = 111.1 \text{ W}$$

$$\text{ose } P = UI = 11 \cdot 10.1 = 111.1 \text{ W}$$

- Lidhja e kombinuar e rezistencave

Në praktikë përdoret edhe *lidhja e kombinuar* e rezistencave. Lidhja e kombinuar është lidhja në të cilën brenda një qarku ka njëkohësisht edhe lidhje në seri edhe lidhje në paralel të rezistencave.

Llogaritja e këtyre qarqeve, bëhet me zëvendësime të tilla të cilat e kthejnë qarkun nga një qark në lidhje të kombinuar të rezistencave në një qark në lidhje në seri ose në lidhje paralel të tyre (fig. 4.4).

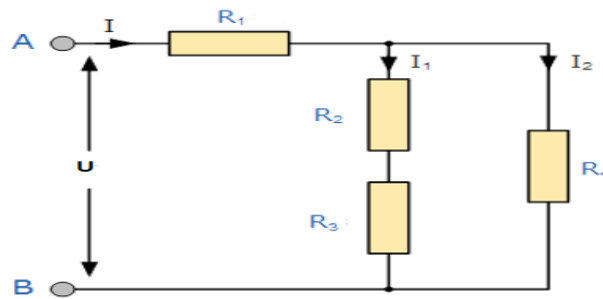


Fig. 4.4

Shembull

Në fig. 4.5 jepet qarku elektrik i përbërë nga disa rezistenca të lidhura në mënyrë të kombinuar. Të paraqitet hap pas hapi reduktimi i qarkut me një rezistencë ekuivalente.

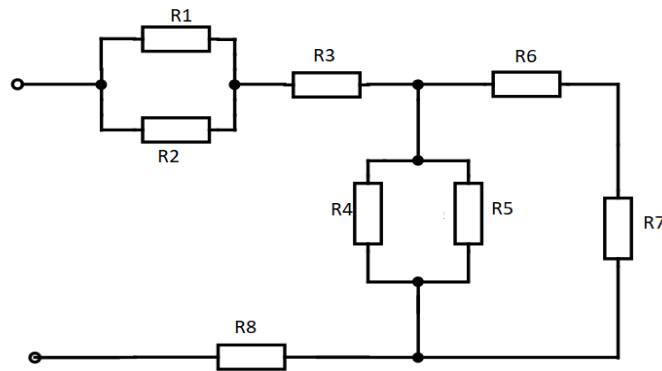


Fig. 4.5

Zgjidhje:

Rezistencat R₁ dhe R₂ janë të lidhura në paralel. Rezistenca ekuivalente e tyre është:

$$R_{12} = R_1 \cdot R_2 / R_1 + R_2$$

Rezistencat R₄ dhe R₅ janë të lidhura në paralel. Rezistenca ekuivalente e tyre është:

$$R_{45} = R_4 \cdot R_5 / R_4 + R_5$$

Në skemën më poshtë rezistencat R_{45} dhe R_{67} janë të lidhura në paralel (fig. a). Rezistenca ekuivalente e tyre është:

$$R' = R_{45} \cdot R_{67} / R_{45} + R_{67}$$

Rezistencat R_{12} , R_3 , R' dhe R_8 rezultojnë të lidhura në seri (fig. b). Rezistenca e përgjithëshme e qarkut është (fig. c):

$$R_p = R_{12} + R_3 + R' + R_8$$

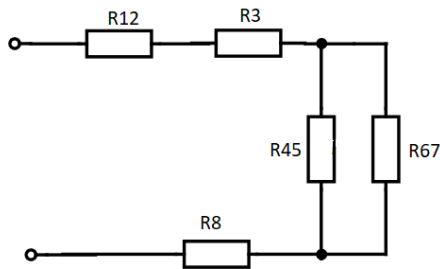


Fig.a

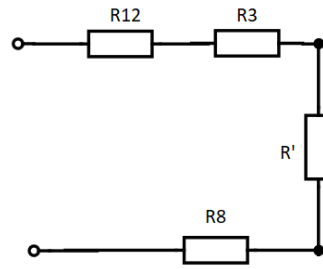


Fig.b

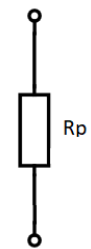


Fig.c

4.4 Qarku elektrik me disa burime energjie elektrike

Në një qark elektrik, kur nuk mjafton energjia e dhënë nga një burim, për ushqimin e marrësve, përdoren disa burime që lidhen në mënyra të ndryshme. Gjeneratorët mund të lidhen: në seri në përputhje, në seri në kundërshtim, në paralel dhe të kombinuar.

- Lidhja në seri në përputhje

Në këtë lidhje të burimeve të energjisë së rrymës së vazhduar, kapsja negative e burimit të parë lidhet me kapsen pozitive të burimit të dytë, kapsja negative e burimit të dytë me kapsen pozitive të burimit të tretë e kështu me radhë. Daljet e lira të burimit të parë dhe të fundit shërbejnë si kapëse të qarkut të jashtëm (fig. 4.6).

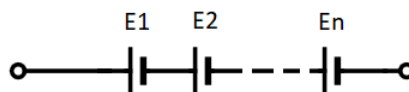


Fig. 4.6

Për lidhjen në seri në përputhje, f.e.m. e njëvlershme e gjithë burimit është e barabartë me shumën e f.e.m. të burimeve të veçantë:

$$E_{nj} = E_1 + E_2 + \dots + E_n$$

Për n - burime me f.e.m. të njëjtë:

$$E_{nj} = n \cdot E$$

Rezistenca e brendëshme e njëvlerëshme e burimit është e barabartë me shumën rezistencave të brendëshme të burimeve të veçanta:

$$R_{nj} = R_{01} + R_{02} + R_{03}$$

Për n - burime me rezistencë të brendëshme R_0 të njëjtë:

$$R_{0nj} = n \cdot R_0$$

Në qarkun me disa burime seri në përputhje rryma ka vlerën:

$$I = E_{nj} / (R + R_{0nj})$$

- Lidhja në seri në kundërshtim

Në këtë lidhje të burimeve të energjisë së rrymës së vazhduar, kapsja negative e njërit burim lidhet me kapsen negative të burimit tjetër, kurse kapset pozitive përbëjnë kapset e daljes së qarkut ose e kundërta e kësaj lidhje (fig. 4.7)

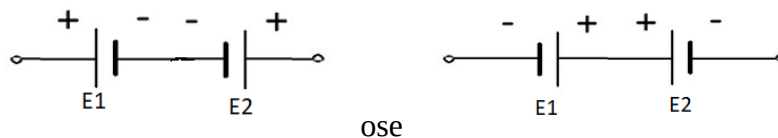


Fig. 4.7

Për lidhjen në seri në kundërshtim, f.e.m. e njëvlerëshme është e barabartë me shumën algjebrike të f.e.m. të burimeve të veçantë:

$$E_{nj} = E_1 + (-E_2)$$

Rezistenca e brendëshme e njëvlerëshme e burimit është e barabartë me shumën e rezistencave të brendëshme të burimeve të veçanta:

$$R_{nj} = R_{01} + R_{02}$$

Në qarkun me disa burime seri në kundërshtim rryma ka vlerën:

$$I = E_{nj} / (R + R_{0nj})$$

Në këtë lidhje do të kemi rrymë në qark vetëm n.q.s. vlera E_1 është e ndryshme nga vlera E_2 dhe kahu i rrymës do të përputhet me kahun e f.e.m. më të madhe.

Nëse $E_1 > E_2$, E_2 quhet forcë kundër-elektromotore dhe burimi i dytë sillet si një marrës i energjise elektrike.

- Kur burimi i energjisë punon në *regjim gjenerator*, kahu i rrymës përputhet me atë të f.e.m. dhe tensioni në kapset e tij do të jetë më i vogël se f.e.m., sa rënia e brendëshme e tensionit:

$$U_1 = E_1 - IR_{01}$$

- Kur burimi i energjisë punon në *regjimin marrës*, kahu i rrymës është i kundërt me atë të

f.e.m. dhe tensioni në kapset e tij do të jetë më i madh se f.e.m. (f.k.e.m.), sa rënia e brendëshme e tensionit:

$$U_2 = E_2 + IR_2$$

- Lidhja në paralel e burimeve

Në këtë lidhje të burimeve të energjisë së rrymës së vazhduar, të gjitha kapset pozitive lidhen në të njëjtën kapse të qarkut të jashtëm, dhe të gjitha kapset negative lidhen në kapsen tjetër (fig. 4.8).

Në lidhjen në paralel, burimet duhet të kenë f.e.m. dhe rezistenca të brendëshme të njëjta. Atëherë f.e.m. e njëvlerëshme e qarkut është sa f.e.m. e një burimi:

$$E_{nj} = E$$

Rezistenca e brendëshme e njëvlerëshme përcaktohet si në lidhjen paralel të rezistencave:

$$R_{nj} = R_n / n$$

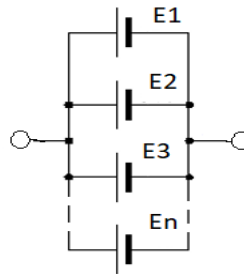


Fig. 4.8

Në këtë lidhje rryma është sa shuma e rrymave të të gjitha burimeve:

$$I_{nj} = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

Ligji i Ohmit për këtë lidhje do të shkruhet:

$$I = E / (R + R_0 / n)$$

Kjo lidhje e burimeve përdoret kur kërkohet të rritet rryma dhe fuqia e qarkut të jashtëm.

- **Lidhja e kombinuar** e burimeve të energjisë së rrymës së vazhduar përdoret kur një burim nuk i përgjigjet marrësit as sipas tensionit, as sipas rrymës. Edhe në këtë lidhje është e nevojshme të rritet rryma dhe fuqia e qarkut të jashtëm.

5. LLOGARITJA E QARQVE TË PËRBËRA ELEKTRIKE TE RRYMËS SË VAZHDUAR

Qarqet e përbëra nga disa burime ushqimi dhe rezistenca të lidhura në mënyra të ndryshme quhen qarqe të përbëra ose të degëzuara. Elementet e qarkut që përmbajnë burime energjie elektrike quhen *elemente aktive*, kurse elementet: rezistenca, bobina dhe kondensatorë quhen *elemente pasive*.

Për llogaritjen e qarqeve të përbëra përdoren metoda të ndryshme.

5.1. Ligji i dytë i Kirkofit

Ligji i dytë i Kirkofit quhet ndryshe *ligji i kontureve*:

Në çdo kontur të qarkut elektrik shuma algjebrike e f.e.m. që veprojnë në kontur, është e barabartë me shumën algjebrike të rënieve të tensionit në rezistencat e veçanta që përfshihen në këtë kontur:

$$\sum E = \sum IR.$$

Llogaritja e qarqeve të përbëra me metodën e ekuacionit të nyjeve dhe kontureve (Ligjet e Kirkofit):

Llogaritja e qarqeve të përbëra zakonisht qëndron në përcaktimin e madhësive dhe të kaheve të rrymave në degët e veçanta.

Pra numri i madhësive të panjohura për çdo skemë është i barabartë me numrin e degëve të qarkut.

Hapat e llogaritjes së qarkut janë:

- Përcaktohet numri i degëve në qark që përbën dhe numrin e rrymave, pra dhe numrin e ekuacioneve të sistemit.
- Vendosen sipas dëshirës kahet e rrymave në çdo degë. Për konturet zgjidhet një drejtim pozitiv i llogaritjes (orar ose antiorar).
- Sipas ligjit të parë të Kirkofit përpilohen $(n-1)$ ekuacione (n është numri i nyjeve).
- Ekuacionet e tjera përpilohen për konturet nga ligji i dytë i Kirkofit.
- Vendosen ekuacionet e përpiluara në një sistem duke vendosur vlerat dhe zgjidhim sistemin duke llogaritur kështu të panjohurat.
- Vendosen në skemë kahet e vërteta të rrymave, të cilat përputhen me kahet e vendosura apriori kur rrymat janë positive, dhe ndryshohet kahu nëse rrymat janë negative.
- Bëhet kontrolli i llogaritjeve të bëra me anë të ligjeve të Kirkofit.

Shembull

Të përcaktohen rrymat në çdo pjesë të qarkut të paraqitur në figurën më poshtë me metodën e ligjeve të Kirkofit nëse janë dhënë: $E_1=126\text{ V}$, $E_2=124\text{ V}$. Rezistencat e qarkut janë $R_1=R_2=1\ \Omega$, $R_3=12\ \Omega$ (fig. 5.1)

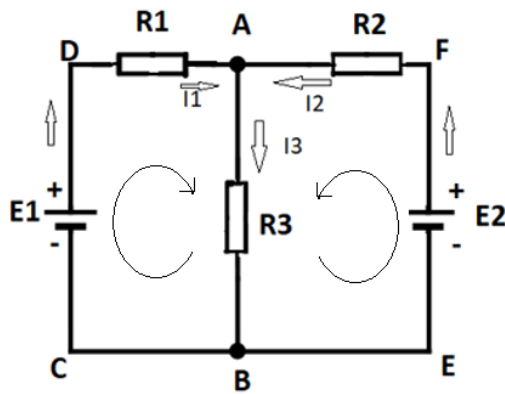


Fig. 5.1

Zgjidhje

Në këtë qark ka tre degë pra do të përcaktohen tre rryma: I_1 , I_2 dhe I_3 , pra sistemi do të ketë tre ekuacione.

Vendos vetë kahet e rrymave në çdo degë dhe në kontureve.

Meqë qarku ka dy pika nyje $n=2$, nga ligji i parë i Kirkofit shkruaj $n-1=2-1=1$ ekuacion.

Për pikën nyje A: $I_1 + I_2 = I_3$

Nga ligji i dytë i Kirkofit shkruaj dy ekuacione për konturet përkatëse.

Për konturin ABCDA, sensi orar: $E_1 = I_1 R_1 + I_2 R_2$

Per konturin ABEFA, sensi anti orar: $E_2 = I_2 R_2 + I_3 R_3$

Ndërtohet sistemin me tre ekuacione, vendosen vlerat numerike dhe zgjidhet sistemi:

$$I_1 + I_2 = I_3 \quad I_1 + I_2 = I_3 \quad (1)$$

$$E_1 = I_1 R_1 + I_2 R_3 \quad 126 = 1I_1 + 12I_3 \quad (2)$$

$$E_2 = I_2 R_2 + I_3 R_3 \quad 124 = 1I_2 + 12I_3 \quad (3)$$

Zgjidhim sistemin duke zbritur anë për anë dhe kemi:

$$I_1 - I_2 = 2 \implies I_1 = I_2 + 2$$

Nga zgjidhja e sistemit gjejmë: $I_1 = 6 \text{ A}$, $I_2 = 4 \text{ A}$ dhe $I_3 = I_1 + I_2 = 10 \text{ A}$

Bëhet bilanci energjistik i qarkut:

$$126 = 1I_1 + 12I_3 = 6 + 12 \cdot 10 = 126$$

$$124 = 1I_2 + 12I_3 = 4 + 12 \cdot 10 = 124$$

5.2. Metoda e tensionit të nyjeve

Kjo metodë përdoret për llogaritjen e qarkut elektrik që ka vetëm dy pika nyje.

Tensioni i dy pika nyjeve është i barabartë me raportin e shumës algjebrike të prodhimeve të f.e.m. të përcjellshmërive të degëve përkatëse, me shumën e përcjellshmërive të të gjitha degëve.

$$U = \Sigma EG / \Sigma G$$

Hapat e llogaritjes janë:

- Vendosen kahet e rrymave sipas drejtimin pozitiv të marrë.
- Përcaktohen përcjellshmëritë e degëve.
- Përcaktohet tensioni i nyjeve.
- Llogariten rrymat e degëve.

Nëse në një degë çfarëdo $E = U$, atëherë në këtë degë nuk kalon rrymë, pasi tensioni i nyjeve ekuilibron f.e.m. të dhënë.

Nëse $E < U$, atëherë ky burim punon në regjim marrësi.

Shembull

Të gjenden vlerat dhe kahet e rrymave në qarkun elektrik të dhënë në fig. 5.1, të dhënë më lart me metoden e tensionit të nyjeve, për vlerat $E_1=126V$, $E_2=124V$, $R_1= R_2=1\Omega$ dhe $R_3=12\Omega$.

Zgjidhje

Përcaktoj tensionin ndërmjet dy pikave nyje sipas formulës: $U_{AB} = \Sigma EG / \Sigma G$
Përcaktohen në fillim përcjellshmëritë e degëve:

$$G_1 = 1/R_1 = 1/1 = 1 \text{ S}$$

$$G_2 = 1/R_2 = 1/1 = 1 \text{ S}$$

$$G_3 = 1/R_3 = 1/12 = 0,083 \text{ S}$$

Përcaktohet tensioni i nyjeve: $U_{AB} = (E_1G_1 + E_2G_2) / G_1 + G_2 + G_3$

$$U_{AB} = (126 \cdot 1 + 124 \cdot 1) / (1 + 1 + 0,083) = 120 \text{ V}$$

Përcaktohen rrymat e degëve të qarkut:

$$I_1 = (E_1 - U_{AB}) \cdot G_1 = (126 - 120) \cdot 1 = 6 \text{ A}$$

$$I_2 = (E_2 - U_{AB}) \cdot G_2 = (124 - 120) \cdot 1 = 4 \text{ A}$$

$$I_3 = U_{AB} G_3 = 120 \cdot 0,083 = 10 \text{ A}$$

Saktësia e zgjidhjes kontrollohet duke zbatuar ligjin e parë të Kirkofit për nyjen A:

$$I_3 = I_1 + I_2 = 6 + 4 = 10 \text{ A}$$

Në këtë shembull $E_1 > U_{AB}$ dhe $E_2 > U_{AB}$, të dy burimet punojnë në regjim gjeneratori.

5.3. Metoda e mbivendosjes

Kjo metodë përdoret për llogaritjen e qarkut elektrik, të përbërë nga dy ose më shumë burime energjie.

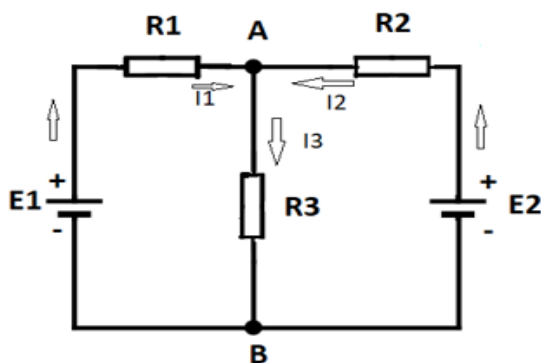
Hapat e llogaritjes së qarkut janë:

- Në fillim supozohet sikur në qarkun elektrik vepron vetëm një burim i f.e.m. duke hequr burimet e tjera dhe përcaktohen rrymat e krijuara prej saj në çdo degë.
- Duke vepruar kështu për çdo burim f.e.m. të qarkut veç e veç, gjenden rrymat e pjesshme.
- Gjatë llogaritjes së rrymave të pjesshme në qark duhen marrë parasysh të gjitha rezistencat e brendshme të burimeve të f.e.m., pavarësisht se ato nuk veprojnë njëkohësisht.
- Për çdo degë bëhet shuma algjebrike e rrymave të pjesshme duke gjetur kështu rrymën e plotë. Pra bëhet mbivendosja e rrymave të pjesëshme gjatë të cilave përcaktohen madhësitë dhe drejtimet e rrymave të vërteta.

Saktësia e zgjidhjes provohet me ligjin e parë të Kirkofit për nyjet.

Shembull

Të gjenden vlerat dhe kahet e rrymave në qarkun elektrik të dhënë në fig. 5.1, më poshtë me metodeën e mbivendosjes, për vlerat $E_1=126\text{ V}$, $E_2=124\text{ V}$, $R_1=R_2=1\ \Omega$ dhe $R_3=12\ \Omega$.



Zgjidhje:

Në fillim supozohet sikur në qark vepron vetëm burimi E_1 duke hequr burimin E_2 .

Përcaktohen rrymat e pjesshme të krijuara nga burimi E_1 në çdo degë (fig. a).

Veprohet kështu edhe për burimin e f.e.m. E_2 dhe gjenden rrymat e pjesshme duke hequr burimin E_1 (fig. b).

- Hiqet burimi E_2 nga qarku, $E_2 = 0$. Llogariten rrymat e pjesshme I'_1 , I'_2 dhe I'_3 .

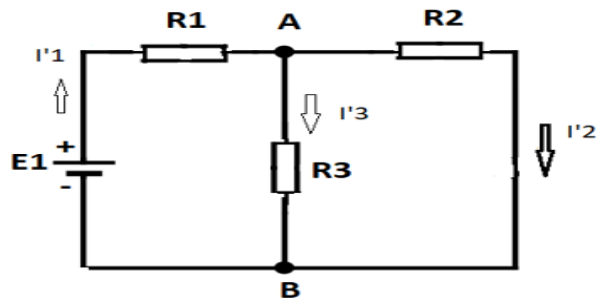


Fig. a

$$I'_1 = E_1 / R_p = 126 / 1.923 = 65.5 \text{ A}$$

$$R'_p = R_1 + R_{23} = R_1 + (R_2 R_3 / R_2 + R_3) = 1 + (1 \cdot 12 / 1 + 12) = 1.923 \Omega$$

Për të gjetur rrymat e degëve përcaktojmë tensionin U'_{AB} :

$$U'_{AB} = E_1 - I'_1 R_1 = 126 - 65.5 \cdot 1 = 60.5 \text{ V}$$

$$I'_2 = U'_{AB} / R_2 = 60.5 / 1 = 60.5 \text{ A}$$

$$I'_3 = U'_{AB} / R_3 = 60.5 / 12 = 5.04 \text{ A}$$

- Hiqet burimi E_1 nga qarku, $E_1 = 0$. Llogariten rrymat e pjesëshme I''_1 , I''_2 dhe I''_3 .

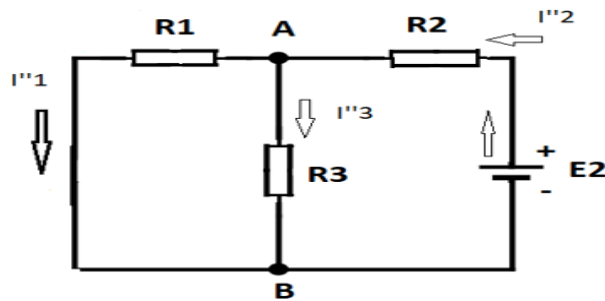


Fig. b

$$I''_2 = E_2 / R_p = 124 / 1.923 = 64.5 \text{ A}$$

$$R''_p = R_2 + R_{13} = R_2 + R_1 R_3 / R_1 + R_3 = 1 + (1 \cdot 12 / 1 + 12) = 1.923 \Omega$$

Për të gjetur rrymat e degëve përcaktojmë tensionin U''_{AB} :

$$U''_{AB} = E_2 - I''_2 R_2 = 124 - 64.5 \cdot 1 = 59.5 \text{ V}$$

$$I''_1 = U''_{AB} / R_1 = 59.5 / 1 = 59.5 \text{ A}$$

$$I''_3 = U''_{AB} / R_3 = 59.5 / 12 = 4.96 \text{ A}$$

Llogariten rrymat e plota për çdo degë të qarkut:

$$I_1 = I'_1 - I''_1 = 65.5 - 59.5 = 6 \text{ A}$$

$$I_2 = I''_2 - I'_2 = 64.5 - 60.5 = 4 \text{ A}$$

$$I_3 = I'_3 + I''_3 = 5.04 + 4.96 = 10 \text{ A}$$

Nga rezultatet e marra nga zgjidhja e këtij shembulli duket qartë saktësia e llogaritjeve të qarkut elektrik me të të tre metodat.

6.FUSHA MAGNETIKE

6.1. Njohuri për fushën magnetike

Paraqitja grafike e fushës magnetike

Fusha magnetike është një formë e materies që ekziston përreth përcjellësve me rrymë, brenda dhe jashtë trupave të magnetizuar. Sipas llojit të rrymës fusha magnetike mund të jetë e ndryshueshme ose e pandryshueshme.

Fusha magnetike dhe fusha elektrike janë të pandara dhe formojnë fushën elektromagnetike e cila përhapet me shpejtësinë e dritës.

Fusha magnetike vihet në dukje nëpërmjet dukurive magnetike si, tërheqja ose shtytja e përcjellësve me rrymë ose e trupave të magnetizuar etj.

Ajo paraqitet grafikisht me anë të vijave magnetike ku tangentja e hequr në çdo pikë të tyre, përputhet me drejtimin e fushës në atë pikë.

Fusha magnetike përcaktohet në bazë të forcës dhe drejtimit të saj.

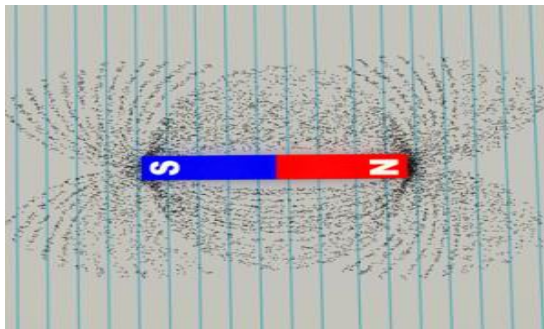


Fig. 6.1

Fusha magnetike është e pranishme kudo rreth magnetit, është pranuar që vijat e fushës dalin nga poli nord (veri) dhe hyjnë në polin sud (jugu), fig. 6.2.

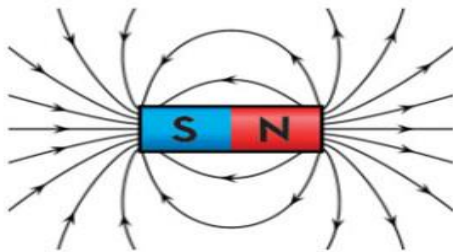


Fig. 6.2

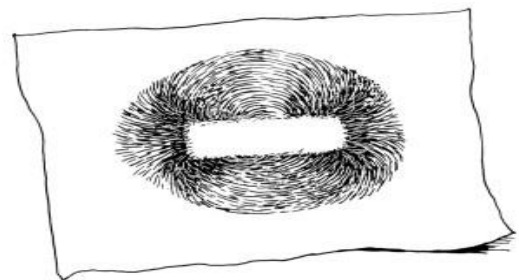


Fig. 6.3

Një mënyrë për të parë vijat e forcës brenda fushës magnetike është përdorimi i grimcave të hekurit, si në fig. 6.3.

Nëse vendosim një magnet në formë shufre mbi një tavolinë, e mbulojmë me një fletë letre

dhe hedhim grimca hekuri në letër do të shohim se ato formojnë modele vijash që janë shumë afër pranë njërit pol, më të ralla kur largohen nga ai pol dhe ngjeshen përsëri pranë polit tjetër.

Dendësia e vijave tregon madhësinë (fortësinë) e fushës, duke qenë më të përqendruar në shufra (ku fusha është e fortë) dhe duke u dobësuar duke u larguar nga polet.

Në veçanti theksojmë këto efekte të fushës magnetike:

- Magnetët dhe elektromagnetët tërheqin materialet ferromagnetike
- Në përcjellësin që pret fushën magnetike dhe në përcjellësin e ndodhur në fushën magnetike të ndryshueshme induktohet f.e.m
- Përcjellësit me rrymë shtyhen ose tërheqin njëri-tjetrin, drejtimi i bashkëveprimit varet nga kahu i rrymave në ta.
- Përcjellësi me rrymë i vendosur në fushën magnetike zhvendoset.
- Disa materiale të vendosura në fushën magnetike ndryshojnë përmasat.

Drejtimi i polit nord të gjilpërës magnetike merret si drejtim i fushës magnetike.

- Fusha magnetike e **përcjellësit drejtvizor** me rrymë I , i ka vijat magnetike në formën e rrathëve bashkëqëndrorë, që shtrihen në planin pingul me drejtimin e rrymës me qendër aksin e përcjellësit (fig. 6.4).

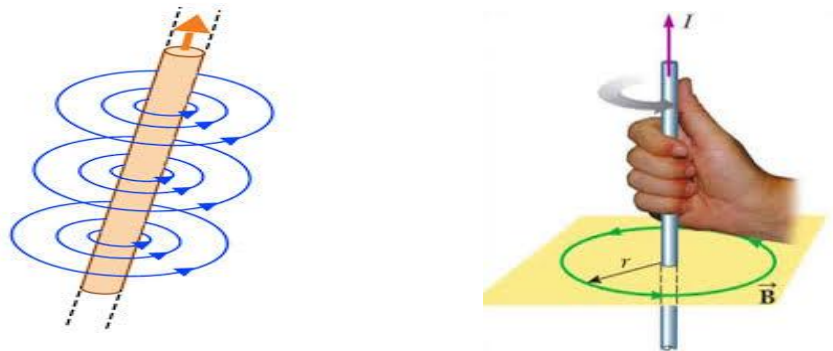


Fig. 6.4

Drejtimi i vijave magnetike gjendet me rregullën e turjelës (fig. 6.5).

Në qoftë se kahu i lëvizjes së majës së turjelës përputhet me kahun e rrymës në përcjellës, kahu i rrotullimit të turjelës tregon kahun e vijave magnetike.

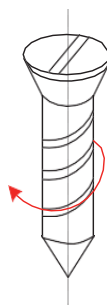


Fig. 6.5

- Fusha magnetike e një **spire** jepet në fig. 6.6

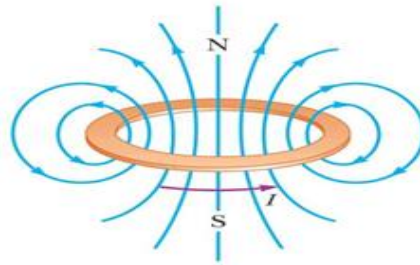


Fig. 6.6

- Fusha magnetike e rrymës së **bobinës cilindrike** është e njëjtë me atë të magnetit të përhershëm të drejtë me seksion rrethor. Drejtimin e vijave magnetike brenda bobinës e gjejmë me rregullën e turjelës (fig. 6.7)

Doreza rrotullohet në drejtimin e rrymës elektrike në bobinë, drejtimi i lëvizjes së majës së turjelës jep drejtimin e vijave magnetike brenda bobinës.

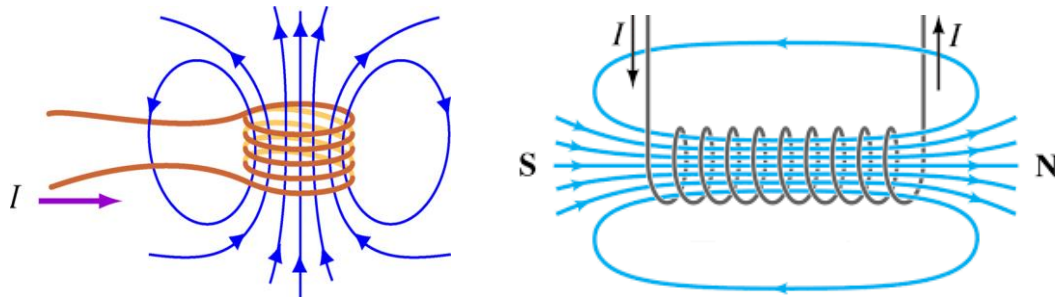


Fig. 6.7

Skaji i bobinës ku vijat magnetike dalin prej tij, formon polin nord, kurse skaji tjetër ku hyjnë vijat formon polin sud.

- **Bobina unazore** me mbështjellë me bërthamë toroidale krijon fushë magnetike vetëm brenda spirave. Fusha magnetike e saj paraqitet me rathë bashkëqëndrorë me qendër në qendrën e unazës dhe të barazlartuar (fig. 6.9).

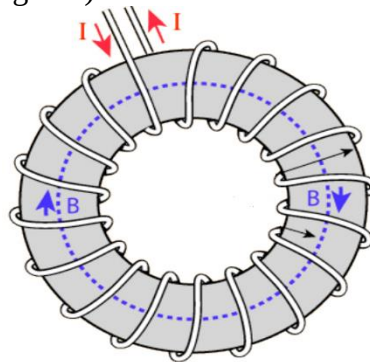


Fig. 6.9

6.2. Vektori fushë magnetike. Ligji i Amperit

Madhësia që karakterizon dendësinë e fushës magnetike në pika të dhëna të mjedisit quhet vektori fushë magnetike (ose induksioni magnetik) dhe shënohet B.

Përreth përcjellësve drejtvizorë me rrymë (fig. 6.9), formohen fusha magnetike që bashkëveprojnë midis tyre.

Forcat e bashkëveprimit të përcjellësve nëpërmjet fushave magnetike të tyre përcaktohen nga ligji i Amperit sipas të cilit:

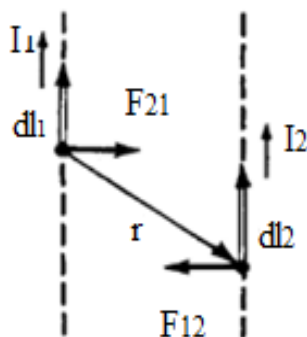


Fig. 6.9

Forca e bashkëveprimit midis dy elementeve rrymë në zbrazi të është në përpjestim të drejtë me prodhimin e këtyre elementëve rrymë dhe në përpjestim të zhdrejtë me largësinë midis tyre.

$$dF = \mu I_1 I_2 l_1 l_2 \sin \alpha / 4\pi R^2$$

$I_1 l_1$ dhe $I_2 l_2$ - janë element rryme lineare.

R - largësia ndërmjet tyre.

α - këndi ndërmjet elemente rryme lineare dhe vijës që i bashkon ato.

μ - përshkrueshmëria magnetike absolute

Nëse elementi dl i përcjellësit përshkohet nga rryma I, ai do të krijojë në afërsi të tij vektorin fushë magnetike:

$$dB = \mu I dl \sin \alpha / 4\pi R^2$$

Pra vlera e vektorit fushë magnetike varet nga largësia R dhe nga këndi α , që do të thotë se fusha magnetike nuk është e njëtrajtëshme në hapësirën përreth elementit dl.

Për përcjellësin me rrymë me gjatësi dl, do të kemi:

$$dB = dF / dl$$

Për përcjellësin me rrymë me gjatësi l

$$B = F / Il \quad [T]$$

Njësia matëse e induksionit magnetik është Tesla (T).

Kahu i vektorit fushë magnetike është si kahu i turjelës që përparon në kahun rrymës, pra ka kahun e rrymës.

6.3. Përshkueshmëria magnetike

Përshkueshmëri magnetike quhet madhësia që karakterizon vetitë dhe ndikimin e mjedisit mbi fushën magnetike. Përshkueshmëria magnetike e një mjedisi të çfarëdoshëm quhet përshkueshmëri absolute.

Njësia matëse e saj është Henri/meter (H/m).

Raporti i përshkueshmërisë absolute me përshkueshmërinë magnetike të boshllëkut quhet përshkueshmëri magnetike relative.

$$\mu_r = \mu / \mu_0$$

Përshkueshmëria magnetike e boshllëkut:

$$\mu_0 = 4\pi 10^{-7} \text{ H/m}$$

Përshkueshmëria magnetike relative është një faktor krahasimi që tregon sa herë më e madhe apo më e vogël është përshkueshmëria e mjedisit çfarëdo, nga ajo e boshllëkut.

Në varësi të vlerës së μ materialet klasifikohen në:

- Materiale diamagnetikë, $\mu_r < 1$ (bakri, argjendi, alumini, etj.)
- Materiale paramagnetikë, $\mu_r > 1$ (ajri)
- Materiale ferromagnetikë, $\mu_r \gg 1$ (hekuri, çeliku, giza, nikeli dhe lidhjet e tyre).

6.4. Fusha magnetizuese

Shkaku i lindjes së fushës magnetike është fusha magnetizuese, e cila merr parasysh vetëm ndikimin e rrymës dhe formës së përcjellësit, por jo të mjedisit.

Këto dy fusha janë vektorë të drejtuar sipas kahut të veprimit të fushës dhe midis tyre ekziston lidhja

$$B = \mu H \quad \text{ose} \quad H = B / \mu \quad [\text{A/m}]$$

H - është fusha magnetizuese, njësia matëse e saj është A/m (Amper/meter).

- Fusha magnetike e përcjellësit të drejtë me rrymë

Fusha magnetike në një pikë me largësi x nga përcjellësi (fig. 6.10) është:

$$H = I / 2\pi x$$

$2\pi x$ – është gjatësia e konturit $l = 2\pi x$.

Për boshllëkun:

$$B_0 = \mu_0 H = \mu_0 I / 2\pi x$$

Grafiku në figurën më poshtë tregon varësinë e vlerës së fushës magnetike nga largësia e përcjellësit. Siç duket sa më larg përcjellësit me rrymë, aq më e dobët është fusha magnetike.

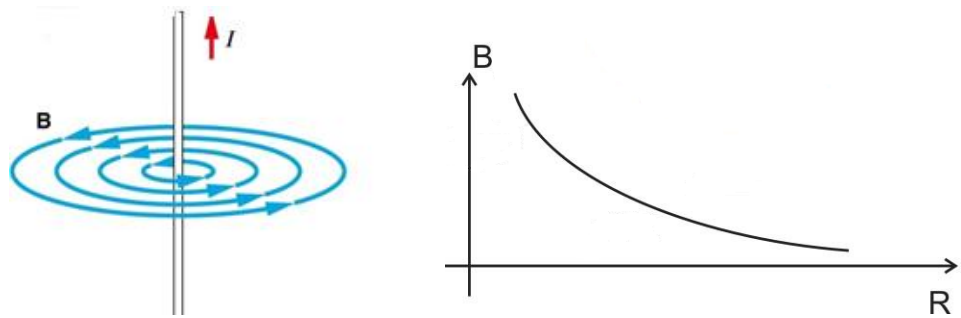
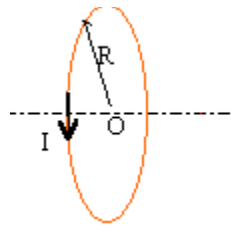


Fig. 6.10

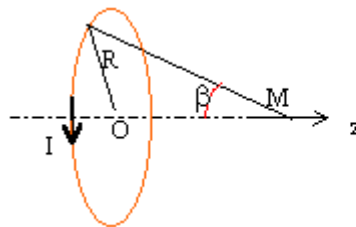
- Fusha magnetike e spirës

Fusha magnetike në qendrën e përcjellësit rrethor (fig.6.11) është:

$$H = I / 2R = I/D, \quad B = \mu I / 2R$$



Nëse kërkohet të gjendet fusha magnetike në një pikë M të aksit të spirës:



$$B = \frac{\mu_0 I}{2R} \sin^3 \beta$$

Fig. 6.11

- Fusha magnetike e bobinës së rrafshët

Në bobinën e rrafshët gjatësia l e saj është shumë e vogël (fig. 6. 12) Fusha magnetike për boshllëkun kur pika M ndodhet në qendër të spirës me N spira është:



$$B_0 = \mu_0 N I / 2R$$

Fig. 6.12

- **Fusha magnetike e solenoidës** (fig. 6.13).

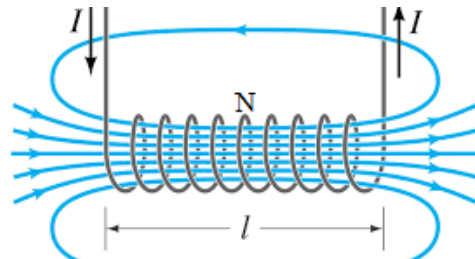


Fig. 6.13

Në qendër të bobinës: $B_0 = \mu_0 NI / l$
(N është numri i spirave).

- **Fusha magnetike e bobinës unazore (toroidës)**

Bobina unazore (toroida) krijon fushë magnetike vetëm brenda spirave (fig. 6.14)

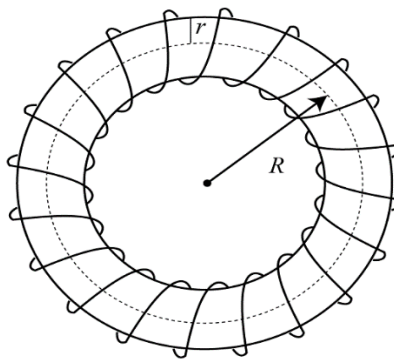


Fig. 6.14

Në pikat brenda unazës me reze $x < R_1$ (rrezja e brendshme) fusha magnetizuese $H=0$, $\Sigma I=0$
Në pikat jashtë unazës me reze $x > R_2$ (rrezja e jashtme) fusha magnetizuese $H=0$, $\Sigma I=0$.
Në pikat brenda unazës me rreze $R_1 < x < R_2$ fusha magnetizuese ndryshon dhe në bazë të ligjit të rrymës së plotë shkruajmë:

$$IW = Hl \quad \text{ose} \quad H = IW / l$$

Për një pikë të çfarëdoshme brenda bobinës, gjatësia $l = 2\pi x$ dhe $H = IW / 2\pi x$.
(Ë është numri i spirave).

Fusha magnetike në bobinen cilindrike ka vlerë maksimale në pikat brenda saj në largësi $x = R_1$ ($R_1 = R - r$) dhe minimale në pikat me largësi $x = R_2$ ($R_2 = R + r$)

6.5. Fluksi magnetik

Në fushën magnetike të njëtrajtshme, me induksion B le të jetë S një sipërfaqe në hapësirë dhe N pingulja e hequr mbi këtë sipërfaqe (fig. 6.11.a,b,c).

Fluks të vektorit të fushës magnetike në sipërfaqen S , quhet prodhimi:

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos \alpha \quad [\text{Wb}]$$

α - këndi që formon pingulja N me drejtimin e vektorit fushë magnetike B (fig. 6.11. b).

Në fig. 6.11. a, vijat e fushës magnetike janë pingule me sipërfaqen, kështu që këndi α që formojnë vijat e fushës magnetike me sipërfaqen S është 0 , pra fluksi ka vlerën maksikmale:

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos 0^\circ = \Phi_{\max} \quad (\cos 0^\circ = 1)$$

Nëse këndi α ndërmjet pingules së hequr mbi sipërfaqe dhe vijave të fushës magnetik është 90° , fig. 6.10. c, fluksi ka vlerën zero:

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos 90^\circ = 0 \quad (\cos 90^\circ = 0)$$

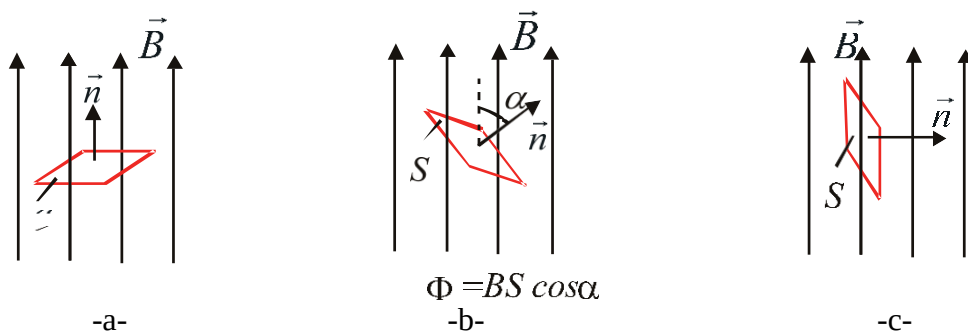


Fig. 6.11

Fluksi magnetik në njëfarë mënyre paraqet numrin e vijave të fushës magnetike që hyjnë në sipërfaqen S . Kur pozicioni i sipërfaqes ndryshon, do të ndryshojë dhe numri i vijave, pra edhe fluksi magnetik.

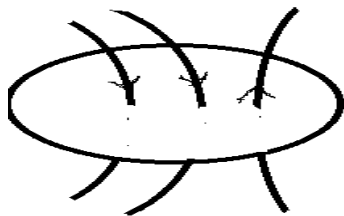
Njësia matëse e fluksit Weber, është fluksi për sipërfaqen 1m^2 e vendosur në një mjedis ku fusha magnetike e njëtrajtshme është e barabartë me 1Tesla, dhe kjo sipërfaqe S është pingul me vektorin e fushës.

Fluksi është madhësi algjebrike. Prania e $\cos \alpha$ në formulën e fluksit dhe fakti që $\cos \alpha$ ndryshon nga -1 në $+1$, tregon që fluksi mund të jetë pozitiv ose negativ.

6.6. Ligji i rrymës së plotë

Shuma algjebrike e rrymave që përshkojnë një sipërfaqe të kufizuar nga një kontur i vijës së fushës magnetike, quhet rrymë e plotë.

Në qoftë se në një sipërfaqe S që përshkohet nga disa përcjellës me rrymë me kah të përcaktuar, do të pranojmë si kah pozitiv të rrymës atë që hyn në sipërfaqen S dhe si kah negativ atë që del nga sipërfaqja, atëherë vërtetohet se rryma e plotë që përshkon sipërfaqen S është e barabartë me shumën algjebrike të rrymave që përshkojnë këtë sipërfaqe.



$$\Sigma I = I_1 + I_2 - I_3$$

Ligji i rrymës së plotë shprehet me formulën $\Sigma I = Hl$.

6.7. Forca magnetomotore

Ligji i rrymës së plotë, për një bobinë me spira jepet me formulën:

$$\Sigma I = IW$$

Prodhimi i rrymës në bobinë me numrin e spirave të saj quhet forcë magnetomotore f.m.m, e cila jepet me formulën:

$$F_m = IW$$

Njësia matëse e saj është As (amper spira).

Për llogaritje teknike, përdoret formula e cila jep lidhjen midis f.m.m dhe ligjit të rrymës së plotë:

$$\Sigma I = IW = Hl \quad \text{ose} \quad H/I = W/l$$

6.8. Përcjellësi me rrymë brenda fushës magnetike

Në praktikë ka rëndësi formula që përcakton forcën që vepron te përcjellësi me rrymë të vazhdueshme në fushën magnetike të njëtrajtshme. Në fig.6.12, tregohet përcjellësi i drejtë në hapësirën midis poleve të magnetit të përhershëm ose elektromagnetit (bobinës me bërthamë çeliku).

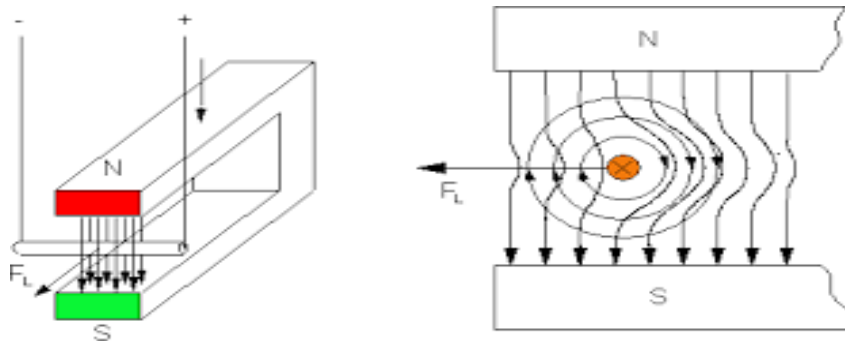


Fig. 6.12

Nëse ky përcjellës në fushën magnetike të njëtrajtshme është vendosur në mënyrë që ndërmjet vektorit fushë magnetike B dhe rrymës në përcjellës të formohet këndi $\alpha = 90$, forca që vepron në përcjellësin e vendosur në zonën e fushës magnetike është maksimale:

$$F = B \cdot I \cdot l$$

B - është vlera e fushës magnetike në Tesla.

I - është rryma në përcjellësin e vendosur në fushën magnetike në m.

F - është forca elektromagnetike në N.

Nëse ndërmjet drejtimit të vektorit fushë dhe rrymës së përcjellësit formohet këndi α , atëherë forca elektromagnetike përcaktohet nga formula:

$$F = B I l \sin \alpha$$

Fusha magnetike nuk vepron te përcjellësi me rrymë, që është vendosur në drejtim të vijave të fushës ($\alpha = 0$). Forca F vepron gjithmonë pingul me rrafshin ku shtrihen përcjellësi dhe vijat e fushës. Kahu i kësaj force gjendet me rregullin e dorës së majtë:

Në qoftë se pëllëmba e dorës së majtë vendoset në mënyrë që vijat e fushës të bien pingul mbi të dhe kahu i gishtrinjve (pa të madhin) të përputhet me atë të rrymës në përcjellës, atëherë gisht i madh i hapur, pingul me të parët, tregon kahun e forcës (fig. 6.12).

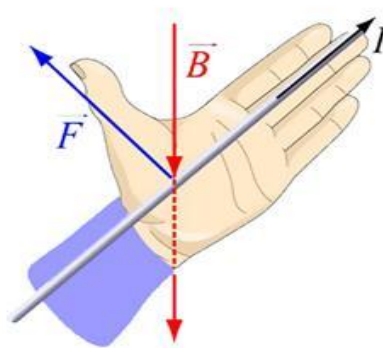


Fig. 6.12

6.9. Puna gjatë zhvendosjes së konturit me rrymë në fushën magnetike

Le të studiojmë konturin përcjellës në formë drejtkëndëshi, njëra brinjë e së cilës ndodhet në fushën magnetike të njëtrajtshme. Në konturin përcjellës, me rrymën I , vepron forca elektromagnetike (fig.6.13).

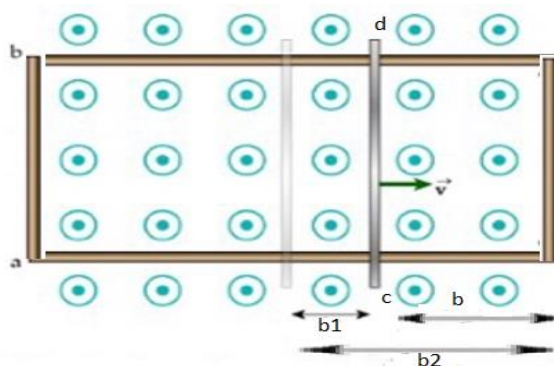


Fig. 6.13

Konturi i lirë zhvendoset nën veprimin e forcës dhe gjatë rrugës b , brinja e saj përshkruan sipërfaqen S pingul me vijat e fushës magnetike: $S = b \cdot l$

Prodhimi i fushës magnetike me sipërfaqen e përshkuar jep fluksin magnetik të fushës së njëtrajtshme nëpër sipërfaqen e dhënë S .

Gjatë lëvizjes së konturit me rrymë në fushën magnetike, forca elektromagnetike F gjatë rrugës b kryen punën:

$$W = F \cdot b = BIl b$$

Në këtë rast, puna është pozitive. Gjatë lëvizjes së përcjellësit në kah të kundërt të forcës F (në prani të forcave mekanike të jashtme), puna është negative.

Duhet patur parasysh se $B \cdot l \cdot b = B \cdot S = \Phi$.

Puna e kryer, si rrjedhim i bashkëveprimit të fushës magnetike me rrymën e përcjellësit që lëviz në fushën magnetike, përcaktohet nga barazimi:

$$W = Id\Phi$$

Në qoftë se konturi ka N spira, atëherë puna e kryer nga konturi do të jetë:

$$W = NId\Phi$$

Nga shembulli që pamë mund të nxjerrim këto përfundime:

1. Puna e forcave elektromagnetike e harxhuar për zhvendosjen e konturit me rrymë është e barabartë me prodhimin e rrymës në kontur me ndryshimin e fluksit magnetik të përfshirë në kontur.

2. Çdo kontur me rrymë në fushën magnetike përpiqet të zërë atë pozicion, që kur të futet fluksi magnetik në kontur të jetë pozitiv dhe maksimal (pozitiv është fluksi që përputhet brenda konturit me fluksin e formuar nga rryma e këtij konturi).

6.10. Bashkëveprimi i përcjellësve paralelë me rrymë

Në praktikë ndeshen shpesh përcjellës paralel midis tyre. Rreth çdo njërit nga përcjellësit paralelë, ku kalojnë rrymat I_1 dhe I_2 krijohen fusha magnetike (fig. 6.14).

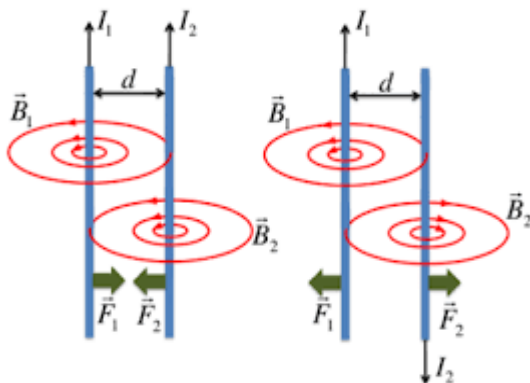


Fig. 6.14

Forcat e bashkëveprimit shqyrtohen si veprim i fushës magnetike të rrymës I_1 të përcjellësit të parë mbi rrymën I_2 të përcjellësit të dytë dhe anasjelltas. Prandaj te përcjellësi i parë, që ndodhet në fushën magnetike të rrymës I_2 , do të veprojë forca:

$$F_1 = B_2 I_1 l,$$

kurse te përcjellësi i dytë, që ndodhet në fushën magnetike të rrymës I_1 , vepron forca:

$$F_2 = B_1 I_2 l.$$

Këto forca numerikisht janë të barabarta ndërmjet tyre ($F_1 = F_2 = F$).

Si rrjedhim nëse përcjellësit janë me gjatësi të njëjtë dhe rrymat janë te barabarta

$$F = \mu_0 I^2 / 2\pi d$$

7. ELEKTROMAGNETIZIMI. QARKU MAGNETIK.

7.1. Magnetizimi i materialeve ferromagnetike

Materialët përshkueshmëria magnetike e të cilave është shumë e madhe $\mu \gg 1$, quhen ferromagnetike. Ato përdoren gjerësisht në elektroteknikë në sajë të vetisë që kanë ato për tu magnetizuar.

Në qoftë se në fushën magnetike vendoset material ferromagnetik, atëherë fusha magnetike në të rritet mjaft, kurse vetë materiali magnetizohet. Në qoftë se fusha magnetike krijohet në boshllëk ajo përçohet vetëm nga rryma e përcjellësit. Këto do të quajmë rryma të jashtme.

Kur fusha magnetike e rrymës së jashtme krijohet në materiale kjo fushë ndikon mbi materialin por dhe ai ndikon në ndryshimin e kësaj fushe magnetike.

Çdo material i futur në fushën magnetike të rrymës së jashtme kalon në një gjendje të veçantë magnetizimi e cila karakterizohet nga krijimi i një fushe magnetike shtesë (fig.7.1).

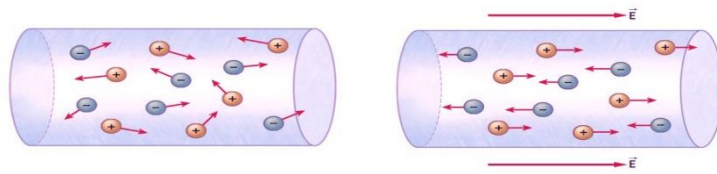


Fig. 7.1

Lëvizjet e grimcave të ngarkuara brenda atomit mund të shikohen si rryma elementare të brendëshme prandaj fusha magnetike shtesë që lind si rrjedhim i magnetizimit, quhet fushë e rrymave elementare (të brendëshme).

Thelbi i zhvillimit të këtij procesi është ky: trupi ferromagnetik përbëhet nga zona magnetike të vogla që mund të kenë formën e magnetëve dy polar. Këta magnetë formojnë fushat magnetike të tyre, që lidhen nëpërmjet forcave ndërlidhëse. Forcat magnetike të këtyre zonave varen nga rrymat elementare, që krijohen kryesisht si rrjedhim i rrotullimit të elektroneve përkundrejt akseve të tyre.

Në mungesë të fushës magnetike të jashtme forcat magnetike kompesohen njëra me tjetrën dhe fusha magnetike e përgjithshme në trup është zero. Pra nuk vihet re fusha magnetike e rrymave elementare. Ndikimi i fushës magnetike të rrymës së jashtme mbi rrymat rrethore elementare në material qëndron në ndryshimin e orientimit të boshtit të rrotullimit të grimcave në mënyrë të tillë që momentet magnetike të rezultojnë të orientuara në një kah.

Të gjitha materialet dhe mjediset ndahen në tri grupe: diamagnetike, paramagnetike dhe ferromagnetike.

Për vlerën e dhënë të fushës magnetizuese H të fushës së rrymave të jashtme fusha magnetike ka vlerën:

$$B = \mu_0 H$$

Në materialet ferromagnetike kësaj fushe i shtohet fusha shtesë $\mu_0 J$ ku J është fusha magnetizuese e mjedisit që është madhësi vektoriale dhe paraqet momentin magnetik të njesisë së vëllimit të materialit dhe ka përmasat e fushës magnetizuese.

Fusha magnetike rezultante në materialet ferromagnetike është:

$$B = \mu_0 (H+J)$$

Fusha magnetizuese e mjedisit nuk mund të rritet pa kufi. Në qoftë se drejtimi i fushës magnetizuese të mjedisit në të gjithë zonën përputhet me fushën magnetizuese të jashtme, fusha magnetizuese e mjedisit arrin vlerën e saj kufitare $J_{\max}$ që quhet fushë magnetizuese e ngopjes së mjedisit.

Fusha magnetizuese karakterizon fushën magnetizuese të trupit ferromagnetik për shkak të polarizimit të tij.

Forcimi i fushës së jashtme sjell rritjen e sasisë së magnetëve elementarë të orientuar. Kjo gjë shkakton rritjen e fushës së brëndshme.

Në fig. paraqitet vija e ndryshimit të fushës magnetizuese H në varësi të fushës magnetike B (fig. 7.2).

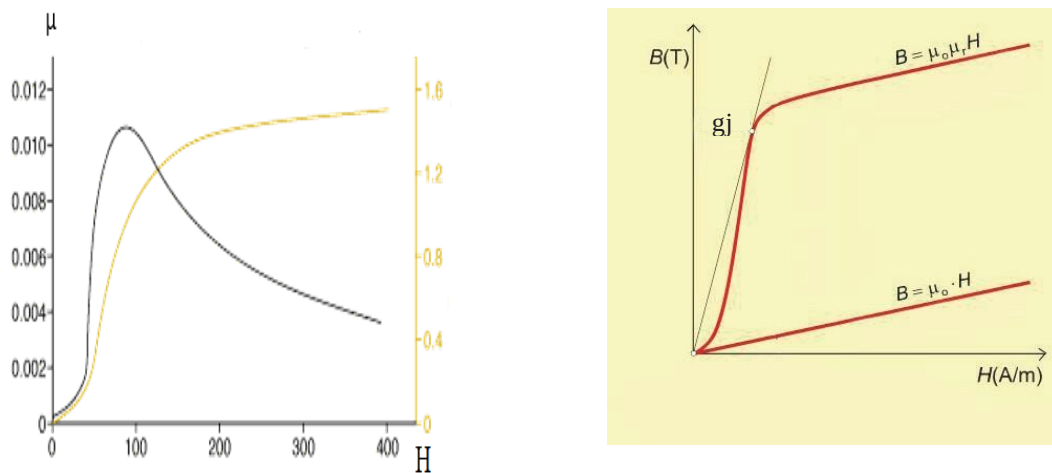


Fig. 7.2

7.2. Lakorja e magnetizimit të materialeve

Në fig. 7.3, është bërë paraqitja grafike e varësisë B_0 nga H e cila është drejtëz sepse në varësinë $B_0 = \mu_0 H$, μ_0 është e pandryshueshme. Me vija të ndërprera është paraqitur varësia $\mu_0 J$ nga H , e cila është vijë e lakuar që arrin vlerën $\max \mu_0 J_{\max}$ kur ndodh ngopja e materialit.

Duke mbledhur ordinatat e lakores $\mu_0 J$ dhe drejtëzës B_0 marrim një lakore të re të varësisë B nga H që quhet lakorja e magnetizimit fillestar. Kjo lakore mund të ndahet në tre pjesë :

- pjesa oa në të cilën fusha magnetike rritet në përpjestim të drejtë me fushën magnetizuese.
- pjesa ab në të cilën ngadalësohet rritja e fushës e shpesh quhet gjuri i lakores së magnetizimit.

- pjesa b e më tej ku varësia e B nga H qëndron pothuaj vijë e drejtë, pothuaj paralel me boshtin e abshisave.

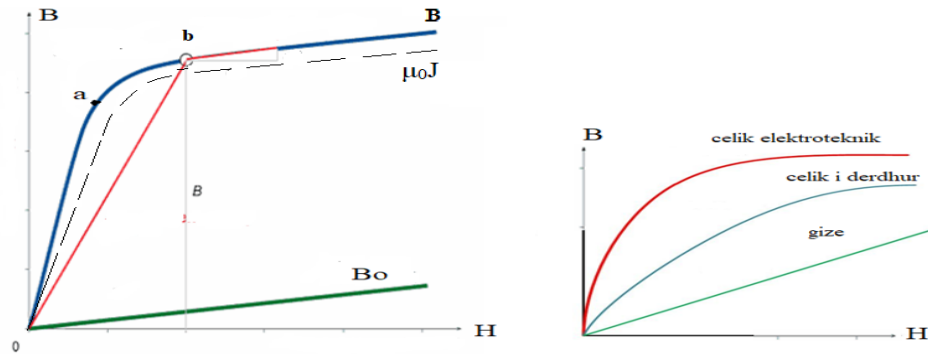


Fig. 7.3

- Magnetizimi ciklik

Gjendja magnetike e materialeve ferromagnetike që i nënshtrohet një magnetizimi të ndryshueshëm karakterizohet nga cikli i histerezisit .

Supozojmë se gjatë magnetizimit të solenoidës me bërthamë prej materiali ferromagnetik, që më parë nuk i është nënshtuar veprimit të fushës magnetike, kalohet nga gjendja magnetike asnjëanëse (pika 0) deri në vlerën maksimale të fushës magnetizuese pika H_a , që quhet vija e magnetizimit fillestar, (p.sh. duke rritur rrymën në bobinë) që i përgjigjet vlerës B_a të fushës magnetike fig. 7.4.

Në qoftë se rryma në qarkun e bobinës zvogëlohet, pra zvogëlohet fusha magnetizuese e jashtme, siç tregon eksperimenti, vija do të vendoset pak më lart se vija e magnetizimit. Në këtë mënyrë, vija e çmagnetizimit nuk përputhet me vijën e magnetizimit.

Proçesi i çmagnetizimit mbetet prapa nga proçesi i magnetizimit.

Në figurë shihet se gjatë çmagnetizimit, kur fusha magnetizuese bëhet zero, fusha magnetike ruan një farë vlere B_{mb} e quajtur fusha magnetike mbetëse.

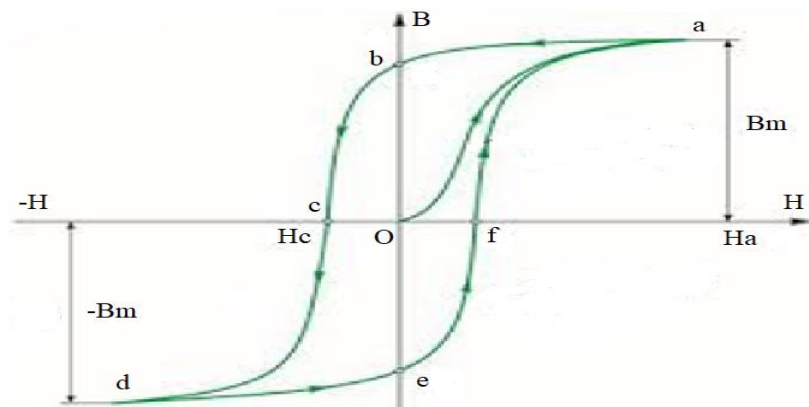


Fig. 7.4

Për të njëjtat vlera të fushës magnetizuese H , vlerat e fushës magnetike B gjatë magnetizimit dhe çmagnetizimit janë të ndryshme. Pra, fusha magnetike varet jo vetëm nga fusha magnetizuese, por edhe nga magnetizimi fillestar i trupit.

Që fusha magnetike e trupit të shkojë deri në zero (të zhduket fusha magnetike mbetëse) duhet të ndryshohet kahu i rrymës të pështjellës së solenoidës e të krijohet fusha magnetike H_c që quhet fushë magnetike koercitive

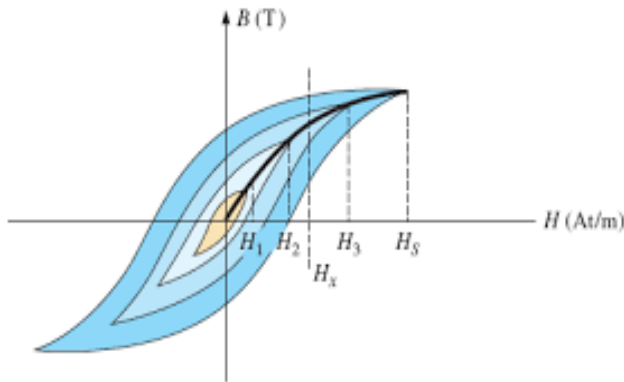


Fig. 7.5

Me rritjen e mëtejshme të fushës magnetizuese fusha magnetike rritet, bërthama magnetizohet me polaritet të kundërt dhe për vlerën $H_d = H_a$ fusha magnetike do të jetë

$$B_d = -B_a = -B_{\max} \text{ dmth ndodh ngopja magnetike e materialit.}$$

Në qoftë se fushën magnetike e çojmë përsëri në vlerën zero atëherë fusha magnetike do të ketë vlerën $B_e = -B_b$. Gjatë ndryshimit për herë të dytë të kahut të rrymës dhe rritjes së fushës magnetizuese deri në vlerën e mëparshme H_a fusha magnetike rritet deri në vlerën e mëparshme B_a .

Si rrjedhim i magnetizimit ciklik, fusha magnetike ndryshon në varësi të fushës magnetizuese sipas lakores së mbyllur *abcdefa* e cila quhet cikli i histerezisit. Kjo formë e mbyllur e lakores merret mbas disa ciklesh magnetizimi për të njëjtat vlera të H_a . Për vlera maksimale të ndryshme të fushës magnetizuese, ciklet e histerezisit dalin si të futura brenda njëri-tjetrit (fig. 7.5).

Vendi gjeometrik i kulmeve të tyre quhet *lakorja kryesore e magnetizimit* që pothuajse përputhet me lakoren e magnetizimit fillestar.

Materialet ferromagnetike ndahen në materiale me magnetizim të lehtë dhe me magnetizim të fortë (fig. 7.6)

Në materialet me magnetizim të lehtë dega ngjitëse *defa* dhe zbritëse *abcd* të ciklit të histerezisit pothuajse përputhen me lakoren kryesore të magnetizimit fig a,b kurse në ato me magnetizim të fortë ato janë larg njëra-tjetrës fig.c.

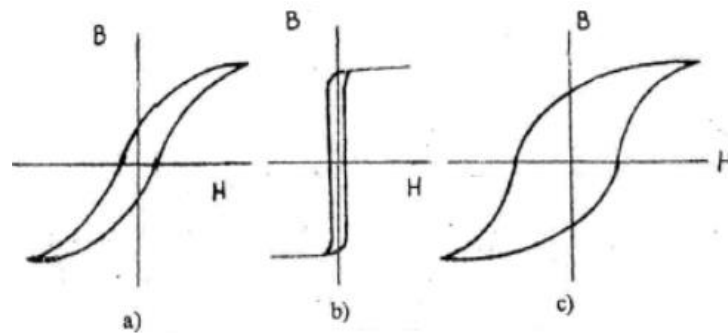


Fig. 7.6

Pra cikli i histerezisit tregon se si ndryshon magnetizimi i ferromagnetikëve kur ata vendosen në një fushë magnetike të ndryshme.

- Përshkueshmëria magnetike e materialeve ferromagnetike.

Përshkueshmëria magnetike absolute e materialeve ferromagnetike përcaktohet në çdo pikë të lakores kryesore të magnetizimit nga relacioni:

$$\mu = B / H$$

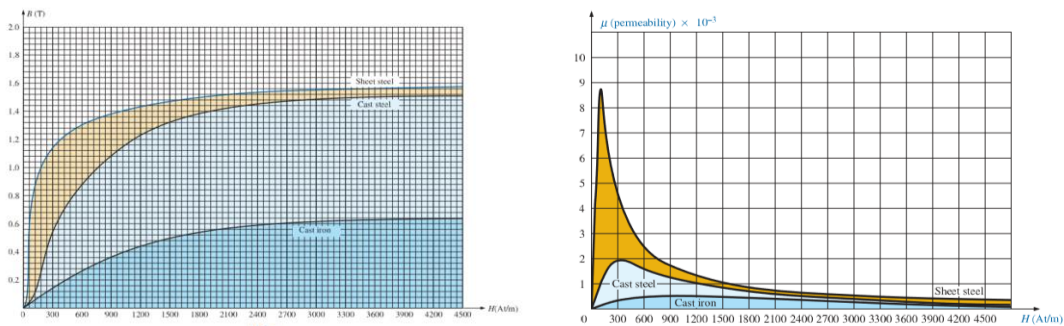


Fig. 7.8

Siç shihet nga fig. 7.8, me rritjen e fushës magnetizuese përshkueshmëria magnetike në fillim rritet, kurse gjatë kalimit në zonën e ngopjes zvogëlohet. Kur kemi ngopje të plotë, $\mu = \mu_0 (\mu_r)$. Kjo do të thotë se materiali priret të ketë veti të njëjtë me atë të ajrit (vakumit).

7.3. Qarku magnetik.Klasifikimi

Qark magnetik quhet tërësia e trupave dhe e mjedisëve nëpër të cilët mbyllet fluksi magnetik. Si shembull të qarqeve të thjeshta kemi bobinat unazore, elektromagnetët, pajisje të tjera kurse si shembull të qarqeve të ndërlikuara kemi makinat elektrike, aparatet elektromagnetike, etj.

Pjesët e veçanta të qarkut magnetik bëhen prej materialeve të ndryshme, ferromagnetike me gjatësi dhe seksione tërthore të ndryshme.

Qarku magnetik i përbërë prej materialeve ferromagnetike të ndryshme dhe që kanë gjatësi dhe seksione të ndryshme, quhet qark jo i njëtrajtshëm.

Qarqet magnetike ndahen në qarqe të padegëzuara të cilat mund të shihen si një tub i fushës magnetike dhe në qarqe të degëzuara (fig. 7.9)

Në qarkun magnetik të padegëzuar në të gjitha seksionet e tij fluksi magnetik ka të njëjtën vlerë, $\Phi = \text{konst}$ (mendohet se nuk ka fluks shpërndarjeje).

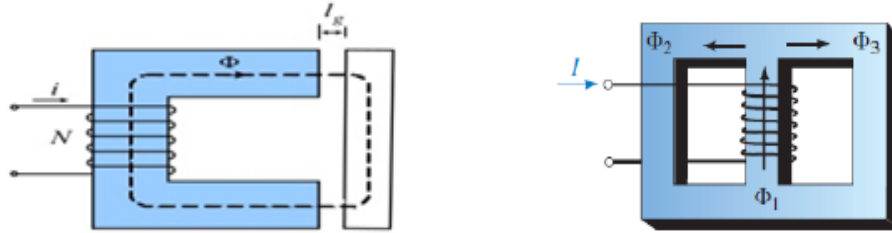


Fig. 7.9

Le të kemi një toroidë me bërthamë ferromagnetike që ka përshkueshmërinë magnetike μ , seksionin S , e gjatësi mesatare: $l = 2\pi R_{mes}$

Në spirat N të saj kalon rryma I , në këtë rast në çdo pikë të vijës mesatare ka të njëjtën vlerë $B = \mu H$

Zëvendësojmë H me NI / l dhe kemi: $\Phi = B S = \mu NIS / l = NI / (l / \mu S)$

Zëvendësoj $1/\mu = \rho_m$

Ku ρ_m - është rezistenca magnetike specifike dhe kemi:

$$\Phi = NI / (l \cdot \rho_m / S)$$

- Forca magnetomotore

Fluksi është aq më i madh sa më i madh të jetë prodhimi NI . Madhësia NI që nuk varet nga mjedisi quhet forcë magnetomotore $F.m.m.$

$$M = NI$$

- Rezistenca magnetike e një qarku

Pra siç pamë fluksi është aq më i madh sa më e vogël të jetë vlera e $(l / \mu S)$ ose (ρ_m / S) .

Kjo vlerë varet vetëm nga qarku magnetik d.m.th. nga zona që përshkon vijat e fushës dhe quhet rezistenca e qarkut magnetik dhe shënohet R_m :

$$R_m = l / \mu S = \rho_m \cdot l / S$$

Krahasoj R_m me R_{elek} të një përcjellësi drejtvizor :

qarku elektrik

$$R = \rho \cdot l / S$$

qarku magnetik

$$R_m = \rho_m l / S = l / \mu S$$

Pra qarku magnetik shërben si mbartës i vijave të fluksit ashtu si qarku elektrik shërben si mbartës i rrymës elektrike.

- Ligji i Hopkinsonit, rezistenca magnetike

Ngjashmëria me ligjin e Ohmit

Nga sa u pa më sipër:

$$\Phi = M / R_m$$

pra fluksi i vektorit fushë magnetike është raport i f.m.m. me rezistencën magnetike.

Ky relacion shpreh formulën e Hopkinsonit, që është e ngjashme me ligjin e Ohmit:

$$I = E / R$$

- Njësia e f.m.m dhe rezistencës magnetike

Njësia e f.m.m është ajo forcë magnetomotore që krijohet nga një pështjellë me një spirë që përshkohet nga një rrymë prej 1A.

Kjo njësi quhet amper spirë: $A \cdot S = 1A \cdot 1\text{spirë}$

Njësia e rezistencës magnetike paraqet rezistencën e një tubi ajri $H = H_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ me seksion 1m^2 e gjatësi $4\pi \cdot 10^{-7}$. Pra $R_m = l / \mu \cdot S = 4\pi \cdot 10^{-7} / 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 1 = 1$.

Kjo njësi nuk ka emërtim të veçantë po mund të quhet $A \cdot S / \text{Eb}$

7.4. Llogaritja e qarkut magnetik

Llogaritjet në qarkun magnetik janë të ngjashme me ato të qarkut elektrik (fig. 7.10).

Ky qark magnetik ka tre seksione të ndryshme: 1, 2, 3

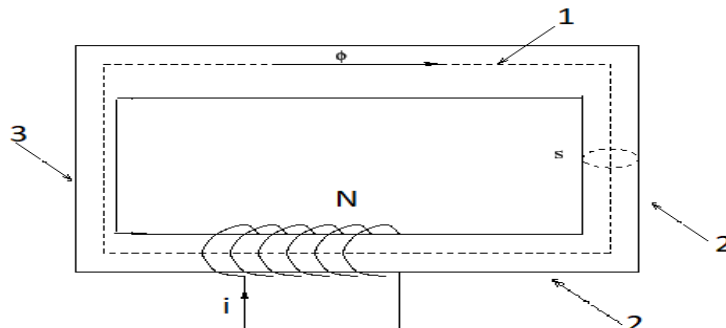


Fig. 7.10

- Kur njohim f.m.m. të zbatuar në qark magnetik, gjendet f.m.m. që krijohet.
- Kur njohim fluksin e zbatuar në një seksion të qarkut magnetik gjendet f.m.m. që e shkakton atë.
- Kur njohim f.m.m. dhe fluksin gjejmë rezistencën magnetike të qarkut.

- **Qarku magnetik në seri.**

Ky qark përmban p.sh. tre pjesë jo të njëllojta që kanë

- Gjatësi mes pjesëve l_1, l_2, l_3 ,
- Seksione S_1, S_2, S_3
- përshkueshmëri magnetike μ_1, μ_2, μ_3

Në njërën nga këto pjesë është vendosur pështjella me f.m.m. $M = N \cdot I$.

- **Llogaritja e rezistencës magnetike**

Llogaritja e rezistencës magnetike e pjesës së parë: $R_{m1} = l_1 / \mu_1 S_1$

rezistenca magnetike e pjesës së dytë: $R_{m2} = l_2 / \mu_2 S_2$

rezistenca magnetike e pjesës së tretë: $R_{m3} = l_3 / \mu_3 S_3$

Skema elektrike e njëvlershme është si në fig. 7.11

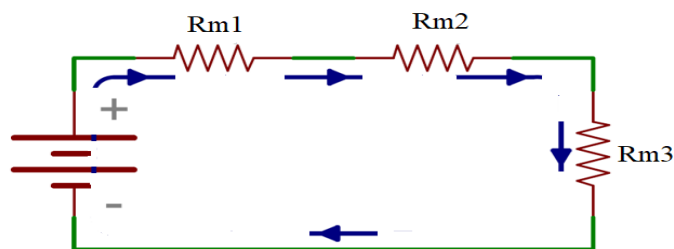


Fig. 7.11

Kjo skemë bëhet duke patur parasysh ngjashmerinë me qarkun elektrik ku f.m.m. tregohet me anë të një gjeneratori, rezistenca magnetike me një rezistencë, fluksi ka rolin e rrymës elektrike.

Gjeneratori që paraqet f.m.m ka polaritet $M = NI$. Bobina ka polaritet, Veri –Jug të lidhura drejtpërdrejtë me kahun e vijave të fushës. Pra faqes Veri i përgjigjet polariteti (+), faqes Jug i përgjigjet polariteti (-)

Nëqoftëse qarku magnetik ka disa pështjella, duhet bërë shuma algjebrike e f.m.m. pasi fluksi i krijuar nga f.m.m. të veçanta kanë kahun e f.m.m. përkatëse (njëlloj si në qarkun elektrik) Në formë të përgjithshme:

$$\Phi = \Sigma M / \Sigma R_m = \Sigma NI / \Sigma R_m$$

7.5. Elektromagnetët, magnetët e përhershëm

Elektromagnetët janë pajisje elektrike të përbërë nga pështjella dhe bërthama ferromagnetike.

Në qoftë se pranë një bobine me rrymë, vendoset një bërthamë çeliku, sipas drejtimit të boshtit të bobinës, ajo do të magnetizohet dhe nën veprimin e forcave elektromagnetike do të përpiqet të zerë një pozicion në mesin e bobinës, ku fusha magnetike të jetë maksimale.

Në këtë parim mbështetet puna e elektromagnetëve të cilët janë pajisje të përbëra nga përcjellësi magnetik që formon bërthamën e nga bobina magnetizuese. Njëra pjesë e lëvizshme e pështjellës magnetike, tërhiqet nga pjesa tjetër kryesore e bërthamës me forcën e cila është e pandryshueshme tek magnetët e përhershëm, kurse tek elektromagnetët ndryshon duke ndryshuar rrymën e bobinës.

$$F = 40B^2.S$$

F - forca në N

B - fusha magnetike në Tesla

S - sipërfaqja e seksioneve të poleve në cm^2

Bërthama bëhet prej çeliku elektroteknik të butë, B_{mb} e H_{koerc} zvogëlohen.

Elektromagnetët përdoren në pajisjet frenuese, automatë, reletë etj.

- **Magnetët e përhershëm.**

Për krijimin e fushës magnetike të pavarur nga burimi i rrymës në disa aparate matëse si dhe në aparate të tjera shpesh përdoren magnetët e përhershëm. Magnetët e përhershëm kanë veti që pas largimit nga fusha magnetizuese të ruajnë forcë magnetizuese të madhe (fig. 7.12).

Ato përgatiten nga materiale ferromagnetike me magnetizim të fortë, të cilët kanë një fushë magnetizuese mbetëse të madhe si dhe një fushë magnetizuese koercitive të madhe.

Vetia e magnetëve të përhershëm karakterizohet nga pjesa çmagnetizuese e ciklit të histerezisit. Kjo lakore nxirret gjatë magnetizimit deri në ngopjen e bërthamës së mbyllur prej materiali ferromagnetik dhe mbas kësaj deri në çmagnetizim në zero.

Vetia e materialit që përdoret për magnetët e përhershëm në një farë shkalle përçohet nga prodhimi i fushës magnetike mbetëse B_{mb} me fushën magnetizuese koercitive H_c .

Sa më i madh të jetë ky prodhim aq më e mirë është vetia magnetike e materialit.

Për përgatitjen e magnetëve të përhershëm përdoret çelik me volfram, me karbon, si dhe lidhje të hekurit me Al, Cu, Ni, Co etj.

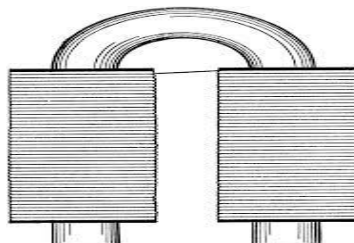


Fig. 7.12

8. INDUKSIONI ELEKTROMAGNETIK

8.1. Krijimi i forcës elektromotore të një përcjellësi që lëviz në një fushë magnetike

Le të studiojmë një përcjellës drejtvizor i cili lëviz pingul me vijat e fushës magnetike të njëtrajtshme me vlerë B (Fig. 8.1).

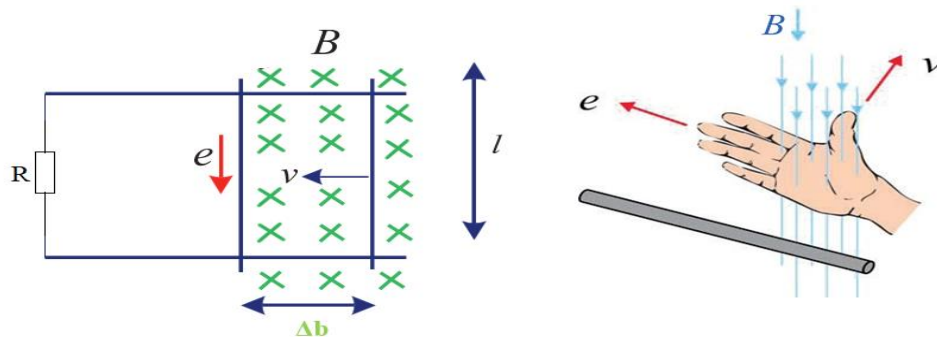


Fig.8.1

Në figurë tregohet përcjellësi që rrëshqet (në drejtimin të forcës F) nëpër shinat metalike të lidhura midis tyre me rezistencën R . Gjatë zhvendosjes përcjellësi lëviz me shpejtësi v , po me këtë shpejtësi zhvendosen edhe grimcat elementare të ngarkuara (elektronet e lira dhe jonet).

Meqënëse lëvizja e përcjellësit bëhet në një fushë magnetike, në çdo grimcë të ngarkuar të përcjellësit do të veprojë forca elektromagnetike.

Kahet e këtyre forcave përcaktohen me rregullën e dorës së majtë. Nën veprimin e forcave elektromagnetike elektronet e lira zhvendosen në njërin skaj të përcjellësit. Pra në këtë skaj të përcjellësit formohet tepricë ngarkesash negative, kurse në skajin tjetër për shkak të mungesës së elektroneve shfaqet një tepricë ngarkesash positive. Pra në skajet e përcjellësit krijohen ngarkesa elektrike me vlerë të barabartë, por me shenjë të kundërt.

Me zhvendosjen e ngarkesës në skajet e përcjellësit krijohet një fushë elektrike dhe mbi çdo ngarkesë forcat e kësaj fushe të cilat kanë kah të kundërt me forcën elektromagnetike që vepron në çdo elektron është :

$$F_{em} = B e v$$

Forcat e fushës elektrike përbëjnë forcat që terhiqen grimcat dhe për to:

$$F_e = k e$$

k - është intensiteti i fushës elektrike brenda përcjellësit.

Kur përcjellësi lëviz me shpejtësi të pa ndryshueshme forcat elektromagnetike nuk ndryshojnë, kurse forcat e fushës elektrike rriten me rritjen e grumbullimit të ngarkesave në skajet e përcjellësit. Veçimi i ngarkesave ndërpritet kur barazohet f_{em} me forcën elektrike:

$$F_e = F_{em}$$

Ndërprerja e veçimit të ngarkesës tregon se ndërmjet skajeve të përcjellësit vendoset një diferencë potenciale, pra një tension elektrik.

Veprimi i fushës magnetike mbi elektronet e lira të përcjellësit gjatë lëvizjes së tij është shkaku i lindjes së f.e.m. të induksionit elektromagnetik.

Duke zëvendësuar në barazimin e fundit vlerat përkatëse të forcës elektromagnetike dhe të asaj elektrike:

$$\vec{k} e = B \cdot e \cdot v \quad \text{pra} \quad \vec{k} = B \cdot v$$

por intensiteti i fushës elektrike $\vec{k}$ brenda përcjellësit mund të shprehet në varësi të tensionit në skajet e tij dhe gjatësisë l të përcjellësit:

$$U = W/q = Elq/q = El = \vec{k} l$$

$$\vec{k} = U/l, \quad U/l = B \cdot v$$

$$U = B l v$$

meqënëse tensioni në skajet e burimit kur qarku është i hapur është sa f.e.m. E do kemi:

$$E = B l v$$

Pra, shkaku i lindjes së f.e.m. të përcjellësi është veprimi i forcave të fushës magnetike.

Kjo quhet f.e.m. e induksionit elektromagnetik.

F.e.m. e induksionit elektromagnetik që lind te përcjellësi është në përpjestim të drejtë me fushën magnetike, me gjatësinë e përcjellësit brenda fushës dhe me shpejtësinë e lëvizjes së tij pingul me vijat e fushës.

Kahu i f.e.m. të induktuara në përcjellës përcaktohet me rregullën e dorës së djathtë.

Pëllëmba e dorës së djathtë vendoset në mënyrë që vijat e fushës magnetike të bien pingul me të, gishti i madh i hapur 90° me katër të tjerët, përputhet me kahun e lëvizjes, atëherë katër gishtrinjë të dorës tregojnë kahun e f.e.m. E (fig. 8.2).

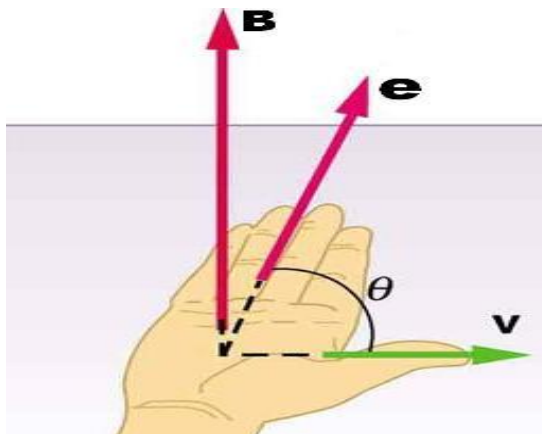


Fig. 8.2

8.2. F.e.m. e induktuar në një kontur

Supozojmë se përcjellësi AB me gjatësi l zhvendoset pingul me vijat e fushës magnetike ($\alpha=90^\circ$) me shpejtësi konstante v . Në këtë përcjellës lind f.e.m. E .

Supozojmë se përcjellësi gjatë kohës elementare t përshkon rrugën b (fig.8.3).

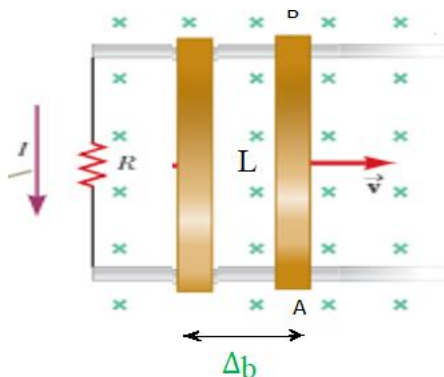


Fig.8.3

Meqënëse shpejtësia e përcjellësit: $v = \Delta b / \Delta t$, e zëvendësojmë këtë vlerë në shprehjen f.e.m. të induktuar në përcjellës.

Sipas formulës: $E = B l v = B l \cdot \Delta b / \Delta t$

Nga figura shihet se $l \cdot b = \Delta S$. Gjithashtu $BS = \Phi$ pra: $E = \Delta \Phi / \Delta t$.

Ku $\Delta \Phi$ është ndryshimi i fluksit të përshkuar në kontur, kurse raporti paraqet shpejtësinë e ndryshimit të fluksit të përshkuar në kontur.

Po ta paraqesim me vektor shpejtësinë e ndryshimit të fluksit atëherë f.e.m. do të përfaqësohet me një vektor me po atë drejtim e me po atë modul, por me kah të kundërt.

Në çdo kontur që kufizon sipërfaqe, nëpër të cilën përshkohet fluks magnetik i ndryshueshëm, lind f.e.m. e induksionit elektromagnetik.

Në qoftë se konturi ka N spira, atëherë f.e.m. e induktuar në të do të jetë N herë më e madhe se e një spire të vetme:

$$E = N \cdot \Delta \Phi / \Delta t$$

8.3. Kahu i f.e.m. te induktuar. Ligji i Lencit

Kahun e f.e.m. E e jep ligji i Lencit i cili thotë:

F.e.m. e induktuar në një kontur ka kahe të tillë që rryma e krijuar prej saj të kundërshtojë shkakun që krijoi f.e.m. të induktuar.

- F.e.m. e induktuar në bobinë

Një bobinë me N spira e seksion S është vendosur në fushën magnetike me induksion B .

Në qoftë se fusha ndryshon me ΔB , vëmë re se fluksi nëpër sipërfaqen S , pra nëpër një spirë, ndryshon me $\Delta \Phi = \Delta B \cdot S$

Në çdo spirë induktohet një f.e.m me vlerë:

$$E = -\Delta\Phi / \Delta t$$

Por meqënëse bobina ka N spira të lidhura në seri, ajo jep në skajet e saj një f.e.m. të induktuar të përgjithshme:

$$E_{\text{pergj}} = -N \cdot \Delta\Phi / \Delta t$$

8.4 Shndërimi i energjisë mekanike në elektrike

Parimi i punës i gjeneratorit elektrik

Shndërimet e ndërsjellta të këtyre dy energjive kryhen me anë të makinave elektrike. Makinat elektrike që shndërojnë energjinë mekanike në elektrike quhen gjeneratorë, kurse makinat që shndërojnë energjinë elektrike në mekanike quhen motorë.

- *Shndërrimi i energjisë mekanike në elektrike*

Vendosim në një fushë magnetike një përcjellës drejtvizor, pingul me vektorin e fushës magnetike. Ai është lidhur me një rezistencë të jashtme R dhe zhvendoset me shpejtësi v , (fig. 8.4).

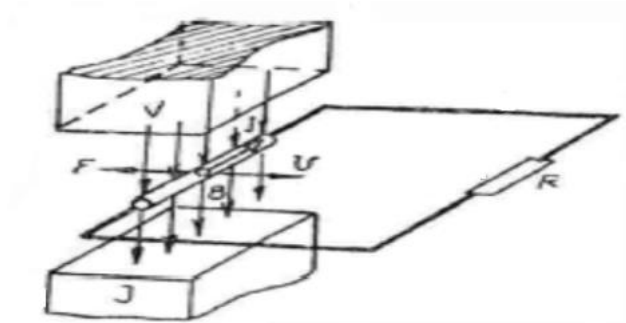


Fig. 8.4

Në përcjellës lind forca elektromotore E dhe në qarkun e mbyllur lind rryma I . Kahu i f.e.m. gjëndet me rregullën e dorës së djathtë. F.e.m që vepron mbi përcjellësin me rrymë është $F = BI l$. Kahu i kësaj force përcaktohet me rregullën e dorës së majtë dhe është i kundërt me kahun e vektorit shpejtësi.

Forca F (vektori) përbën një forcë frenuese që ka kah të kundërt me vektorin e shpejtësisë v .

Në këtë mënyrë lëvizja e përcjellësit do të kryhet nën veprimin e një force të jashtme e cila është e barabartë dhe me kahe të kundërt me forcën frenuese. Forcën e jashtme e jep motori parësor i cili duhet të zhvillojë fuqinë mekanike:

$$P_{\text{mek}} = F \cdot v$$

Duke zëvendësuar forcën F gjej :

$$P_{\text{mek}} = F \cdot v = BI l v = B l v I = EI = P = (I + IR_0) \cdot I = I^2 + I^2 R_0 = P + P_0$$

Barazimi tregon se fuqia e zhvilluar nga motori kryesor P_{mek} është e barabartë me fuqinë e rrymës elektrike P në qarkun e mbyllur. Pra, kemi shndërrimin e energjisë mekanike në energji elektrike, dmth, gjatë zhvendosjes së përcjellësit të mbyllur në një fushë magnetike nën veprimin e një force të jashtme ndodh shndërrimi i energjisë mekanike në energji elektrike.

– Shndërrimi i energjisë elektrike në mekanike

Shndërrimi i energjisë elektrike në mekanike ndodh si pasojë e veprimit të fushës magnetike mbi një përcjellës me rrymë (fig. 8.5).

Le të kemi një përcjellës drejtëvizor të vendosur brenda fushës magnetike të njëtrajtshme, pingul me vijat e fushës magnetike, dhe të lidhur me qarkun me f.e.m. E , ku kalon rryma I , atëherë në të vepron forca elektromagnetike :

$$F = B I l$$

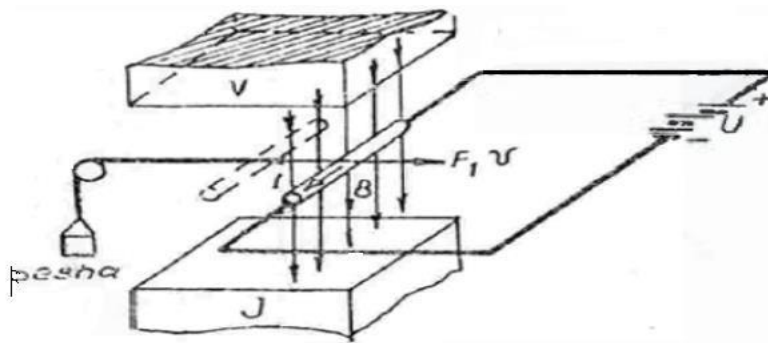


Fig. 8.5

Nën veprimin e kësaj force përcjellësi do të lëvizë me shpejtësi v , kahu i forcës gjendet me rregullën e dorës së majtë.

Gjatë lëvizjes përcjellësi kryen punë mekanike dhe në të do të induktohet f.e.m.. që ka kah, të kundërt me kahun e rrymës dhe quhet forcë kundër elektromotore f.k.e.m.

Madhësia e kësaj force kundër elektromotore është: $E' = B l v$.

Në qoftë se rezistenca e përcjellësit është R_0 , atëherë sipas ligjit të dytë të Kirkoftit, mund të shkruajmë:

$$E - E' = IR_0 + IR$$

Shënoj $U_{AB} = E - IR_0$, gjej që tensioni $U_{AB} = IR + E'$

Shumëzoj dy anet e ekuacionit me I dhe përcaktojmë fuqinë elektrike

$$U_{AB}I = I^2R + E'I$$

$$U_{AB}I = I^2R + B \cdot l \cdot v \cdot I$$

$$U_{AB}I = I^2R + Fv$$

$$P = P_{nx} + P_{mek}$$

I^2R - shpreh fuqinë në humbje nxehtësore

Fv - shpreh fuqinë mekanike

Në këtë mënyrë, gjatë lëvizjes së përcjellësit të mbyllur me rrymë në një fushë magnetike nën veprimin e forcës së fushës ndodh shndërrimi i energjisë elektrike në energji mekanike.

Përcjellësi me rrymë që lëviz në fushën magnetike, mund të shikohet si një motor elektrik i thjeshtë.

8.5. Rrymat Fuko

Rrymat *Fuko* lindin në përcjellësit masivë psh. në bërthamat e transformatorëve, rotorin, statorin e makinave elektrike etj, gjatë ndryshimit të fluksit ose nënveprimin e f.e.m. të induksionit magnetik dhe e mbyllin qarkun brenda përbrenda përcjellësit të vendosur në një rrafsh pingul me vijat magnetike.

Këto lindin në të gjitha aparatet ku ka fluks të ndryshueshëm dhe shkaktojnë ulje të rendimentit të tyre pasi zhvillojnë nxehtësi (fig. 8.6).

Për të zvogëluar këto rryma, bërthamat e pajisjeve elektromagnetike nuk përgatiten një cope, por prej fletësh çeliku të izoluar ndërmjet tyre. Nga izolimi, ndërmjet fletëve, formohet rezistencë e madhe e qarkut të rrymave *Fuko*. Kjo gjë sjell zvogëlimin e këtyre rrymave.

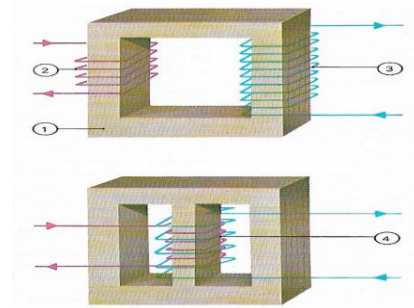
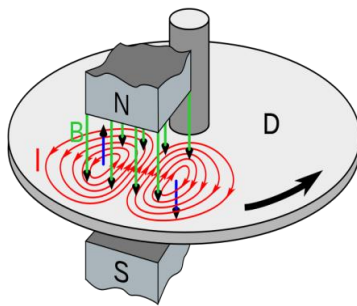


Fig. 8.6

Nëse në disa makina dhe aparate lindja e rrymave *fuko* është e padëshirueshme, në një varg pajisjesh të tjera këto rryma janë të dobishme pasi parimi i punës së tyre bazohet në to. P.sh. në matësit e energjisë elektrike rrymat *fuko* në bashkëveprim me fushën magnetike të magnetit të përhershëm, frenojnë diskun.

Në furrat elektrike me induksion rrymat *fuko* shfrytëzohen për shkrirjen e metalit etj.

8.6. Autoinduksioni

Le të jetë një bobinë që ka N spira me rezistencë të përgjithshme R , e cila ushqehet nga një burim E nëpërmjet një reostati R_r si dhe një ampermetër (fig. 8.7).

Supozojmë se në fillim reostati ka vlerën R_1 , nga ligji i Ohmit rryma në qark është:

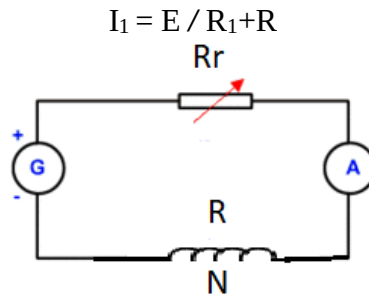
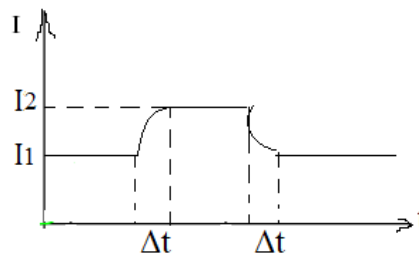


Fig. 8.7

I japim reostatit vlerën R_2 , të tillë që $R_2 < R_1$, rryma do të jetë:

$$I_2 = E / R_2 + R$$

Gjatë ndryshimit të rezistencës së reostatit duke parë ampermetrin, vëmë re se vlerën e rrymës I_2 , ampermetri nuk e tregon menjëherë, por pas një kohe t si në fig. më poshtë (fig. 8.8).



Fihg. 8.8

Në rast se bëj të kundërtën e çoj rezistencën e reostatit nga R_2 në R_1 , vëmë re se rryma e arrin vlerën e fillimit I_1 , por pas një kohe t . Bobina kundërshton me një farë plogështie çdo ndryshim të rrymës që e përshkon atë. Themi kështu që bobina është shkaktare për këto vonesa të ndryshimit të rrymës. E gjithë kjo shkaktohet nga dukuria e induksionit elektro magnetik. Dukuria e mësipërme quhet *autoinduksion*.

- Forca elektromotorre e autoinduksionit

Kur bobina përshkohet nga rryma I_1 , ajo krijon një fushë me vlerën B_1 dhe fluksi Φ_1 nëpër një seksion të saj është: $\Phi = B_1 S$.

Në rast se rryma do të ndryshojë me ΔI atëherë nga ky ndryshim do të kemi një ndryshim fluksi me $\Delta \Phi$, në mënyrë që çdo spirë të jetë burim i një force elektromotore të induktuar:

$$E = -\Delta \Phi / \Delta t$$

Forca elektromotore për N spirat e bobinës është:

$$E_{\text{prgj}} = -N \cdot \Delta \Phi / \Delta t$$

Kjo forcë elektromotore (nga Ligji i Lencit), nga rryma që lind prej saj, kundërshton shkakun që e krijoi, pra ndryshimin e rrymës me ΔI .

Një rritjeje të rrymës për ΔI i përgjigjet një rrymë e induktuar me kah të kundërt me atë të rrymës I.

Një zvogëlim i rrymës me ΔI i përgjigjet një rrymë e induktuar me kah të njëjtë me atë të rrymës I.

Pra forca elektromotore e autoinduksionit kundërshton (pengon) rrymën që rritet dhe e ndihmon rrymën të zvogëlohet.

- Induktiviteti

Rreth çdo përcjellësi (spirë) me rrymë krijohet fushë magnetike, pra kemi fluks magnetik.

Nëse fluksi formohet jo nga një por nga disa spira atëherë fluksi i përgjithshëm mund të përcaktohet sipas parimit të mbivendosjes si shumë e të gjitha flukseve të krijuara në çdo spirë:

$$\Phi_b = \Phi_1 + \Phi_2 + \dots + \Phi_n$$

Meqenëse spirat e bobinës kanë formë të njëjtë dhe rryma drejtohet në njërin kah atëherë fluksi plotë i bobinës është:

$$\Phi_b = N \cdot \Phi$$

Prodhimi i numrit të spirave N me fluksin që i përfshin këto spira quhet *fluks i lidhur*:

$$\Psi = N \cdot \Phi$$

Fluksi i lidhur si dhe fluksi magnetik varet nga rryma në bobinë, numri i spirave, forma e përcjellësit dhe mjedisi në të cilin formohet fluksi magnetik.

Njësia matëse e fluksit të lidhur është Ëeber (Ëb).

Fluksi i lidhur përbën karakteristikën kryesore të fushës magnetike që krijohet përreth bobinës me rrymë.

Gjatë kalimit të rrymës në përcjellësin e drejtë ose në një kontur të vetëm, në ta krijohet fluksi i lidhur i cili është i barabartë me fluksin magnetik ($N=1$).

Nëse përcjellësi (bobina) ndodhet në mjedis ferromagnetik fluksi i lidhur është në përpjestim të drejtë me rrymën:

$$\Psi = LI$$

ku L është koeficienti përpjestimi. Madhesia L quhet induktivitet.

Fluksi i lidhur Ψ varet nga rryma, forma e përcjellësit, dhe nga mjedisi, pra induktiviteti karakterizon formën e përcjellësit (bobinës) dhe mjedisin në të cilin krijohet fluksi.

Induktiviteti është një parametër i rëndësishëm i bobinës.

Nga formula $\Psi = LI$, kemi:

$$L = \Psi / I = N\Psi / I$$

Induktiviteti i përcjellësit të dhënë të vendosur në mjedis ferromagnetik është konstant dhe nuk varet nga rryma. Njësia matëse e induktivitetit është Henri [H].

Energjia e fushës elektromagnetike e grumbulluar në bobinë jepet nga formula:

$$W = L \cdot I^2 / 2$$

8.7. Njehsimi i forcës elektromotore të autoinduksionit dhe induktiviteti

Forca elektromotore e induktuar është:

$$E = -\Delta\Phi / \Delta t$$

për një bobinë me N spira

$$E_{\text{përgj}} = -N \cdot \Delta\Phi / \Delta t$$

atëherë

$$L = \Psi / I = N\Phi / I = N \cdot \Delta\Phi / \Delta I$$

nga ku nxjerrim që

$$N \cdot \Delta\Phi = L \cdot \Delta I$$

nga ku f.e.m. e përgjithshme:

$$E_{\text{përgj}} = -N \cdot \Delta\Phi / \Delta t = -L \cdot \Delta I / \Delta t$$

- Njehsimi i induktivitetit në një bobinë

Nëse rryma I përshkon një bobinë ajo krijon një fushë

$$B = \mu H = \mu NI / l$$

Në seksionin S të kësaj bobine fluksi është:

$$\Phi = B \cdot S$$

dhe fluksi i përgjithshëm:

$$\Psi = \Phi_{\text{përgj}} = N \cdot \Phi = N \cdot B \cdot S = N \cdot S \mu NI / l = \Psi$$

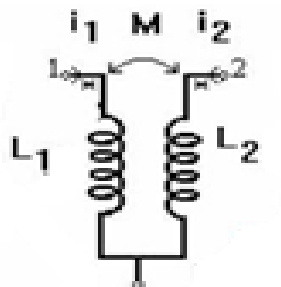
induktiviteti i bobinës do jetë:

$$L = \Phi_{\text{përgj}} / I = \mu(N^2 IS / l) / I \text{ ose } L = \mu N^2 S / l$$

8.8. Induktiviteti i ndërsjellë

Në qoftë se dy bobina me rrymë vendosen pranë njëra tjetrës në këtë rast një pjesë e fluksit magnetik të bobinës së parë përfshin spirat e bobinës së dytë dhe anasjelltas.

Kështu lind fluksi i lidhur ndërmjet një pjese të njëjës bobinë dhe spirave të bobinës tjetër.



Le të jetë Φ_1 fluksi i bobinës së parë, Φ_2 fluksi i bobinës së dytë, N_1 e N_2 numri i spirave të bobinës së parë dhe të dytë.

Φ'_1 - është pjesa e fluksit magnetik të bobinës së parë që përfshin spirat e bobinës së dytë.

Φ'_2 - është pjesa e fluksit magnetik të bobinës së dytë që përfshin spirat e bobinës së parë.

Fluksi i lidhur i bobinës së parë është:

$$\Psi_{11} = \Phi_1 N_1$$

Fluksi i lidhur pjesor ndërmjet pjesës së fluksit të bobinës së parë dhe spirave të bobinës së dytë është:

$$\Psi_{12} = \Phi'_1 N_2$$

Fluksi i lidhur i bobinës së dytë është:

$$\Psi_{22} = \Phi_2 N_2$$

Fluksi i lidhur pjesor midis pjesës së fluksit të bobinës së dytë dhe spirave të bobinës së parë.

$$\Psi_{21} = \Phi'_2 N_1$$

Në qoftë se bobina ndodhet në mjedis joferromagnetik atëhere flukset e ndërlidhura pjesore janë në përpjestim të drejtë me rrymat e tyre.

$$\Psi_{12} = M_{12} I_1 \quad \Psi_{21} = M_{21} I_1$$

ku M_{12} , M_{21} janë koeficientë përpjestimi.

Nga llogaritjet:

$$M_{12} = M_{21} = M$$

Madhësia M quhet induktivitet i ndërsjellë i dy bobinave (konture).

Induktiviteti i ndërsjellë përcakton karakteristikën e ndërlidhjes së bobinave dhe mjedisit në të cilën vepron fluksi magnetik i ndërlidhjes.

Njësia matëse e induktivitetit të ndërsjellë është Henri (H).

Dy bobina, konture që lidhen ndërmjet tyre nëpërmjet flukseve magnetike quhen të lidhura magnetikisht.

Lidhja magnetike e dy bobinave mund të jetë e pandryshueshme p.sh. në transformator ose e ndryshueshme në qoftë se ndërtimi lejon të zhvendosen (të rrotullohen) njëra bobinë kundrejt tjetrës.

Për vlerësimin e lidhjes magnetike të dy bobinave (kontureve) përdoret koeficienti i çiftimit (i lidhjes)

Koeficienti i çiftimit të dy bobinave mund ta shprehim me formulat:

$$k = \sqrt{\frac{\Phi'_1 \Phi'_2}{\Phi_1 \Phi_2}} \quad \text{ose} \quad k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}$$

Koeficienti i lidhjes karakterizon shkallën e lidhjes magnetike (induktive) të dy bobinave. Ai është gjithmonë më i vogël se njësia, pasi $\Phi'_1 < \Phi_1$, $\Phi'_2 < \Phi_2$.

Në disa raste koeficienti i lidhjes është afër njësisë p.sh. në transformatorët me bërthamë çeliku. Për të rritur koeficientin e lidhjes, pështjellat montohen njëra mbi tjetrën.

8.9. F.e.m. e induksionit të ndërsjellë

Kur dy bobina me rrymë vendosen pranë njëra tjetrës lind fluksi i lidhur i ndërsjellë që ndikon në shpërndarjen e rrymave në bobinë (fig. 8.9).

Ndryshimi i rrymës në njerën nga bobinat sjell ndryshimin e fluksit të ndërlidhur dhe si rrjedhim në baze të ligjit të induksionit elektromagnetik në bobinën tjetër lind f.e.m e cila quhet f.e.m e induksionit të ndërsjellë.

Në ngjashmëri me formulën f.e.m e induksionit të ndërsjellë përcaktohet:

$$e_{M1} = -MI_2 / t \quad \text{dhe} \quad e_{M2} = -MI_1 / t$$

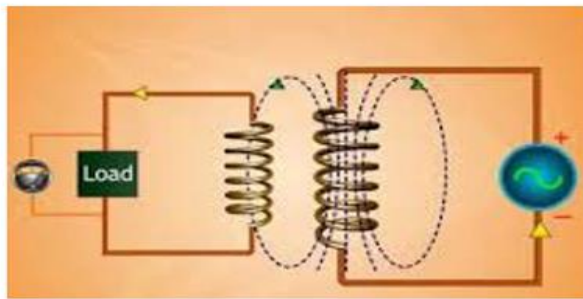


Fig. 8.9

F.e.m. e induksionit të ndërsjellë në konturin e parë është në përpjestim të drejtë me induktivitetin e ndërsjellë dhe me shpejtësinë e ndryshimit të rrymës në konturin e dytë e marrë me shenjë të kundërt, kurse f.e.m e induksionit të ndërsjellë në konturin e dytë është në përpjestim të drejtë me induktivitetin e ndërsjellë dhe me shpejtësinë e ndryshimit të rrymës në konturin e parë e marrë me shenjë të kundërt.

Kahu i f.e.m të induksionit të ndërsjellë të gjendet sipas ligjit të Lencit.

9. RRYMA ALTERNATIVE. MADHËSITË ALTERNATIVE SINUSOIDALE

9.1. Prodhimi i rrymës alternative

Energjia elektrike prodhohet kryesisht në formën e rrymës alternative sinusoidale me frekuencë industriale 50Hz, me anë të gjeneratorëve të rrymës alternative, të cilët bëjnë shndërrimin e llojeve të tjera të energjive në energji elektrike.

Simboli i këtyre gjeneratorëve është



Për shembull: energjia e ujit shndërrohet në energji elektrike në hidrocentrale, energjia termike e lëndëve djegëse (qymyr, naftë, gaze etj.) në termocentrale, energjia bërthamore në centrale atomike, energjia e erës etj.

Gjeneratorët e prodhimit të rrymës alternative janë një ose tre fazorë, për lehtësi do të studiojmë gjeneratorë të thjeshtë të paraqitur në fig. 9.1.

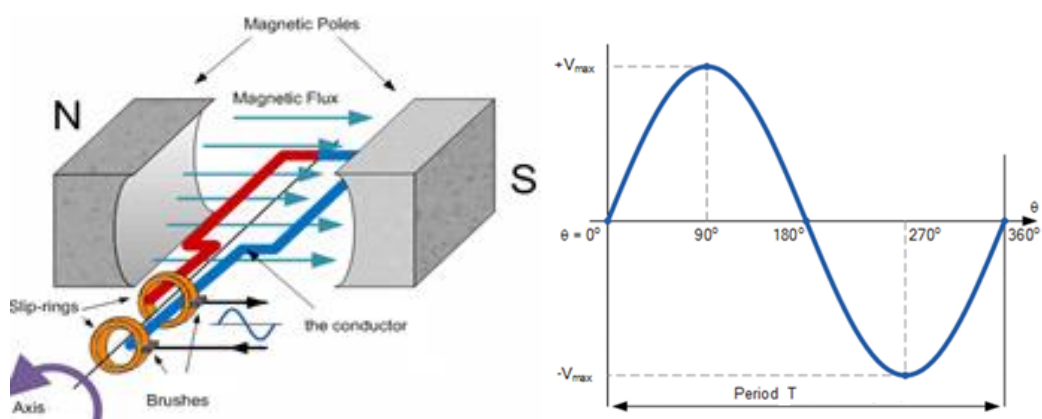


Fig. 9.1

Në fushën magnetike të krijuar nga *dy polet* ndodhet *spira*, skajet e së cilës përfundojnë në *dy unaza* bakri të izoluar. Mbi këto unaza janë vendosur *furçat* që lidhen me qarkun e jashtëm.

Induksioni magnetik mbi sipërfaqen e spirës është pingul dhe ndryshon gjatë perimetrit sipas ligjit të sinusit. Kjo arrihet duke u dhënë poleve formën e përshtatëshme si në figurë.

Plani që është pingul me aksin e poleve quhet *plan neutral*, aty induksioni magnetik është zero.

Induksioni magnetik që përfshin përcjellësin e spirës është:

$$B = B_m \cdot \sin \alpha \quad [T]$$

α - është këndi që formon spira me planin neutral.

Njësia matëse e induksionit magnetik është tesla, T.

Gjatë rrotullimit të spirës me shpejtësi të njëjtajtëshme në të do të *induktohet f.e.m.*

$$E = E_m \sin \alpha \quad [\text{V}]$$

Rryma që do të kalojë në marrës do të jetë: $i = e / R = E_m \sin \alpha / R$

$$i = I_m \sin \alpha$$

9.2. Rryma alternative sinusoidale

Rrymë alternative (ose tension) quhet ajo rrymë, madhësia dhe kahu i së cilës ndryshon në kohë në mënyrë periodike (fig. 9.3).

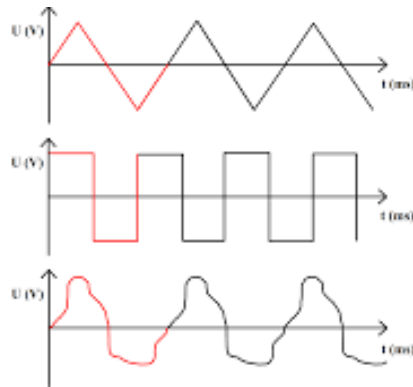


Fig. 9.3

Në industri përdorimin më të madh e kanë ato madhësi alternative, kurba e të cilave është sinusoidale. Për shembull tensioni i rrjetit të energjisë elektrike është sinusoidal, pasi energjia elektrike prodhohet në formën e energjisë së rrymës alternative sinusoidale (fig. 9.4).

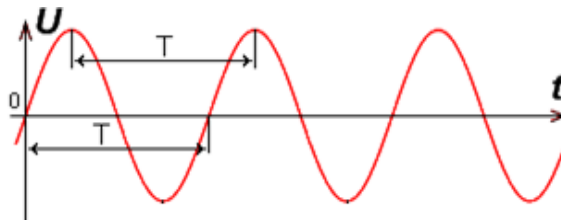


Fig. 9.4

Madhësitë sinusoidale paraqiten me këtë ekuacion:

$$y = Y_m \sin \omega t$$

Për rrymën dhe tensionin sinusoidal ekuacionet janë:

$$i = I_m \sin \omega t \quad \text{dhe} \quad u = U_m \sin \omega t$$

i - shpreh vlerën e çastit të rrymës në një kohë çfarëdo t .

I_m - shpreh vlerën maksimale të rrymës që quhet *amplitudë* dhe është madhësi kostante.

ωt - quhet *kënd elektrik*, është në përpjestim të drejtë me kohën t .

ω - quhet *shpejtësi këndore*.

Periudha T (ose perioda) është koha gjatë së cilës madhësia sinusoidale kryen një cikël të plotë ndryshimi:

$$T = 2\pi / \omega \quad [\text{s}]$$

Periudha T është vlera e kohës për të cilën segmenti Y_m bën një rrotullim të plotë dhe këndi i përshkruar është 2π radian.

Njësia matëse e periodës T është sekondë.

Madhësia e anasjelltë e periudhës T quhet *frekuencë*:

$$f = 1/T \quad \text{ose} \quad f = \omega / 2\pi \quad [\text{Hz}], \quad \text{nga ku: } \omega = 2\pi f$$

Njësia matëse e frekuencës është Herz.

Në fig. 9.5, paraqitet grafiku i ndryshimit të madhësisë sinusoidale në varësi të kohës t , në sistemin koordinativ xy , por më e përshtatshme është paraqitja e tyre me vektor.

Projeksioni i këtij vektori mbi boshtin e ordinatave oy , jep vlerën e çastit të rrymës sinusoidale.

Boshti ox është boshti i kohës.

Nëse në çastin e kohës $t = 0$, vektori I_m i rrymës ndodhet mbi boshtin ox , vlera e çastit të rrymës $i = 0$.

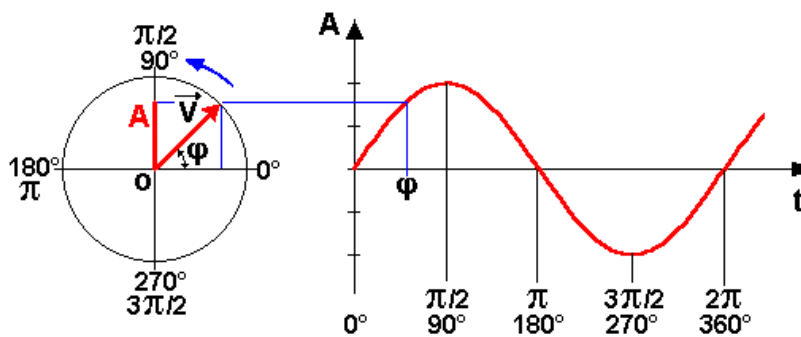


Fig. 9.5

Në rastin më të përgjithshëm vektori I_m në çastin e kohës $t = 0$, ndodhet i vendosur me një kënd fillestar φ kundrejt boshtit të kohës dhe vlera e tij është:

$$i = I_m \sin \varphi$$

φ - quhet *këndi i fazës fillestare* ose *fazë*.

Në përgjithësi ndodh që dy madhësi sinusoidale të kenë faza fillestare të ndryshme nga zero. Ekuacionet e tyre janë:

$$i_1 = I_{m1} \sin(\omega t + \varphi_1)$$

$$i_2 = I_{m2} \sin(\omega t + \varphi_2)$$

Zhvendosja në fazë ndërmjet këtyre rrymave është: $\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$ dhe *zhvendosja në kohë*

është: $t_{12} = \varphi / \omega$.

Nëse këndi $\varphi_1 > \varphi_2$, atëherë rryma i_1 është në përparim faze kundrejt rrymës i_2 , ose rryma i_2 është në vonesë faze nga rryma i_1 .

Kur këndi $\varphi_1 < \varphi_2$, atëherë rryma i_2 është në përparim faze kundrejt rrymës i_1 .

Rryma sinusoidale e shprehur me ekuacionin: $I = I_m \sin(\omega t + \varphi_1)$ është në përparim faze me këndin φ_1 dhe kur shprehet me ekuacionin: $I = I_m \sin(\omega t - \varphi_2)$, është në vonesë faze me këndin φ_2 .

Veprimet me madhësitë sinusoidale janë të njëjta si veprimet me vektorë.

Në mënyrë analitike vektori rezultat për mbledhjen e dy vektorët e rrymave gjendet me formulën:

$$I_m = \sqrt{I_{1m}^2 + I_{2m}^2 + 2I_{1m}I_{2m} \cos(\varphi_1 - \varphi_2)}$$

9.3. Vlera efektive dhe vlera mesatare e rrymës dhe tensionit

Vlera mesatare e rrymës sinusoidale për një periudhë është zero, prandaj kur flitet për vlerë mesatare i referohemi intervalit të kohës së një gjysëmperiudhe.

Vlerat mesatare të rrymës dhe tensionit janë përkatësisht:

$$I_{mes} = 2I_m / \pi = 0.637I_m \quad \text{dhe} \quad U_{mes} = 2U_m / \pi = 0.637U_m$$

Për të gjetur vlerën efektive të rrymës sinusoidale duhet të krahasojmë veprimin e saj me atë të një rryme të vazhduar që në të njëjtën rezistencë gjatë periudhës T , prodhojnë të njëjtën sasi nxehtësie.

Në praktikë, për vlerësimin e madhësive sinusoidale përdoren vlerat efektive:

$$I = I_m / \sqrt{2} = 0.707 I_m \quad \text{dhe} \quad U = U_m / \sqrt{2} = 0.707 U_m$$

Aparatet matëse që përdoren për matje në qarkun e rrymës alternative japin vlerat efektive të rrymës dhe të tensionit.

Koeficient i amplitudës quhet herësi: $k_a = I_m / I$. Për madhësitë sinusoidale $k_a = \sqrt{2}$.

Koeficient i formës quhet herësi: $k_f = I / I_{mes}$. Për madhësitë sinusoidale $k_f = 1.11$.

10. QARQET E THJESHTA TË RRYMËS ALTERNATIVE

Parametrat e një qarku elektrik janë: rezistenca R , induktiviteti L dhe kapaciteti C . Vlerat e parametrave dhe ndikimi i tyre në qarqet elektrike nuk janë të njëjta. Në disa raste vlerat e një ose dy parametrave janë aq të vogla sa që ato mund të mos merren parasysh në llogaritjen e një qarku. Për të lehtësuar studimin e dukurive në qarqet e rrymës alternative, do të studiohen më parë qarqet që përmbajnë një parameter (R , L ose C), dhe më pas ato me disa parametra.

10.1. Qarku me rezistencë aktive R

Në figurën më poshtë (fig. 10.1) jepen qarku i përbërë nga burimi i rrymës alternative dhe rezistenca aktive R .

Nëse burimi prodhon një tension sinusoidal:

$$u = U_m \sin \omega t$$

atëherë nga ligji i Ohmit: $i = u / R$, vlera e çastit e rrymës që do të kalojë në rezistencë do të jetë:

$$i = I_m \sin \omega t \quad \text{ku} \quad I_m = U_m / R.$$

Rryma në qarkun me rezistencë aktive R :

- ndryshon në mënyrë sinusoidale ashtu si tensioni.
- tensioni dhe rryma janë në përputhje faze (këndi i zhvendosjes në fazë është $\varphi = 0$).

Vlera efektive e rrymës është: $I = U / R$

Kjo formulë është e njëjtë me atë të qarkut të rrymës së vazhduar, por për qarkun me rezistencë R , përdoren vlerat efektive të rrymës dhe të tensionit.

Në figurë janë paraqitur grafikët e tensionit dhe rrymës si dhe diagrami vektorial i tyre për qarkun me R .

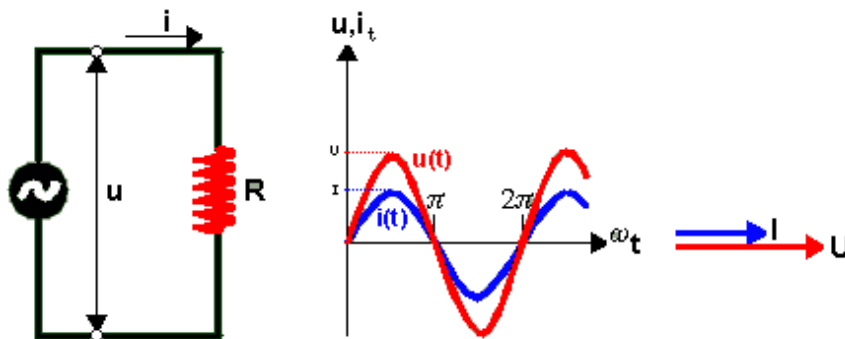


Fig. 10.1

10.2. Qarku me induktivitet L

Në figurën më poshtë (fig. 10.2) jepen qarku i përbërë nga burimi i rymës alternative dhe nga bobina me induktivitet L (me rezistencë aktive të papërfillshme $R=0$).

Gjatë kalimit në qark të rymës sinusoidale:

$$i = I_m \sin \omega t$$

në bobinë induktohet f.e.m. e autoinduksionit $e = -L di/dt$

duke zëvendësuar rrymën në barazimin e mësipërm:

$$e = -LI_m d(\sin \omega t) / dt$$

do të kemi:

$$e = E_m \sin(\omega t - \pi/2) \text{ nga ku } E_m = LI_m \omega$$

E_m - quhet amplitudë e f.e.m. të autoinduksionit.

Pra f.e.m.e autoinduksionit është në vonesë faze nga rryma me këndin $\pi/2$.

Zbatoj ligjin e dytë të Kirkofit për vlerat e çastit të qarkut:

$$u + e_L = 0$$

tensioni në bornat e bobinës është:

$$u = -e_L = -LI_m \omega \sin(\omega t - \pi/2) \text{ ose}$$

$$u = U_m \sin(\omega t + \pi/2)$$

ku vlera maksimale e tensionit është:

$$U_m = I_m \omega L \text{ dhe } U = I \omega L$$

Tensioni në qarkun me induktivitet është 90° në përparim faze kundrejt rymës.

Në fig. 10.2, janë paraqitur grafikët e tensionit dhe rymës si dhe diagrami vektorial i U dhe I për qarkun me induktivitet L.

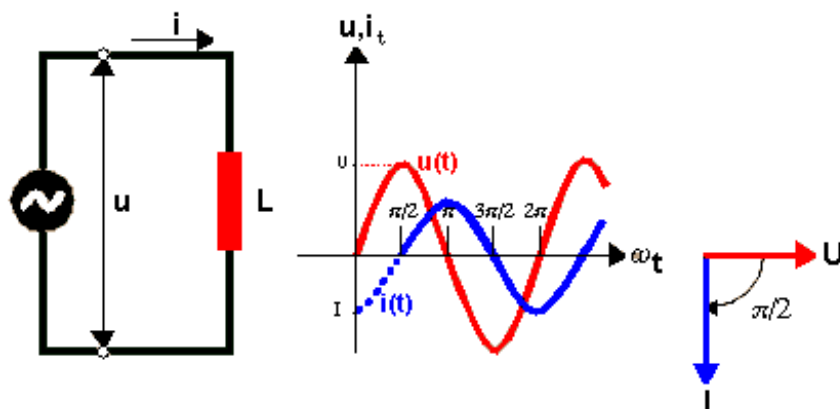


Fig. 10.2

Vlera efektive e rymës është: $I = U / \omega L$ ose $I = U / X_L$ (ligji i Ohmit)

$$X_L = \omega L = 2\pi f L \quad [\Omega]$$

X_L - quhet rezistencë reaktive induktive dhe nga formula duket që është në përpjestim të drejtë me frekuencën. Për rrymë të vazhduar ($f = 0$), $X_L = 0$.

Njësia matëse e induktivitetit L të bobinës është Henri [H]

Në bobinë gjatë kalimit të rrymës elektrike grumbullohet energji e fushës magnetike që llogaritet me formulën:

$$W = LI^2 / 2$$

Energjia elektrike në qarkun me induktivitet L , lëkundet çdo $1/4$ e periudhës nga gjeneratori në konsumator dhe anasjelltas dhe fuqia aktive gjatë periudhës është zero, $P = 0$.

Bobina me induktivitet L e vendosur në qark:

- Shkakton vonesë faze të rrymës me këndin $\pi / 2$ nga tensioni.
- Meqë rezistenca induktive ndryshon në varësi të frekuencës atëherë bobina paraqitet si një filtër i rrymës alternative, duke penguar rrymat me frekuencë të lartë dhe duke lejuar ato me frekuencë të ulët.
- Induktiviteti i bobinës mund të përdoret edhe si kufizues i rrymës alternative.

10.3. Qarku me kapacitet C

Në fig. 10.3, jepet qarku i përbërë nga burimi i rrymës alternative dhe kondensatori me kapacitet C (me dielektrik ideal dhe pa humbje).

Kur në kondensator zbatohet tension sinusoidal, ai ngarkohet dhe shkarkohet periodikisht.

$$u = U_m \sin \omega t$$

Ngarkesat në pllakat e tij do të ndryshojnë në përpjestim të drejtë me tensionin:

$$i = C du / dt$$

duke zëvendësuar tensionin nga barazimi i mësipërm:

$$i = CU_m d \sin \omega t / dt \quad \text{do të kemi}$$

$$i = CU_m \omega \sin(\omega t + \pi / 2)$$

$$i = I_m \sin(\omega t + \pi / 2)$$

$$I_m = U_m \omega C$$

Rryma ndryshon në mënyrë sinusoidale si dhe tensioni por është në përparim faze kundrejt tij me këndin $\pi / 2$.

Në fig. 10.3 janë paraqitur grafikët e tensionit dhe rrymës si dhe diagrami vektorial i tensionit U dhe rrymës I për qarkun me kapacitet C .

Nga barazimi $I_m = U_m \omega C$, meret vlera efektive: $I = U \omega C = U / X_C$

$$X_C = 1 / \omega C \quad [\Omega]$$

X_C - quhet rezistencë reaktive capacitive dhe nga formula duket që është në përpjestim të zhdrejtë me frekuencën. Për rrymë të vazhduar ($f=0$), $X_C = \infty$.

Vendosja e kondensatorit në qarkun e rrymës së vazhduar shkakton ndërprerjen e qarkut.

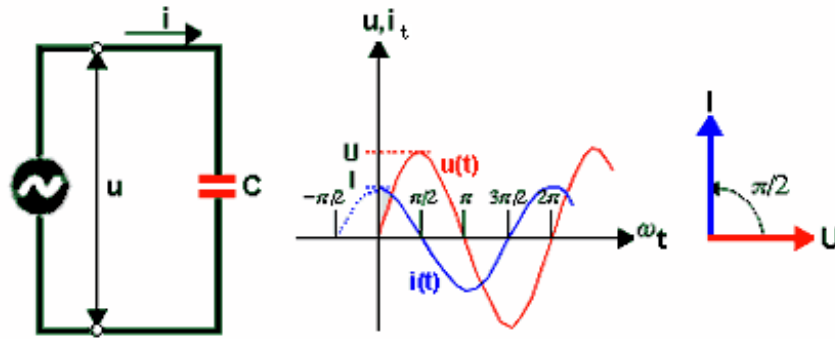


Fig. 10.3

- Kapaciteti i kondesatorit mund të përdoret edhe si kufizues i rrymës alternative.

Energjia elektrike në qarkun me kapacitet, $\bar{E}_c = CU^2/2$, lëkundet cdo $1/4$ e periudhës nga gjeneratori në konsumator dhe anasjelltas dhe fuqia aktive gjatë periudhës është zero, $P = 0$

Kondensatori me kapacitet C i vendosur në qark:

- Shkakton përparim faze të rrymës nga tensioni me këndin $\pi/2$.
- Meqë rezistenca kapacitive ndyshon në varësi të frekuencës atëherë kondesatori parqitet si një filtër i rrymës alternative, duke penguar rrymat me frekuencë të ulët dhe duke lejuar ato me frekuencë të lartë.

11. QARQET E PËRBËRA TË RRYMËS ALTERNATIVE ME R, L, C, SERI DHE PARALEL

11.1. Qarku me rezistencë aktive dhe induktivitet ne seri

Në figurën më poshtë (fig. 11.1) jepet qarku i përbërë nga burimi i rrymës alternative, rezistenca aktive R dhe induktiviteti i bobinës L në seri. Në këtë rast bobina ka edhe rezistencën aktive, të lidhur ne seri me të.

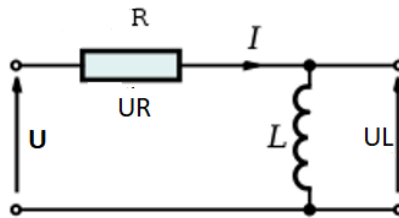


Fig. 11.1

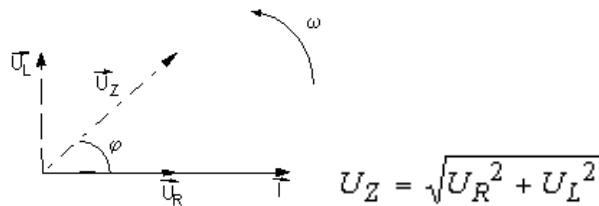
Llogaritja e madhësive të ndryshme të qarkut bëhet nëpërmjet vlerave efektive të rrymës dhe të tensionit.

Nëse në qark kalon rryma $i = I_m \sin \omega t$
vlera efektive e kësaj rryme shkakton rënie aktive të tensionit në rezistencën R, që është në përputhje faze me rrymën: $U_a = IR$

Në induktivitetin L ka rënie induktive të tensionit që është në përparim faze me rrymën:

$$U_L = IX_L = I\omega L$$

Diagrami vektorial ndërtohet duke marrë për bazë vektorin e rrymës që është e njëjtë për Qarkun ne seri. Tensioni i plotë U_Z në qark është sa shuma vektoriale e tensionit aktiv U_R dhe tensionit induktiv U_L .



Nëse pjesëtojmë me rrymën I, diagramin vektorial të tensioneve, do të kemi trekëndëshin e rezistencave. Rezistenca Z quhet rezistenca e plotë ose e dukshme e qarkut, njësi matëse është ohm dhe llogaritet sipas formulës:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} \quad [\Omega]$$

Rryma në qark në bazë të ligjit të Ohmit do të jetë:

$$I = U_Z / Z$$

Zhvendosjen në fazë ndërmjet tensionit dhe rrymës e gjej sipas barazimit:

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z} = \frac{U_R}{U_Z}$$

Për rrymën sinusoidale $i = I_m \sin \omega t$, tensioni do të jetë $u = U_m \sin(\omega t + \varphi)$, në përparim faze nga rryma (ose rryma në vonës faze nga tensioni), me këndin φ .

11.2. Qarku me rezistencë aktive dhe kapacitet

Në figurën më poshtë (fig. 11.2) jepet qarku i përbërë nga burimi i rymës alternative, rezistenca aktive R dhe kapaciteti i kondensatorit C të lidhur seri.

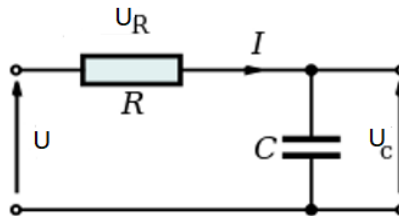


Fig. 11.2

Llogaritja e madhësive të ndryshme të qarkut bëhet nëpërmjet vlerave efektive të rrymës dhe të tensionit.

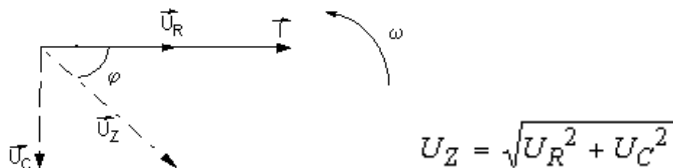
Nëse në qark kalon rryma $i = I_m \sin \omega t$ vlera efektive e kësaj rryme shkakton rënie aktive të tensionit në rezistencën R, që është në përputhje faze me rrymën:

$$U_a = IR$$

Në kapacitetin C ka rënie kapacitive të tensionit që është në vonës faze me rrymën:

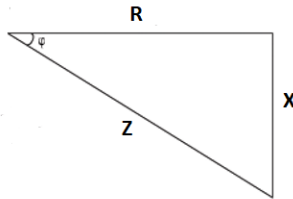
$$U_C = IX_C = I / \omega C$$

Diagrami vektorial i tensioneve ndertohet duke marrë për baze vektorin e rrymës që është e njëjtë për qarkun seri. Tensioni i plotë U_Z në qark është shuma vektoriale e tensionit aktiv U_R dhe tensionit kapacitiv U_C .



Nëse pjestoj me rrymen I diagramin vektorial të tensioneve do të marim trekëndëshin e rezistencave. Rezistenca Z quhet rezistenca e plotë ose e dukshme e qarkut, njësia matëse

është ohm dhe llogaritet sipas formulës:



$$Z = \sqrt{R^2 + X_c^2} [\Omega]$$

Rryma në qark në bazë të ligjit të Ohmit do të jetë:

$$I = U_Z / Z$$

Zhvendosja në fazë ndërmjet tensionit dhe rrymës është sipas barazimit:

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z} = \frac{U_R}{U_Z}$$

Për rrymën sinusoidale $i = I_m \sin \omega t$, tensioni do të jetë $u = U_m \sin(\omega t - \varphi)$, pra në vonesë faze nga rryma (ose rryma në përparim faze nga tensioni), me këndin $-\varphi$.

11.3. Qarku me rezistencë aktive, induktivitet dhe kapacitet në seri

Qarku me elementet R, L dhe C është rasti më i përgjithshëm i një qarku elektrik real.

Ndikimi i tre parametrave është i theksuar në qarqet që punojnë në frekuenca të larta.

Në figurën më poshtë (fig. 12.3) jepet qarku i përbërë nga burimi i rrymës alternative, rezistenca aktive R, induktiviteti i bobinës L dhe kapaciteti i kondensatorit C të lidhur seri.

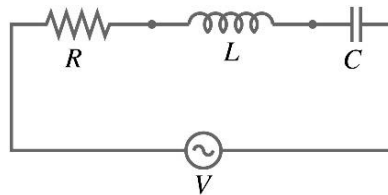


Fig. 11.3

Nëse në qark kalon rryma: $i = I_m \sin \omega t$

vlera efektive e kësaj rryme shkakton rënie aktive të tensionit në rezistencën R:

$$U_a = IR$$

që është në fazë me rrymën e qarkut I.

Në induktivitetin L rëniet induktive të tensionit janë:

$$U_L = IX_L = I\omega L$$

dhe është 90° në përparim faze nga rryma I.

Në kapacitetin C rëniet kapacitive të tensionit janë:

$$U_C = IX_C = I / \omega C$$

dhe është 90° në vonesë faze nga rryma I.

Ndërtohet diagrami vektorial i qarkut.

Tensioni i plotë U_Z në qark është sa shuma vektoriale e tensionit aktiv U_a , tensionit induktiv U_L dhe tensionin kapacitiv U_C .

Në këtë qark dallohen tre raste të cilat jepen në figurat më poshtë:

- Kur $X_L > X_C$ edhe $U_L > U_C$, tensioni në përparim faze kundrejt rrymës, pra këndi $\varphi > 0$. Një pjesë e tensionit U_L ekuilibron tensionin U_C , qarku sillet sikur të këtë vetëm elementet R dhe L dhe ka karakter aktivo- induktiv (fig. a).
 - Kur $X_C > X_L$ edhe $U_C > U_L$, rryma është në përparim faze kundrejt tensionit, pra këndi $\varphi < 0$. Një pjesë e tensionit U_C ekuilibron tensionin U_L , qarku sillet sikur të këtë vetëm elementet R dhe C dhe ka karakter aktivo- kapacitiv (fig. b).
- Në këto raste mund të ndodhë që tensionet U_L dhe U_C të jenë më të mëdha se tensioni burimit U.

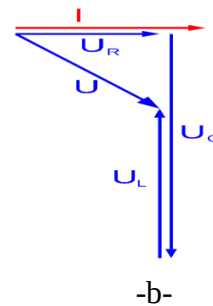
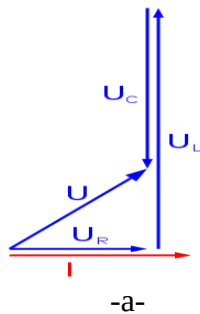
Për këto dy raste rryma në qark është: $I = U / Z$.

Rezistenca e plotë e qarkut llogaritet me formulën:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \quad [\Omega]$$

Njësia matëse e kësaj rezistence është $[\Omega]$.

- Kur $X_L = X_C$ edhe $U_L = U_C$, tensioni është në përputhje faze me rrymën, pra këndi $\varphi = 0$. Qarku sillet sikur të këtë vetëm elementin aktiv R. Në këtë rast thuhet se qarku është në rezonancë.



Përsa i përket fuqive që zhvillohen në qark kemi:

- Fuqinë aktive: $P = I^2 R = U^2 / R$.
- Fuqinë reaktive: $Q = I^2 X$ ku $X = X_L - X_C$ ose $Q = Q_L - Q_C$.
- Fuqia e plotë ose e dukshme e qarkut është:

$$S = UI \text{ ose } S = I^2 Z = U^2 / Z \text{ ose } S^2 = P^2 + (Q_L - Q_C)^2$$

Shembull

Në qarkun e rrymës alternative me elementet R, L, C të lidhur në seri zbatohet tensioni 220V. Fuqia e zhvilluar në elementin aktiv R është $P = 120 \text{ W}$, në elementin C fuqia reaktive është $Q_C = 200 \text{ VAR}$, $\cos\varphi = 0.7$ dhe frekuenca $f = 50 \text{ Hz}$.

Të llogariten vlerat e elementeve të qarkut R, L, C, si dhe fuqia e plotë S dhe fuqia reaktive induktive Q_L .

Zgjidhje:

Nga formula e fuqisë aktive $P = UI\cos\varphi$, gjej vlerën e rrymës:

$$I = P / U\cos\varphi = 120 / 220 \cdot 0.7 = 0.78 \text{ A}$$

Fuqia aktive llogaritet edhe $P = I^2 R$, nga ku $R = P / I^2 = 120 / 0.78^2 = 200 \Omega$

Nga formula $Q = X_C I^2$, $X_C = Q / I^2 = 200 / 0.78^2 = 333 \Omega$

$$X_C = 1 / \omega C \text{ nga ku}$$

$$C = 1 / \omega X_C = 1 / 2\pi f X_C = 1 / 314 \cdot 333 = 9.5 \times 10^{-6} \text{ F}$$

Rezistenca e plotë është $Z^2 = R^2 + (X_L - X_C)^2$, llogaris $Z = U / I = 220 / 0.78 = 282 \Omega$,

zëvendësoj në formulë dhe kemi: $Z^2 - R^2 = (X_L - X_C)^2$

$$282^2 - 200^2 = (X_L - 333)^2$$

$$(X_L - 333)^2 = 39524$$

$$X_L = 531.8 \Omega$$

$$X_L = \omega L = 2\pi f L \text{ nga ku}$$

$$L = X_L / 314 = 531.8 / 314 = 1.69 \text{ H}$$

Fuqia reaktive kapacitive $Q_L = I^2 X_L = 0.78^2 \cdot 531.8 = 323.5 \text{ VAR}$

Fuqia reaktive e qarkut $Q = Q_L - Q_C = 323.5 - 200 = 123.5 \text{ VAR}$

Fuqia e plotë e qarkut është $S = 172 \text{ VA}$

11.4. Qarku me rezistencë aktive dhe induktivitet në paralel

Në fig. 11.4 jepet qarku i përbërë nga burimi i rrymës alternative, rezistenca aktive R dhe induktiviteti i bobinës L, të lidhur në paralel.

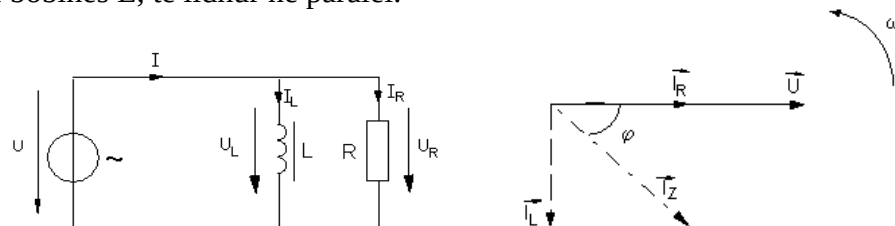


Fig. 11.4

Nëse në qark zbatohet tensioni $u = U_m \sin \omega t$, në rezistencën R kalon rryma I_R që është në përputhje faze me tensionin:

$$I_R = U / R$$

Në iduktiviteten L kalon rryma I_L që është në vonësë faze me tensionin me këndin 90° :

$$I_L = U / X_L = U / \omega L$$

Diagrami vektorial i rrymave ndertohet duke marrë për bazë vektorin e tensionit që është i njëjtë për qarkun paralel.

Rryma e plotë I_Z në qark është sa shuma vektoriale e rrymës aktive I_R dhe rrymës I_L .

$$I_Z = I = \sqrt{I_R^2 + I_L^2} \quad \text{ose} \quad I = U / Z = UY \quad \text{dhe} \quad \cos \varphi = I_R / I.$$

Y- është përcjellshmëria e plotë e qarkut:

$$Y = \sqrt{\frac{1}{R^2} + \frac{1}{(\omega L)^2}}$$

Këndi φ është këndi ndërmjet rrymës së qarkut me tensionin U.

11.5. Qarku me rezistencë aktive dhe kapacitet në paralel

Në fig. 11.5 jepet qarku i përbërë nga burimi i rrymës alternative, rezistenca aktive R, dhe kapaciteti i kondensatorit C, të lidhur në paralel.

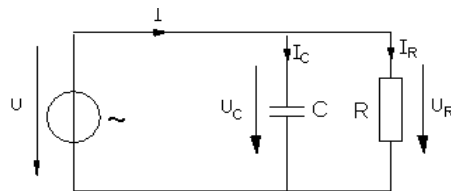
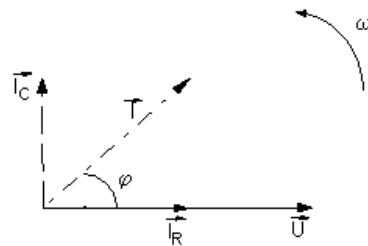


Fig. 11.5



Nëse në qark zbatohet tensioni $u = U_m \sin \omega t$, në rezistencën R kalon rryma I_R që është në përputhje faze me tensionin:

$$I_R = U / R$$

Në kapacitetin C kalon rryma I_L që është në vonësë faze me tensionin me këndin 90° :

$$I_C = U / X_C = U \omega C$$

Diagrami vektorial i rrymave ndërtohet duke marrë për bazë vektorin e tensionit që është i njëjtë për qarkun paralel.

Rryma e plotë I_Z në qark është sa shuma vektoriale e rrymës aktive I_R dhe rrymës I_C .

$$I_Z = I = \sqrt{I_R^2 + I_C^2} \quad \text{ose} \quad I = U / Z$$

Këndi φ është këndi zhvendosjes në fazë ndërmjet rrymës së qarkut me tensionin U.

$$\tan \varphi = I_C / I_R$$

Skema e lidhjes në paralel të rezistencës R dhe kapacitetit C, është skema me të cilën paraqesim kondensatorin real. Rezistenca R merr parasysh humbjet në dielektrikun e tij dhe për një kondensator ideal ajo ka një vlerë shumë të madhe.

Cilësia e kondensatorit shprehet me anë të $\tan \delta$, ku δ është këndi ndërmjet rrymës së plotë I dhe rrymës kapacitive I_C .

$$\tan \delta = 1/\omega CR$$

Sa më i vogël të jetë $\tan \delta$, aq më i mirë është kondensatori.

Në disa raste prania e humbjeve në kondensatorin real paraqitet me një kondensator ideal të lidhur në seri me rezistencën R të humbjeve të tij.

Të dyja këto raste të lidhjes së rezistencës R të humbjeve me kondensatorin shërbejnë vetëm për qëllime llogaritje pasi nga ana praktike është e pamundur.

11.6. Qarku lëkundës me L dhe C në paralel

Në figurën më poshtë (fig. 11.6) jepet qarku i përbërë nga burimi i rymës alternative, induktiviteti L dhe kapaciteti C, të lidhur në paralel, si dhe diagrami vektorial i rrymave.

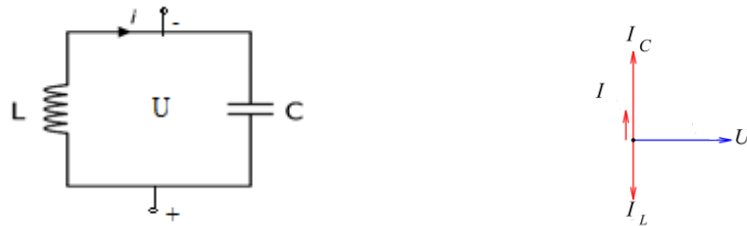


Fig. 11.6

Nëse në skemë zbatohet tensioni sinusoidal $u = U_m \sin \omega t$, rrymat në degë janë:

Në induktivitetin L kalon rryma:

$$I_L = U / X_L = U / \omega L$$

dhe është 90° në vonesë faze nga tensioni.

Në kapacitetin C rryma do të jetë: $I_C = U / X_C = U \omega C$

dhe është 90° në përparim faze nga tensioni.

Rryma e përgjithshme: $I = I_L - I_C = U / Z = U / (1 / \omega L - \omega C)$.

Rryma është në përparim ose në vonesë faze për këndin $\pi / 2$ kundrejt tensionit, në varësi të faktit se cila nga rrymat është më e madhe.

11.7. Qarku me rezistencë aktive, induktivitet dhe kapacitet në paralel

Në fig. 11.7, jepet qarku i përbërë nga burimi i rymës alternative, rezistenca aktive R, induktiviteti i bobinës L dhe kapaciteti i kondensatorit C të lidhur paralel.

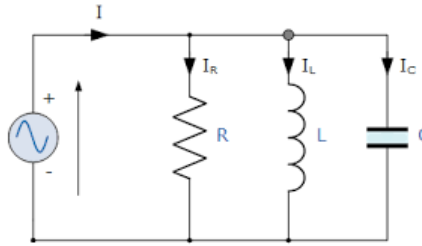


Fig. 11.7

Nëse në qark zbatohet tensioni $u = U_m \sin \omega t$

vlera efektive e rrymës që kalon në rezistencën aktive R është:

$$I_R = U / R$$

dhe është në fazë me tensionin e qarkut U.

Në induktivitetin L kalon rryma:

$$I_L = U / X_L = U / \omega L$$

dhe është 90° në vonesë faze nga tensioni.

Në kapacitetin C rryma do të jetë:

$$I_C = U / X_C = U \omega C$$

dhe është 90° në përparim faze nga tensioni.

Diagrami vektorial ndërtohet duke marrë për bazë vektorin e tensionit që është i njëjtë për qarkun paralel.

Rryma e plotë I_Z në qark është sa shuma vektoriale e rrymës aktive I_R , e rrymës induktive I_L dhe rrymës kapacitive I_C .

Në këtë qark dallohen tre raste:

- Kur $X_L > X_C$, $I_L < I_C$, rryma I është në përparim faze kundrejt tensionit, pra këndi $\varphi > 0$.
- Kur $X_C > X_L$, $I_C < I_L$, rryma I është në vonesë faze kundrejt tensionit, pra këndi $\varphi < 0$.

Për këto dy raste rryma në qark është: $I = U/Z = UY$

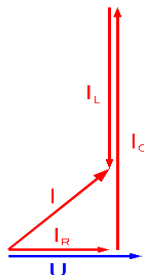
Y - është përcjellshmëria e plotë e qarkut e cila llogaritet me formulën:

$$Y = \sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C} \right)^2}$$

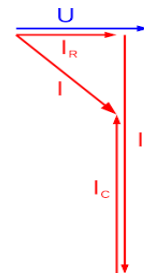
$$\tan \varphi = (I_L - I_C) / I_R = (1/\omega L - \omega C) / R$$

- Kur $X_L = X_C$ edhe $I_L = I_C$, rryma I në pjesën e padegëzuar të qarkut është në përputhje faze me tensionin, pra këndi $\varphi = 0$. Qarku sillet sikur të këtë vetëm elementin aktiv R. Në këtë rast në qark ndodh rezonanca e rrymave.

Rasti -a-



Rasti -b-



12. FUQIA NË QARQET E RRYMËS ALTERNATIVE. NJOHURI MBI KOEFICIENTIN E FUQISË

12.1. Fuqia në qarkun me rezistencë aktive R

Meqenëse tensioni dhe rryma në qark ndryshojnë në çdo çast, edhe fuqia do të ndryshojë në çdo çast. Në qarkun me rezistencë aktive R (fig. 12.1), fuqia e çastit jepet nga formula: $p = u \cdot i$

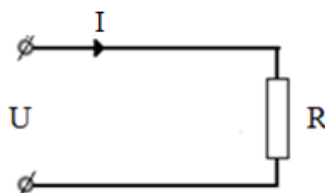


Fig. 12.1

Duke zëvendësuar vlerat $u = U_m \sin \omega t$ dhe $i = I_m \sin \omega t$, kemi ekuacionin e fuqisë së çastit:

$$p = U_m \sin \omega t I_m \sin \omega t = U_m I_m \sin^2 \omega t \text{ ose}$$

$$p = P_m \sin^2 \omega t$$

ku $P_m = U_m I_m$ është fuqia maksimale.

Siç shihet nga grafiku më poshtë, fuqia e çastit ndryshon në kohë sipas ligjit të katrorit të sinusit (fig. 12.2).

Vlera mesatare e fuqisë është: $P_m = U_m I_m / 2$
dhe vlera efektive:

$$P = UI \text{ ose } P = I^2 \cdot R = U^2 / R \quad [W]$$

Fuqia gjatë gjithë periudhës është pozitive sepse rryma dhe tensioni kanë të njëjtën shenjë.

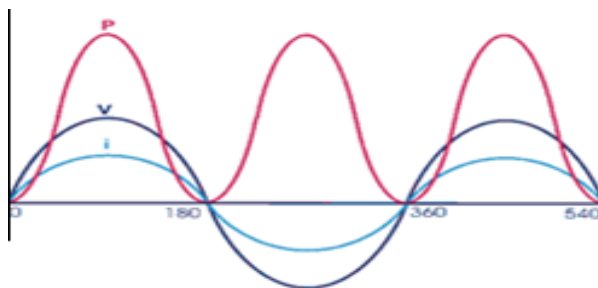


Fig. 12.2

Fuqia mesatare është një fuqi e pandryshueshme, që gjatë një periudhe jep të njëjtën energji si dhe fuqia e ndryshueshme.

Energjia elektrike që jepet nga burimi shndërrohet në nxehtësi në rezistencën R dhe quhet fuqi aktive. Kjo energji shfrytëzohet në pajisjet ngrohëse elektrike.

12.2. Fuqia në qarkun me induktivitet L

Për qarkun me induktivitet L (fig. 12.3), fuqia e çastit jepet nga formula $p = ui$

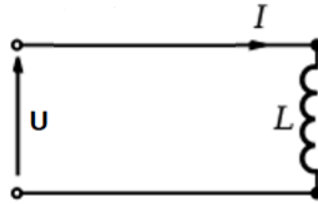


Fig. 12.3

Duke zëvendësuar vlerat: $i = I_m \sin \omega t$ dhe $u = U_m \sin (\omega t + \pi / 2)$, kemi ekuacionin e fuqisë së çastit:

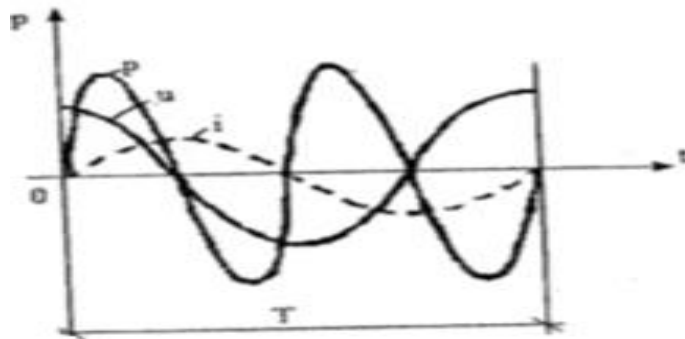
$$p = U_m \sin(\omega t + \pi / 2) \cdot I_m \sin \omega t = U_m I_m \sin 2\omega t$$

$$p = UI \sin 2\omega t = Q \sin 2\omega t \quad \text{ku}$$

$$Q = UI \quad [\text{VAR}]$$

Q - është fuqia maksimale e qarkut dhe quhet *fuqi reaktive*.

Fuqia aktive $P = 0$



12.3. Fuqia në qarkun me kapacitet C

Për qarkun me kapacitet C (fig. 12.4), fuqia e çastit jepet nga formula $p = ui$

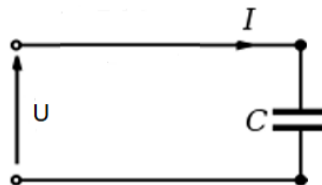


Fig. 12.4

Duke zëvendësuar vlerat: $u = U_m \sin \omega$ dhe $i = I_m \sin(\omega t + \pi / 2)$, ekuacioni i fuqisë

së çastit është:

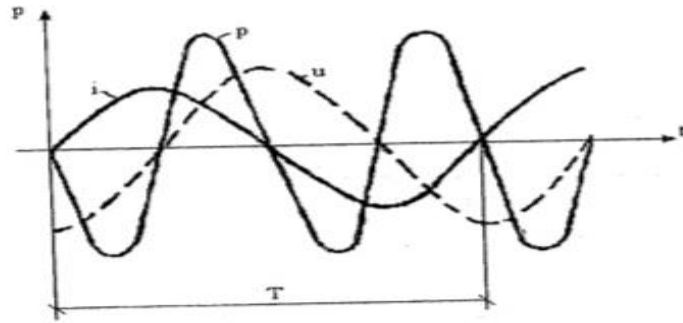
$$p = U_m \sin \omega t \cdot I_m (\omega t + \pi/2) = U_m I_m \sin 2\omega t / 2$$

$$p = UI \sin 2\omega t = Q \sin 2\omega t \quad \text{ku}$$

$$Q = UI \quad [\text{VAR}]$$

Q - është fuqia maksimale e qarkut dhe quhet *fuqi reaktive*.

Fuqia aktive $P = 0$



12.4. Fuqia ne qarkun me rezistencë aktive dhe induktivitet ne seri

Në qarku e përbërë nga rezistenca aktive R dhe induktiviteti i bobinës L në seri fig. 12.5, ndërtoj trekëndëshin e fuqive.

Fuqia aktive është:

$$P = U_a \cdot I$$

Zëvendësoj $U_a = U \cos \varphi$ dhe kemi formulën e fuqisë aktive:

$$P = UI \cos \varphi$$

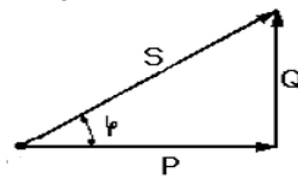
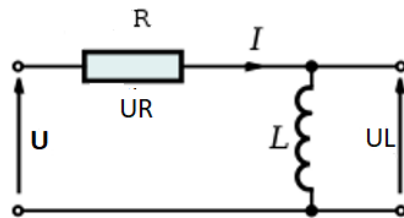


Fig. 12.5

Ndryshe fuqia që zhvillohet në elementin aktiv R , është $P = I^2 R$ ose $P = UI \cos \varphi$ [W].

Fuqia që zhvillohet në elementin reaktiv L , është:

$$Q = UI \sin \varphi \text{ ose } Q = I^2 X_L \quad [\text{VAR}]$$

quhet *fuqi reaktive* dhe njësia matëse volt amper reaktiv.

$$\cos \varphi = P / S$$

Fuqia e plotë e qarkut është: $S = I^2 Z$ ose $S = UI$ ose $S^2 = P^2 + Q^2$ [VA].

12.5. Fuqia në qarkun me rezistencë aktive dhe kapacitet

Në qarku e përbërë nga rezistenca aktive R dhe kondensatori me kapacitet C në seri (fig. 12.6), ndërtoj trekëndëshin e fuqive.

Fuqia aktive është:

$$P = U_a \cdot I$$

Zëvendësoj $U_a = U \cos \varphi$ dhe kemi formulën e fuqisë aktive:

$$P = UI \cos \varphi$$

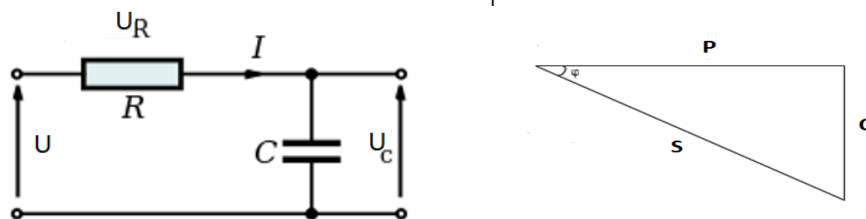


Fig. 12.6

Ndryshe fuqia që zhvillohet në elementin aktiv R është: $P = I^2 R$ ose $P = UI \cos \varphi$ [W].

Fuqia që zhvillohet në elementin reaktiv C është $Q = I^2 X_C$ ose $Q = UI \sin \varphi$ [VAR], quhet *fuqi reaktive* dhe njësia matëse volt amper reaktiv.

$$\cos \varphi = P / S$$

Fuqia e plote e qarkut është: $S = I^2 Z$ ose $S = UI$ ose $S^2 = P^2 + Q^2$ [VA].

12.6. Koeficienti i fuqisë

Koeficienti i fuqisë ka rëndësi ekonomike pasi nga vlera e tij varen shpenzimet e investimeve fillestare dhe ato të shfrytëzimit të impianteve elektrike, si dhe efektiviteti i shfrytëzimit të pajisjeve të këtyre impianteve.

Koeficienti i fuqisë ($\cos \varphi$) tregon se ç'pjesë e fuqisë së dukshme shndërrohet në fuqi aktive.

Për të sqaruar ndikimin e koeficientit të fuqisë të treguesit ekonomik të impianteve elektrike, le të jetë një konsumator që punon me fuqi aktive të pandryshueshme në rrjetin me tension të pandryshueshëm.

Fuqia e harxhuar nga konsumatori përcaktohet nga formula:

$$P = UI \cos \varphi = S \cos \varphi$$

$\cos \varphi$ - është koeficienti i fuqisë së konsumatorit të dhënë.

$$\cos \varphi = P / S$$

Rryma në konsumator, si dhe në përcjellësit që e lidhin atë me gjeneratorin, varet nga $\cos\varphi$.

$$I = P / U \cos\varphi$$

Sa më i vogël të jetë $\cos\varphi$, aq më e madhe do të jetë rryma në konsumator, në përcjellësit e linjës, në transformatorët dhe në pajisjet e tjera të rrjetit të furnizimit të energjisë elektrike.

Humbjet e fuqisë në bazë të ligjit të Xhaul – Lencit janë në përpjestim të drejtë me katrorin e rrymës dhe me rezistencën e përcjellësit:

$$\Delta P = I^2 R$$

Pra sa më e madhe të jetë rryma në konsumator, aq më të mëdha do të jenë humbjet e energjisë në qarkun elektrik. Vlera e humbjeve të energjisë përfshihet në shpenzimet e shfrytëzimit.

Rritja e $\cos\varphi$ të konsumatorit zvogëlon humbjet e energjisë duke pakësuar shpenzimet e shfrytëzimit.

Nëse impianti është projektuar për një koeficient fuqie të ulët, atëherë të gjitha pajisjet, dhe përcjellësit duhet të zgjidhen për rryma më të mëdha sesa për rastin e një koeficienti fuqie më të lartë. Kjo do të thotë që pajisjet duhet të merren me përmasa më të mëdha, kurse përcjellësit me seksion më të madh, që do të thotë kosto më të lartë dhe përmasa më të mëdha të pajisjeve.

Shfrytëzimi maksimal i gjeneratorëve dhe transformatorëve arrihet në regjimin e punës me rrymë nominale, tension nominal dhe $\cos\varphi = 1$. Në këtë rast fuqia aktive ka vlerën më të madhe:

$$P = U_n I_n \cos\varphi = U_n I_n = S_n$$

Në këtë rast funksioni i kryesor i gjeneratorit, që të shndërrojë energjinë realizohet plotësisht, kurse motori primar mund të punojë me ngarkesë të plotë.

Për $\cos\varphi < 1$ fuqia aktive është më e vogël se nominalja dhe kur gjeneratori punon për vlerat nominale të tensionit dhe të rrymës. Kështu gjeneratori dhe motori primar mbeten te pangarkuar plotësisht. Kjo gjë çon në mos shfrytëzim dhe rendiment të ulët të gjeneratorëve dhe transformatorëve.

Energjia elektrike (fuqia) aktive e dhënë nga gjeneratori shndërrohet në konsumator në një lloj tjetër energjie, kurse energjia (fuqia) reaktive, nuk shndërrohet në lloj tjetër energjie por lëkundet ndërmjet gjeneratorit dhe konsumatorit dhe vlera mesatare e kësaj fuqie është zero.

Për të marrë vlera të mëdha ekonomike të koeficientit të fuqisë, duhen marrë masa për rritjen e tij në radhë të parë duke zgjedhur drejt fuqinë e motorëve të rrymës alternative dhe të transformatorëve dhe duke i shfrytëzuar në mënyrë racionale. *Këto quhen masa natyrore të përmirësimit të koeficientit të fuqisë.*

Në rastet kur me masat natyrore nuk mund të sigurohet vlera e kërkuar e koeficientit të fuqisë, merren *masa artificiale* për rritjen e tij.

Një nga këto masa është lidhja në paralel me konsumatorët e baterisë së kondensatorëve.

13. STUDIMI I REZONANCËS NË QARKUN ME R, L, C, NË SERI DHE PARALEL

13.1. Rezonanca e tensioneve

Në figurën jepet qarku i përbërë nga burimi i rymës alternative, rezistenca aktive R, induktiviteti i bobinës L dhe kapaciteti i kondensatorit C të lidhur seri.

Ky është një qark lëkundës. Qarqet lëkundëse përdoren në pajisjet e telekomunikacionit, radio marrës dhe radio dhënës etj.

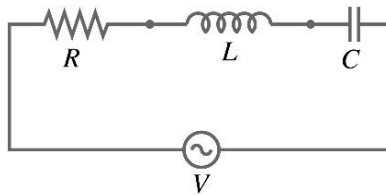


Fig. 13.1

Praktikisht nuk mund të ketë një qark ideal, pasi induktiviteti L i bobinës ka edhe një rezistencë aktive R, të përcjellësit.

Le të shohim sjelljen e këtyre qarqeve për frekuencën e rezonancës dhe për frekuenca rreth saj.

Për qarkun me R, L dhe C në seri, rezistenca komplekse e qarkut është:

$$Z = R + j(X_L - X_C) = R + jX$$

- X_L – është rezistenca reaktive induktive e bobinës: $X_L = \omega \cdot L$

- X_C – është rezistenca reaktive kapacitive e kondensatorit: $X_C = 1 / \omega \cdot C$

Nga ligji i Ohmit:

$$I = U / Z$$

Nëse pranojmë tensionin e hyrjes, $U_h = \text{konstant}$, atëherë varësia e rrymës nga rezistenca do të varet nga varësia e rezistencës së plotë Z nga frekuenca.

Nëse pranohet rezistenca aktive R e pavarur nga frekuenca, (që për diapazone të ngushta të frekuencës është praktikisht e vërtetë), varësia e rezistencës së plotë Z nga frekuenca, do të varet nga varësia e rezistencave reaktive X_L dhe X_C nga frekuenca.

Energjia mund të transferohet nga njëri element (L) tek tjetri (C), brenda qarkut dhe kjo sjell që në qark të lindë procesi i lëkundjet e energjisë.

Rezistenca reaktive induktive X_L është në përpjestim të drejtë me frekuencën, dhe grafikisht paraqitet me një vijë të drejtë që del nga boshti i koordinatave.

Rezistenca reaktive kapacitive X_C është në përpjestim të zhdrejtë me frekuencën, dhe grafikisht paraqitet me një hiperbolë (fig. 13.2).

Rezistenca reaktive e plotë $X = X_L - X_C$.

Në grafik është paraqitur ndryshimi i moduli të kësaj rezistence nga frekuenca.

Siç shihet dhe nga grafiku qarku ndodhet në rezonancë kur:

$$X_L = X_C \text{ ose } X = 0$$

$$\omega \cdot L = 1 / \omega \cdot C \implies \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Meqenëse $\omega = 2\pi f$, atëherë:
$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Frekuenca në rezonancë përkufizohet si frekuenca në të cilën rezistenca e plotë e qarkut është minimale.

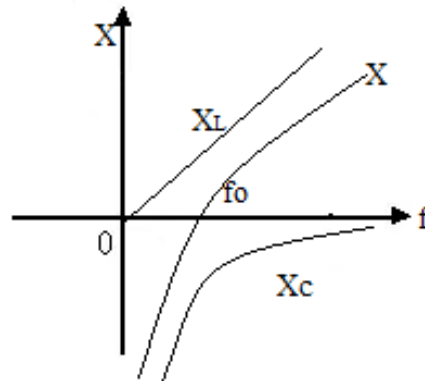


Fig. 13.2

Rezonanca ndodh kur frekuenca e lëkundjeve të lira ω_0 është e barabartë me frekuencën e burimit.

Qarku sillet sikur të ketë vetëm elementin aktiv R dhe rezistenca e plotë $Z = R$

Rryma mer vlerën e saj maksimale: $I = U / R$

Tensionet U_L dhe U_C mari vlera shumë më të mëdha se tensioni I burimit, dhe në këtë rast ndodh rezonanca e tensioneve. Ky rast paraqitet në diagramin vektorial në fig. 13.3.

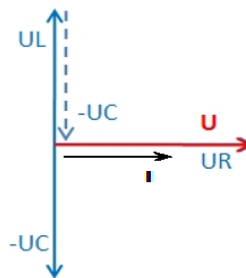


Fig. 13.3

Në qarqet industriale rezonanca e tensioneve është shumë e rrezikshme, pasi në elementet L dhe C krijohen mbitesione të rrezikshme të cilat sjellin prishjen e izolimit të qarqeve.

Në radioteknikë si rradiomarrës, radiodhënës rezonanca e tensioneve është e nevojshme pasi në to do të ketë përforsim të sinjalit.

- Lakorja (kurba) e rezonancës

Paraqitja grafike e varësisë së rrymës nga frekuenca për tensionin e burimit konstant, jep kurbën e rezonancës së qarkut lëkundës seri (fig. 13.3).

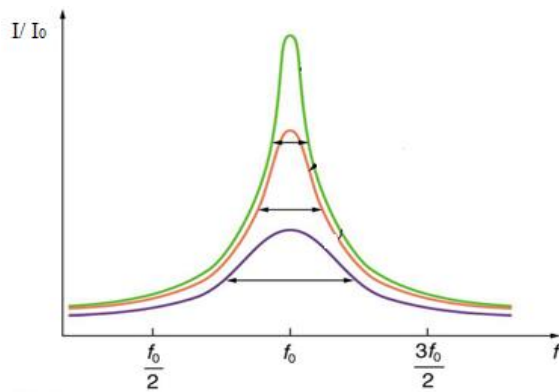


Fig. 13.3

Meqë vlerat e kësaj kurbe varen jo vetëm nga karakteristikat e qarkut, por edhe tensioni i zbatuar, për të njëjtin qark për tensione të ndryshme do të kemi kurba të ndryshme

Që kurba e rezonancës të varet vetëm nga karakteristikat e qarkut, është më e përshtatshme paraqitja e ndryshimeve relative të rrymës nga frekuenca, domethënë varësia e raportit I / I_0 nga frekuenca.

I - është rryma për frekuencën e dhënë.

I_0 - është rryma për frekuencën e rezonancës.

Ndërtimi i kurbës është i vlefshëm vetëm për brezin e frekuencave rreth frekuencës së rezonancës f_0 .

Nga grafiku shihet se rryma për frekuenca afër frekuencës së rezonancës, dobësohet pak.

Brez kalimtar quhet spektri i frekuencave për frekuenca anësore të të cilit, rryma dobësohet me vlerën $1 / \sqrt{2} = 0,707$.

13.2. Rezonanca e tensioneve

Në figurën jepet qarku i përbërë nga burimi i rrymës alternative, rezistenca aktive R , induktiviteti i bobinës L dhe kapaciteti i kondensatorit C të lidhur paralel me burimin e ushqimit fig. 13.4.

Për studimin e lëkundjeve në këtë qark është i përshtatshëm përdorimi i përcjellshmërive të degëve dhe paraqitja e burimit si burim rryme. Kjo bëhet pasi në elektronikë gjeneratorët e frekuencave të larta kanë karakteristika të përafërta me burimin ideal të rrymës.

Në këtë qark rezistenca R përfaqëson rezistencën e njëvlerëshme të lidhjes në paralel të rezistencës vetjake të burimit të rrymës (R_0) dhe rezistencën e humbjeve të qarkut R .

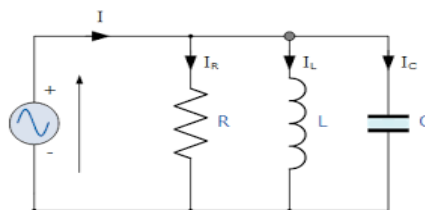


Fig. 13.4

Përcjellshmëria e përgjithshme komplekse e qarkut është:

$$Y = G + j(B_C - B_L) = G + jB$$

- $G = 1/R$, është përcjellshmëria aktive e qarkut

- $B = 1/X$, është përcjellshmëria reaktive e qarkut

Tensioni $U = I_0 / Y$

Meqë rryma në gjeneratorët e rrymës është konstante, atëherë varësia e tensionit nga rezistenca do të varet nga varësia e përcjellshmërive B_L dhe B_C nga frekuenca.

Përcjellshmëria kapacitive është në përpjestim të drejtë me frekuencën, dhe grafikisht paraqitet me një vijë të drejtë që del nga boshti i koordinatave.

Përcjellshmëria induktive B_L është në përpjestim të zhdrejtë me frekuencën, dhe grafikisht paraqitet me një hiperbolë (fig. 13.5).

Përcjellshmëria e plotë reaktive është: $B = B_C - B_L$.

Siç shihet dhe nga grafiku qarku ndodhet në rezonancë kur:

$$B_L = B_C \text{ ose } B = 0$$

$$1/\omega \cdot L = \omega \cdot C \implies \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Meqenëse $\omega = 2\pi f$, atëherë: $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

Frekuenca në rezonancë përkufizohet si frekuenca në të cilën përcjellshmëria e plotë e qarkut është minimale.

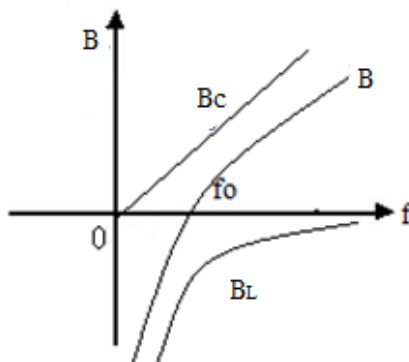


Fig. 13.5

Rezonanca ndodh kur frekuenca e lëkundjeve të lira ω_0 është e barabartë me frekuencën e burimit.

Qarku sillet sikur të ketë vetëm përcjellshmëri aktiv G dhe përcjellshmëria e plotë:

$$Y = G \text{ dhe } B = B_C - B_L = 0$$

Tensioni mer vlerën e vet maksimale: $U = I_0 / Y = I_0 / G$

Rryma e e burimit $I_0 = U \cdot Y$, ka vlerë minimale.

Rrymat I_L dhe I_C janë të barabarta dhe marrin vlera shumë më të mëdha se rryma I_0 e burimit, dhe në këtë rast ndodh rezonanca e tensioneve. Ky rast paraqitet në diagramin vektorial në fig. 13.6.

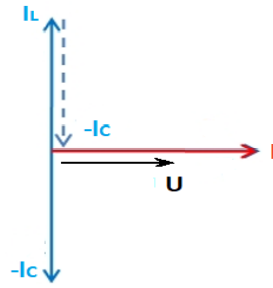
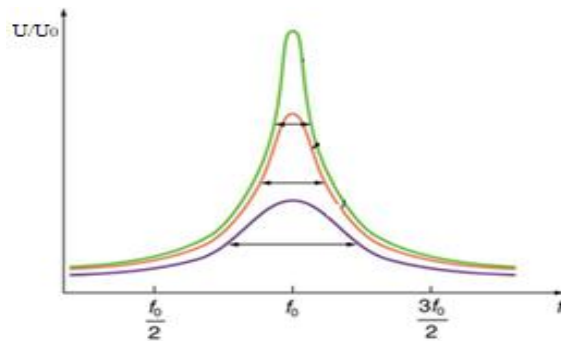


Fig. 13.6

Në qarqet industriale rezonanca e rrymave është e dobishme, pasi në rezonancë çlirohet burimi i energjisë nga energjia reaktive, kështu ai shfrytëzohet për të dhënë sa më shumë energji aktive.



Në qarqet elektronike rezonanca e rrymave shërben për fuqizimin e sinjalit.

Siç shihet, pavarësisht nga mënyra e lidhjes, fenomeni i rezonancës lidhet me barazimin e energjisë së fushës magnetike të bobinës me energjinë e fushës elektrike të kondensatorit.

14. QARQET TRE FAZORE. NJOHURI TE PERGJITHSHME

Bashkësia e tre qarqeve elektrike të rrymës alternative me frekuencë të njëjtë, por me f.e.m. të zhvendosura ndërmjet tyre për këndin 120° , quhet *sistem tre fazor*.

Nëse amplitudat dhe këndet e zhvendosjes ndërmjet fazave janë të barabarta, sistemi tre fazor quhet *simetrik*.

Me sistemin tre fazor realizohet prodhimi, transmetimi dhe shpërndarja energjisë elektrike.

Në këtë sistem përfshihen gjeneratorët dhe transformatorët tre fazorë, centralet dhe nënstacionet elektrike si dhe linjat e transmetimit dhe të shpërndarjes.

Sistemi tre fazor simetrik prodhohet nga gjeneratorët tre fazorë që kanë tre pështjella të veçanta të zhvendosura për këndi 120° (fig.8.1).

Fillimet e pështjellave të gjeneratorit shënohen me: A, B, C dhe mbarimet e tyre respektivisht me shkronjat: X, Y, Z. Secila nga pështjellat e sistemit tre fazor paraqitet si një burim i pavarur i energjisë elektrike dhe mund të lidhet me konsumatorin e vet.

Konsumatorët një dhe tre fazorë nuk lidhen drejtpërdrejt me gjeneratorët, të cilët ndodhen në centralet elektrike, por ndërmjet tyre vendosen transformatorët, të cilët ndryshojnë tensionin në vlerën e kërkuar dhe ndodhen pranë konsumatorëve.

Secila nga pështjellat e gjeneratorit trefazor të paraqitet si burim i pavarur i energjisë elektrike dhe mund të lidhet me konsumatorët e vet.

Në sistemin tre fazor si pështjellat e gjeneratorëve dhe transformatorëve, ashtu dhe të konsumatorëve mund të lidhen në formë *ylli* ose *trekëndëshi*.

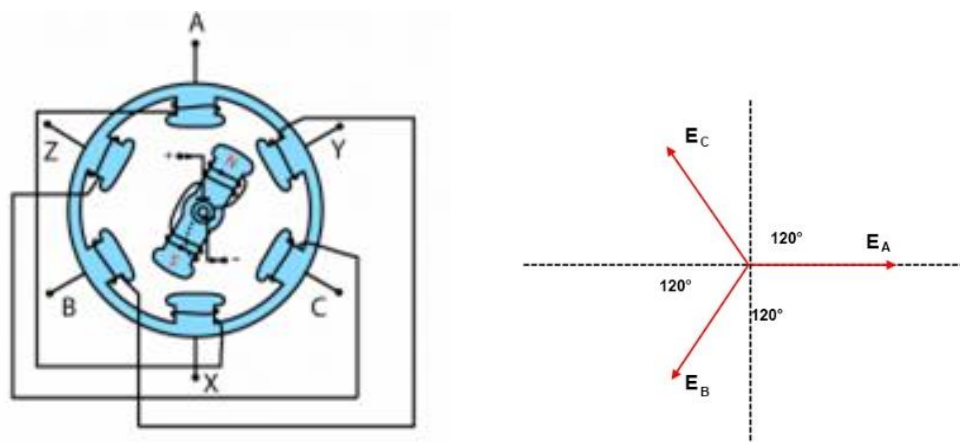


Fig.8.1

Gjeneratorët tre fazorë kanë *tre pështjella* të vecanta, të zhvendosura për këndin 120° dhe me numër të barabartë spirash. Në të tre pështjellat do të induktohen f.e.m. me amplitudë të njëjtë, të zhvendosura për këndin 120° .

$$e_A = E_m \sin \omega t$$

$$e_B = E_m \sin(\omega t - 120^\circ)$$

$$e_C = E_m \sin(\omega t + 120^\circ)$$

Në fig. më poshtë paraqiten grafikët e f.e.m. me sinusoida dhe diagrami vektorial (fig. 9.2).

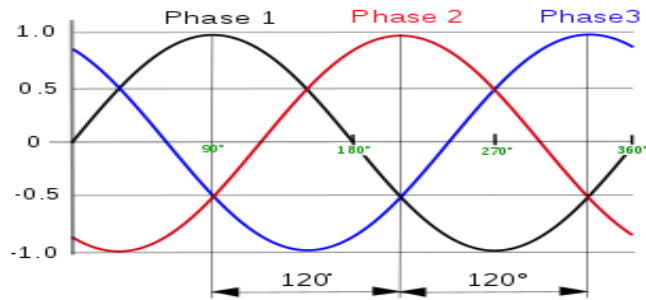


Fig. 9.2

Si kahe pozitive të f.e.m. merret kahu nga mbarimi deri në fillim të pështjellës, pra potenciali i fillimit të cdo faze është më i madh se potenciali i mbarimit të saj aq sa f.e.m. e pështjellës.

Induksioni magnetik formon fluksin magnetik rrotullues rrethor.

Fusha magnetike rrotulluese gjatë një periudhe bën një rrotullim të plotë dhe numri i rrotullimeve të bëra nga fusha në një sekondë do të jetë i barabartë me numrin e periudhave gjatë një sekonde, pra frekuenca e rrymës është:

$$f = n / 60 \quad \text{dhe} \quad n = 60f$$

Duke ndryshuar numrin e pështjellave, ndryshon numri i çift poleve:

$$n = 60f / p$$

n - është numri rrotullimeve në minute (rrot/min)

p – numri i çift poleve

Kur duhet të ndryshohet kahu i rrotullimit të fushës magnetike, ndryshon renditja e fazave, pra këmbehen vendet e fazave duke ndryshuar kështu kahet e rrymave.

Sistemin tre fazor ka këto përparësi kundrejt sistemin njwfazor:

- Për të njëjten fuqi dhe tension të konsumatorëve, është më ekonomik përse i përket materialeve të përcjellësve.
- Për të njëjtën fuqi pajisjet elektrike si: gjeneratorë, motorë, transformatorë, kanë përmasa dhe kosto më të vogël.
- Mundësia e krijimit të fushës magnetike rrotulluese.

15. LIDHJA E PËSHTJELLAVE TË GJENERATORIT NË YLL E TREKËNDËSH

15.1 Lidhja e pështjellave të gjeneratorit (transformatorit) në yll

Në lidhjen yll e pështjellave të gjeneratorit (ose të transformatorit), fundet e pështjellave X,Y,Z, bashkohen në një pikë që quhet pika e zeros ose neutrale (fig. 15.1). Simboli i kësaj lidhje është:

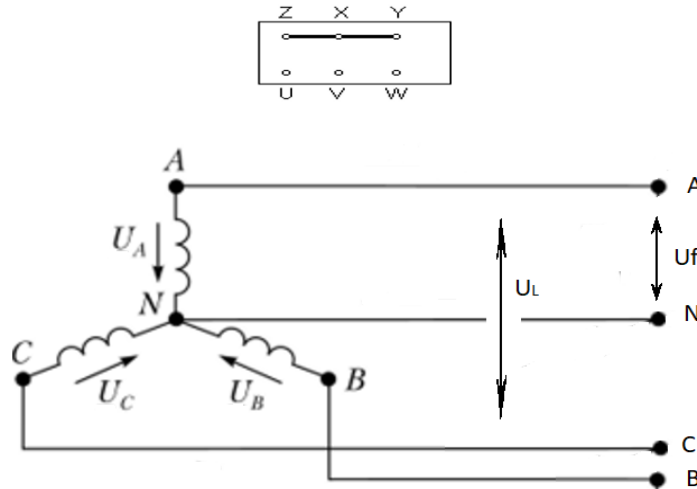


Fig. 15.1

Gjeneratorët (ose transformatorët) lidhen me marrësit e energjisë me katër ose tre përcjellës. Tre përcjellësit që lidhen me fillimet e pështjellave A,B,C quhen *përcjellës të linjës*, kurse përcjellësi që lidhet me pikën neutrale quhet përcjellës i zeros ose *neutër* (nul).

Tensionet ndërmjet përcjellësve të linjës dhe përcjellësit neutral quhen **tensione të fazes**:

$$U_A, U_B, U_C.$$

Tensionet ndërmjet përcjellësve të linjës (fazës) quhen **tension linje**:

$$U_{AB}, U_{BC}, U_{CA}$$

Renditja e treguesve tregon kahun pozitiv të tensionit në qarkun e jashtëm.

Tensioni i fazës ndryshon nga f.e.m e fazës sa rënia e tensionit brenda pështjellës së gjeneratorit.

Në punimin pa ngarkesë tensionet e fazës janë të njëjta me f.e.m të fazës:

$$U_A = E_A, U_B = E_B, U_C = E_C.$$

Le të përcaktojmë varësinë ndërmjet tensionit të linjës dhe tensionit të fazës për sistemin trefazor simetrik. Nëse potencialin e pikës neutrale të gjeneratorit e marrim zero atëherë potencialet e kapeve të linjës (të fillimit të mbështjellave) do të jenë:

$$V_A = U_A, V_B = U_B, V_C = U_C$$

Tensionet e linjave (fig. 15.2) të paraqitur me vektorë janë:

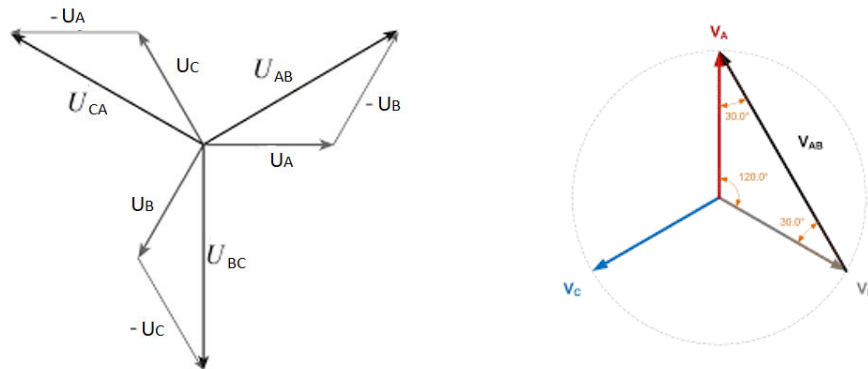


Fig. 15.2

Vlerat e tensionit te linjës janë të barabarta me diferencën e tensioneve të fazave përkatëse.

$$\begin{aligned}U_{AB} &= V_A - V_B = U_A - U_B \\U_{BC} &= V_B - V_C = U_B - U_C \\U_{CA} &= V_C - V_A = U_C - U_A\end{aligned}$$

Duke u nisur nga diagrami vektorial i tensioneve, vërtetohet se në lidhjen yll të përshtjellave të gjeneratorit:

$$I_l = I_f$$

- Tensioni i linjës është $\sqrt{3}$ herë më i madh se tensioni i fazës.
- Tensioni i linjës është 30° në përparim faze nga tensioni i fazës.

Marrja e dy tensioneve është një epërsi e sistemit tre fazor të lidhur në formë ylli.

$$U_l = \sqrt{3} I_f$$

Meqenëse ndërmjet përcjellësve të linjës dhe të fazave të marrësit nuk ka degëzime, atëherë edhe rrymat të përcjellësit e linjës do të jenë të barabarta me rrymat te fazat e marrësit.

Në lidhjen yll të përshtjellave të gjeneratorit (të transformatorit), rrymat janë:

$$I_l = I_f$$

Në fig.8.4, jepet një formë tjetër e lidhjes së përshtjellave në yll.

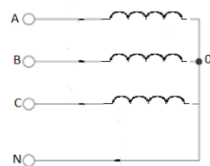
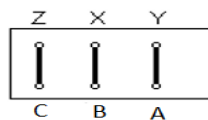


Fig.8.4

15.2. Lidhja e pështjellave të gjeneratorit (transformatorit) në trekëndësh

Në lidhjen e pështjellave të gjeneratorit (transformatorit) në trekëndësh fundi i njëres pështjellë lidhet me fillimin e pështjellës vijuese. P.sh fundi i pështjellës së parë X lidhet me fillimin B të pështjellës së dytë, fundi Y i së dytës lidhet me fillimin C të së tretës dhe fundi Z i së tretës me fillimin A të pështjellës së parë (fig.8.5). Simboli i kësaj lidhje është:



Nga skema e lidhjes në trekëndësh shihet se fundi i njëres pështjellë është dhe fillimi i pështjellës tjetër, pra tensionet e linjës janë të barabarta me tensionet e fazave.

$$U_{AB} = U_A, \quad U_{BC} = U_B, \quad U_{CA} = U_C$$

Siç shihet, në lidhjen e pështjellave në trekëndësh merret vetëm një vlerë tensioni:

$$U_l = U_f$$

Duke u nisur nga diagrami vektorial i rrymave vërtetohet se:

$$I_l = \sqrt{3} I_f$$

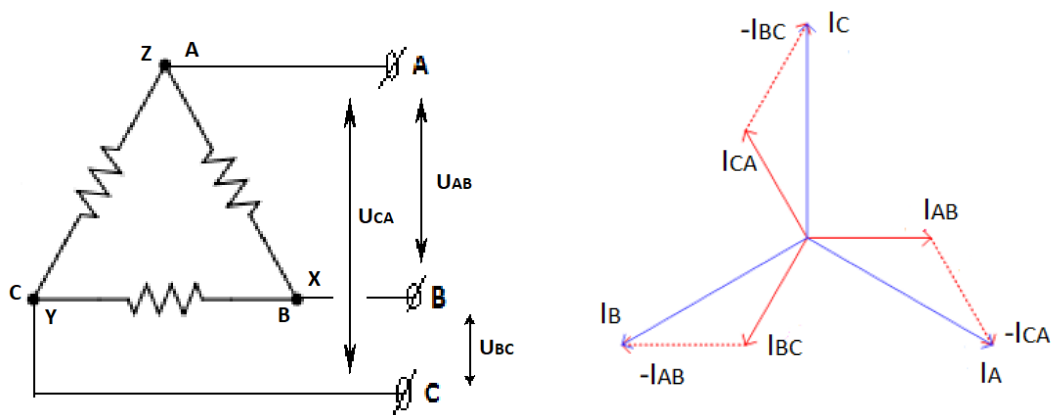
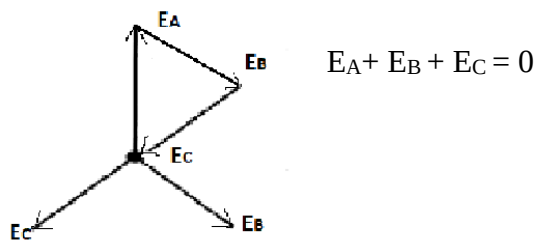


Fig.8.5

Lidhja në trekëndësh e pështjellave formon një kontur të mbyllur. Në sistemim simetrik shuma e f.e.m. që vepron në kontur, është zero.



Në këtë rast gjatë punimit pa ngarkesë të gjeneratorit në pështjellat e tij nuk ka rrymë. Lidhja e parregullt e pështjellave të lidhur në trekëndësh është shumë e rrezikshme, p.sh

kur fundi i pështjellës së parë X lidhet jo me fillimin e pështjellës së dytë B, por me fundin e së dytës Y dhe fillimi i së tretës C jo me fundin Y por me fillimin e së dytës B.

Në këtë rast f.e.m. rezultante është sa dyfishi i f.e.m. të njëres fazë dhe në pështjellat e gjeneratorit krijohet rrymë, e cila ka vlerë të madhe dhe mund t'i dëmtojë këto pështjella pasi rezistenca e tyre është shumë e vogël.

16. LIDHJA E MARRËSVE TË ENERGJISË ME GJENERATORIN

16.1. Lidhja në yll e marrësve me ngarkesë jo simetrike

Marrësit trefazor sipas ngarkesës së fazave mund të jenë simetrike dhe jo simetrike. Në rastin e ngarkesës simetrike rezistencat e fazave të marrësit janë të njëjta si nga madhësia ashtu dhe nga karakteri i rezistencës:

$$R_A = R_B = R_C = R_f \text{ dhe } X_A = X_B = X_C.$$

Në rastin e ngarkesës jo simetrike rezistencat e fazave janë të ndryshme. Lidhja e marrësve me ngarkesë josimetrike në yll me rrjetin, bëhet me katër përcjellës ku çdo fazë e marrësit lidhet ndërmjet përcjellësit të linjës dhe përcjellësit neutral (fig.8.6).

Në këtë rast në çdo fazë të marrësit zbatohet tensioni i fazës së rrjetit. Kështu, çdo fazë e marrësit tre fazor mund të merret si një fazor dhe llogaritjet e çdo fazë bëhen njëjloj si në sistemin një fazor.

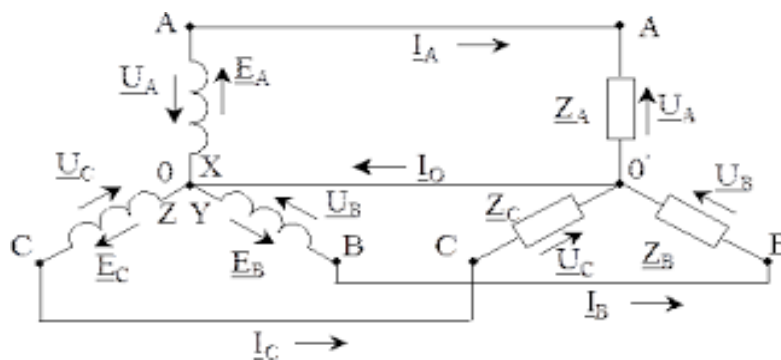


Fig.8.6

Si kah pozitiv i rrymës së linjës merret kahu nga gjeneratori në marrës, kurse për rrymën në përcjellësin e nulit merret kahu nga marrësi në gjenerator.

Sistemi me katër përcjellës përdoret kur marrësit janë një fazor, si p.sh. ndriçimi.

Në qarqet tre fazore dallohen *rryma të fazës* dhe *rryma të linjës*.

Rrymat në fazat e gjeneratorit dhe në fazat e marrësit quhen rrymat e fazës (I_f).

Rrymat e përcjellësit të linjës quhen rrymat e linjës (I_l).

Duke shënuar me U_A, U_B, U_C , tensionet e fazave të marrësit të energjisë dhe me Z_A, Z_B, Z_C , rezistencat e plota të fazave të marrësit, rrymat në çdo fazë të marrësit do të jenë:

$$I_A = U_A / Z_A, \quad I_B = U_B / Z_B, \quad I_C = U_C / Z_C$$

Fuqia në çdo fazë llogaritet me formulën: $Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$

Këndet e zhvendosjes së rrymave të fazës kundrejt tensioneve të fazave përkatëse përcaktohen nga relacionet:

$$\begin{aligned} \tan \varphi_A &= X_A / R_A, & \tan \varphi_B &= X_B / R_B, & \tan \varphi_C &= X_C / R_C \\ \cos \varphi &= R / Z, & \sin \varphi &= X / Z \end{aligned}$$

Fuqitë aktive në çdo fazë:

$$P_A = U_A I_A \cos \varphi_A, \quad P_B = U_B I_B \cos \varphi_B, \quad P_C = U_C I_C \cos \varphi_C$$

Fuqia aktive e qarkut tre fazor: $P = P_A + P_B + P_C$

Fuqitë reaktive: $Q_A = U I \sin \varphi_A, \quad Q_B = U I \sin \varphi_B, \quad Q_C = U I \sin \varphi_C$

Fuqia reaktive e qarkut tre fazor:

$$Q = Q_A + Q_B + Q_C$$

Fuqia e plotë e qarkut:

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

Në qarket tre fazore tensioni në fazat e marrësit është më i vogël se tensioni në fazat e gjeneratorit aq sa rënie e tensionit në përcjellësit lidhëz. Në qoftë se rezistencat e përcjellësve nuk përfillen, atëherë tensionet e fazave të marrësit merren të njëjta me ato të gjeneratorit.

Për sistemin simetrik të tensioneve të fazave të gjeneratorit, për ngarkesë jo simetrike sistemi i rrymave tre fazore nuk do të jetë simetrik.

Rryma e përcjellësit neutral mund të gjendet duke zbatuar ligjin e parë të Kirkoftit në pikën neutrale O të marrësit. Vlera e çastit të rrymës së përcjellësit neutral është e barabartë me shumën e vlerave të çastit të rrymave të fazave: $i_O = i_A + i_B + i_C$, kurse vlera efektive e rrymës së përcjellësit neutral është e barabartë me shumën vektoriale të rrymave të fazave.

$$I_O = I_A + I_B + I_C$$

Kur ngarkesa e fazave nuk është simetrike dhe ndërpritet përcjellësi i nolit, tensionet në fazat e vecanta të konsumatorit, do të jenë të ndryshme.

Në fazën me rezistencë më të vogël (ose ndyshe, me ngarkesë më të madhe), tensioni do të jetë më i vogël se tensioni nominal dhe anasjelltas, gjë që është e palejueshme.

Për të shmangur këputjen e përcjellësit të neutrit, aty **nuk vendoset siguresë apo çelës**.

Në lidhjen e marrësve në yll me katër përcjellës rregjimi i punës së një faze nuk ndikon në regjimin e punës së dy fazave të tjera.

Kjo është një veti pozitive e lidhjes së marrësve në yll.

Nëse përfillen rezistencat e përcjellësve lidhës, tek përcjellësat e linjës do të krijohen rënie tensioni që do të jenë të ndryshme në fazat të ndryshme, duke formuar kështu një sistem jo simetrik tensionesh. Për shumë marrës trefazorë si motorët asinkron, puna në sistemin jo simetrik është e pa dëshirueshme pasi ka pasoja negative për pajisjen. Për këtë në praktikë tentohet që fazat e marrësve të jenë me ngarkesë simetrike.

16.4. Lidhja në yll e marrësve me ngarkesë simetrike

Në lidhjen yll të marrësve me ngarkesë simetrike rezistencat e fazave janë të barabarta (fig.8.7).

$$R_A = R_B = R_C = R_f, \quad X_A = X_B = X_C = X_f$$

rrymat e fazave do të jenë të barabarta:

$$I_A = I_B = I_C = I_f$$

dhe të zhvendosur për 120° ndërmjet tyre, pra dhe sistemi i rrymave do të jetë *simetrik*.

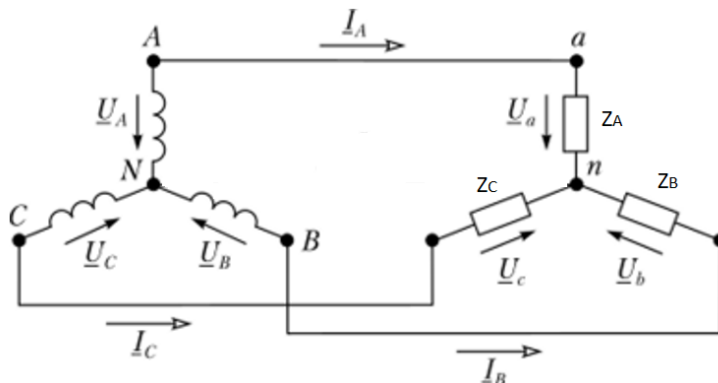
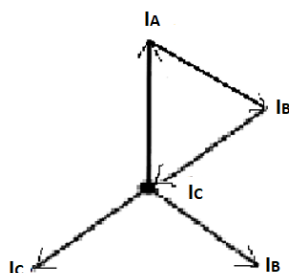


Fig.8.7

Rryma te përcjellësi neutral, që është e barabartë me shumën vektoriale të rrymave të fazave do të jetë zero:



$$I_0 = I_A + I_B + I_C = 0$$

Në këtë rast përcjellsi neutral është i panevojshëm. Si shembuj të ngarkesës simetrike trefazore janë motorët trefazorë.

Llogaritjet e qarkut trefazor bëhen duke llogaritur vetëm njërën fazë. Rryma e fazës do të jetë :

$$I_f = I_l$$

Tensioni i fazës në marrës është: $U_f = U_l / \sqrt{3}$

Rezistenca e plotë e cdo faze në marrës është: $Z_f =$

Gjejmë : $\cos \phi_f = R_f / Z_f$ dhe $\sin \phi_f = X_f / Z_f$

Fuqitë aktive, reaktive dhe të plota të çdo faze gjenden nga formula :

$$P_f = U_f I_f \cos \phi_f, \quad Q_f = U_f I_f \sin \phi_f, \quad S_f = U_f I_f$$

Për të tre fazat :

$$P = 3P_f = 3U_f I_f \cos\varphi$$

$$Q = 3Q_f = 3U_f I_f \sin\varphi$$

$$S = 3S_f = 3U_f I_f$$

Meqë $U_f = U_l/\sqrt{3}$ dhe rrymat e linjës janë të njëjta me ato të fazave $I_l = I_f$ përcaktojmë fuqitë në varësi të madhësive të linjës : $P = 3U_f I_f \cos\varphi = 3 I_l \cos\varphi$

Pra fuqitë aktive, reaktive dhe e plotë:

$$P = U_l I_l \cos\varphi \quad Q = U_l I_l \sin\varphi \quad S = U_l I_l$$

16.5. Lidhja në trekëndësh e marrësve me ngarkesë jo simetrike

Gjatë lidhjes në trekëndësh çdo fazë e marrësit të energjisë lidhet nën tensionin e linjës i cili do të merret si tension i fazës së tij (fig.8.).

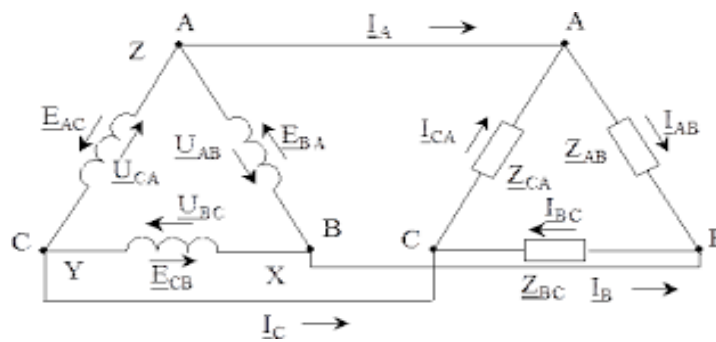


Fig.8.8

Pra për lidhjen e marrësve në trekëndësh, tensioni i fazës së marrësit është i njëjtë me tensionin e linjës së rrjetit.

$$U_f = U_l$$

Rrymat në çdo fazë të marrësit do të jenë :

$$I_{AB} = U_{AB} / Z_{AB}, \quad I_{BC} = U_{BC} / Z_{BC}, \quad I_{CA} = U_{CA} / Z_{CA}$$

ku : $Z_{AB} = \sqrt{R_{AB}^2 + X_{AB}^2}$, $Z_{BC} = \sqrt{R_{BC}^2 + X_{BC}^2}$, $Z_{CA} = \sqrt{R_{CA}^2 + X_{CA}^2}$ janë rezistencat e plota të çdo faze të marrësit.

Këndet e zhvendosjes ndërmjet tensioneve dhe rrymave të fazave gjenden:

$$\text{tg}_{AB} = X_{AB} / R_{AB}, \quad \text{tg}_{BC} = X_{BC} / R_{BC}, \quad \text{tg}_{CA} = X_{CA} / R_{CA}$$

Si kahe pozitive të rrymave të fazave le të jetë kahu nga A në B, nga B në C dhe nga C në A. Për rrymat e linjave do të jetë kahu nga gjeneratori në marrës.

Kur rrymat e fazave janë të njohura, rrymat e linjës mund të përcaktohen duke shfrytëzuar ligjin e parë të Kirkofit për pikat nyje A, B, C:

Për pikat nyje: A, B, C rrymat respektive janë:

$$I_A = I_{AB} - I_{CA}, \quad I_B = I_{BC} - I_{AB}, \quad I_C = I_{CA} - I_{BC}$$

Prej kësaj rrjedh se vlera efektive e cilësdo prej rrymave të linjës është e barabartë me

ndryshimin vektorial të rrymave të fazave të lidhura me përcjellësin përkatës.

Në cdo fazë të qarkut fuqitë përcaktohen nga formulat që përdoren për llogaritjet e qarkut njëfazor.

Për fazën AB : $P_{AB} = U_{AB}I_{AB} \cos\phi_{AB}$, $Q_{AB} = U_{AB}I_{AB} \sin\phi_{AB}$, $S_{AB} = U_{AB}I_{AB}$.

Në mënyrë të ngjashme përcaktohen fuqitë në fazat e tjera.

Fuqitë aktive, reaktive dhe e plotë do të jenë:

$$\begin{aligned} P &= P_{AB} + P_{BC} + P_{CA} \\ Q &= Q_{AB} + Q_{BC} + Q_{CA} \\ S^2 &= P^2 + Q^2 \end{aligned}$$

Meqenëse në lidhjen në trekëndësh tensioni i fazave të marrësve është i barabartë me atë të linjave të rrjetit (gjeneratorit), atëherë pavarësisht nga rezistencat e fazave të marrësit sistemi i tensioneve në të është simetrik.

Kjo është veçori dalluese e lidhjes së marrësve në trekëndësh kundrejt lidhjes së marrësve në yll (me tre përcjellës), ku siç është parë, për rezistenca të ndryshme të fazave, tensionet nuk janë simetrike.

Lidhja e marrësve në trekëndësh bëhet pavarësisht nga mënyra e lidhjes së pëstjellave të gjeneratorit.

8.6 Lidhja në trekëndësh e marrësve me ngarkesë simetrike

Për ngarkesa simetrike të marrësve vlerat efektive të rrymave të fazave do të jenë të barabarta dhe të zhvendosura për 120° ndërmjet tyre, pra formojnë një sistem simetrik rrymash (fig.8.9).

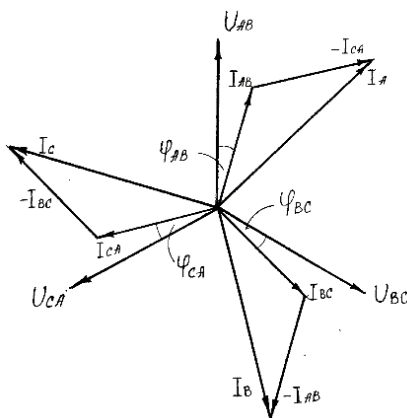


Fig.8.9

Rryma e fazës: $I_f = U_f / Z_f$

ku: U_f është tensioni i fazës në marrës i barabartë me tensionin e linjës së gjeneratorit

Z_f është rezistenca e plotë e fazës së marrësit, $U_f = U$

Këndi i zhvendosjes llogaritet: $\tan \varphi = X_f / R_f$

Për të gjetur relacionin që lidh rrymën e linjës me rrymën e fazës nisemi nga diagrami vektorial:

$$I_l = I_f$$

Pra në lidhjen në trekëndësh:

- Rryma e linjës është *herë më e madhe* se rryma e fazës.
- Rryma e linjës është *30° në vonesë faze* nga rryma e fazës.

Fuqia aktive për ngarkesën simetrike do të jetë:

$$P = 3P_f = 3U_f I_f \cos \varphi_f$$

Në lidhjen e marrësve në trekëndësh kemi: $U_f = U$ dhe $I_f =$

Duke zëvendësuar në formulën e mësipërme, nxjerrim:

$$P = 3U \cos \varphi = UI \cos \varphi$$

Për fuqitë reaktive dhe të plota, në mënyrë të ngjashme nxjerrim:

$$Q = 3Q_f = 3U_f I_f \sin \varphi_f \quad \text{ose} \quad Q = UI \sin \varphi$$

$$S = 3S_f = 3U_f I_f \quad \text{ose} \quad S = U \cdot I$$

Pra formulat e fuqisë janë të ngjashme si për lidhjen e marrësve në yll me ngarkesë simetrike.

Lidhja në trekëndësh është me leverdi të përdoret te marrësit në ato raste kur kërkohet të zbatohet në fazat e tij tension më i madh. P.sh. në qoftë se në një marrës të lidhur në yll, çdo fazë e tij do të ndodhet nën tension 127V, në lidhje në trekëndësh tensioni në çdo fazë do të rritet në 220V.

Kjo rrit dhe fuqinë e marrësit për tre herë.

Nëse këputet një përcjellës linje p.sh. digjet siguresa e këtij përcjellësi, të dy fazat e marrësit, që janë lidhur me atë përcjellës, rezultojnë të lidhur në seri ndërmjet tyre dhe në paralel me fazën e tretë të marrësit. Pra, këputja e një përcjellësi të linjës ndryshon regjimin e punës së dy fazave të marrësit të lidhura në atë përcjellës.

8.7 Ndryshimi i lidhjeve të konsumatorit me ngarkesë simetrike nga ylli në trekëndësh dhe anasjelltas

Në sistemin trefazor, në disa raste konsumatorëve me ngarkesë simetrike (motorët trefazorë, furrat trefazore me rezistencë etj), gjatë punës, u ndryshohet lidhja nga ylli në trekëndësh ose anasjelltas.

Le të shohim se si ndryshojnë rrymat e linjës dhe fuqia e sistemit trefazor, në qoftë se tensioni i linjës U_l është i pa ndryshueshëm, tre ngarkesat janë simetrike Z_f , kur ndryshohet lidhja nga ylli në trekëndësh.

Gjatë lidhjes së tre rezistencave të njëjta në yll rrymat e fazave që janë njëkohësisht dhe rrymat e linjës, do të jenë:

$$I_{fy} = I_{ly} = U_{fy} / Z_f = U_l / Z_f$$

Pasi për lidhjen në yll: $U_{fy} = U_l / \sqrt{3}$

Gjatë lidhjes së po këtyre rezistencave në trekëndësh rrymat e fazave do të jenë:

$$I_f = U_f / Z_f = U_l / Z_f$$

Tensioni i fazës në lidhjen në trekëndësh është: $U_f = U_l$

Rryma e linjës do të jetë herë më e madhe se rryma e fazës:

$$I_l = I_f = U_l / Z_f$$

Raporti i rrymave të linjës në lidhjen trekëndësh me rrymat e linjës për lidhjen në yll do të jetë:

$$I_l / I_{ly} = U_l / Z_f : U_l / Z_f = 3$$

Këtej nxjerrim si përfundim se rrymat e linjave rriten 3 herë.

Fuqia e qarkut trefazor për ngarkesën e njëtrajtshme (simetrike) është e barabartë me trefishin e fuqisë së një faze.

$$P = 3 P_f = 3 U_f I_f \cos \varphi_f$$

Për lidhjen në yll:

$$U_{fy} = U_l / \sqrt{3}, \quad I_{ly} = I_{fy}$$

Për lidhjen në trekëndësh :

$$U_f = U_l \quad \text{dhe} \quad I_f = I_l / \sqrt{3}$$

Fuqia për lidhjen në yll është:

$$P_y = U_l I_{ly} \cos \varphi_l$$

Për lidhjen në trekëndësh:

$$P = U_l I_l \cos \varphi_f$$

Ekuacionet e fuqisë ndryshojnë vetëm nga madhësia e rrymave të linjës. Prandaj fuqia në lidhjen në trekëndësh rritet 3 herë .

Në mënyrë që rrymat e linjës dhe fuqia gjatë lidhjes në trekëndësh të jenë të njëjta si dhe gjatë lidhjes në yll, duhet që rezistencat e fazave gjatë lidhjes në trekëndësh të rriten me 3 herë $Z_f = 3 Z_{fy}$.

Në këtë rast, raporti i rrymave të linjës do të jetë:

$$I_l / I_{ly} = U_l / Z_f : U_l / Z_{fy} = 3 Z_{fy} / Z_f = 3 Z_{fy} / 3 Z_{fy} = 1$$

Prej ku :

$$I_l = I_{ly} \quad \text{dhe} \quad P = P_y$$

Koeficienti i fuqisë në këtë rast mbetet i pandryshueshem, mbasi gjatë rritjes së rezistencës së plotë 3 herë, po kaq herë duhet të rriten rezistencat aktive dhe reaktive. Prandaj:

$$\cos \varphi = R_{fy} / Z_{fy} = R_f / Z_f$$

Shembull

Në rrjetin trefazor me katër percjellës me tension linje 380V lidhen tre konsumatorë me rezistencë $R_A = 40\Omega$, $X_A = 30\Omega$, $R_B = 40\Omega$, $X_B = 40\Omega$ dhe $R_C = 30\Omega$.

Kërkohe:

1. Të përcaktohen rrymat në çdo fazë të konsumatorit;
2. Të përcaktohen fuqitë aktive, reaktive dhe të plota të çdo fazë dhe të krejt qarkut;
3. Të ndërtohet diagrami vektorial i tensioneve dhe i rrymave të fazave;
4. Të përcaktohet rryma në përcjellsin e nullo.

Zgjidhje:

1. Përcaktojmë më parë rezistencat e plota të çdo faze:

$$Z_A = R_A^2 + X_A^2 = 40^2 + 30^2 = 50 \Omega$$

$$Z_B = R_B^2 + X_B^2 = 40^2 + 40^2 = 56,4 \Omega$$

$$Z_C = R_C = 30 \Omega$$

Tensioni i fazës do të jetë:

$$U_f = U_l / 3 = 380 / 1,73 = 220 \text{ V}$$

Rrymat në çdo fazë do të jenë:

$$I_A = U_A / Z_A = 220/50 = 4,4 \text{ A}$$

$$I_B = U_B / Z_B = 220/56,4 = 3,9 \text{ A}$$

$$I_C = U_C / R_C = 220/30 = 7,33 \text{ A}$$

2. Për llogaritjen e fuqisë aktive dhe reaktive gjejmë më parë:

$$\cos\varphi = R_A / Z_A = 40/50 = 0,8$$

$$\cos\varphi = R_B / Z_B = 40/56,4 = 0,705$$

$$\cos\varphi = R_C / Z_C = 30/30 = 1$$

$$\sin\varphi = X_A / Z_A = 30/50 = 0,6$$

$$\sin\varphi = X_B / Z_B = 40/56,4 = 0,705$$

$$\sin\varphi = 0$$

Fuqitë aktive reaktive dhe të plota të çdo faze do të jenë:

$$P_A = U_A I_A \cos\varphi = 220 \times 4,4 \times 0,8 = 774,4 \text{ W}$$

$$Q_A = U_A I_A \sin\varphi = 220 \times 4,4 \times 0,6 = 580,8 \text{ VAR}$$

$$S_A = U_A I_A = 220 \times 4,4 = 968 \text{ VA}$$

$$P_B = U_B I_B \cos\varphi = 220 \times 3,9 \times 0,705 = 604,9 \text{ W}$$

$$Q_B = U_B I_B \sin\varphi = 220 \times 3,9 \times 0,705 = 604,9 \text{ VAR}$$

$$S_B = U_B I_B = 220 \times 3,9 = 858 \text{ VA}$$

$$P_C = U_C I_C \cos\varphi = 220 \times 7,33 \times 1 = 1612,6 \text{ W}$$

$$Q_C = U_C I_C \sin\varphi = 220 \times 7,33 \times 0 = 0$$

$$S_C = U_C I_C = 1612,6 \text{ VA}$$

Fuqitë aktive dhe reaktive të krejt qarkut janë:

$$P = P_A + P_B + P_C = 774,4 + 604,9 + 1612,6 = 2991,9 \text{ W}$$

$$Q = Q_A + Q_B + Q_C = 580,8 + 604,9 = 1185,7 \text{ VAR}$$

$$\text{dhe fuqia e plotë: } S^2 = P^2 + Q^2 = 2991,9^2 + 1185,7^2 = 3210 \text{ VA}$$